



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

APOSTILA **DE**

FÍSICA

COLEÇÃO

**EDUCAÇÃO
TRANSFORMA**

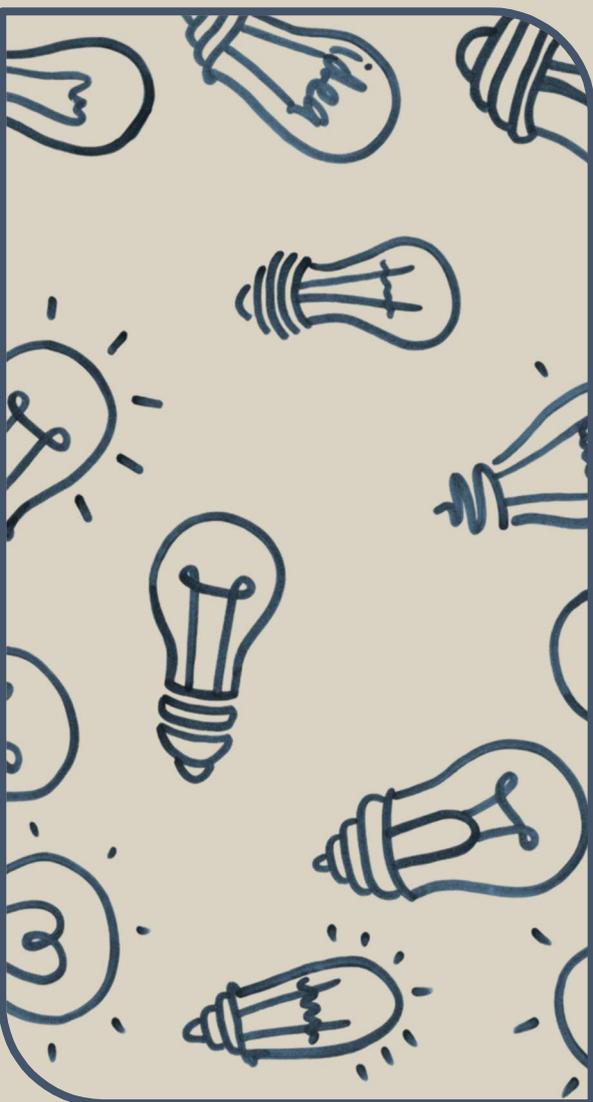
**BEATRIZ SILVA SOUSA
GISELE BOSSO DE FREITAS
JHON KF VELOSO SILVA
MARIANA SANTOS COSTA
MAURO BOGEA PEREIRA
RICARDO LUIS NASCIMENTO RIBEIRO**

AUTORES



EDITORA
UEMASUL

**EDUCAÇÃO
TRANSFORMA**



Beatriz Silva Sousa
Gisele Bosso De Freitas
Jhon Kf Veloso Silva
Mariana Santos Costa
Mauro Bogea Pereira
Ricardo Luis Nascimento Ribeiro
(AUTORES)

Física



EDITORA
UEMASUL

2025

S725a Apostila de física / Beatriz Silva Sousa ... [et al.]. – Apostila destinada para o Cursinho Popular da UEMASUL. - Imperatriz: EDUEMASUL, 2025.

298 p. : il. (Coleção Educação Transforma)

ISBN 978-65-89274-17-9

1. Física. 2. Princípios Físicos. I. Sousa, Beatriz Silva. II. Freitas, Gisele Bosso de. III. Silva, Jhon Kf Veloso.

CDU 531/539

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

Apostila aprovada para a publicação através do Edital nº 11/2023 destinada para o Cursinho Popular da UEMASUL.

Direitos autorais 2025 – Editora UEMASUL

Todos os direitos reservados à Editora UEMASUL é proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio.

O conteúdo desta publicação é de inteira responsabilidade dos autores.

Projeto Gráfico Editora UEMASUL

Catálogo na publicação Seção de Catalogação e Classificação



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

**PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO E ASSISTÊNCIA ESTUDANTIL – PROEXAE
COORDENADORIA DE SUSTENTABILIDADE E INTEGRAÇÃO SOCIAL - CSIS
DIVISÃO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA – DIVEXT**

**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE EXTENSÃO –
PIBEXT/UEMASUL (2023-2024)**

Reitora

Profa. Dra. Luciléa Ferreira
Lopes Gonçalves

Coordenação da Editora

Profa. Dra. Aichely Rodrigues da
Silva

Vice-reitora

Profa. Dra. Lilian Castelo Branco
de Lima

Diagramação

Maria Eduarda da Silva Santos

**Pró-Reitor de Extensão e
Assistência Estudantil – PROEXAE**

José Milton Lopes Pinheiro

Capa

Gabriel Vieira Lima

Autores

Beatriz Silva Sousa

Gisele Bosso De Freitas

Jhon Kf Veloso Silva

Mariana Santos Costa

Mauro Bogea Pereira

Ricardo Luis Nascimento

Ribeiro

2025



EDITORA
UEMASUL

2025

SUMÁRIO

Apresentação.....	2
Dicas para Estudo.....	3
Grandezas Físicas e unidades de medidas.....	7
Cinemática da partícula	18
Estática.....	34
Dinâmica da partícula.....	52
Trabalho e energia e colisões.....	90
Gravitação Universal	119
HIDROSTÁTICA.....	148
DILATAÇÃO TÉRMICA.....	170
TERMODINÂMICA.....	176
ELETRÓSTÁTICA: CAMPO ELÉTRICO E POTENCIAL ELÉTRICO.....	209
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E TRANSFORMADORES.....	232
Ondas eletromagnéticas.....	256
Óptica Geométrica	268



Apresentação

Bem-vindo(a) à apostila do cursinho popular, criada para apoiar estudantes no aprendizado de conceitos fundamentais de Física e suas aplicações práticas. Este material reúne teoria, exercícios e o uso de simulações interativas PhET, oferecendo uma abordagem clara e acessível para temas da mecânica, ondulatória, termodinâmica, eletricidade, magnetismo e óptica. Além disso, conecta esses conceitos a situações do cotidiano, tornando o aprendizado mais dinâmico e significativo.

As simulações PhET, desenvolvidas pela Universidade do Colorado, permitem explorar conceitos abstratos de maneira visual e intuitiva, promovendo uma aprendizagem ativa para a realização de laboratórios virtuais e a experimentação de fenômenos físicos em tempo real.

Ao longo deste conteúdo, você encontrará:

- ★ Explicações detalhadas de conceitos físicos acompanhadas de exemplos práticos;
- ★ Resoluções de exercícios baseados em vestibulares e exames como o ENEM e o PAES;
- ★ Sugestões de atividades e mapas mentais que promovem a aprendizagem ativa e o domínio dos tópicos abordados.

Nosso objetivo é proporcionar uma base sólida para a compreensão dos princípios físicos e o desenvolvimento de habilidades analíticas essenciais para resolver problemas reais. Esperamos que esta apostila se torne um recurso valioso em seus estudos e contribua para o seu sucesso nas próximas etapas acadêmicas. Desejamos uma excelente jornada de aprendizado!

Dicas para Estudo

Quando você tem uma visão abrangente dos conceitos fundamentais de Física, algumas dicas práticas podem ajudar a consolidar seu aprendizado e otimizar sua preparação para exames como o ENEM e vestibulares.

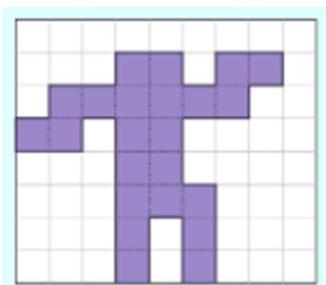
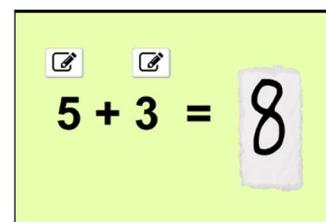


Pratique com Simulações PhET

Utilize as simulações interativas PhET para visualizar e manipular os fenômenos físicos discutidos na apostila. Essas simulações oferecem uma excelente oportunidade para experimentar diferentes condições e observar os efeitos em tempo real, o que facilita a compreensão de conceitos abstratos.

Resolva Exercícios Regularmente

A resolução de problemas é uma das maneiras mais eficazes de solidificar seu conhecimento. Comece com exercícios mais simples e gradualmente aumente a complexidade. Utilize as questões propostas e resolvidas na apostila para testar sua compreensão dos tópicos.

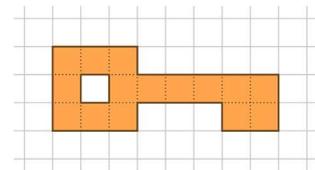


Estude de Forma Ativa

Evite apenas ler passivamente o material. Faça anotações, resuma os conceitos principais e crie mapas mentais para organizar o conteúdo. Ensinar o que aprendeu para outra pessoa também é uma excelente maneira de reforçar seu entendimento.

Revise os Conceitos Chave

Se algum tópico não estiver completamente claro, volte a ele e revise os conceitos-chave. Muitas vezes, uma revisão após alguns dias de estudo pode ajudar a fixar o conteúdo de forma mais eficaz.

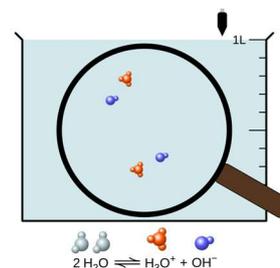


Utilize Exemplos do Cotidiano

Relacione os conceitos aprendidos com situações do dia a dia. Isso não só ajuda a entender melhor como a Física se aplica à realidade, mas também facilita a memorização, tornando os conceitos mais concretos.

Mantenha a Persistência e a Curiosidade

A Física pode parecer desafiadora em alguns momentos, mas a persistência e a curiosidade são suas melhores aliadas. Continue se desafiando, fazendo perguntas e buscando respostas, e você verá seu progresso ao longo do tempo.



A Física é uma área do conhecimento que explica o funcionamento do universo em suas mais diversas manifestações, desde os movimentos cotidianos até os fenômenos mais complexos que regem o cosmos. Ao estudar Física, você não apenas adquire conhecimento técnico, mas também desenvolve habilidades críticas e analíticas essenciais para a resolução de problemas e para o entendimento de como o mundo ao seu redor funciona.

Cada tópico foi cuidadosamente elaborado para proporcionar uma compreensão clara e acessível dos princípios físicos que regem o mundo ao nosso redor.

1. Mecânica

Discutimos as três Leis de Newton e como elas explicam os movimentos dos corpos e as forças que atuam sobre eles. Também vimos os conceitos de cinemática, como os movimentos uniformes e acelerados, além de explorar a dinâmica do movimento, incluindo a energia e as forças resultantes.

2. Ondulatória

Estudamos os tipos de ondas, suas características, como a amplitude e a frequência, e como essas ondas se comportam ao se propagar. Também discutimos a propagação do som e outros fenômenos ondulatórios importantes.

3. Termodinâmica

As leis da termodinâmica foram apresentadas, com ênfase na transformação de energia, a conservação de energia e as implicações de cada uma delas para os sistemas termodinâmicos. Vimos como os processos termodinâmicos influenciam o funcionamento das máquinas térmicas e os sistemas naturais.

4. Eletricidade

Exploramos a teoria da carga elétrica, a Lei de Coulomb, os conceitos de campo elétrico e a corrente elétrica. Também abordamos os circuitos elétricos, a resistência e as leis fundamentais para o funcionamento de dispositivos elétricos.

5. Magnetismo

O estudo do magnetismo incluiu a compreensão dos campos magnéticos, a interação entre corrente elétrica e magnetismo, e as aplicações práticas do magnetismo em motores e geradores elétricos.

6. Óptica

Discutimos os fenômenos relacionados à luz, como reflexão, refração e a formação de imagens por lentes e espelhos. Também exploramos efeitos ópticos avançados, como interferência, difração e polarização da luz.

7. Aplicações

Através das simulações PhET e de exercícios práticos, mostramos

Práticas

como a Física está presente em nosso cotidiano e como podemos utilizar o conhecimento adquirido para resolver problemas do mundo real.

Lembre-se, o aprendizado é uma jornada contínua. Não hesite em pedir ajuda sempre que necessário, e continue explorando e se desafiando. O conhecimento está ao seu alcance, e com dedicação e curiosidade, você pode conquistar grandes resultados.

Esperamos que, com o conteúdo desta apostila e o uso das simulações PhET, você se sinta mais preparado(a) para enfrentar os desafios acadêmicos que surgirem em sua trajetória. Desejamos sucesso em sua jornada de aprendizado e que este material seja um passo importante rumo à sua formação científica e acadêmica.

"É o meu desejo mais sério que alguns de vocês continuem a fazer o trabalho científico e mantenham a ambição e a determinação de fazer uma contribuição permanente para a ciência."

Marie Skłodowska-Curie (1867-1934)

Primeira pessoa a receber dois Prêmios Nobel: um de Física, em 1903, e um de Química, em 1911.

Grandezas Físicas e unidades de medidas

Objetivo:

- Definir o que é uma grandeza física e seus tipos;
- Saber identificar as principais unidades de medida;
- Fazer operações entre as unidades de medida;
- Saber transformar um número em notação científica;

1.Introdução

Imagine a seguinte cena: Gabriel acorda pela manhã e ao se deparar com o relógio do celular percebe que está 20 minutos atrasado, ele toma um susto e vai apressadamente tomar o banho, e logo em seguida vai para cozinha tomar o café da manhã. Ele queima a sua boca pois a temperatura do café está muito alta e na pressa de sair de casa, não presta atenção neste detalhe. Saindo de casa, mesmo com muita pressa ele não ousa dirigir muito rápido, pois a velocidade permitida é de no máximo 40 quilômetros por hora. Perceba que nesta breve parte do dia de Gabriel, existem algumas grandezas que fazem parte do estudo de vários fenômenos da natureza que são: o tempo, a temperatura e a velocidade, mais conhecidos como grandezas físicas. Mas o que seriam grandezas físicas?

2.Grandezas físicas

As grandezas físicas são o que caracterizam os fenômenos físicos através da medição, ou seja, tudo aquilo que pode ser descrito quantitativamente e qualitativamente. As grandezas são de dois tipos: escalar e vetorial e são representadas por um valor numérico e por sua unidade de medida.

As grandezas escalares precisam apenas do valor numérico e da unidade de medida para ser encontradas. Por exemplo: tempo, massa, área, distância são grandezas escalares.

As grandezas vetoriais, ao contrário das escalares, precisam de mais duas informações para serem encontradas: a direção e o sentido. Por exemplo: Força e aceleração são grandezas vetoriais. As grandezas vetoriais são representadas colocando-se uma pequena seta em cima da letra:

$$\vec{a} \text{ ou } \overrightarrow{AB}$$

A direção e o sentido são a orientação da grandeza e o valor numérico representa a intensidade dela.

3. Unidades de medida (SI)

Como dito mais acima, as grandezas físicas são representadas por um valor numérico e uma unidade de medida. A unidade de medida nada mais é que um padrão de quantas vezes aquela grandeza física se repete. Houve um período em que o sistema de medida era diferente para todos os países e era necessário sempre fazer a conversão de medidas, seja no comércio ou em outras áreas, para que não houvesse nenhum problema na hora de quantificar.

Esse problema foi resolvido na 14ª CGPM (décima quarta conferência geral de pesos e medidas) onde criaram um sistema internacional de unidades (o SI), onde a mesma medida serviria para todos os países. Seguindo o que foi explicado anteriormente, a unidade de medida do comprimento é o metro (m) portanto, 10 metros seria a unidade de medida do comprimento repetida 10 vezes.

Abaixo uma tabela contendo as principais unidades de medidas e suas grandezas:

Unidades fundamentais do SI		
GRANDEZA	UNIDADE	SÍMBOLO
Comprimento	metro	m
Corrente elétrica	ampère	A
Intensidade luminosa	candela	cd
Massa	quilograma	kg
Quantidade de matéria	mol	mol

Temperatura termodinâmica	Kelvin	K
Tempo	segundo	s

A partir da operação entre as unidades fundamentais do sistema internacional podem surgir as unidades de medidas derivadas, e com isso as grandezas físicas derivadas. A velocidade é um exemplo de grandeza física derivada pois a sua unidade de medida é a razão do metro por segundo.

Abaixo está uma pequena tabela das grandezas físicas derivadas:

GRANDEZA	NOME	SÍMBOLO	EQUIVALÊNCIA
Energia	Joule	J	N.m
Força	Newton	N	Kg.m/s ²
Pressão/Tensão mecânica	Pascal	Pa	N/m ²
Potência	Watt	W	J/s

4. Notação científica

Na natureza, ao se quantificar uma grandeza, podemos nos deparar com números muito grandes ou números muito pequenos, então para melhor manipular esses números e realizar operações, usamos a notação científica que é a representação desses números em potências de 10. A notação científica pode ser expressa da seguinte maneira:

$$n \cdot 10^x,$$

sendo que n tem de que ser maior que 1 ou menor que 10, ou seja,

$$1 < n < 10.$$

Para se obter o valor de x é necessário seguir os seguintes passos:

I) Contar o número de casas que vírgula deve ser transportada para a esquerda. Esse número será o expoente na potência de 10 e positivo. Exemplo:

3500000 escrito em notação científica se tornará $3,5 \cdot 10^6$.

II) Contar o número de casas que a vírgula deve ser transportada para direita. Esse número será o expoente na potência de 10 e negativo. Exemplo:

0,0000035 escrito em notação científica se tornará $3,5 \cdot 10^{-6}$.

Exercícios resolvidos

(UEPG - PR) Quando dizemos que a velocidade de uma bola é de 20 m/s, horizontal e para a direita, estamos definindo a velocidade como uma grandeza:

- A) escalar
- B) algébrica
- C) linear
- D) vetorial

Resolução:

Letra A)- INCORRETA, pois a definição de uma grandeza escalar é de apenas um número mais a sua unidade de medida.

Letra B)- INCORRETA, pois a velocidade não pode ser definida apenas algebricamente, ou seja, apenas com números.

Letra C)- INCORRETA, pois a grandeza linear está diretamente relacionada com dimensão ou extensão de algum objeto.

Letra D)- CORRETA, pois a velocidade possui módulo(valor numérico) direção(horizontal) e sentido(direita), características essas de uma grandeza vetorial.

(UEMG)

“A moça imprimia mais e mais velocidade a sua louca e solitária maratona.”

EVARISTO, 2014, p. 67.

Conceição Evaristo refere-se claramente a uma grandeza física nesse texto: “imprimia mais e mais velocidade.” Trata-se de uma grandeza relacionada não à velocidade, mas à mudança da velocidade, em relação ao tempo.

A unidade dessa grandeza física, no sistema internacional de unidades, é

- A) m .
- B) s .
- C) $m \cdot s^{-1}$
- D) $m \cdot s^{-2}$

Resolução:

Sabe-se que a mudança de velocidade em relação ao tempo é a aceleração, fazendo o produto entre as unidades de medidas envolvidas temos:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta T} = \frac{\frac{m}{s}}{s} = \frac{m}{s} \cdot \frac{1}{s} = \frac{m}{s^2} = m \cdot s^{-2}$$

Portanto, a resposta correta é a letra D.

(CEFET-MG) Nos trabalhos científicos, números muito grandes ou próximos de zero, são escritos em notação científica, que consiste em um número x , tal que $1 < x < 10$ multiplicado por uma potência de base 10.

Assim sendo, 0,00000045 deve ser escrito da seguinte forma:

- a) $0,45 \cdot 10^{-7}$
- b) $4,5 \cdot 10^{-7}$
- c) $45 \cdot 10^{-6}$
- d) $4,5 \cdot 10^{-8}$
- e) $4,5 \cdot 10^{-5}$

Resolução:

Para se transformar 0,00000045 em notação científica devemos mover a vírgula para esquerda, no qual esse número não fique menor ou igual a 1 e maior ou igual a 10. Fazendo as devidas manipulações ele se tornará

$4,5 \cdot 10^{-7}$, portanto, a alternativa correta será a letra B.

Exercícios propostos

(Enem 2016) A London Eye é uma enorme roda-gigante na capital inglesa. Por ser um dos monumentos construídos para celebrar a entrada do terceiro milênio, ela também é conhecida como Roda do Milênio. Um turista brasileiro, em visita à Inglaterra, perguntou a um londrino o diâmetro (destacado na imagem) da Roda do Milênio e ele respondeu que ele tem 443 pés.



crédito: ENEM, 2016.

Não habituado com a unidade pé, e querendo satisfazer sua curiosidade, esse turista consultou um manual de unidades de medidas e constatou que 1 pé equivale a 12 polegadas, e que 1 polegada equivale a 2,54 cm. Após alguns cálculos de conversão, o turista ficou surpreso com o resultado obtido em metros.

Qual a medida que mais se aproxima do diâmetro da Roda do Milênio, em metro?

- A) 53
- B) 94
- C) 113
- D) 135
- E) 145

(UFPR) Grandezas físicas são caracterizadas pelos seus valores numéricos e respectivas unidades. Há vários sistemas de unidades, sendo que o principal, em uso na maioria dos países, é o Sistema Internacional de Unidades — SI. Esse sistema é composto por sete unidades básicas (ou fundamentais) e por unidades derivadas, formadas por combinações daquelas.

A respeito do assunto, considere as seguintes afirmativas:

1. No SI, a unidade associada com a grandeza capacitância é Farad.
2. No SI, a unidade associada com a grandeza energia é erg.
3. No SI, a unidade associada com a grandeza campo magnético é Tesla.
4. No SI, a unidade associada com a grandeza pressão é Pascal.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas 1, 3 e 4 são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas 2, 3 e 4 são verdadeiras.
- e) As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras.

(Fuvest) Em 20 de maio de 2019, as unidades de base do Sistema Internacional de Unidades (SI) passaram a ser definidas por meio de valores exatos de algumas constantes físicas. Entre elas, está a constante de Planck h , que relaciona a energia E de um fóton (quantum de radiação eletromagnética) com a sua frequência f na forma $E=hf$. A unidade da constante de Planck em termos das unidades de base do SI (quilograma, metro e segundo) é:

- a) $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$

- b) $\text{kg}\cdot\text{s}/\text{m}^2$
- c) $\text{m}^2\cdot\text{s}/\text{kg}$
- d) $\text{kg}\cdot\text{s}/\text{m}$
- e) $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$

(ENEM) Para gerar energia elétrica em uma hidrelétrica é necessário integrar a vazão do rio, a quantidade de água disponível em determinado período de tempo e os desníveis do relevo, sejam eles naturais, como as quedas-d'água, ou criados artificialmente. Existem dois tipos de unidades de geração de energia: acumulação e fio-d'água. As unidades de acumulação são localizadas em locais com altas quedas-d'água e, dado o seu grande porte, permitem o acúmulo de grande quantidade de água. As unidades a fio-d'água geram energia com o fluxo de água do rio, ou seja, pela vazão com mínimo ou nenhum acúmulo do recurso hídrico. Em uma região existem rios com potencial para geração de energia. No intuito de construir uma unidade de fio-d'água, deve-se comparar as características desses rios.

A principal grandeza física desses rios que deve ser observada é o(a)

Alternativas

- A) velocidade de correnteza maior.
- B) deslocamento vertical do relevo maior.
- C) área de secção transversal do leito menor.
- D) volume de água por unidade de tempo menor.
- E) quantidade de massa de água por unidade de tempo menor.

(Enem 2016) Benjamin Franklin (1706-1790), por volta de 1757, percebeu que dois barcos que compunham a frota com a qual viajava para Londres permaneciam estáveis, enquanto os outros eram jogados pelo vento. Ao questionar o porquê daquele fenômeno, foi informado pelo capitão que provavelmente os cozinheiros haviam arremessado óleo pelos lados dos barcos. Inquirindo mais a respeito, soube que habitantes das ilhas do Pacífico jogavam óleo na água para impedir que o vento a agitasse e atrapalhasse a pesca.

Em 1774, Franklin resolveu testar o fenômeno jogando uma colher de chá (4 mL) de óleo de oliva em um lago onde pequenas ondas eram formadas. Mais curioso que o efeito de acalmar as ondas foi o fato de que o óleo havia se espalhado completamente pelo lago, numa área de aproximadamente 2 000 m², formando um filme fino.

Embora não tenha sido a intenção original de Franklin, esse experimento permite uma estimativa da ordem de grandeza do tamanho das moléculas. Para isso, basta supor que o óleo se espalha até formar uma camada com uma única molécula de espessura.

RAMOS, C. H. I. História. CBME Informação, n. 9, jan. 2006 (adaptado).

Nas condições do experimento realizado por Franklin, as moléculas do óleo apresentam um tamanho da ordem de

A) 10^{-3} m.

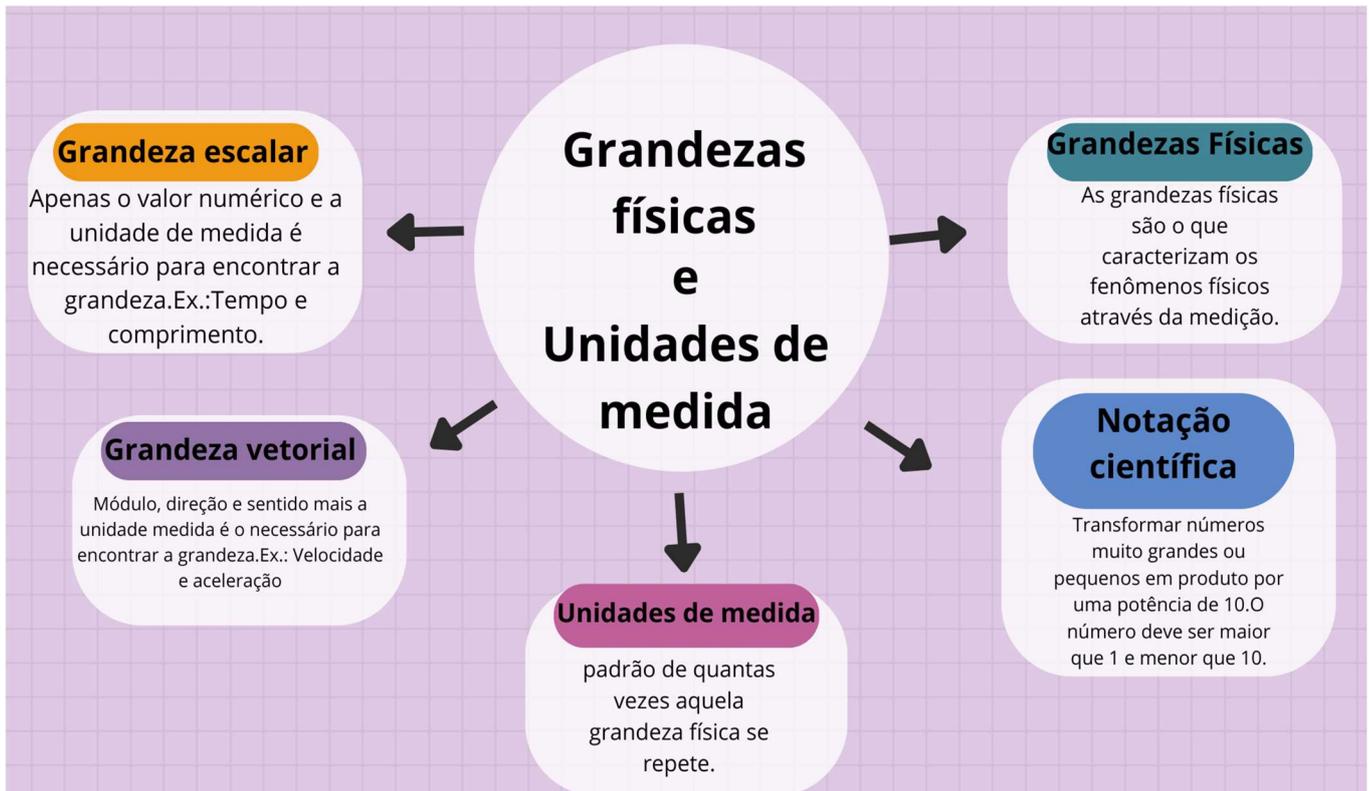
B) 10^{-5} m.

C) 10^{-7} m.

D) 10^{-9} m.

E) 10^{-11} m.

Mapa mental



Créditos: Própria do autor.

Cinemática da partícula

Objetivos:

- Saber identificar os conceitos fundamentais da cinemática;
- Calcular a velocidade média e aceleração média;
- Fazer o uso das equações do MRU, MRUV de acordo com o problema proposto;
- Realizar cálculos com problemas envolvendo queda livre;

1. Introdução

A cinemática é o estudo do movimento, sem levar em consideração as causas desse movimento. Seu estudo é muito importante pois tudo ao nosso redor está em movimento, desde uma formiga existente até a planetas gigantescos. E para compreender e equacionar o movimento é necessário ter noções de alguns conceitos importantes na cinemática.

2. Conceitos fundamentais da cinemática

2.1. Referencial

Quando se fala de movimento de uma partícula é necessário adotar um referencial, pois se dizemos que ela está em movimento, precisa estar em movimento em relação a alguma coisa ou a alguém. Ao entrar em um ônibus e deslocar-se, se o referencial for o veículo, um indivíduo estará em repouso pois a sua posição não varia com o decorrer do tempo. Porém se o referencial for o poste que está do outro lado da rua o indivíduo estará em movimento, pois haverá a variação de posição. O sistema de coordenadas mais comum, utilizado como referencial para calcular o movimento de uma partícula é o plano cartesiano.

2.2. Ponto material e corpo extenso

Ao se estudar o movimento de um objeto é importante levar em conta também suas dimensões, pois o seu tamanho influencia na hora de realizar os cálculos. Quando um objeto tem suas dimensões desprezíveis em relação com as outras dimensões envolvidas, é chamado de ponto material. Já aquele objeto que possui dimensões que vão interferir nas outras

dimensões envolvidas, é chamado de corpo extenso. Um exemplo disso é quando um carro está andando em uma ponte extensa, o seu tamanho é desprezível em relação ao percurso que está fazendo, mas, quando este mesmo carro entra no estacionamento de sua casa, ele se torna um corpo extenso pois o local irá influenciar as suas manobras e movimentos.

2.3. Trajetória

A trajetória seria o caminho seguido pelo ponto material em movimento. Esse caminho pode assumir várias formas geométricas, mas as mais estudadas na cinemática são as retilíneas e as curvas.

2.4. Deslocamento e distância percorrida

O deslocamento é a variação das posições final e inicial de um movimento e é de natureza vetorial, ou seja, a direção e o sentido influenciam no resultado. É representado da seguinte maneira:

$$\Delta x = x_f - x_i$$

A distância percorrida é o tamanho do comprimento da trajetória do objeto, ou seja, a soma de todos os pontos que ele percorreu.

Exemplo: Fausto foi buscar a Luana para levá-la ao shopping. A casa de Fausto fica a 1500 metros do shopping, da sua casa para a casa de Luana a distância é de 800 metros e da casa de Luana para o shopping, 400 metros. Calcule o deslocamento e a distância percorrida.

O deslocamento será a variação da posição final e inicial, como o ponto de partida é a casa de Fausto então a posição inicial será zero. A posição final será o shopping, visto que será a parada final de ambos. Equacionando essas informações ficará: $\Delta x = x_f - x_i = 1500 - 0 = 1500m$

A distância percorrida será a soma dos pontos em que ele passou, ou seja $d = (\text{distância da casa de Fausto até a casa de Luana}) + (\text{distância da casa de Luana até ao shopping})$

$$d = 800 + 400$$

$$d = 1200m$$

2.5. Velocidade média e instantânea

Para se calcular o quão rápido um corpo está em movimento é usando a grandeza física chamada velocidade. A velocidade está relacionada com o deslocamento de um ponto material em um intervalo de tempo. Ela é representada da seguinte maneira:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

onde:

(Vm)= Velocidade média

(Xi)= Posição inicial

(Xf)= Posição final

(Ti)= Tempo inicial

(Tf)= Tempo final

Sua unidade de medida é metros por segundo: $[v_m] = \frac{\Delta x(m)}{\Delta t(s)} = \frac{m}{s}$.

Quando um carro está percorrendo de um destino até outro, isso não significa que ele está andando a mesma velocidade durante todo o percurso, porque até o destino ele encontrará outros carros na rua, ruas com buracos, sinaleiros e outros, ou seja, essa equação dada acima apresenta o valor da velocidade média (v_m). A velocidade instantânea é a velocidade em uma posição em que a partícula se encontra em um tempo muito específico. Para se calcular a velocidade instantânea é necessário o uso de uma matemática mais avançada, chamada cálculo diferencial.

A velocidade como um vetor, pode ser positiva ou negativa, o que irá influenciar será a sua direção e sentido.

2.6. Aceleração média e aceleração instantânea

Como explicado no exemplo acima, a velocidade não será constante o tempo todo, pois existem diversos fatores que podem contribuir para a sua mudança, e essa mudança de velocidade pode variar com o tempo, porém, essa variação de velocidade pelo tempo gera outra grandeza, a aceleração média.

A aceleração média pode ser representada da seguinte maneira:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

A aceleração instantânea tem o mesmo conceito de velocidade instantânea, o que significa que para encontrar a aceleração instantânea é necessário saber a razão da velocidade em um tempo específico.

Como a aceleração é um vetor, possui direção e sentido, se a velocidade crescer, a aceleração será positiva, caso a velocidade diminua, a aceleração

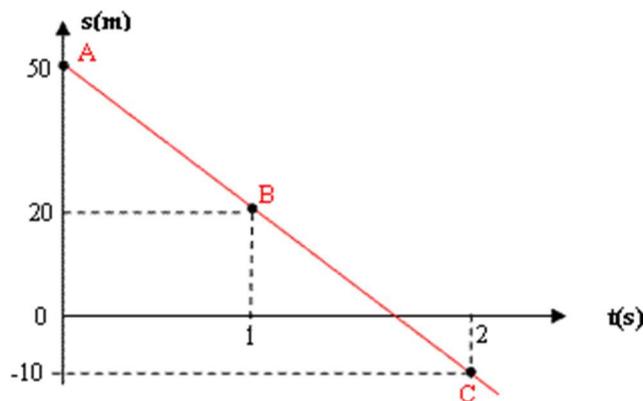
será negativa. Sua unidade de medida é metros por segundo ao quadrado, observe como se chegou a unidade de medida da aceleração:

$$[am] = \frac{\Delta v \left(\frac{m}{s}\right)}{\Delta t(s)} = \frac{m}{s} \cdot \frac{1}{s} = \frac{m}{s^2}$$

3. Movimento retilíneo uniforme (MRU)

O movimento retilíneo uniforme é o movimento que um ponto material faz em linha reta onde sua velocidade é constante em todos os pontos da trajetória, ou seja, ela não sofre mudanças. Se partirmos de um referencial, e um carro andar em uma estrada sem nenhum tipo de trânsito e asfaltada, poderemos observar que a sua velocidade sempre será a mesma.

Observe o gráfico abaixo que descreve a variação da posição pelo tempo:



(Crédito: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Mecanica/Cinematica/mu2.php>)

O gráfico acima representa uma função do primeiro grau, e se pegarmos a variação da posição e dividirmos pela variação do tempo por todo o gráfico, veremos que a razão dessas grandezas será a mesma.

A função do gráfico, mais conhecida como função horária da posição é escrita da seguinte maneira: $x = x_0 + v \cdot t$, onde:

x= Posição final

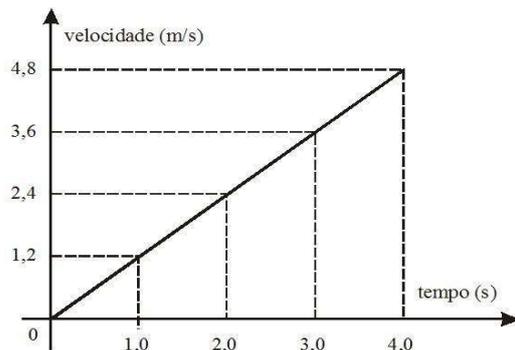
x0= Posição inicial

v= Velocidade

t= Tempo

4. Movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV)

Da mesma maneira que o MRU, o MRUV descreve uma trajetória reta, porém com variação na velocidade de maneira uniforme, sendo assim, uma aceleração constante. Abaixo está o gráfico da velocidade variando em relação ao tempo:



(Crédito:

<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/mecanica/analise-grafica-dos-movimentos.html>)

O gráfico também representa uma função de primeiro grau, conhecida como função horária da velocidade, escrita da seguinte maneira: $V = V_0 + at$, onde cada letra representa:

V= Velocidade final

V0= Velocidade inicial

a= Aceleração

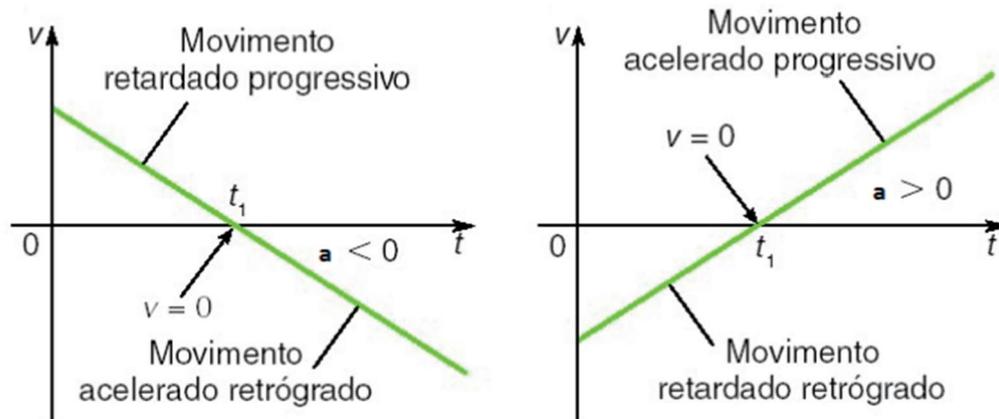
t= Tempo

5. Movimento retilíneo uniformemente variado acelerado e retardado

Como já descrito nos tópicos anteriores, tanto a velocidade como a aceleração são grandezas vetoriais, e como este movimento possui uma trajetória retilínea, o mesmo pode ocorrer quando há uma mudança de direção.

Quando a velocidade e a aceleração possuírem o mesmo sentido, o MRUV é acelerado e possui sinal positivo, porém, se uma das grandezas estiverem em sentido contrário, o MRUV será retardado, e como os sinais são opostos, ele será negativo.

Observe abaixo a representação gráfica do MRUV acelerado e retardado:



(Crédito: Apostila “Ciências da natureza” de Marco Aurélio Alvarenga monteira,2016)

Existem mais duas equações importantes ao estudar movimentos retilíneos que são a função horária da posição em MRUV, escrita da seguinte maneira:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + a \cdot \frac{t^2}{2}$$

Onde cada letra representa:

x= Posição final

x0= Posição inicial

v0= Velocidade inicial

t= Tempo

a= Aceleração

E a equação de Torricelli, usada para encontrar a velocidade quando o tempo não é mencionado é:

$$V^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$$

6. Queda livre

No nosso dia a dia é comum, seja por distração ou por pressa derrubarmos objetos de determinadas alturas, o que muitas pessoas não tem noção é que esses objetos estão em queda livre, isso quer dizer que apenas a força gravitacional está influenciando o seu movimento.

O fenômeno da queda livre foi estudado e desenvolvido pelo astrônomo Galileu Galilei(1564-1642), ele percebeu que objetos com massas diferentes, ao caírem de certa altura chegariam no chão ao mesmo tempo, pois estão sujeitos a mesma aceleração. Por mais que pareça contra intuitivo, visto que no senso comum o que se espera é que o objeto com maior massa chegue ao chão primeiro que o menor massa, isso ocorre por conta do atrito e da resistência do ar. Caso os objetos sejam jogados de um local sem atrito e resistência do ar, no final da queda os dois estarão juntos.

A queda livre é um tipo de MRUV acelerado , ou seja, sua velocidade varia de maneira constante. Segue as três equações da queda livre onde cada uma tem um papel diferente:

Equação da velocidade: $v = g \cdot t$, onde g é a aceleração gravitacional que é dada por metros por segundo ao quadrado e o tempo, dado por segundos;

Altura da queda livre: $H = \frac{g \cdot t^2}{2}$, onde H é a altura em metros;

Equação de Torricelli: $v^2 = 2 \cdot g \cdot h$.

Exercícios resolvidos

(IFSC) Hoje sabemos que a Terra gira ao redor do Sol (sistema heliocêntrico), assim como todos os demais planetas do nosso Sistema Solar. Mas na Antiguidade, o homem acreditava ser o centro do Universo, tanto que considerava a Terra como centro do sistema planetário (sistema geocêntrico). Tal consideração estava baseada nas observações cotidianas, pois as pessoas observavam o Sol girando em torno da Terra.

É CORRETO afirmar que o homem da Antiguidade concluiu que o Sol girava em torno da Terra devido ao fato que:

- a) considerou o Sol como seu sistema de referência.
- b) considerou a Terra como seu sistema de referência.
- c) esqueceu-se de adotar um sistema de referência.
- d) considerou a Lua como seu sistema de referência.
- e) considerou as estrelas como seu sistema de referência.

Resolução: Alternativa B, pois as antigas observações astronômicas sempre levavam o Terra como o seu ponto referencial, portanto chegou-se a conclusão de que o sol girava em torno da Terra.

(ENEM 2012) *Uma empresa de transportes precisa efetuar a entrega de uma encomenda o mais breve possível. Para tanto, a equipe de logística analisa o trajeto desde a empresa até o local da entrega. Ela verifica que o trajeto apresenta dois trechos de distâncias diferentes e velocidades máximas permitidas diferentes. No primeiro trecho, a velocidade máxima permitida é de 80 km/h e a distância a ser percorrida é de 80 km. No segundo trecho, cujo comprimento vale 60 km, a velocidade máxima permitida é 120 km/h.*

Supondo que as condições de trânsito sejam favoráveis para que o veículo da empresa ande continuamente na velocidade máxima permitida, qual será o tempo necessário, em horas, para a realização da entrega?

- a) 0,7
- b) 1,4
- c) 1,5
- d) 2,0
- e) 3,0

Resolução:

Como o trajeto é dividido em dois é necessário fazer a análise dos dois separadamente:

Trecho 1:

$$80 = \frac{80}{\Delta t} = 80 \cdot \Delta t = 80, \text{ dividindo ambos os lados por } 80, \text{ temos } \Delta t = 1h.$$

Trecho 2:

$$120 = \frac{60}{\Delta t} \Rightarrow 120 \cdot \Delta t = 60, \text{ dividindo ambos os lados por } 120, \text{ temos } \Delta t = 0,5h.$$

Conhecendo os valores do tempo, basta somar:

T: $1 + 0,5 = 1,5h$, portanto a alternativa C é a correta.

(UFMS) Um corpo em queda livre sujeita-se à aceleração gravitacional $g = 10 \text{ m/s}^2$. Ele passa por um ponto A com velocidade 10 m/s e por um ponto B com velocidade de 50 m/s . A distância entre os pontos A e B é:

- a) 100 m
- b) 120 m
- c) 140 m
- d) 160 m
- e) 240 m

Resolução:

Pela equação de Torricelli iremos encontrar o resultado:

$$V^2 = v^2 + 2 \cdot g \cdot \Delta s$$

$$50^2 = 10^2 + 2 \cdot 10 \cdot \Delta s$$

$$2500 = 100 + 20\Delta s$$

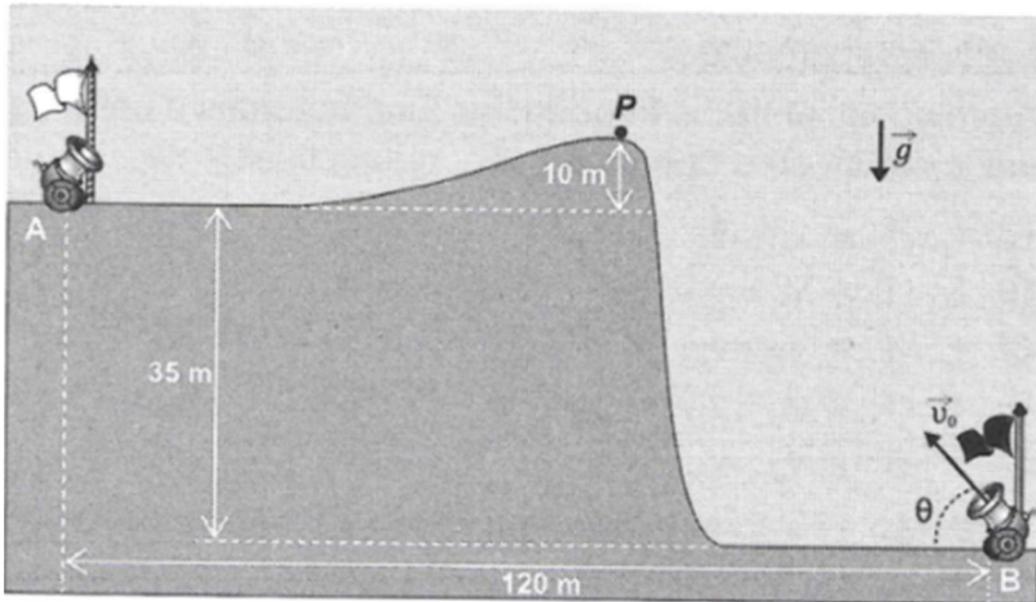
$$\Delta s = \frac{2500 - 100}{20}$$

$$\Delta s = \frac{2400}{20}$$

$\Delta s = 120 \text{ m}$, portanto a alternativa B é a correta.

Exercícios propostos

(ENEM 2021) A figura foi extraída de um antigo jogo para computadores, chamado *Bang! Bang!*



crédito: ENEM, 2021.

No jogo, dois competidores controlam os canhões A e B, disparando balas alternadamente com o objetivo de atingir o canhão do adversário; para isso, atribuem valores estimados para o módulo da velocidade inicial de disparo ($|\vec{v}_0 \rightarrow|$)

e para o ângulo de disparo (θ)

.Em determinado momento de uma partida, o competidor B deve disparar; ele sabe que a bala disparada anteriormente, $\theta=53^\circ$, passou tangenciando o ponto P.No jogo, $|\vec{g}|$ é igual a 10 m/s^2 . Considere $\sin 53^\circ = 0,8$, $\cos 53^\circ = 0,6$ e desprezível a ação de forças dissipativas. Disponível em: <http://mebdowloads.butzke.net.br>. Acesso em: 18 abr. 2015 (adaptado).

Com base nas distâncias dadas e mantendo o último ângulo de disparo, qual deveria ser, aproximadamente, o menor valor de $|\vec{v}_0 \rightarrow|$

que permitiria ao disparo efetuado pelo canhão B atingir o canhão A?

- A)30 m/s.
- B)35 m/s.
- C)40 m/s.
- D)45 m/s.
- E)50 m/s.

(ENEM 2022) Em um dia de calor intenso, dois colegas estão a brincar com a água da mangueira. Um deles quer saber até que altura o jato de água alcança, a partir da saída de água, quando a mangueira está posicionada totalmente na direção vertical. O outro colega propõe então o seguinte experimento: eles posicionarem a saída de água da mangueira na direção horizontal, a 1 m de altura em relação ao chão, e então medirem a distância horizontal entre a mangueira e o local onde a água atinge o chão. A medida dessa distância foi de 3 m, e a partir disso eles calcularam o alcance vertical do jato de água. Considere a aceleração da gravidade de 10 m/s^2 .

O resultado que eles obtiveram foi de

- A) 1,50 m.
- B) 2,25 m.
- C) 4,00 m.
- D) 4,50 m.
- E) 5,00 m.

(ENEM 2023) 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.

crédito: ENEM, 2023.

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 cima.

E) $v \neq 0$ para baixo e $a \neq 0$ para baixo.

(ENEM 2023) Uma concessionária é responsável por um trecho de 480 quilômetros de uma rodovia. Nesse trecho, foram construídas 10 praças de pedágio, onde funcionários recebem os pagamentos nas cabines de cobrança. Também existe o serviço automático, em que os veículos providos de um dispositivo passam por uma cancela, que se abre automaticamente, evitando filas e diminuindo o tempo de viagem. Segundo a concessionária, o tempo médio para efetuar a passagem em uma cabine é de 3 minutos, e as velocidades máximas permitidas na rodovia são 100 km/h, para veículos leves, e 80 km/h, para veículos de grande porte.

Considere um carro e um caminhão viajando, ambos com velocidades constantes e iguais às máximas permitidas, e que somente o caminhão tenha o serviço automático de cobrança.

Comparado ao caminhão, quantos minutos a menos o carro leva para percorrer toda a rodovia?

A)30

B)42

C)72

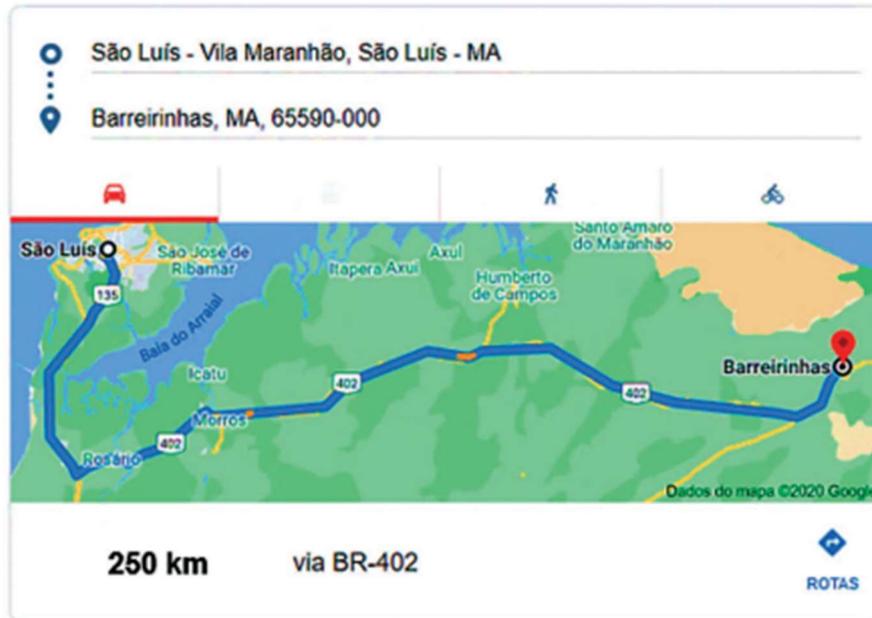
D)288

E)360

(PAES 2021)

Cinemática

Um turista que chega à capital São Luís - MA e pretende visitar o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, em Barreirinhas, ao fazer uma busca na internet, constata que a distância entre as duas cidades é de 250 km. O passeio para o parque dos lençóis tem saída - de Barreirinha - às 11h15min da manhã. Ao chegar ao aeroporto da capital, alugou um carro e planejou sair às 8h da manhã e dirigir a 90 km/h para ter algum tempo de sobra. O turista conseguiu manter os primeiros 90 km com a velocidade planejada. Próximo à cidade de Rosário - MA, encontrou um trecho da estrada em obras, o que o fez reduzir sua velocidade para 40 km/h por 40 km.



crédito: PAES, 2021.

Qual a menor velocidade, km/h, que o turista deve manter no restante da viagem para chegar a tempo de fazer o passeio?

- a) 96
- b) 200
- c) 104
- d) 125
- e) 130

(PAES 2023)

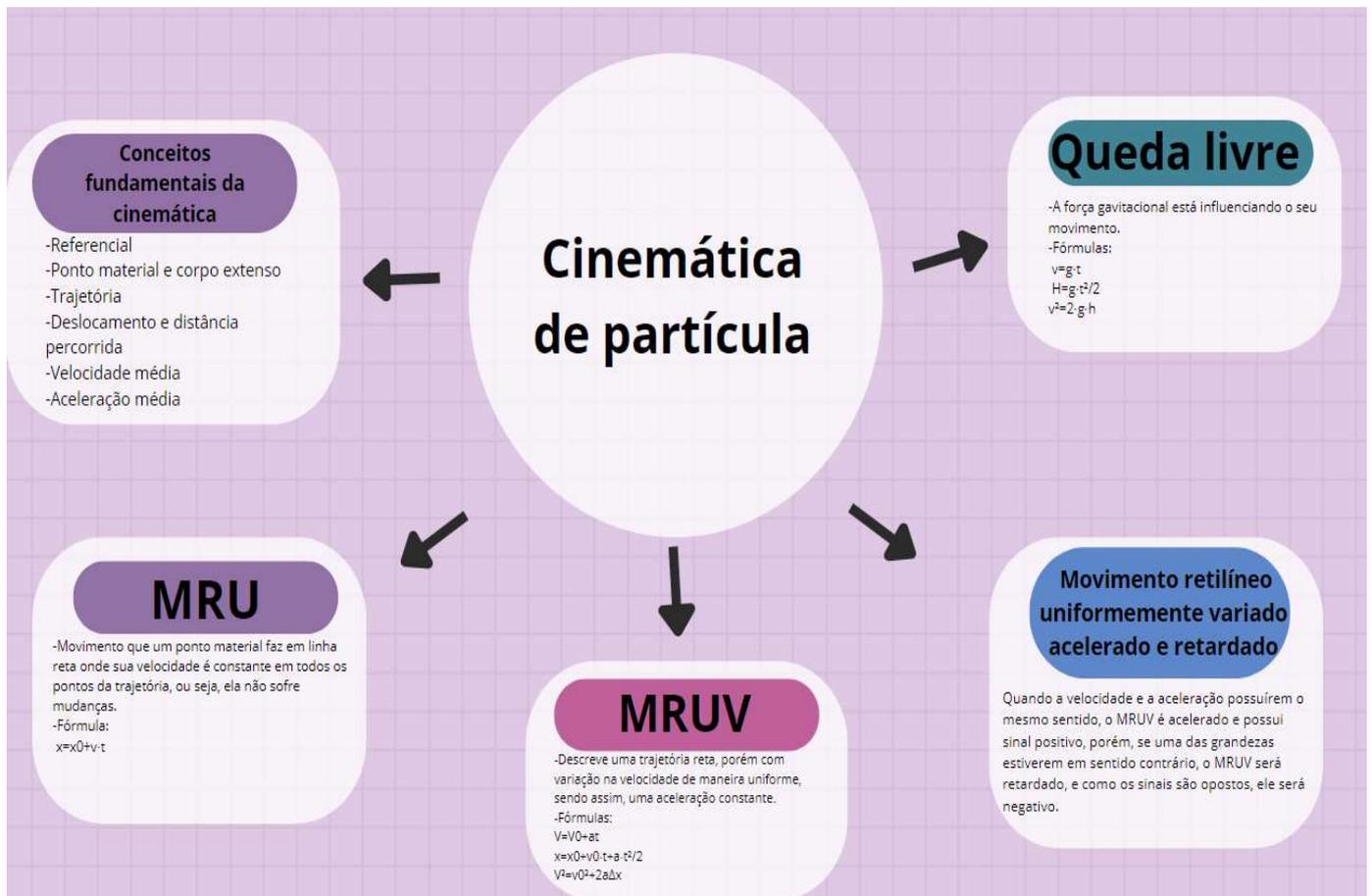
Cinemática

Um dos objetivos da Agenda para o Desenvolvimento Sustentável 2030 é sobre segurança no trânsito, que prevê reduzir pela metade o número global de mortes e de lesões causadas por acidentes de trânsito, considerando o número de vítimas até 2020. Esses acidentes são causados pelo uso do celular, pelo excesso de velocidade, pela ingestão de álcool e por outras imprudências, caracterizadas como principais causas de acidentes de trânsito. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 1,25 milhões de pessoas morrem no mundo por ano em acidentes de trânsito, e desse total, metade das vítimas são pedestres, ciclistas e motociclistas. Analise a seguinte situação problema: Suponha que um

motorista, dirigindo um carro, com massa de 800 kg e com uma velocidade de 108 km/h, resolve atender ao celular. Distraindo-se, colide com outro carro, com massa de 1 tonelada, que estava parado. A colisão entre os carros foi perfeitamente inelástica e a força que deforma os carros atuou durante o intervalo de tempo de 0,1s. Determine a velocidade dos carros, em km/h, imediatamente após a colisão.

- a) 30
- b) 108
- c) 48
- d) 96
- e) 86,4

Mapa mental do assunto Cinemática de partículas:



Crédito: Elaboração própria do autor.

Estática

Objetivos:

- Entender o conceito de equilíbrio;
- Manipular as equações de centro de massa, torque e momento angular;
- Enxergar os conhecimentos aprendidos em sala de aula no cotidiano;

1. Introdução à Estática

A estática é uma área importante da mecânica em que se estuda os corpos que estão em repouso ou em movimento constante, e em quais condições as forças precisam atender para que o corpo permaneça em equilíbrio. É por conta dos conhecimentos da estática que é possível construir prédios, pontes, shoppings e afins pois é necessário saber equacionar as condições ideais para que essas construções não venham a desmoronar. Para se estudar estática é preciso ter noção de alguns conceitos que a caracterizam.

2. Equilíbrio

Como dito anteriormente, um corpo que está em repouso ou em movimento constante está em equilíbrio. Estar em equilíbrio significa que a soma de todas as forças atuantes sobre o corpo é igual a zero. Existem três tipos diferentes de equilíbrio:

- a) estável: ocorre quando o corpo sofre um pequeno deslocamento em relação ao seu ponto de equilíbrio, mas já volta para sua posição, quando deixado de mão.
- b) instável: ocorre quando o corpo sofre um pequeno deslocamento, porém ele tende a se afastar cada vez mais do seu ponto de equilíbrio.
- c) indiferente: ocorre quando o corpo sofre um deslocamento e ao estar em uma nova posição permanece em equilíbrio onde quer que esteja.

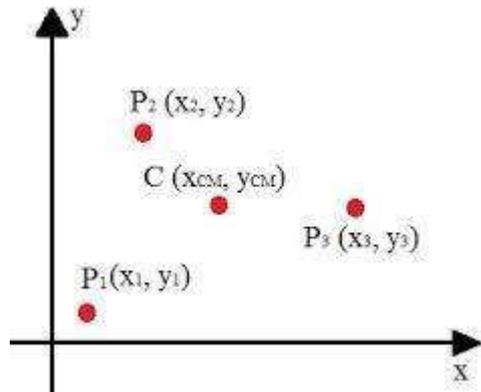
3. Centro de massa

A maioria dos adultos quando crianças já brincaram ou ouviram falar do brinquedo chamado “João Bobo”, que quando recebe vários socos, caindo de um lado e de outro, volta para a mesma posição original. Isso ocorre porque a maior parte de sua massa se encontra na base, fazendo com o que

o seu centro de massa se concentre no chão, que é onde fica seu ponto de apoio. Mas o que seria o centro de massa?

O centro de massa é um ponto específico no corpo onde toda massa parece estar concentrada. A seguir será mostrado como se calcula o centro de massa, seja de partículas ou figuras planas.

3.1. Centro de massa de partículas



(Crédito: TEIXEIRA, Mariane Mendes. "Centro de massa"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/centro-massa.htm>. Acesso em 20 de fevereiro de 2024.)

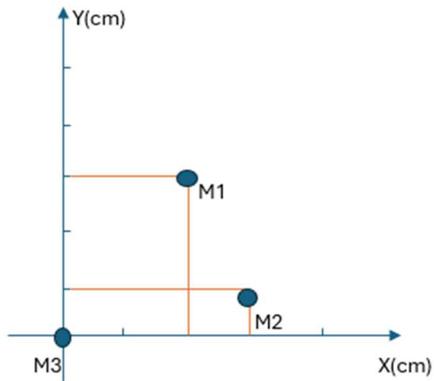
Para se calcular o centro de massa de partículas é necessário primeiro colocar um referencial, no caso da imagem acima o sistema de referência é o plano cartesiano. O ponto C é um ponto localizado entre os outros pontos, representando o centro de massa do sistema de partículas. Para encontrar esse ponto é necessário encontrar as suas coordenadas. O cálculo é feito da seguinte maneira:

$$x_{cm} = \frac{M_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3}{m_1 + m_2 + m_3}, \text{ coordenada } x \text{ do centro de massa};$$

$$y_m = \frac{y_1 \cdot m_1 + y_2 \cdot m_2 + y_3 \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3}, \text{ coordenada } y \text{ do centro de massa};$$

Esses cálculos podem ser usados para qualquer número de partículas.

Exemplo: Determine as coordenadas do centro de massa do sistema de partículas indicado ao lado. Valores das massas das partículas: $M_1 = 2\text{kg}$, $M_2 = 5\text{kg}$ e $M_3 = 3\text{kg}$; coordenadas das partículas: $M_1(2,3)$, $M_2(4,1)$ e $M_3(0,0)$.



(Crédito: do autor.)

RESOLUÇÃO:

$$X_{cm} = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$X_{cm} = \frac{2 \cdot 2 + 5 \cdot 4 + 3 \cdot 0}{2 + 5 + 3}$$

$$X_{cm} = 2,2 \text{ cm}$$

$$Y_{cm} = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + m_3 \cdot y_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$Y_{cm} = \frac{2 \cdot 3 + 5 \cdot 1 + 3 \cdot 0}{2 + 5 + 3}$$

$$Y_{cm} = 1,1 \text{ cm}$$

3.2. Centro de massa de figuras planas

O seguinte enunciado explica como se calcula o centro de massa de figuras planas:

“O centro de massa de uma figura plana homogênea localiza-se no seu eixo de simetria. Se o corpo possui dois eixos de simetria, o centro de massa estará na intersecção entre os eixos”

Segue onde se localiza o centro de massa de algumas figuras geométricas:

Retângulo: Fica sobre os eixos de simetria que dividem a altura e a base. Para encontrá-lo basta dividir a altura e a base por dois.

Círculo: O centro de massa mais simples de se encontrar, pois fica no seu centro, isso ocorre porque o seu eixo de simetria vai de uma extremidade a outra, extremidade essa que passa pelo centro.

Triângulo: A base do triângulo é mais larga, onde se encontra a maior concentração de massa, o que significa que seu centro de massa fica na parte inferior. O centro de massa fica a um terço da altura e um terço da base.

O cálculo de centro de massa com figuras geométricas é ainda mais simples, basta encontrar o centro de massa de cada figura geométrica e depois somá-los.

4. Alavanca

A alavanca é uma ferramenta capaz de facilitar a execução de uma tarefa e está presente no dia a dia, como quando vamos abrir uma garrafa de coca cola de vidro e usamos um abridor de garrafas, como uma espécie de alavanca para tirar a tampa da garrafa. Ela possui três tipos classificações:

-Interfixa: Apoiado entre a força potente e resistente. Exemplo: gangorra;

-Interpotente: A força potente está entre a força resistente e o ponto de apoio. Exemplo: pinça;

-Inter-resistente: A força resistente está entre a força potente e o ponto de apoio. Exemplo: carrinho de mão;

A sua equação se escreve da seguinte maneira:

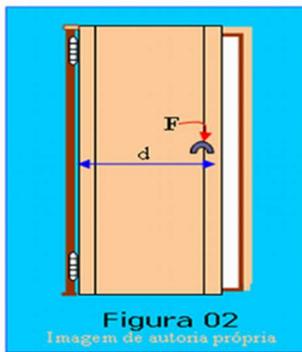
$$F_p \cdot dp = F_r \cdot dr ,$$

onde : F_p é a força potente, dp é a distância da força potente, F_r é a força resistente e dr é a distância da força resistente. Suas unidades de medida são Newton para as forças e metro para as distâncias.

5. Momento de uma força (Torque $\vec{\tau}$)

Ao realizar tarefas durante o dia, é comum aplicar forças em corpos que costumam girar em torno de um eixo, por exemplo, quando se gira a maçaneta e abre a porta. Percebe que a maçaneta está mais próxima da outra extremidade da porta e por conta disso o movimento de abrir a porta é feito de maneira natural. Porém quanto mais próximo do eixo de rotação for feito o movimento, mais força será necessária para realizar a rotação e isso ocorre por conta de uma grandeza vetorial chamada

torque ou momento de força.



(Créditos:

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=24925>)

A fórmula para se calcular o torque é escrita da seguinte maneira:

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

sendo F a força aplicada, d a distância perpendicular da linha de ação da força ao eixo de rotação. Sua unidade de medida é newton metro ($[\vec{\tau}] = N \cdot m$).

Como se trata de uma grandeza vetorial, é necessário definir a direção e o sentido. A direção sempre será perpendicular ao plano no qual a força é aplicada e o sentido depende de qual sentido a força está sendo aplicada. É importante prestar atenção para onde está indo o sentido, pois é ele que definirá o sinal para calcular o momento da força.

6. Momento angular

Andar de bicicleta é uma das atividades ao ar livre bastante relaxante para se fazer e que no dia a dia também serve como transporte, porém muitas pessoas não sabem responder como que a bicicleta consegue ficar em pé durante o movimento e a resposta para isso está no momento angular. O momento angular é uma propriedade física que descreve a rotação de um objeto em torno de um eixo, ou seja, é a representação da quantidade de rotação que um objeto possui. No caso da bicicleta os pedais realizam um movimento em volta de um eixo e esse movimento realizado consecutivamente faz com que a bicicleta se mantenha em equilíbrio. A sua fórmula é escrita da seguinte maneira:

$$L = m \cdot r \cdot p,$$

onde m é a massa do objeto, r é a distância entre o objeto de rotação e o eixo.

Sua unidade de medida é quilograma vezes metro por segundo ao quadrado ($[L] = kg \cdot \frac{m}{s^2}$).

Exercícios resolvidos

A distância entre o centro da Terra e o centro da Lua mede $3,8 \cdot 10^5$ km. A massa da Terra é 82 vezes maior que a massa da Lua. A que distância do centro da terra encontra-se o centro de massa do sistema Terra-Lua.

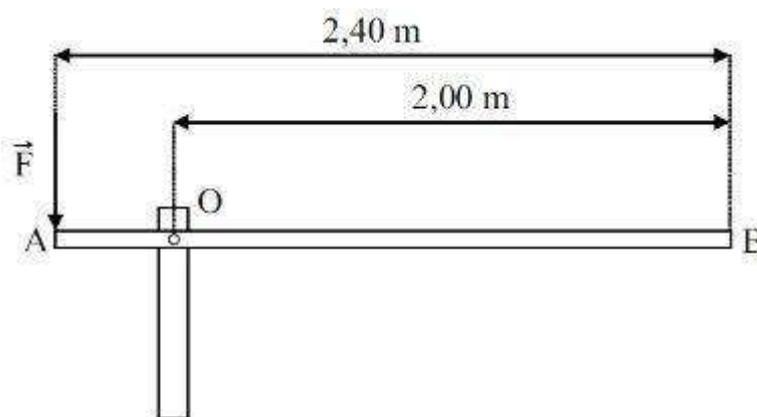
Resolução:

O eixo Ox passará pelo centro da Terra e da Lua, com origem no centro da Terra. Sendo assim o eixo da Terra terá distância zero, enquanto o da Lua terá $3,8 \cdot 10^5$ km. A massa da Terra é 82 vezes a massa da Lua, ou seja, $m_T = m_L \cdot 82$.

Resolvendo os cálculos:

$$c_n = \frac{(82 \cdot m_L) \cdot 0 + 3,8 \cdot 10^5 \cdot m_L}{82m_L + m_L} = \frac{3,8 \cdot 10^5 m_L}{83m_L}$$
$$\frac{3,8 \cdot 10^5}{8,3 \cdot 10^1} \cong 0,457 \cdot 10^4 \cong 4,57 \cdot 10^3 km$$

(Mackenzie-SP)



(Crédito: MACKENZIE, 2015.)

Uma cancela manual é constituída de uma barra homogênea AB de comprimento $L = 2,40$ m e massa $M = 10,0$ kg e está articulada no ponto O, onde o atrito é desprezível. A força F tem direção vertical e sentido descendente, como mostra a figura acima. Considerando a aceleração da

gravidade $g = 10,0 \text{ m/s}^2$, a intensidade da força mínima que se deve aplicar em A para iniciar o movimento de subida da cancela é:

- a) 150 N
- b) 175 N
- c) 200 N
- d) 125 N
- e) 100 N

Resolução:

Pelo fato de a barra ser homogênea, pode-se afirmar que o seu peso está concentrado em seu centro. Para manter o equilíbrio o torque gerado pela força F será igual ao torque criado pela força peso, sendo uma no sentido anti-horário e sentido horário, respectivamente. Resolvendo os cálculos:

$$\tau_f = \tau_p$$

$$F \cdot 0,4 = p \cdot 0,8$$

$$F \cdot 0,4 = m \cdot g \cdot 0,8$$

$$F \cdot 0,4 = m \cdot 10 \cdot 0,8$$

$$f = \frac{80}{0,4} = 200N$$

Portanto a alternativa C é a correta.

(FUVEST) Um corpo de massa 3 kg move-se a uma velocidade escalar constante de 4 m/s sobre um círculo de raio 5 m. Após algumas revoluções sobre o círculo, o corpo escapa e se movimenta em linha reta, mantendo o mesmo valor de velocidade e a mesma direção do instante de escape. O momento angular do corpo antes de escapar e o momento angular do corpo após o escape, calculados em relação ao centro do círculo são (em $\text{kg m}^2 / \text{s}$), respectivamente, de:

- a) 12
- b) 0
- c) 60
- d) 20

e) 15

Resolução:

Usando a fórmula do momento angular, e aplicando os valores dados pela questão temos:

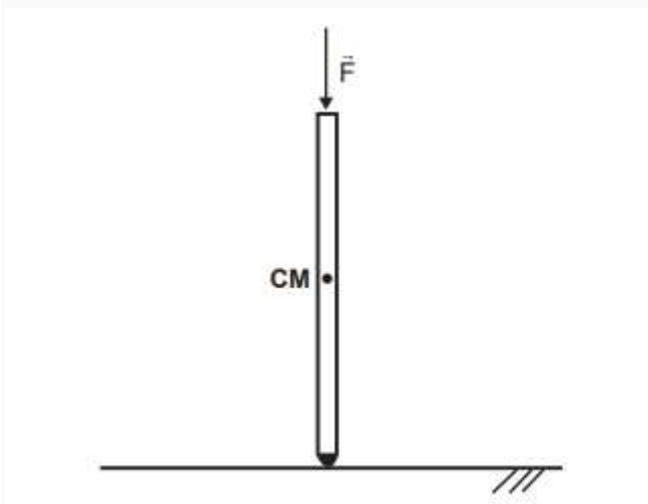
$$L = 3 \cdot 4 \cdot 5$$

$$L = 60 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

Portanto a alternativa C é a correta.

Exercícios propostos

(ENEM 2022) Tribologia é o estudo da interação entre duas superfícies em contato, como desgaste e atrito, sendo de extrema importância na avaliação de diferentes produtos e de bens de consumo em geral. Para testar a conformidade de uma muleta, realiza-se um ensaio tribológico, pressionando-a verticalmente contra o piso com uma força F , conforme ilustra a imagem, em que CM representa o centro de massa da muleta.

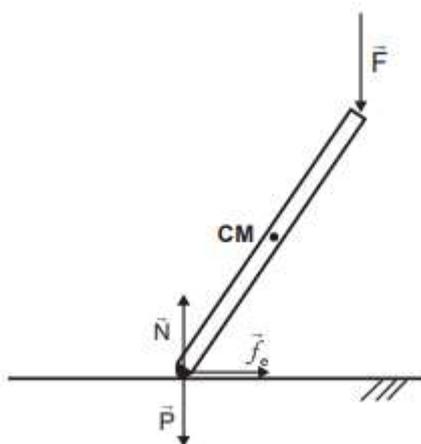


(crédito: ENEM, 2021.)

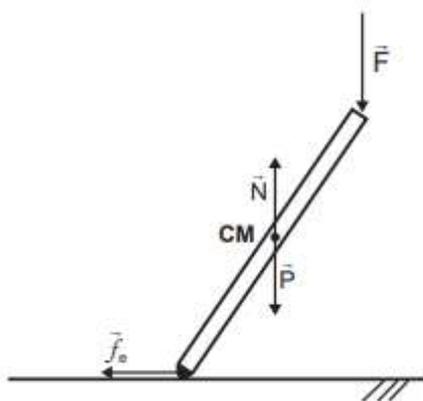
Mantendo-se a força F paralela à muleta, varia-se lentamente o ângulo entre a muleta e a vertical, até o máximo ângulo imediatamente anterior ao de escorregamento, denominado ângulo crítico. Esse ângulo também pode ser calculado a partir da identificação dos pontos de aplicação, da direção e do sentido das forças peso (P), normal (N) e atrito estático (f_e)

O esquema que representa corretamente todas as forças que atuam sobre a muleta quando ela atinge o ângulo crítico é:

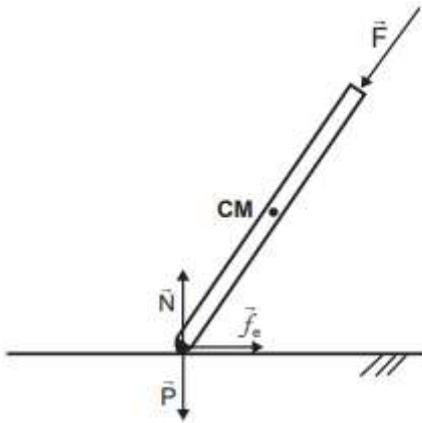
A)



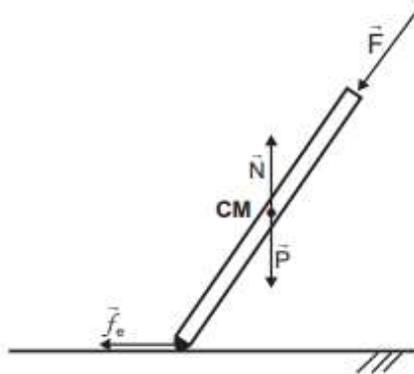
B)



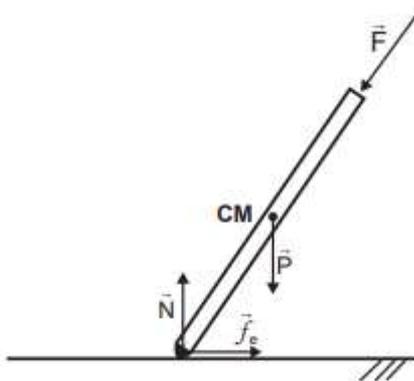
C)



D)



E)



(Enem 2018) As pessoas que utilizam objetos cujo princípio de funcionamento é o mesmo do das alavancas aplicam uma força, chamada de força potente, em um dado ponto da barra, para superar ou equilibrar uma segunda força, chamada de resistente, em outro ponto da barra. Por causa das diferentes distâncias entre os pontos de aplicação das forças, potente

e resistente, os seus efeitos também são diferentes. A figura mostra alguns exemplos desses objetos.



(Crédito: ENEM, 2018.)

Em qual dos objetos a força potente é maior que a força resistente?

- A. Pinça.
- B. Alicate.
- C. Quebra-nozes.
- D. Carrinho de mão.
- E. Abridor de garrafa.

(Enem 2016 PPL) A figura mostra uma balança de braços iguais, em equilíbrio, na Terra, onde foi colocada uma massa m , e a indicação de uma balança de força na Lua, onde a aceleração da gravidade é igual a $1,6 \text{ m/s}^2$, sobre a qual foi colocada uma massa M .



(Crédito: ENEM, 2016)

A razão das massas M / m é

- A. 4,0.
- B. 2,5.
- C. 0,4.
- D. 1,0.
- E. 0,25.

(Enem 2015) Em um experimento, um professor levou para a sala de aula um saco de arroz, um pedaço de madeira triangular e uma barra de ferro cilíndrica e homogênea. Ele propôs que fizessem a medição da massa da barra utilizando esses objetos. Para isso, os alunos fizeram marcações na barra, dividindo-a em oito partes iguais, e em seguida apoiaram-na sobre a base triangular, com o saco de arroz pendurado em uma de suas extremidades, até atingir a situação de equilíbrio.



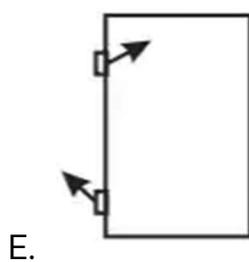
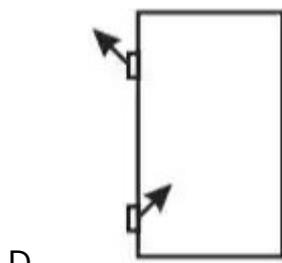
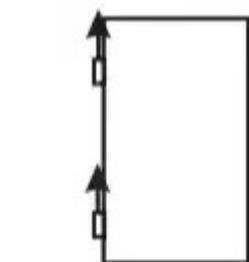
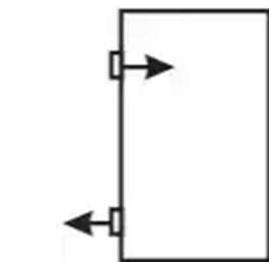
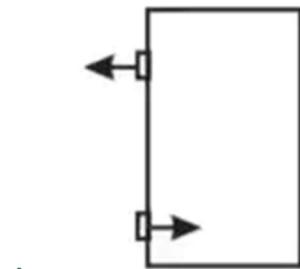
(Crédito: ENEM, 2015)

Nessa situação, qual foi a massa da barra obtida pelos alunos?

- A. 3,00 kg
- B. 3,75 kg
- C. 5,00 kg
- D. 6,00 kg
- E. 15,00 kg

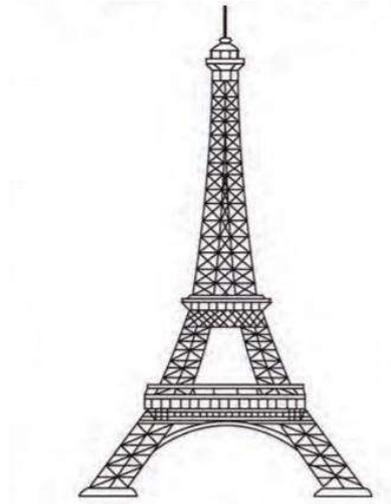
(Enem 2012) O mecanismo que permite articular uma porta (de um móvel ou de acesso) é a dobradiça. Normalmente, são necessárias duas ou mais dobradiças para que a porta seja fixada no móvel ou no portal, permanecendo em equilíbrio e podendo ser articulada com facilidade.

No plano, o diagrama vetorial das forças que as dobradiças exercem na porta está representado em



(ENEM 2020)A Torre Eiffel, com seus 324 metros de altura, feita com treliças de ferro, pesava 7 300 toneladas quando terminou de ser construída em 1889. Um arquiteto

resolve construir um protótipo dessa torre em escala 1:100, usando os mesmos materiais (cada dimensão linear em escala de 1:100 do monumento real). Considere que a torre real tenha uma massa M_{torre} e exerça na fundação sobre a qual foi erguida uma pressão P_{torre} . O modelo construído pelo arquiteto terá uma massa M_{modelo} e exercerá uma pressão P_{modelo} .



(Crédito: ENEM, 2020.)

Como a pressão exercida pela torre se compara com a pressão exercida pelo protótipo? Ou seja, qual é a razão entre as pressões $(P_{\text{torre}})/(P_{\text{modelo}})$?

A 10^0

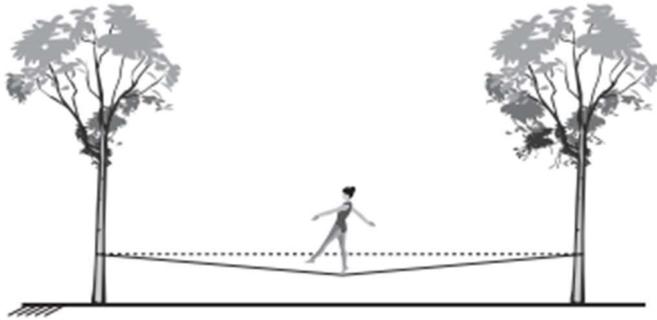
B 10^1

C 10^2

D 10^4

E 10^6

(ENEM 2019) *Slackline* é um esporte no qual o atleta deve se equilibrar e executar manobras estando sobre uma fita esticada. Para a prática do esporte, as duas extremidades da fita são fixadas de forma que ela fique a alguns centímetros do solo. Quando uma atleta de massa igual a 80 kg está exatamente no meio da fita, essa se desloca verticalmente, formando um ângulo de 10° com a horizontal, como esquematizado na figura. Sabe-se que a aceleração da gravidade é igual a 10 m s^{-2} , $\cos(10^\circ) = 0,98$ e $\sin(10^\circ) = 0,17$.



(Crédito: ENEM, 2019)

Qual é a força que a fita exerce em cada uma das árvores por causa da presença da atleta?

A $4,0 \times 10^2$ N

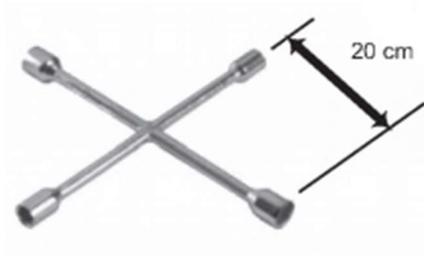
B $4,1 \times 10^2$ N

C $8,0 \times 10^2$ N

D $2,4 \times 10^3$ N

E $4,7 \times 10^3$ N

(ENEM 2013) Retirar a roda de um carro é uma tarefa facilitada por algumas características da ferramenta utilizada, habitualmente denominada chave de roda. As figuras representam alguns modelos de chaves de roda:



Modelo 1



Modelo 2



Modelo 3

(Crédito: ENEM, 2013.)

Em condições usuais, qual desses modelos permite a retirada da roda com mais facilidade?

A1, em função de o momento da força ser menor.

B1, em função da ação de um binário de forças.

C2, em função de o braço da força aplicada ser maior.

D3, em função de o braço da força aplicada poder variar.

E3, em função de o momento da força produzida ser maior.

Mapa mental



Fonte: Autores, 2024.

Dinâmica da partícula

O estudo a dinâmica nos faz compreender o movimento do corpo e as ações que o corpo sofre, relacionando em nosso cotidiano, dinâmica nos responde como o nosso corpo está em movimento mesmo com a atuação da gravidade, quando um objeto cai ao chão nos perguntamos como ele caiu, e aí entra o conceito de dinâmica que poderá explicar como isso ocorre.

Objetivos

Definir o que são forças;

Compreender sobre dinâmica;

Como a dinâmica está presente no cotidiano;

Aprender a utilizar a plataforma PhET;

Saber resolver problemas quando propostos pela temática abordada;

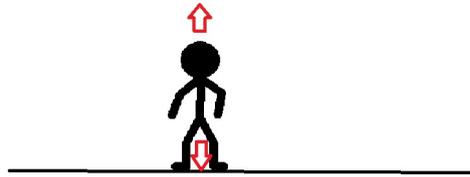
Utilizar das simulações para esclarecer a temática abordada.

Forças

Entender este conceito, é de suma importância para que se norteie sobre as forças que atuam na dinâmica, e claro, saber orientar-se quanto às forças que nos rodeiam diariamente e quando as aplicamos, assim, tendo melhor compreensão do assunto e sabendo aplicá-lo de maneira correta.

Força normal: É a força de reação de uma superfície de contato com um corpo, por exemplo, temos um corpo que exerce uma força peso para baixo, e temos o chão que é dado como uma superfície de contato, esta superfície irá realizar uma força contrária ao corpo (para cima), e então é denominado como uma força normal.

Figura 1



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Força peso: A força peso atua sobre um corpo juntamente com a gravitação, ou seja, o peso é a força gravitacional que é exercida sobre ele. Por exemplo, temos uma caneta, quando ela for solta, ela tende a cair no chão, ou seja, há uma ação da gravidade na caneta. Vale ressaltar que peso é diferente de massa, quando falamos “eu peso 45 kg” este termo é distinto, pois 45kg é a massa do seu corpo e não o peso. Para calcular o peso de um corpo qualquer, utilizamos a equação $P = m \times g$, sendo,

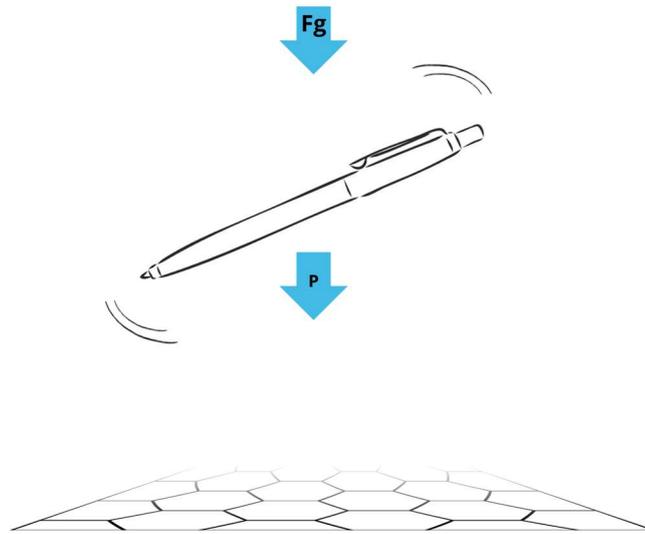
P o peso

m a massa do corpo

g a gravidade que é dada por $9,8 \text{ m/s}^2$ ou 10 m/s^2 .

Note as duas forças atuando sobre um corpo ado como exemplo

Figura 1.1

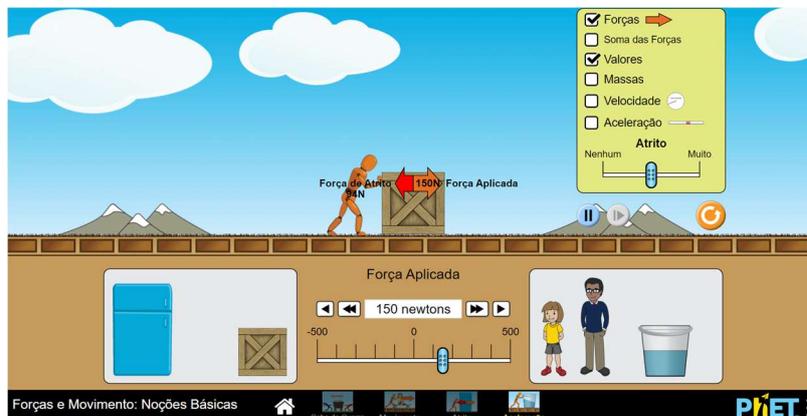


Fonte: Elaboração própria, 2024.

Força de atrito: A força de atrito nos diz que existe duas superfícies que estão em contato, por exemplo, se temos um balde no chão, se exercemos uma força nele, irá ter uma força aplicada e a força de atrito, que é devido o balde está em contato com o chão, a força de atrito possui uma direção sentido, sendo ela oposta a força que está sendo aplicada, ou seja, ela tenta impedir o movimento que um corpo está realizando.

Ao determinar a força aplicada por 150 N, note que a força de atrito está em direção contrária ao movimento.

Figura 1.2 Crédito: Elaboração Captura de tela própria, 2024.



A fórmula utilizada para encontrar a força de atrito é dada por $F_{at} = \mu \times N$, onde

F_{at} é a força de atrito

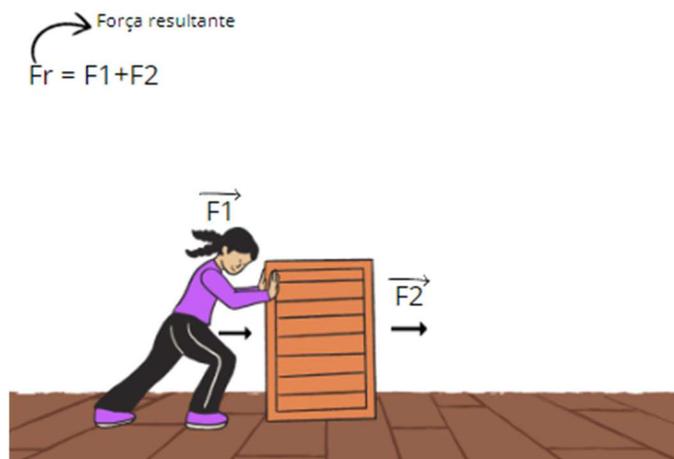
μ é denominado como o coeficiente de atrito

N é a força normal.

Força resultante: A força resultante é a soma de todas as forças que atuam sobre um corpo de acordo com a sua intensidade, direção e sentido, estando ela em movimento ou não.

Observe este conceito em prática na imagem a seguir.

Figura 1.3



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Dinâmica da partícula

Introdução

A dinâmica estuda o que causa o movimento e está presente em nosso cotidiano de diversas formas, o mundo, por exemplo, está em constante movimento, se pararmos para observar ao nosso redor iremos notar que tudo está em movimento, como, um carro, animal, ser humano, o ar que

respiramos e dentre outros fatores. Para entendermos a dinâmica, devemos nos preocupar com as forças que estão envolvidas, tais forças que estarão presentes quando realizado um movimento de qualquer corpo. Agora imagine que você está no supermercado empurrando o carrinho de compras e ele começa a se mover, é porque você está exercendo uma força sobre ele, e isso acarreta em seu movimento, note que, quanto mais produtos no carro, mais força deverá ser aplicada para que ele se movimente, e isso é explicado através da dinâmica.

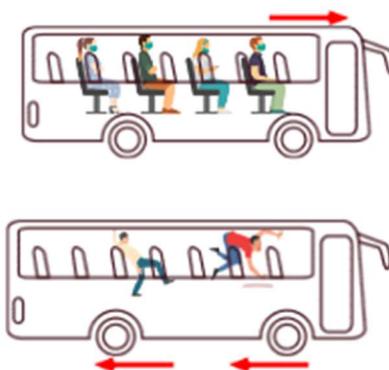
1ª Lei de Newton (Princípio da inércia).

Se um corpo está em repouso, ele irá permanecer em repouso, assim como, se o corpo está em movimento ele tende a continuar em movimento.

Vejam os nossos exemplos de um ônibus em repouso e em movimento. Se prestarmos atenção, quando o ônibus está em repouso, ou seja, está parado, o seu corpo tende a permanecer em repouso. Quando o ônibus iniciar uma aceleração e partir numa velocidade constante de 40km/h o seu corpo também estará em movimento na mesma velocidade. Agora digamos que, o ônibus realize uma freada imediata, e você não esteja totalmente “equilibrado” o seu corpo permanecerá na mesma posição após a ação? A resposta é não. Pois o seu corpo tenderá a continuar em movimento, será lançado até um determinado espaço, até que exerça uma força para que possa ficar em repouso assim como o ônibus ficou.

A imagem a seguir ilustra o momento de inércia quando o ônibus está em uma velocidade com o corpo assegurado, e quando o corpo encontra-se sem nenhum tipo de seguro.

Figura 1.4



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Note que, se o corpo não estiver seguro, de acordo com a velocidade que o ônibus se move, o corpo será lançado para frente, na mesma direção e sentido que o veículo.

Agora, de maneira mais formal, queremos dizer que, se a força resultante for nula, portanto, o corpo poderá estar em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU), com isso, representamos da seguinte forma, $F_r = 0$, onde a velocidade poderá ser igual a zero, ou poderá ser constante.

Uma maneira mais visual para entender isso é utilizando uma simulação interativa. Abaixo apresentamos um guia de simulação, que mostra exatamente o comportamento que é descrito na primeira lei de Newton.

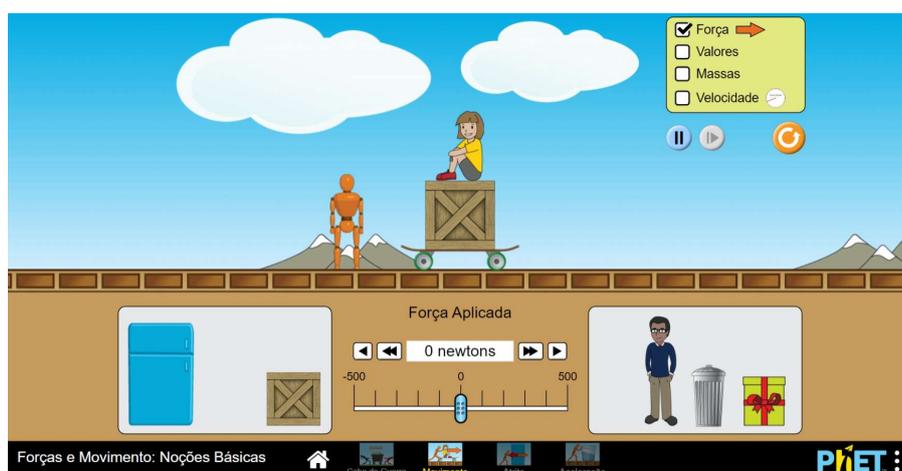
Passo 1

Acesse o link [Forças e Movimento: Noções Básicas \(colorado.edu\)](https://phet.colorado.edu/pt-br/simulations/categoria/forças-e-movimento) para explorar.

Passo 2

Ao colocar a menina em cima da caixa, com uma força em 0 newtons, temos um corpo em total repouso.

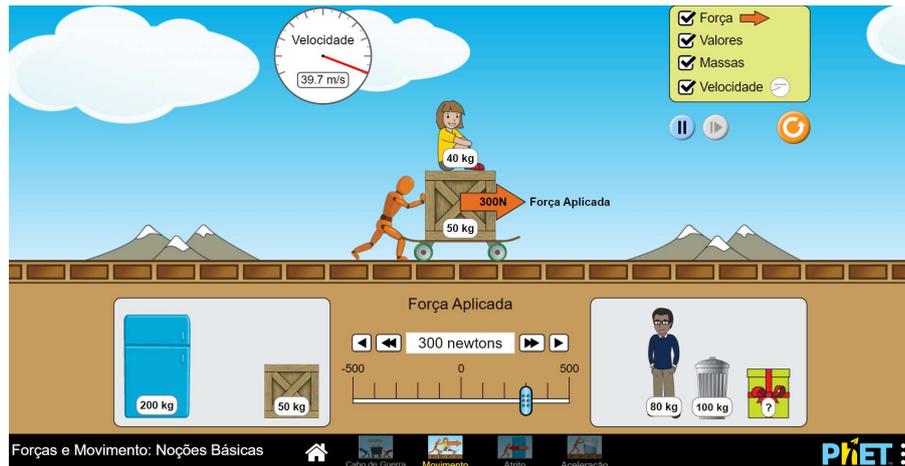
Figura 1.5



Crédito: Elaboração Captura de tela própria, 2024.

Quando determinamos uma força aplicada de 300N na caixa, ela terá uma velocidade de aproximadamente 40m/s, e essa velocidade será constante tanto na caixa quanto no corpo que está sobre ela.

Figura 1.6



Crédito: Elaboração Captura de tela própria, 2024.

Se a força aplicada na caixa for reduzida, ela continuará na mesma velocidade em que está nas medidas acima ?

Exercício resolvido

Q1. (UEMA) CTB – Lei nº 9.503 de 23 de Setembro de 1997 Institui o Código de Trânsito Brasileiro Art.65. É obrigatório o uso do cinto de segurança para condutor e passageiros em todas as vias do território nacional, salvo em situações regulamentadas pelo CONTRAN. [Http://www.jusbrasil.com.br](http://www.jusbrasil.com.br).

O uso do cinto de segurança, obrigatório por lei, remete-nos a uma das explicações da Lei da Inércia, que corresponde à:

- A. 1ª Lei de Ohm.
- B. 2ª Lei de Ohm.
- C. 1ª Lei de Newton.

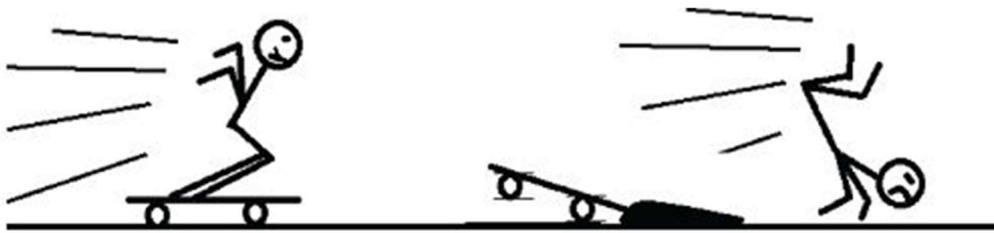
D. 2ª Lei de Newton.

E. 3ª Lei de Newton.

Resposta: Alternativa C. A primeira lei de Newton, também conhecida como lei da inércia, afirma que um corpo em repouso tende a permanecer em repouso e um corpo em movimento tende a permanecer em movimento em linha reta com velocidade constante, a menos que seja submetido a uma força resultante.

No caso de um acidente de carro, o carro para repentinamente, mas os ocupantes do carro continuam em movimento devido à sua inércia. O cinto de segurança impede que os ocupantes do carro sejam arremessados para frente, o que pode causar lesões graves.

Q2. (Cefet-MG) A imagem mostra um garoto sobre um skate em movimento com velocidade constante que, em seguida, choca-se com um obstáculo e cai.



Fonte: Cefet-Mg, 2015

A queda do garoto justifica-se devido à(ao):

- a) princípio da inércia.
- b) ação de uma força externa.
- c) princípio da ação e reação.
- d) força de atrito exercida pelo obstáculo

Resposta: Alternativa A.

Q3.(UFRN-RN) – Considere um grande navio, tipo transatlântico, movendo-se em linha reta e com velocidade constante (velocidade de cruzeiro). Em seu

interior, existe um salão de jogos climatizado e nele uma mesa de pingue-pongue orientada paralelamente ao comprimento do navio.

Dois jovens resolvem jogar pingue-pongue, mas discordam sobre quem deve ficar de frente ou de costas para o sentido do deslocamento do navio. Segundo um deles, tal escolha influenciaria no resultado do jogo, pois o movimento do navio afetaria o movimento relativo da bolinha de pingue-pongue.

Nesse contexto, de acordo com as leis da física, pode-se afirmar que:

- a) a discussão não é pertinente, pois, no caso, o navio se comporta como um referencial não inercial, não afetando o movimento da bola;
- b) a discussão é pertinente, pois, no caso, o navio se comporta como um referencial não inercial, não afetando o movimento da bola;
- c) a discussão é pertinente, pois, no caso, o navio se comporta como um referencial inercial, afetando o movimento da bola;
- d) a discussão não é pertinente, pois, no caso, o navio se comporta como um referencial inercial, não afetando o movimento da bola.

Resposta: Alternativa D.

2ª Lei de Newton (Princípio fundamental a dinâmica).

A segunda lei nos diz que, se um corpo está em repouso, ele irá necessitar de uma determinada força para realizar um movimento, quanto maior a massa, maior terá que ser a força aplicada no corpo, denominada como a força resultante (F_r). Quanto maior a massa de um corpo, menor será sua aceleração, tomamos como exemplo, uma caixa pesando 3 kg e uma outra caixa com apenas 0,2 kg desejando atingir uma aceleração de 5m/s, para fazer com que as duas tenham uma aceleração iremos realizar uma força, tais, sendo diferentes uma da outra, pois a massa de ambas são diferentes, na intenção de deslocar a caixa de 3 kg será aplicada uma força maior para que ela obtenha uma aceleração -que saia do repouso- já quando se é aplicada uma força na caixa de 0,2 kg ela terá mais facilidade para ser movida, visto que sua massa é menor em relação a outra, para que se atinja a aceleração de 5m/s a segunda caixa atingiria mais rápido e com menos

força aplicada. Ou seja, a força resultante será a razão entre a massa com sua aceleração, a partir disso chegamos a $F_r = m \times a$.

Sendo,

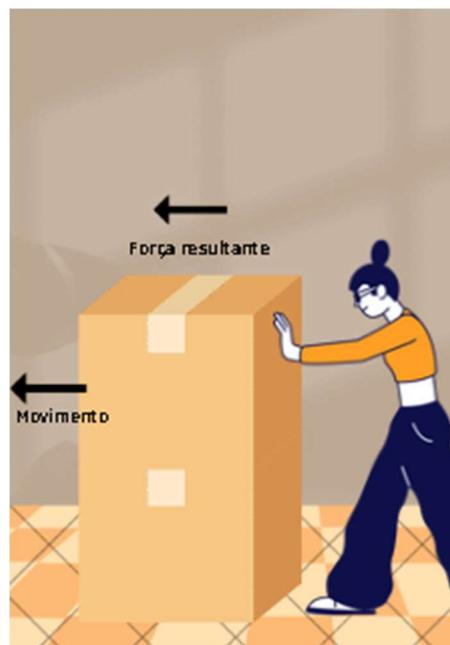
F_r = Força resultante

m = massa

a = aceleração

Na imagem abaixo, podemos observar os princípios que acabamos de discutir.

Figura 1.7



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Notamos que, quanto maior a massa do corpo (objeto), maior será a força aplicada a ele, para que assim resulte em uma aceleração, temos uma razão entre a massa e aceleração.

Simulação

Usando a plataforma de simulação PhET através do link, pode-se visualizar o funcionamento da segunda lei de Newton.

Passo 1:

Acessando [Forças e Movimento: Noções Básicas \(colorado.edu\)](https://phet.colorado.edu)

Passo 2:

Utilizamos uma geladeira com massa de 200kg para realizar a simulação numa superfície com pouco atrito.

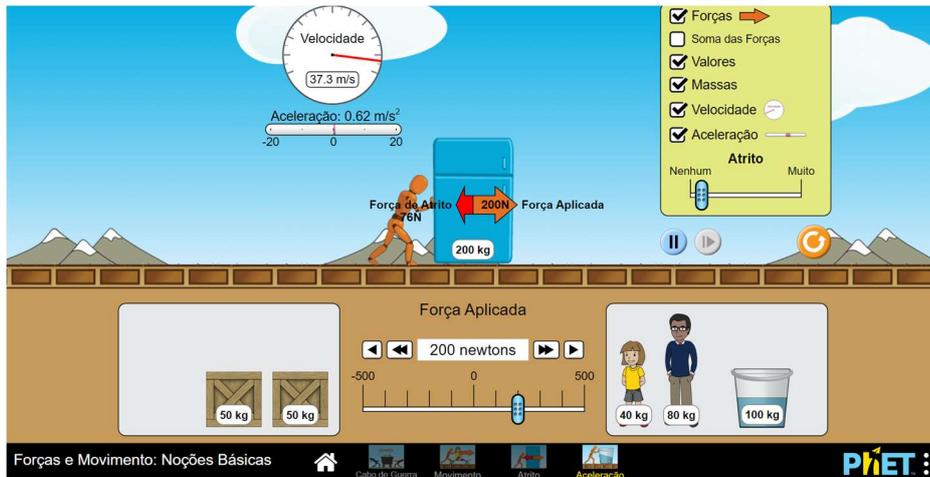
Figura 1.8



Crédito: Elaboração Captura de tela própria, 2024.

Agora, iremos aplicar uma força de 200N, a uma velocidade de 37,3 m/s, assim, encontrando uma aceleração.

Figura 1.9



Crédito: Elaboração Captura de tela própria, 2024.

Note que, por ser um corpo pesado, podemos visualizar que a aceleração é mínima, e isso nos diz que, quanto maior a massa, menor será a aceleração. Agora tomemos como exemplo, aplicando a mesma força em uma caixa de 50 kg com uma velocidade aproximada do exemplo anterior.

Figura 2.0



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

Ao comparar com a figura 2.0, podemos observar que ao diminuir a massa obtemos uma aceleração maior em relação a outra, mesmo utilizando 200 N como aplicação de força.

Exercício resolvido

Q1. (CESESP) Um corpo de 4kg de massa está submetido à ação de uma força resultante de 15N. A aceleração adquirida pelo corpo na direção desta resultante é em m/s²:

- a) 2,25
- b) 1,35
- c) 4,25
- d) 2,85
- e) 3,75

Resposta: A questão nos pede a aceleração do corpo, portanto, usaremos a equação estabelecida na segunda lei de Newton, temos

$$Fr = m \times a$$

A força resultante é dada no valor de 15N, e a massa do corpo por 4kg, diante das seguintes informações, iremos inseri-las na fórmula

$$15N = 4kg \times a$$

Se a questão nos da aceleração, então iremos isolar ela para obtermos o resultado almejado.

$$a = \frac{15N}{4kg} = 3,75 \text{ portanto, a alternativa correta será a letra E.}$$

Q2. (UFMG) 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.

e) a afirmação da questão está errada, pois qualquer que seja F o corpo estará acelerado porque sempre existe a aceleração da gravidade.

Resposta: Alternativa B. Como as forças que atuam sobre o corpo possuem sentidos opostos, podemos determinar a força resultante por meio de sua subtração.

$$F_R = 60 - 20 = 40 \text{ N}$$

Por meio da Segunda lei de Newton, a aceleração pode ser encontrada:

$$F_R = m \cdot a$$

$$40 = 20 \cdot a$$

$$a = 2 \text{ m/s}^2$$

Q3. (AFA-SP) Durante um intervalo de tempo de 4s atua uma força constante sobre um corpo de massa 8,0 kg que está inicialmente em movimento retilíneo com velocidade escalar de 9m/s. Sabendo-se que no fim desse intervalo de tempo a velocidade do corpo tem módulo de 6m/s, na direção e sentido do movimento original, a força que atuou sobre ele tem intensidade de:

a) 3,0 N no sentido do movimento original.

b) 6,0 N em sentido contrário ao movimento original.

c) 12,0 N no sentido do movimento original.

d) 24,0 N em sentido contrário ao movimento original.

Resposta:A partir do movimento uniformemente variado, podemos determinar a aceleração do corpo:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$6\text{m/s} = 9\text{m/s} - a \cdot 4\text{s}$$

$$a \cdot 4\text{s} = 6\text{m/s} - 9\text{m/s}$$

$$4\text{s} \cdot a = 3\text{m/s}$$

$$a = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ m/s}^2$$

Por meio da Segunda lei de Newton, temos:

$$F_r = m \cdot a$$

$$F_r = 8\text{kg} \cdot 0,75 \text{ m/s}^2 = 6 \text{ N}$$

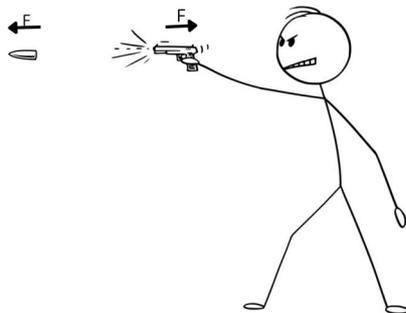
Como após a aplicação da força a velocidade do corpo diminui, podemos concluir que a força é oposta ao movimento original do móvel.

3ª Lei de Newton (Princípio da ação e reação).

A terceira lei nos diz que, para toda força de ação existirá uma reação, e estas forças tendo a mesma direção, intensidade e sentidos opostos em corpos diferentes, tomamos como exemplo uma bala, ao atirar será impulsionado em uma direção contrária a bala, o corpo receberá uma reação e a bala uma ação, que no caso foi a ação de disparo e isso ocorrerá em uma intensidade diretamente proporcional e em sentidos opostos. Você estará aplicando uma força no disparo e ele estará devolvendo em mesma intensidade e direção, só que em sentido oposto.

Observe o exemplo para melhor compreensão:

Figura 2.1



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Exercícios resolvidos

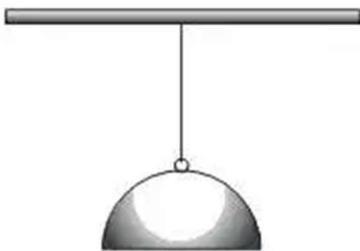
Q1.(Enem 2012) Durante uma faxina, a mãe pediu que o filho a ajudasse, deslocando um móvel para mudá-lo de lugar. Para escapar da tarefa, o filho disse ter aprendido na escola que não poderia puxar o móvel, pois a Terceira Lei de Newton define que se puxar o móvel, o móvel o puxará igualmente de volta, e assim não conseguirá exercer uma força que possa colocá-lo em movimento.

Qual argumento a mãe utilizará para apontar o erro de interpretação do garoto?

- a) A força de ação é aquela exercida pelo garoto.
- b) A força resultante sobre o móvel é sempre nula.
- c) As forças que o chão exerce sobre o garoto se anulam.
- d) A força de ação é um pouco maior que a força de reação.
- e) O par de forças de ação e reação não atua em um mesmo corpo.

Resposta: as forças de ação e reação possuem mesma intensidade, direção e que atuam em sentidos opostos. No entanto, este par de forças provocará acelerações diferentes no garoto e no móvel, devido às suas inércias diferentes. Isto se deve ao fato de que o móvel e o menino possuem massas diferentes. Portanto, a alternativa correta será a E.

Q2. (Unifesp) Na figura está representado um lustre pendurado no teto de uma sala.



Fonte: Unifesp, 2008

Nessa situação, considere as seguintes forças:

- I. O peso do lustre, exercido pela Terra, aplicado no centro de gravidade do lustre.
- II. A tração que sustenta o lustre, aplicada no ponto em que o lustre se prende ao fio.
- III. A tração exercida pelo fio no teto da sala, aplicada no ponto em que o fio se prende ao teto.
- IV. A força que o teto exerce no fio, aplicada no ponto em que o fio se prende ao teto.

Dessas forças, quais configuram um par ação-reação, de acordo com a Terceira Lei de Newton?

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

Resposta: Alternativa C. A força que o teto exerce no fio e a força de tração exercida pelo fio no teto configuram um par de ação e reação.

Q3. (IFSC) 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 força:

- a) da Terra sobre a mão do garoto.
- b) do pássaro sobre a mão do garoto.
- c) da Terra sobre o pássaro.
- d) do pássaro sobre a Terra.
- e) da mão do garoto sobre o pássaro.

Resposta: A força exercida pela mão do garoto é uma força de reação normal. Portanto, a alternativa correta é a E.

Impulso

O impulso é uma força resultante exercida em um corpo em uma determinada variação de tempo sob a ação de uma força, ele está presente em nosso cotidiano de diversas maneiras, quando há um impacto ou empurrão de alguém/algo por exemplo. O impulso também necessita de uma força, direção e sentido, para encontrá-lo utilizamos a fórmula $I = F \times \Delta t$. Onde, de acordo com o Sistema Internacional de medidas:

I é impulso tendo sua unidade em N.s

F é a força dada em Newtons

Δt é o intervalo de tempo

Nos referenciamos da seguinte maneira, um atleta de tênis ao sacar a bola, ela terá um contato com a raquete, um impacto, e o atleta ao aplicar a força na raquete também sofrerá um impacto, o atleta exerce uma força em um intervalo de tempo obtendo um impulso no saque sendo essa impulsão devido o modo em que o atleta posiciona o seu corpo, ao obter impulsão no corpo o atleta exerce força o suficiente fazendo com que a bola seja sacada para o outro lado da quadra onde está o seu oponente.

Observe as técnicas de movimento utilizadas para adquirir impulso em um saque ou até mesmo numa rebatida de bola.

Figura 2.2



Fonte: Gerado por IA, 2024.

Exercícios resolvidos

Q1. (UNIFOR – CE) Uma bola de massa $0,5 \text{ kg}$ é chutada para o gol, chegando ao goleiro com velocidade de 40 m/s e, rebatida por ele, sai com velocidade de 30 m/s numa direção perpendicular à do movimento inicial. O impulso que a bola sofre graças à intervenção do goleiro, tem módulo, em N.s:

- a) 15
- b) 20
- c) 25
- d) 30

e) 35

Resposta: Dados

$$\begin{array}{rcll} m & = & 0,5 & \text{kg} \\ v_1 & = & 40 & \text{m/s} \\ v_2 & = & 30 \text{ m/s} & \text{(perpendicular à } v_0) \end{array}$$

Como as duas velocidades são perpendiculares entre si, para encontramos a velocidade resultante, devemos utilizar o teorema de Pitágoras:

$$\begin{array}{rcll} v^2 & = & v_1^2 & + & v_2^2 \\ v^2 & = & 40^2 & + & 30^2 \\ v^2 & = & 1600 & + & 900 \\ v^2 & = & & & 2.500 \\ v & = & & & \sqrt{2.500} \\ v & = & 50 \text{ m/s} & & \end{array}$$

Agora podemos utilizar o teorema do impulso e quantidade de movimento:

$$\begin{array}{rcll} I & = & & \text{mv} \\ I & = & 0,5 & \cdot & 50 \\ I & = & 25 \text{ kg} \cdot \text{m/s} & & \end{array}$$

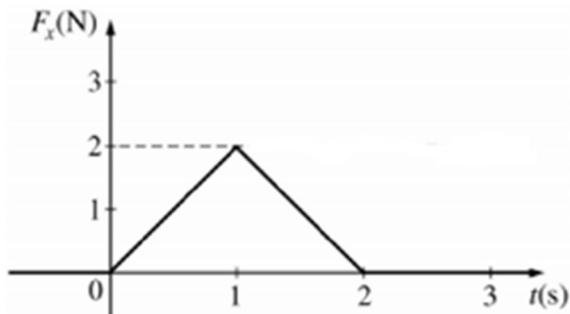
Portanto, a alternativa C é a correta.

Q2. (CESPE). Acerca dos conceitos de quantidade de movimento, impulso e colisões, assinale a opção correta.

- A) Em um choque inelástico, nem a energia nem o momento são conservados.
- B) Durante um choque elástico de uma bola não deformável caindo verticalmente na superfície da Terra (também assumida como não deformável), o momento total não é conservado, senão a Terra seria ligeiramente desviada.
- C) Na colisão perfeitamente inelástica, acontece a maior perda de energia cinética e, após o choque, os corpos se separam.
- D) O impulso pode ser calculado determinando-se a área sob a curva de um gráfico da força em função do tempo.
- E) A quantidade de movimento é uma grandeza escalar.

Resposta: Podemos calcular o impulso através da fórmula $I = F \times \Delta t$, logo, a área do gráfico $F_x t$ nos dará exatamente o valor do impulso. Alternativa D.

Q3. (AOCP). A figura a seguir mostra uma força dependente do tempo $F_x(t)$ agindo sobre uma partícula em movimento ao longo de um eixo x. Qual é o impulso total dado à partícula?



- A) 0
- B) 1 kg . m/s
- C) 2 kg . m/s
- D) 3 kg . m/s
- E) 4 kg . m/s

Resposta: Como $I = F \cdot \Delta t$, podemos calcular o valor do impulso calculando a área do gráfico $F_x t$.

Observe que calcular a área do gráfico é calcular a área de um triângulo de base e altura iguais a 2.

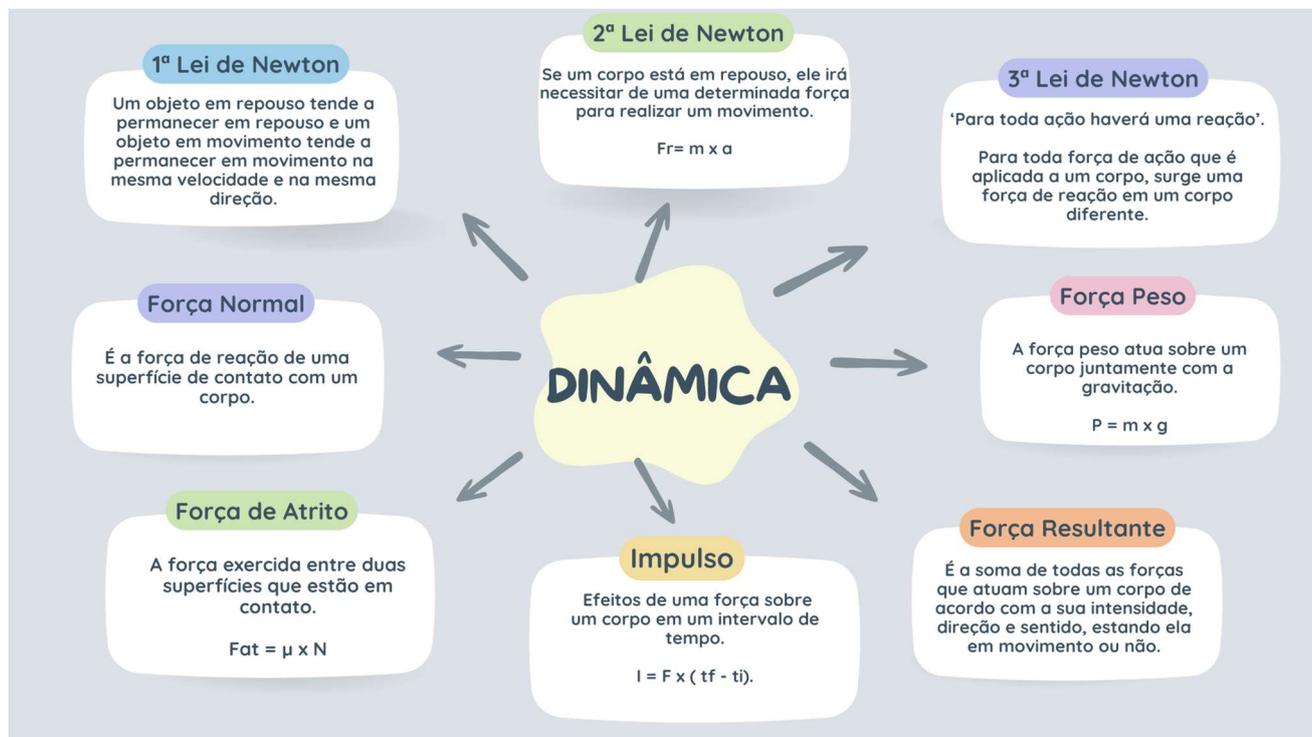
$$I = b \cdot h / 2$$

$$I = 2 \cdot 2 / 2$$

$$I = 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

Resposta: C

Mapa Mental



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Problemas

1 (ENEM - 2019)

Em qualquer obra de construção civil é fundamental a utilização de equipamentos de proteção individual, tal como capacetes. Por exemplo, a queda livre de um tijolo de massa 2,5 kg de uma altura de 5m, cujo impacto contra um capacete pode durar até 0,5 s, resulta em uma força impulsiva média maior do que o peso do tijolo. Suponha que a aceleração gravitacional seja 10ms^{-2} e que o efeito da resistência do ar seja desprezível.

A força impulsiva média gerada por esse impacto equivale ao peso de quantos tijolos iguais:

- A)2
- B)5
- C)10
- D)20
- E)50

2 (PAES/OBJ-2019) O mix de compras no carrinho dos homens é, aparentemente, muito variado, incluindo desde produtos alimentícios (carne, biscoitos, frutas etc), até material de limpeza, higiene pessoal ou itens diversos, como flores e artigos para casa (como toalha de banho e copos).



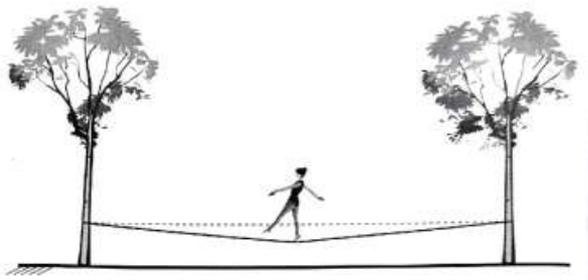
Fonte: PAES, 2019.

Num supermercado, um cidadão empurra um carrinho de compras, com velocidade de 1,5 m/s, com vários produtos, perfazendo um total de 30 kg de massa. Durante 30 s, o carrinho é impulsionado por uma força constante de 20 N, mantendo a mesma direção e o mesmo sentido do movimento.

- a) Determine a intensidade do impulso aplicado no carrinho.
- b) Determine a quantidade de movimento do carrinho, após os 30 segundos de atuação da força

3 (ENEM - 2019)

Slackline é um esporte no qual o atleta deve se equilibrar e executar manobras estando sobre uma fita esticada. Para a prática do esporte, as duas extremidades da fita são fixadas de forma que ela fique a alguns centímetros do solo. Quando uma atleta de massa igual a 80 kg está exatamente no meio da fita, essa se desloca verticalmente, formando um ângulo de 10° com a horizontal, como esquematizado na figura. Sabe-se que a aceleração da gravidade é igual a 10 ms^{-2} , $\cos(10^\circ) = 0,98$ e $\sin(10^\circ) = 0,17$.



Fonte: ENEM, 2019

Qual é a força que a fita exerce em cada uma das árvores por causa da presença da atleta?

- A) $4,0 \times 10^2 \text{ N}$
- B) $4,1 \times 10^2 \text{ N}$
- C) $8,0 \times 10^2 \text{ N}$

D) $2,4 \times 10^3 \text{N}$

E) $4,7 \times 10^3 \text{N}$

4 (ENEM - 2019)

Em qualquer obra de construção civil é fundamental a utilização de equipamentos de proteção individual, tal como capacetes. Por exemplo, a queda livre de um tijolo de massa $2,5 \text{ kg}$ de uma altura de 5 m , cujo impacto contra um capacete pode durar até $0,5 \text{ s}$, resulta em uma força impulsiva média maior do que o peso do tijolo. Suponha que a aceleração gravitacional seja 10 ms^{-2} e que o efeito da resistência do ar seja desprezível.

A força impulsiva média gerada por esse impacto equivale ao peso de quantos tijolos iguais:

- | | |
|------|-------|
| A) 2 | C) 10 |
| B) 5 | D) 20 |
| | E) 50 |

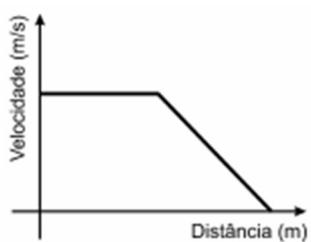
(Enem 2016) Dois veículos que trafegam com velocidade constante em uma estrada, na mesma direção e sentido, devem manter entre si uma distância mínima. Isso porque o movimento de um veículo, até que ele pare totalmente, ocorre em duas etapas, a partir do momento em que o motorista detecta um problema que exige uma freada brusca. A primeira etapa é associada à distância que o veículo percorre entre o intervalo de tempo da detecção do problema e o acionamento dos freios. Já a segunda se relaciona com a distância que o automóvel percorre enquanto os freios agem com desaceleração constante.

Considerando a situação descrita, qual esboço gráfico representa a velocidade do automóvel em relação à distância percorrida até parar totalmente?

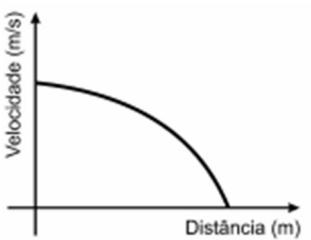
A)



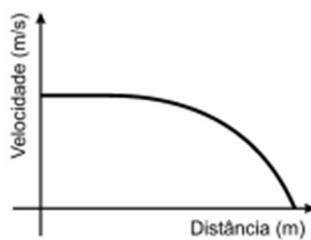
B)



C)



D)



E)



6 (PAES 2019) Entre as suas contribuições para a Ciência, Newton descreveu as Leis do Movimento e da Gravitação Universal.

Analise as três situações do nosso cotidiano para responder à questão.

Uma pessoa, ao caminhar sobre o chão, exerce uma força sobre ele.

Um jogador, ao chutar uma bola, exerce uma força sobre ela em direção ao gol.

Uma pessoa, ao empurrar o carro sobre uma pista, exerce uma força sobre ele.

Agora, analise a explicação do ponto de vista de Isaac Newton.

O físico inglês Isaac Newton enunciou três leis que descrevem, de forma satisfatória, as causas dos movimentos: a primeira lei, lei da inércia; a segunda lei, lei fundamental da dinâmica; a terceira lei, lei da ação e da reação. Segundo Newton, “A chave para o entendimento dos diferentes tipos de movimentos que um corpo pode realizar está nas forças que atuam sobre ele” As forças podem ser classificadas em forças de interação e força de contato.

Fonte: <http://escoladigital.org.br/as-leis-de-newton-no-nosso-dia-adia> sa

Considerando as três situações do cotidiano e a explicação do cientista, a terceira lei de Newton é a seguinte:

- A) Um corpo sob ação de uma força adquire uma aceleração. O valor da força que atua no corpo é diretamente proporcional à aceleração que ele produz.

- B) Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que nele seja aplicado um conjunto de forças, fazendo-o mudar seu estado inercial.
- C) Dois corpos atraem-se mutuamente sempre com forças de intensidade F diretamente proporcionais ao produto de suas massas M e m e, inversamente proporcionais, ao quadrado da distância que os separa.
- D) Se um corpo A aplicar uma força sobre um corpo B, receberá desse uma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto à força que aplicou em B.
- E) A trajetória das órbitas dos planetas em torno do Sol é elíptica, estando o mesmo posicionado num dos focos da elipse.

7 (ENEM 2020) A balança de braços iguais (balança A) faz a medição por meio da comparação com massas de referência colocadas em um dos pratos. A balança de plataforma (balança B) determina a massa indiretamente pela força de compressão aplicada pelo corpo sobre a plataforma.



Balança A



Balança B

Fonte: ENEM, 2020.

As balanças A e B são usadas para determinar a massa de um mesmo corpo. O procedimento de medição de calibração foi conduzido em um local da superfície terrestre e forneceu o valor de 5,0 kg para ambas as balanças. O mesmo procedimento de medição é conduzido para esse corpo em duas situações.

Situação 1: superfície lunar, onde o módulo da aceleração da gravidade é $1,6 \text{ m/s}^2$. A balança A forneceu o valor m_1 , e a balança B forneceu o valor m_2 .

Situação 2: interior de um elevador subindo com aceleração constante de módulo 2 m/s^2 , próximo à superfície da Terra. A balança A forneceu o valor m_3 , e a balança B forneceu o valor m_4 .

Disponível em: <http://fisica.tubalivre.com>. Acesso em: 23 nov. 2013 (adaptado).

Em relação ao resultado do procedimento de calibração, os resultados esperados para a situação 1 e 2 são, respectivamente,

- A) $m_1 = 5,0 \text{ kg}$ e $m_2 < 5,0 \text{ kg}$; $m_3 = 5,0 \text{ kg}$ e $m_4 > 5,0 \text{ kg}$.
- B) $m_1 = 5,0 \text{ kg}$ e $m_2 = 5,0 \text{ kg}$; $m_3 = 5,0 \text{ kg}$ e $m_4 = 5,0 \text{ kg}$.
- C) $m_1 < 5,0 \text{ kg}$ e $m_2 < 5,0 \text{ kg}$; $m_3 = 5,0 \text{ kg}$ e $m_4 = 5,0 \text{ kg}$.
- D) $m_1 = 5,0 \text{ kg}$ e $m_2 = 5,0 \text{ kg}$; $m_3 < 5,0 \text{ kg}$ e $m_4 < 5,0 \text{ kg}$.
- E) $m_1 < 5,0 \text{ kg}$ e $m_2 = 5,0 \text{ kg}$; $m_3 > 5,0 \text{ kg}$ e $m_4 = 5,0 \text{ kg}$.

8 (ENEM 2018) Para que se faça a reciclagem das latas de alumínio são necessárias algumas ações, dentre elas:

- 1) recolher as latas e separá-las de outros materiais diferentes do alumínio por catação;
- 2) colocar as latas em uma máquina que separa as mais leves das mais pesadas por meio de um intenso jato de ar;
- 3) retirar, por ação magnética, os objetos restantes que contêm ferro em sua composição.

As ações indicadas possuem em comum o fato de

- A) exigirem o fornecimento de calor.
- B) fazerem uso da energia luminosa.
- C) necessitarem da ação humana direta.
- D) serem relacionadas a uma corrente elétrica.
- E) ocorrerem sob a realização de trabalho de uma força.

9 (ENEM 2012) Durante uma faxina, a mãe pediu que o filho a ajudasse, deslocando um móvel para mudá-lo de lugar. Para escapar da tarefa, o filho disse ter aprendido na escola que não poderia puxar o móvel, pois a Terceira Lei de Newton define que se puxar o móvel, o móvel o puxará igualmente de volta, e assim não conseguirá exercer uma força que possa colocá-lo em movimento.

Qual argumento a mãe utilizará para apontar o erro de interpretação do garoto?

- A) A força de ação é aquela exercida pelo garoto.
- B) A força resultante sobre o móvel é sempre nula.
- C) As forças que o chão exerce sobre o garoto se anulam.
- D) A força de ação é um pouco maior que a força de reação.
- E) O par de forças de ação e reação não atua em um mesmo corpo.

10 (ENEM 2014) Durante um reparo na estação espacial internacional, um cosmonauta, de massa 90 kg, substituiu 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 adquire uma velocidade de 0,2 m/s em relação à estação.

Qual é o valor da velocidade escalar adquirida pelo cosmonauta, em relação à estação, após o empurrão?

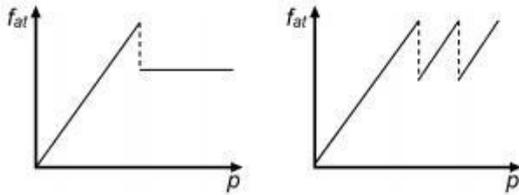
- A) 0,05 m/s

- B) 0,20 m/s
- C) 0,40 m/s
- D) 0,50 m/s
- E) 0,80 m/s

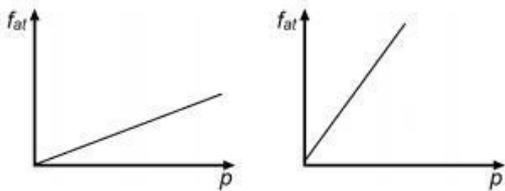
11 (ENEM 2012) Os freios ABS são uma importante medida de segurança no trânsito, os quais funcionam para impedir o travamento das rodas do carro quando o sistema de freios é acionado, liberando as rodas quando estão no limiar do deslizamento. Quando as rodas travam, a força de frenagem é governada pelo atrito cinético.

As representações esquemáticas da força de atrito f_{at} entre os pneus e a pista, em função da pressão p aplicada no pedal de freio, para carros sem ABS e com ABS, respectivamente, são:

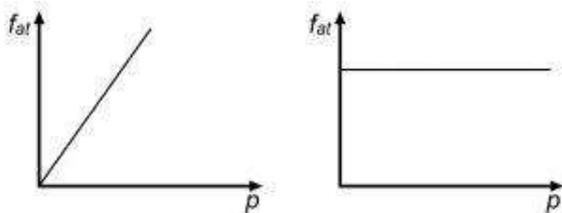
A)



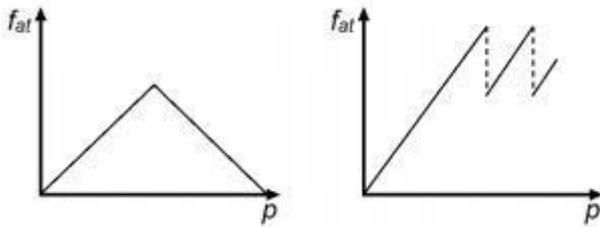
B)



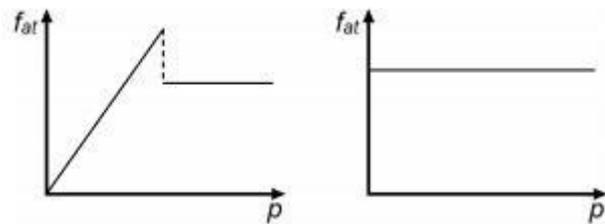
C)



D)



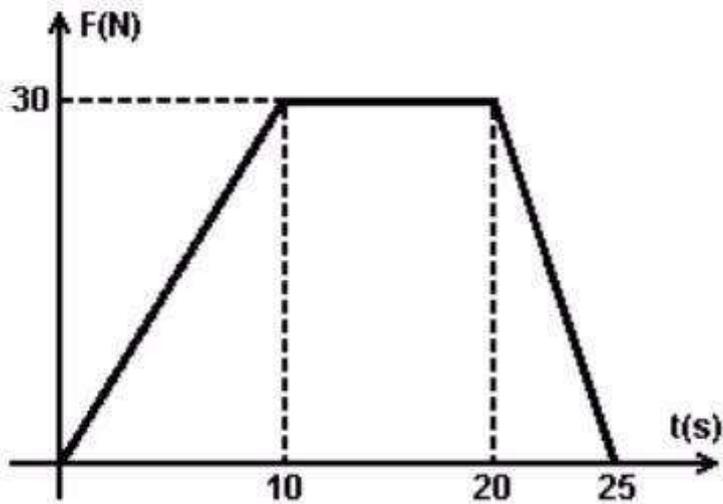
E)



12 (ITA-SP) Um automóvel pára quase que instantaneamente ao bater frontalmente numa árvore. A proteção oferecida pelo “air-bag”, comparativamente ao carro que dele não dispõe, advém do fato de que a transferência para o carro de parte do momentum do motorista se dá em condição de

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

13 (Pucsp 2005) O gráfico representa a força resultante sobre um carrinho de supermercado de massa total 40 kg, inicialmente em repouso.



A intensidade da força constante que produz o mesmo impulso que a força representada no gráfico durante o intervalo de tempo de 0 a 25 s é, em newtons, igual a:

- A) 1,2
- B) 12
- C) 15
- D) 20
- E) 21

14 (MACKENZIE-SP) Durante sua apresentação numa “pista de gelo”, um patinador de 60 kg, devido à ação exclusiva da gravidade, desliza por uma superfície plana, ligeiramente inclinada em relação à horizontal, conforme ilustra a figura a seguir. O atrito é praticamente desprezível. Quando esse patinador se encontra no topo da pista, sua velocidade é zero e ao atingir o ponto mais baixo da trajetória, sua quantidade de movimento tem módulo

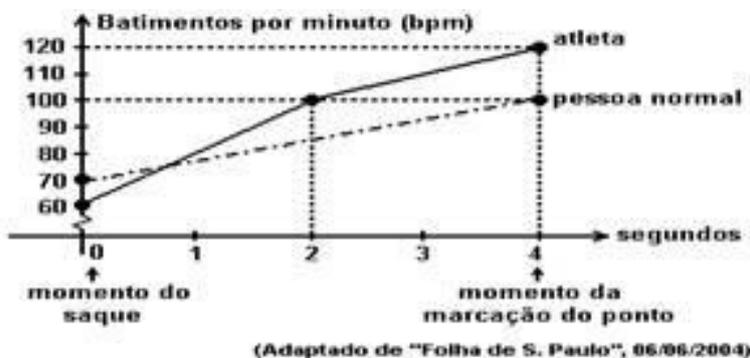


- a) $1,20 \cdot 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- b) $1,60 \cdot 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

- c) $2,40 \cdot 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- d) $3,60 \cdot 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- e) $4,80 \cdot 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$

15 (PUCCAMP-SP) Em um esforço rápido e súbito, como um saque no tênis, uma pessoa normal pode ter o pulso elevado de 70 a 100 batimentos por minuto; para um atleta, pode se elevar de 60 a 120 bpm, como mostra o gráfico a seguir.



O contato de uma bola de tênis de 100 g com a raquete no momento do saque dura cerca de 10-2 s. Depois disso, a bola, inicialmente com velocidade nula, adquire velocidade de 30 m/s. O módulo da força média exercida pela raquete sobre a bola durante o contato é, em newtons, igual a

- a) 100
- b) 180
- c) 250
- d) 300
- e) 330

15 (UFRN 2012) - Em Tirinhas, é muito comum encontrarmos situações que envolvem conceitos de Física e que, inclusive, têm sua parte cômica

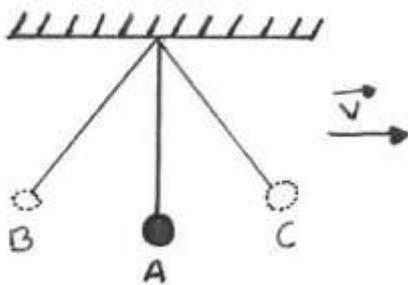
relacionada, de alguma forma, com a Física. Considere a tirinha envolvendo a “Turma da Mônica”, mostrada a seguir



Supondo que o sistema se encontra em equilíbrio, é correto afirmar que, de acordo com a Lei da Ação e Reação (3ª Lei de Newton),

- a) a força que a Mônica exerce sobre a corda e a força que os meninos exercem sobre a corda formam um par ação-reação.
- b) a força que a Mônica exerce sobre o chão e a força que a corda faz sobre a Mônica formam um par ação-reação.
- c) a força que a Mônica exerce sobre a corda e a força que a corda faz sobre a Mônica formam um par ação-reação.
- d) a força que a Mônica exerce sobre a corda e a força que os meninos exercem sobre o chão formam um par ação-reação.

16 (UFSM-95) - Um passageiro, sentado em um ônibus, observa uma bola à sua frente, fixa por um fio ao teto do veículo, conforme a figura.



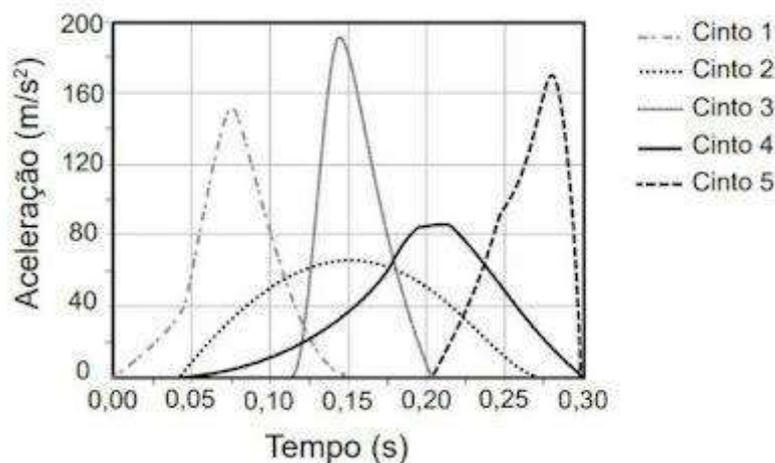
Desprezando o atrito com o ar e considerando que esse ônibus anda em linha reta, na direção e sentido do vetor velocidade instantânea V indicado na figura, pode-se afirmar que a bola estará:

- a) em B, se o ônibus estiver freando
- b) em C, se o ônibus estiver freando
- c) em C, se o ônibus estiver acelerando

- d) em B, se o ônibus permanecer com velocidade constante
- e) em C, se o ônibus permanecer com velocidade constante.

17 (ENEM 2017) - Em uma colisão frontal entre dois automóveis, a força que o cinto de segurança exerce sobre o tórax e abdômen do motorista pode causar lesões graves nos órgãos internos. Pensando na segurança do seu produto, um fabricante de automóveis realizou testes em cinco modelos diferentes de cinto. Os testes simularam uma colisão de 0,30 segundos de duração, e os bonecos que representavam os ocupantes foram equipados com acelerômetros. Esse equipamento registra o módulo da desaceleração do boneco em função do tempo. Os parâmetros como massa dos bonecos, dimensões dos cintos e velocidade imediatamente antes e após o impacto foram os mesmos para todos os testes.

O resultado final obtido está no gráfico de aceleração por tempo.



Qual modelo de cinto oferece menor risco de lesão interna ao motorista?

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

18 (UFTO 2020) Um caminhão transporta um transformador em sua carroceria a uma velocidade constante de 70km/h. Confiante na elevada

massa do transformador, o motorista não efetuou a amarração correta da carga. Ao passar por uma curva, o transformador acabou caído, dificultando a passagem dos demais veículos, como pode ser observada na foto que segue.



Fonte: Jornal São Carlos Agora, 2014. Disponível em <https://www.saocarlosagora.com.br./caption%5D>

Desprezando a força de arrasto do ar e com base nos conhecimentos da Física é CORRETO afirmar que o transformador caiu devido:

- A) à tendência do corpo de continuar se movimentando em linha reta.
- B) à aceleração de translação produzida pelo caminhão.
- C) à reação da força normal que a carroceria vai exercer sobre o transformador.
- D) à ação de uma força centrípeta provocada pelo atrito do piso da carroceria com a base do transformador.

19 (Fuvest SP 2021) Considere as seguintes afirmações:
I. Uma pessoa em um trampolim é lançada para o alto. No ponto mais alto de sua trajetória, sua aceleração será nula, o que dá a sensação de “gravidade zero”.
II. A resultante das forças agindo sobre um carro andando em uma estrada em linha reta a uma velocidade constante tem módulo diferente de zero.
III. As forças peso e normal atuando sobre um livro em repouso em cima de uma mesa horizontal formam um par ação-reação.
De acordo com as Leis de Newton:

- A) Todas as afirmações são corretas.
- B) Somente as afirmações I e III são corretas.
- C) Nenhuma das afirmações é correta.
- D) Somente as afirmações I e II são corretas.
- E) Somente as afirmações II e III são corretas.

20 (PUC Campinas SP 2022) Homem é capaz de correr a mais de 60 km/h, diz estudo. O ser humano é capaz de correr a uma velocidade de até 64,4 km/h – superando o atleta jamaicano Usain Bolt, recordista mundial dos 100 m rasos, segundo estudo realizado nos Estados Unidos. O número foi estabelecido depois que cientistas calcularam a mais alta velocidade pela qual os músculos do corpo humano podem se mover biologicamente.

Segundo Matthew Bundle, especialista em biomecânica da Universidade de Wyoming e um dos autores do estudo, a pesquisa mostra que o limite de velocidade na corrida humana é estabelecido pelo limite de velocidade das próprias fibras musculares. Para estabelecer o novo recorde mundial da prova dos 100 m rasos e se tornar o corredor mais veloz do mundo, o jamaicano Usain Bolt chegou a uma velocidade média de 45 km/h. O animal mais rápido da natureza é o guepardo, que chega a correr a 112 km/h.

(Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese>)

Suponha que, na corrida de 100 m rasos, o atleta Usain Bolt, partindo do repouso, demorou 4,0 segundos para atingir a velocidade de 43,2 km/h. Considerando que a massa do atleta seja 86 kg, a intensidade média da componente horizontal da força resultante, em newtons, que atuou sobre o atleta nesse intervalo de tempo foi de:

- A) 4.128
- B) 928
- C) 430
- D) 258

E) 2.150

Trabalho e energia e colisões

1. TRABALHO

Introdução:

O trabalho na física, é uma força transferida ou transformada em um objeto que vai provocar um deslocamento do objeto no sentido da própria força aplicada. Exemplo: Quando levantamos um carrinho de brinquedo que está no chão até uma certa altura, notamos que estamos transformando uma energia que é associada a sua posição em relação a gravidade. Isso significa que quanto mais alto o objeto é elevado, mais energia potencial gravitacional ele vai possuir, então esse fundamento compreende a interação de força, trabalho e sistema físico.

Objetivos:

Aprender a definir o trabalho na física.

Entender como a aplicação de uma força altera um trabalho.

compreender e calcular o trabalho; o trabalho da força peso e o trabalho da força elástica.

O que é o trabalho?

O trabalho é uma grandeza física, sua função é tirar medidas de transferência ou transformação de energias, com isso pode se relacionar uma grandeza escalar determinada em Joule, por que está associada nas equivalentes forças a variação das suas energias; energia cinética e a potencial.

O objetivo é calcular o trabalho, para isso precisa entender que o trabalho é uma força constante, deve se multiplicar os módulos destas forças pela distância deslocadas e pelo cosseno do ângulo. Para calcular o trabalho utilizamos a seguinte fórmula:

$$T = Fd \cos \theta$$

Então analisando a fórmula podemos determinar quando não há realização do trabalho também, observa-se o ângulo entre a força aplicada e o deslocamento do ângulo se for de 90° , condiz que o cosseno do ângulo vai ser zero, isso acontece quando a força aplicada for perpendicular ao deslocamento não irá provocar variação na energia cinética de um objeto.

Essa fórmula matemática apresenta o conceito da física. Resumidamente, notamos o trabalho e uma quantidade de energia, que é transferida para um objeto devido à aplicação de uma força a determinada distância.

T = É o trabalho da força medida em (Joules)

F = É o módulo da força aplicada medida em (Newton)

D = É a distância do deslocamento medida em (Metros)

θ = É o ângulo que associa na direção do deslocamento na medida da força, medido em (Radianos).

2. Trabalho força-peso:

O trabalho da força peso ocorre quando um objeto é levantado ou jogado de em um campo gravitacional, exemplo a Terra. para realizar o trabalho tem que estar exercido a força peso que vai corresponder uma quantidade de energia necessária para que um corpo de massa m seja elevado até uma certa altura em relação ao solo, onde a gravidade e definida é g. para calcular a força peso é usado seguinte fórmula matemática:

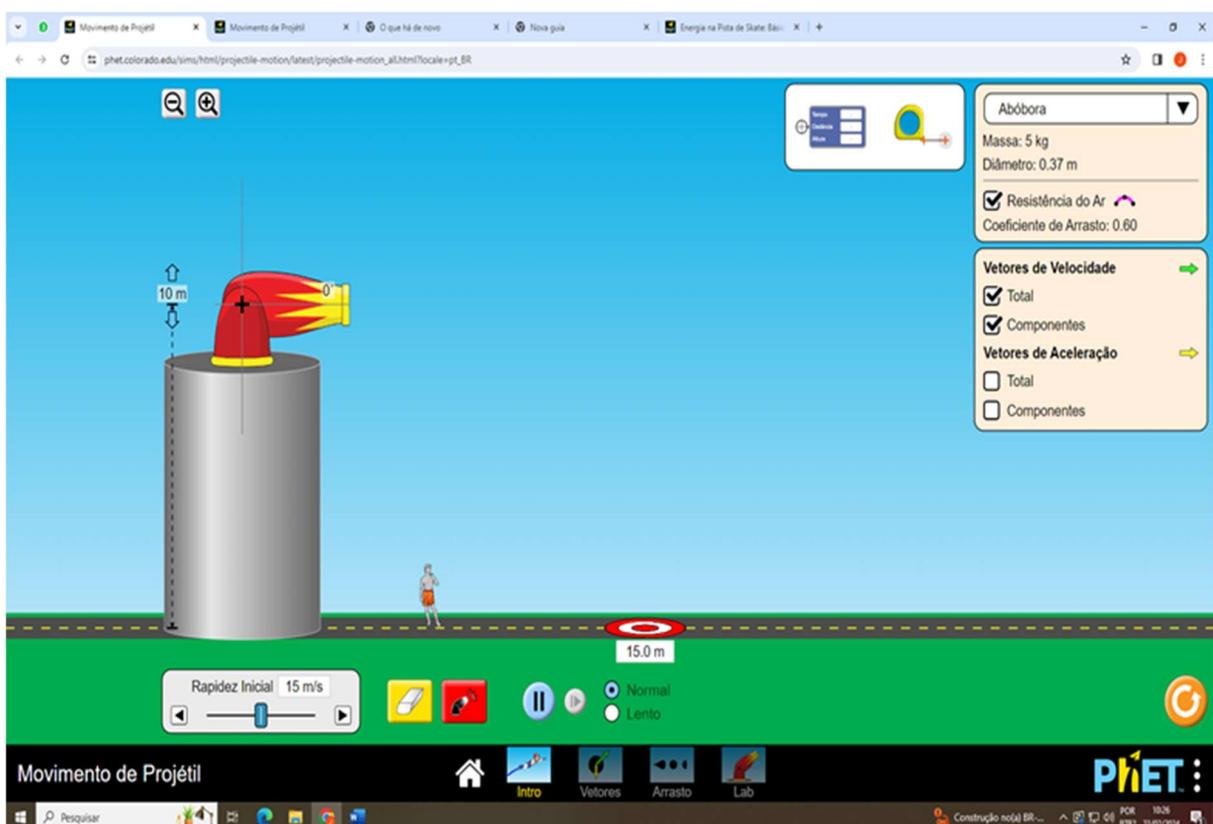
$$T = M.G.H$$

M= massa do corpo em (KG)

G= gravidade da terra (m/s^2)

H= altura em (metros)

Uma forma de ver e entender esses conceitos, é utilizando uma simulação interativa que veremos logo abaixo. Quando um foguete arremessa um objeto, também fornece dados complementar teórico de resistência do ar, ângulo para determinar a posição o lançamento, que pode ser alterado no foguete a qual deseja ser analisado, então acesse o link abaixo da imagem divirta-se e compreenda:



(Figura 1) um print do simulador (PHET), LINK DE ACESSO:

https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_all.html?locale=pt_BR

3. Trabalho da força elástica:

A força elástica significa uma deformação sofrida por ele, que ocorre quando a força elástica e uma quantidade de energia que transfere energia para um objeto devido sua deformação, trabalho realizado e analisado de forma que a forças elástica varia linearmente entre a força aplica da mola e a deformação resultante da mola. Além disso, analisa que a força que é contrária da externa obtemos que ela se pode esticar ou comprimir. Então matematicamente para definir e relacionar essa fórmula;

$$W_{el} = (-k \cdot x^2) / 2$$

W_{el} = o trabalho da força elástica notamos que é em (Joules)

-K = a constante da mola por (N/m)

X= o comprimento da mola em (Metros)

4. Energia.

Introdução:

Os estudos abordados sobre energia uma grandeza física que determina uma capacidade de realização de um trabalho, e a importância da conservação de energia a ser estudado, a qual iremos notar que ela não se perde e não pode ser destruída. Isso está relacionada a massa e a velocidade de um corpo em movimento, por tanto, situações que são praticadas no cotidiano. Exemplo: um homem saiu de sua casa determinado a ir correr obtendo uma certa velocidade em um percurso de 5km., nas concepções da física a energia cinética estará atuando nesse corpo devido aceleração constante, pelo trabalho realizado podemos compreender de forma interessante, o quanto o roteiro desse trabalho apresentará exemplos de energias atuantes, suas conservações por meios de exemplos, simuladores, fornecendo links de acesso e também com lista de exercícios e resoluções como uma ferramenta de produtividade do estudante.

Objetivos:

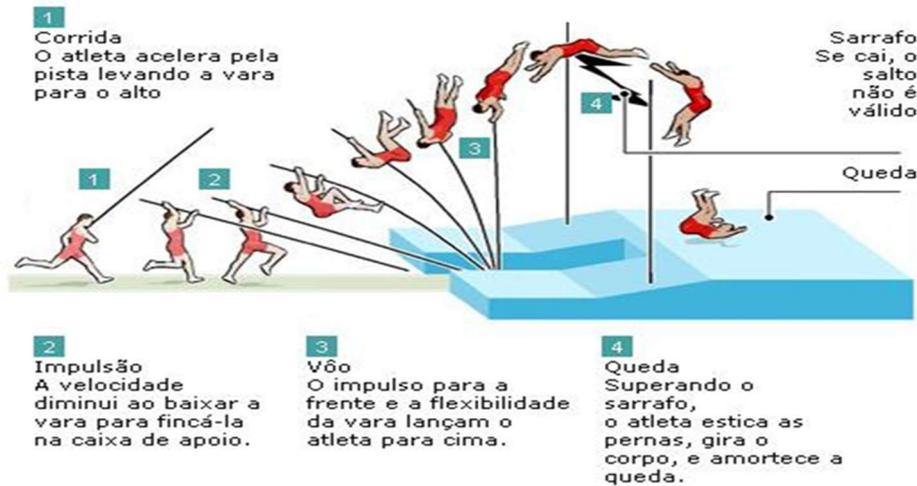
Compreender os conceitos das energias na física.

Aprender que a energia é uma grandeza física, determinada em Joule quando um trabalho é realizado.

perceber quando a quantidade de energia se conserva.

saber aplicar as fórmulas de cada conceito de energia em soluções de problemas de física.

Para isso vamos compreender cada uma das energias, utilizando o exemplo do salto com vara, qualquer que seja o movimento de exercício é perceptível as definições de energias a serem aplicadas. O salto com vara e o simulador será uma ferramenta para que possa utilizar para assimilar conteúdo.



https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fapp.estuda.com%2Fquestoes%2F%3Fid%3D1370837&psig=AOvVaw1U3q_oifcYF7fUrTvPSAbn&ust=1709915743681000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBIQjRqFwoTCNCT19XK4oQDFQAAAAAdAAAAABAE

Passo 1. Analisar que o atleta quando se prepara para correr está em repouso, então a energia que atua nesse corpo e a energia potencial gravitacional por esta parado no solo, logo depois ele acelera em movimento então a energia potencial vai se converter em energia cinética por esta em uma direção em velocidade.

Passo 2. Vemos que está atuando energia cinética nesse corpo, mas quando ele colidir com a vara na caixa para saltar vai haver outra conservação de energia cinética para energia potencial gravitacional.

Passo 3. Pela figura, analisar quando ele se desloca até atingir um ponto mais alto quando ultrapassar o sarrafo, que fica definido como a transferência de energia cinética total é conservada para energia potencial gravitacional.

Passo 4. A definição que entra em quadra nesta mostra é que ele começa a cair para analisar que vai ser novamente a mesma situação do passo 1. Onde ele começa a cair energia potencial começa a diminuir e a energia cinética aumenta, só que vai está em queda livre por isso dessa conversão de energia.

Energia cinética: constatamos que é relativamente associada ao movimento do corpo quando o atleta corre em direção a caixa está relacionada a sua velocidade do passo 1.

Para calcular a energia cinética utilizar essa fórmula:

$$E_c = (m \cdot v^2) / 2$$

M= massa

V= velocidade

Teorema:

verificada pela segunda lei de Newton, a energia cinética é assimilada de um trabalho exercido por uma força para que também realiza um trabalho. Então para calcular a energia cinética de um objeto que vai do ponto A até o B.

$$E_c = \text{trabalho} \quad E_c = F \cdot D \text{ (passo 1)}$$

Analisando a força resultante que é aplicada na segunda lei de Newton.

$$F = m \cdot a \text{ (passo 2)}$$

Então o deslocamento percorrido de A até B sendo um movimento uniforme variado, que o módulo do deslocamento obtido até a chegada pode ser calculada por (Torricelli):

$$v^2 = v_0^2 + 2ad \Rightarrow d = (v^2 - v_0^2) / 2a$$

Sendo = 0 (objeto partiu do repouso em (A))

$$d = v^2 / 2a \text{ (passo 3)}$$

Associando então (2) na (3) em (1) obteremos:

$$E_c = m a v^2 / 2a$$

(cancelando aceleração a) vamos obter:

$$E_c = (m v^2) / 2$$

Energia potencial gravitacional: é relacionado a posição de um corpo no que notamos que a energia potência atua quando o atleta atinge a altura máxima e quando ele está em repouso no solo, quando se prepara para correr. Então essa energia está associada a um campo gravitacional.

Para calcular a energia potencial define como:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

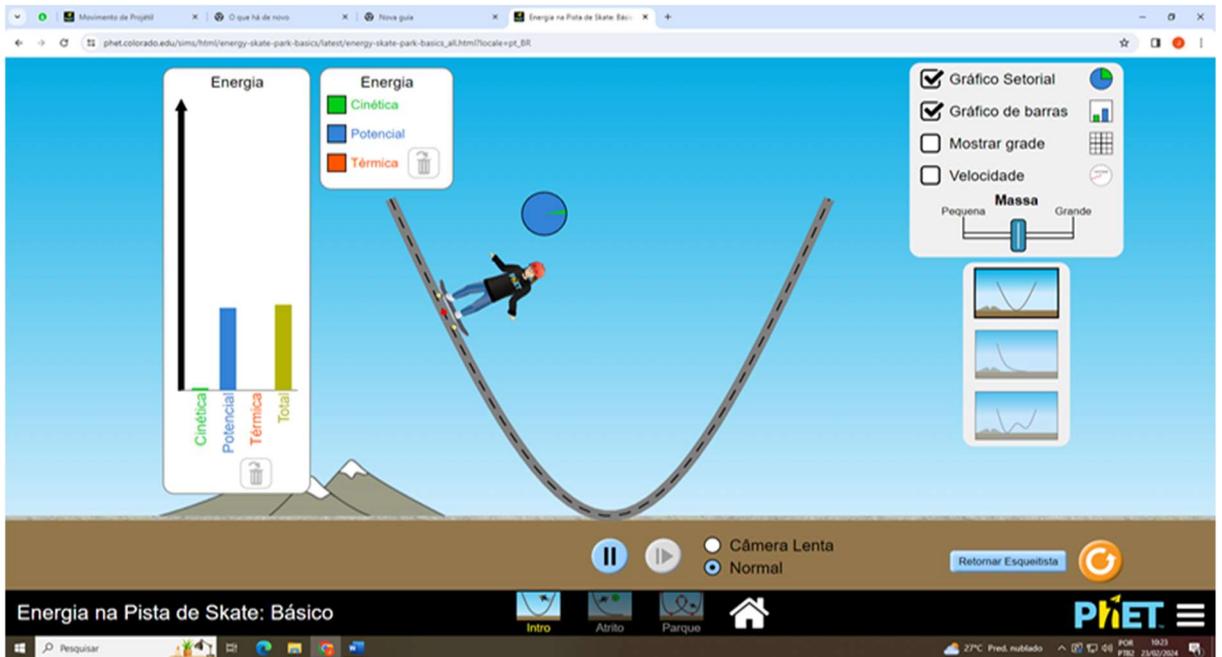
M= massa G= aceleração da gravidade H= altura máxima

Energia mecânica: a energia mecânica está definida pelo exemplo das forças conservativas existentes no momento, mas se houvesse alguma ouca dissipativas a energia mecânica não atuava nessa atividade.

E para calcula a energia mecânica e a soma da força cinética + energia potencial, fórmula:

$$E_m = E_c + E_p \Rightarrow E_m = E_c = (m \cdot v^2) / 2 + E_p = m \cdot g \cdot h$$

Para complementar a contextualização e compreender o assunto de forma visual e prática esse simulador com o link fornecido logo a abaixo das imagens, traz toda as características abordadas de energia citado logo acima; a diferença entre elas, na qual terá que observa só a uma que pode colocar a ausência de atrito (figura 1) no movimento, e o outro não há presença de atrito.



(Figura 1) um print do simulador (PHET), LINK DE ACESSO ABAIXO:

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_all.html?locale=pt_BR



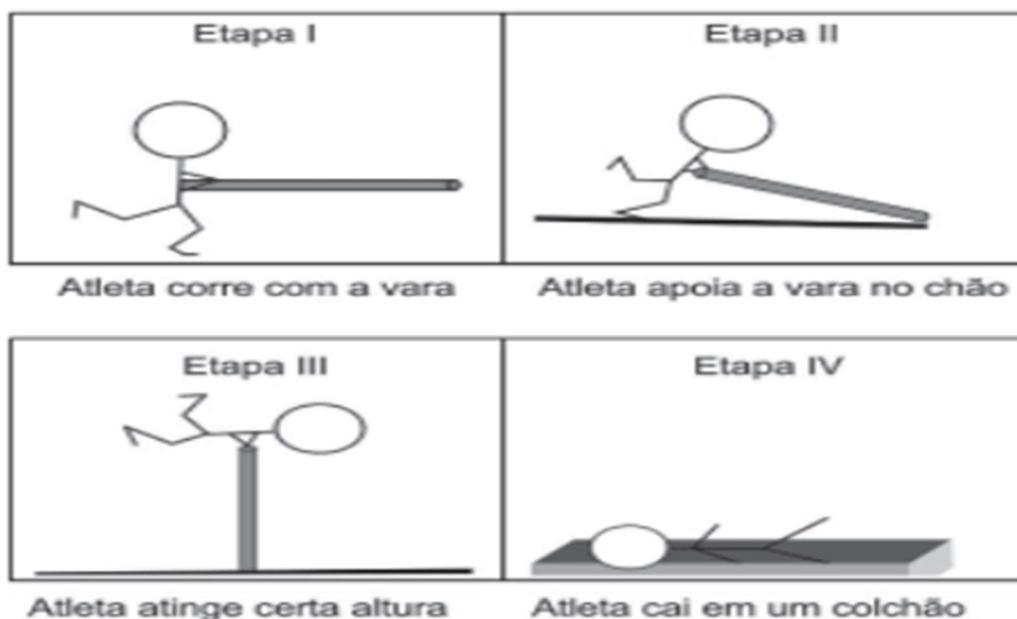
(Figura 2) um print do simulador (PHET), LINK DE ACESSO ABAIXO:

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_all.html?locale=pt_BR

Exercício e solução: analise os dados:

(ENEM 2011)

~~(questão 8)~~ Uma das modalidades presentes nas olimpíadas é o salto com vara. As etapas de um dos saltos de um atleta estão representadas na figura:



Desprezando-se as forças dissipativas (resistência do ar e atrito), para que o salto atinja a maior altura possível, ou seja, o máximo de energia seja conservada, é necessário que:

- A) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica representada na etapa IV.
- B) a energia cinética, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa IV.
- C) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa III.
- D) a energia potencial gravitacional, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa IV.
- E) a energia potencial gravitacional, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa III.

Gabarito da questão: (alternativa C)

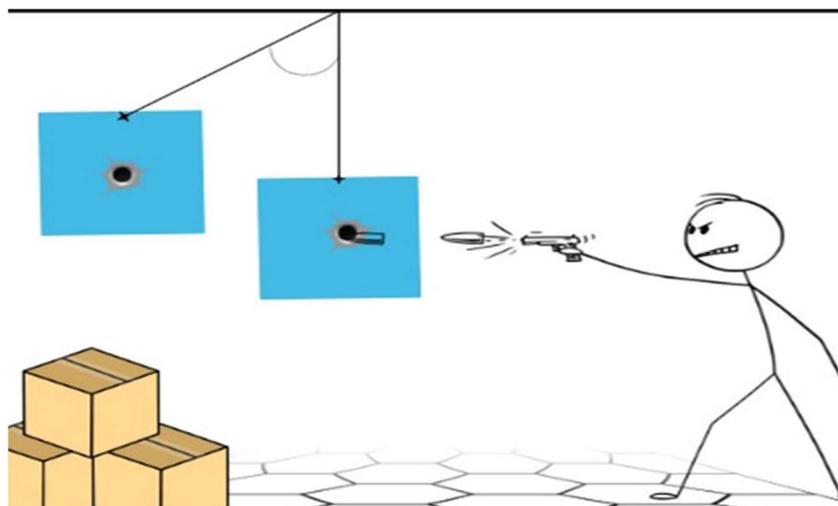
3. COLISÕES.

Introdução:

O tema ressalta que o conteúdo especifica uma determinação de um conjunto de massa ($m + M$) dada por dois pressupostos componentes que se chocam, cada um possui sua determinada massa. Onde essa colisão percebe que um corpo vai estar em repouso e o outro estará em movimento acelerado na sua direção e o mesmo sentido para que haja a colisão de fato. Para compreender sobre colisões de forma prática notável no dia a dia podemos raciocinar com este exemplo: O trabalho realizado em um jogo de bolinha de gude com o total de cinco participantes, cada um tem 10 petecas de massas 'm' iguais, para começar o jogo cada um tem que colocar três bolinhas em um círculo cuja todas petecas estarão acopladas, e os participantes, irão está logo em seguida em uma certa distância das petecas, para determinar que será o primeiro a tentar tirar as bolinhas de gude jogando de uma certa distância para acertar as que estão no círculos, para determinar o primeiro brincam de pedra, papel e tesoura assim determinar a sequência de cada um. quando o primeiro acertar as bolinhas que estão juntas podem determinar as energias atuante e quando ela pode ser dissipativa ou conservada, e energia mecânica.

objetivo:

Este conteúdo o objetivo é analisar as colisões unidimensionais de um projétil colidindo com um bloco, compreender as conservações de energias atuantes, também propor lista de exercícios suas soluções e simuladores fácil acesso pelos links, afins facilitadores para assimilar os métodos.



fonte: Autores,2024

Então vamos analisar e compreender a imagem a partir da teoria de colisões e as energias atuantes, quando a energia mecânica é dissipada ou conservada no disparo em determinado momento quando o projétil é colidido no bloco.

Como podemos medir a velocidade do projétil (VP) e a velocidade do conjunto (VC)? Sem utilizar um cronômetro algo que também seria improvável de efetuar, seguir os passos a passo que você vai compreender:

Primeiro passo para medir a (VP) quando é disparado, tem que medir a massa do projétil tendo isso medido em uma balança pode se anotar.

$m.vp$

então com isso é a primeira ação de quando o projétil é disparado antes de alcançar o alvo.

Segundo passo: quando o projétil atinge o bloco temos uma situação do que precisamos saber diferenciar se a energia mecânica vai ser conservada ou é dissipada? Nesse caso vai haver dissipação por que na

colisão vai haver um impacto um estraçalhamento que quando eles se colidiram vai perfurar e que com isso vai ser obtido energias sonoras.

Terceiro passo: o bloco tem que ter resistência na hora da colisão, para isso a sua massa M tem que ser superior a do projétil para não ser atravessada, ou seja no final da colisão o projétil tende a permanecer dentro do bloco. Essa interação boa faz notar que é muito rápido que as forças são muito intensas, por isso que o intervalo de tempo é curto.

Quarto passo: vejamos a forças atuando na colisão que é a força normal, peso determinasse que a quantidade de movimento se conserva, para isso precisar desprezar todas as força externas essas resultantes serão todas nulas.

Então no passo (I) e (II) e o (III), a quantidade de movimento se conserva:

Podemos analisar desta forma:

$$m.v_p = (m+M).v_c$$

m = massa do projétil.

M = massa do bloco.

v_p' = velocidade do projétil.

v_c = velocidade do conjunto.

Quinto passo: para analisar o deslocamento do conjunto dado pela fórmula $(m+M).v_c$ que está suspenso pela corda pela imagem um deslocamento que determinaremos saber como calcular essa diferença de altura alcançada.

Denotamos como:

$$H_2 - H_1 = h$$

H_2 = quando o bloco atingir a sua altura máxima Final da colisão.

H_1 = a altura do bloco em repouso.

h = determina a diferença entre as duas alturas.

Obs. como o bloco está suspenso no decorrer do período ele está em oscilação.

Sexto passo: analisando por outro lado dando continuidade a esse deslocamento, quinto passo é visto que a quantidade de movimento não se conserva, por que a força de tração e o peso estarão envolvidos e não serão desprezados. Já neste caso a energia mecânica se conserva então no passo anterior podemos verificar a energia cinética (E_c) que vai se converte em energia potencial gravitacional, quando alcança altura máxima (EPG) e a (E_c)=0.

Matematicamente definimos:

$$(m+M).v_c^2/2=(m+M).g.h_{max}$$

Notamos pela fórmula que a energia cinética está associada porque ela permanece no deslocamento do conjunto visto no passo antecessor, entende e que podemos determinar essa velocidade do conjunto, onde também podemos anular as massas por que está em evidências iguais. Podemos passar a potência como a raiz fica:

$$v_c = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Com isso podemos determinar a velocidade do conjunto, mas como fazer para determinar a velocidade do projétil fazemos o seguinte:

$$m \cdot v_p = (m+M) \cdot v_c$$

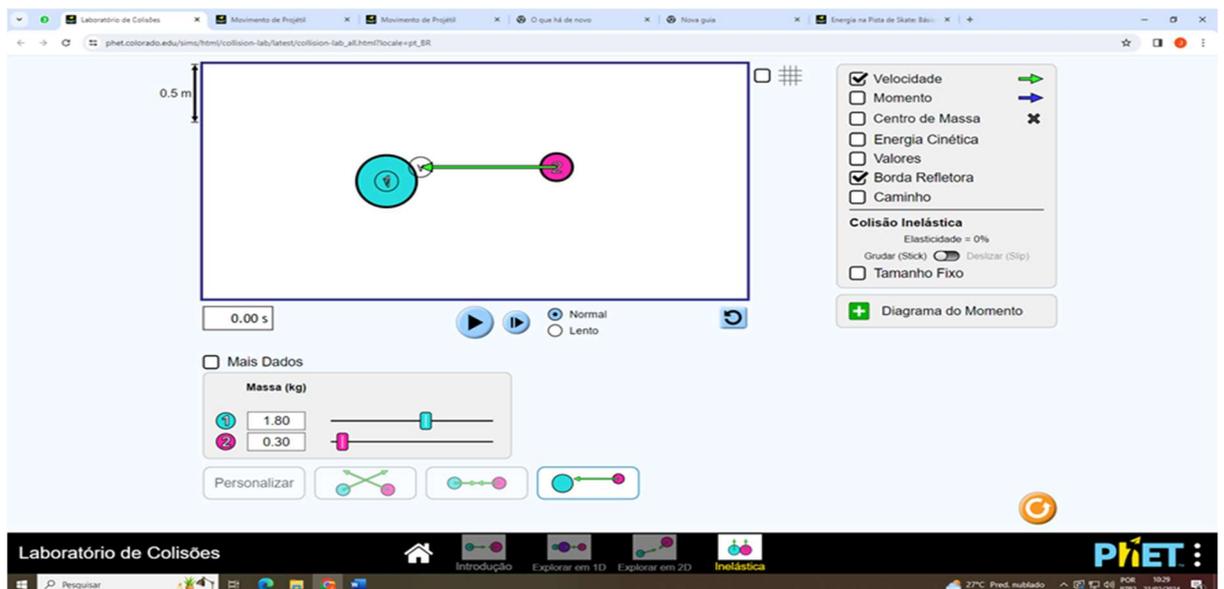
substitui (VC) obtido.

$$m \cdot v_p = (m+M) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

para determinar a velocidade do projétil fazemos utilizando essa fórmula definida:

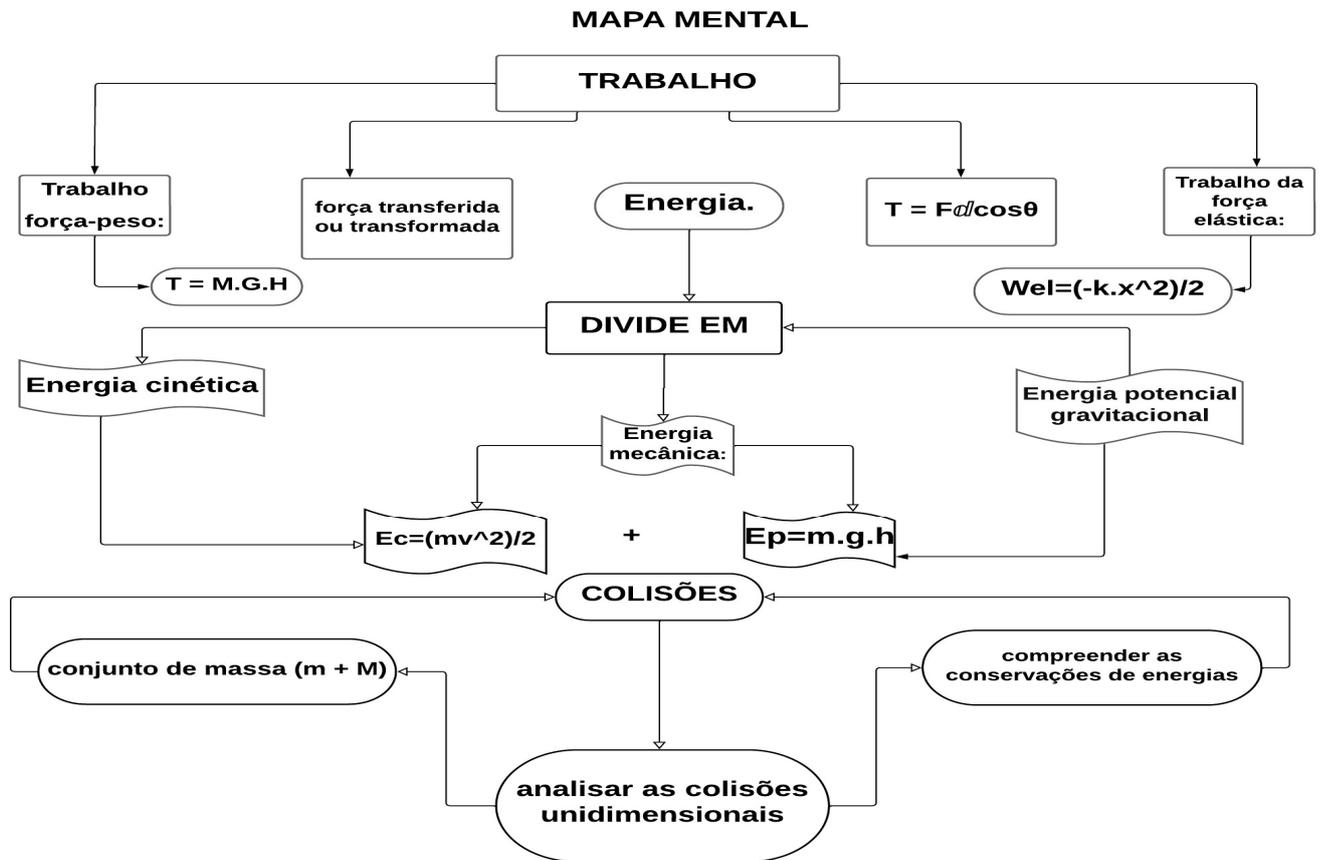
$$v_p = ((m+M)/m) \sqrt{2gh}$$

Para assimilar o conteúdo temos simulador interativo (PHET), o objetivo demonstrar a diferença de direção, sentido e o módulo de uma colisão de duas bolas, cujas massas propostas são do seu interesse quanto na verde e rosa. Porém essa colisão não haverá interferência de forças externas, essa é uma simulação na qual aborda os princípios apreendidos logo acima. Acesse o link que está sob a imagem frutifique seu conhecimentos:



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

https://phet.colorado.edu/sims/html/collision-lab/latest/collision-lab_all.html?locale=pt_BR

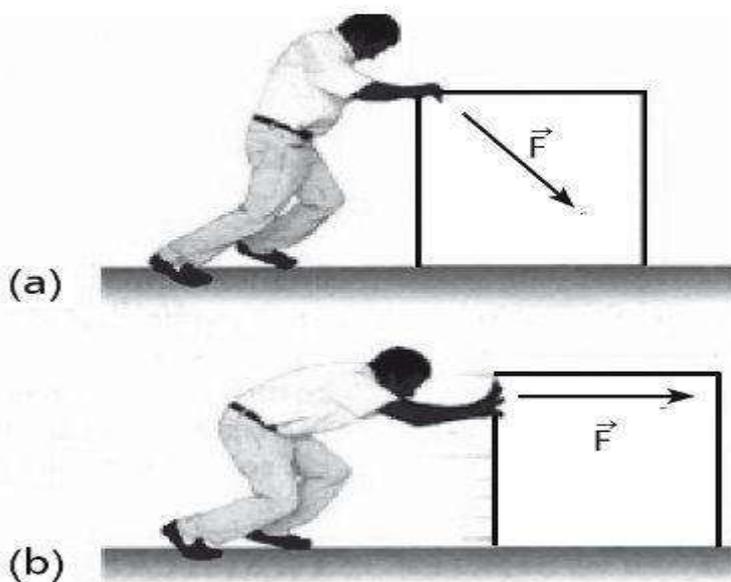


Fonte: Autores,2024

UTILIZE AS ATIVIDADES A SEGUIR DE QUESTÕES ANTERIORES DE (VESTIBULARES E ENEM), PARA FINS PRODUTIVOS NA APRENDIZAGEM. AS AVALIAÇÕES CORRESPONDE AOS TRÊS TEMAS PROPOSTO SÃO ELES: TRABALHO; ENERGIA E COLISÃO

AVALIAÇÕES SOBRE: TRABALHO (VESTIBULAR E ENEM)

1) (UEMG) Uma pessoa arrasta uma caixa sobre uma superfície sem atrito de duas maneiras distintas, conforme mostram as figuras (a) e (b). Nas duas situações, o módulo da força exercida pela pessoa é igual e mantém-se constante ao longo de um mesmo deslocamento.



Considerando a força F , é correto afirmar que:

- a) o trabalho realizado em (a) é igual ao trabalho realizado em (b).
- b) o trabalho realizado em (a) é maior que o trabalho realizado em (b).
- c) o trabalho realizado em (a) é menor que o trabalho realizado em (b).
- d) não se pode comparar os trabalhos, porque não se conhece o valor da força.

Resposta: C

Fonte: [Mundo Educação](#). Acesso em 4 de setembro de 2020.

2) (UESPI) Um bloco de 2 Kg é puxado com velocidade constante por uma distância de 4 m em um piso horizontal por uma corda que exerce uma força de 7 N fazendo um ângulo de 60° acima da horizontal. Sabendo que $\text{Cos}(60^\circ) = 0,5$ e $\text{Sen}(60^\circ) = 0,86$, o trabalho executado pela corda sobre o bloco é de:

- a) 14,0 J.
- b) 24,0 J.
- c) 28,0 J.
- d) 48,1 J.
- e) 56,0 J.

Resposta: A

Resolução:

Aplicando a equação que determina o trabalho de uma força, teremos:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos \theta \Rightarrow \tau = 7 \cdot 4 \cdot \cos 60^\circ$$

$$\tau = 28 \cdot 0,5 \Rightarrow \tau = 14 \text{ J}$$

Fonte: [Mundo Educação](#). Acesso em 4 de setembro de 2020.

3) Um garoto gasta 75 J de energia para empurrar uma caixa por três metros. Sabendo que a direção de aplicação da força do garoto forma um ângulo de 60° com a direção do deslocamento da caixa, determine o valor da força feita pelo garoto.

- a) 50 N
- b) 40 N
- c) 25 N
- d) 30 N
- e) 15N

Resposta: letra A: Aplicando a equação que determina o trabalho de uma força, teremos:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos \theta \gg 75 = F \cdot 3 \cdot \cos 60^\circ$$

$$75 = F \cdot 3 \cdot 0,5 \gg 1,5F = 75$$

$$F = \frac{75}{1,5} = 50 \text{ N}$$

Fonte: [Mundo Educação](#). Acesso em 4 de setembro de 2020.

4) Um bloco de massa igual a 7 Kg é levantado a uma altura de 10 m. Calcule o trabalho realizado pela força peso sabendo que a gravidade no local é 10m/s².

Resolução:

Se o objeto está sendo levantado, o trabalho realizado sobre ele é negativo:

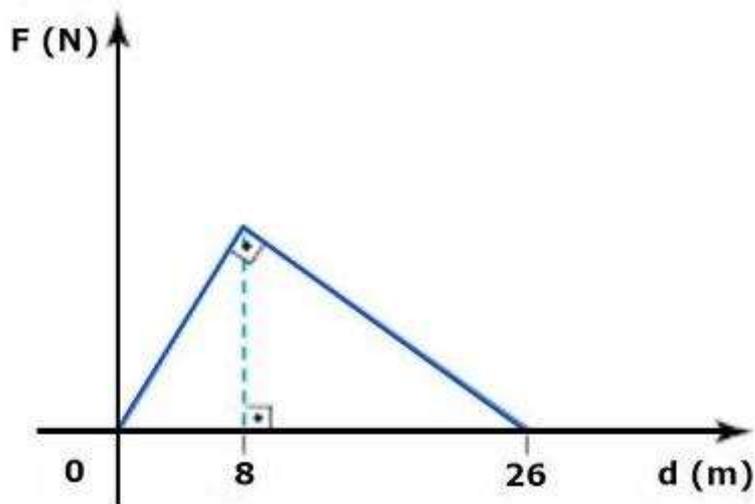
$$\tau = - m \cdot g \cdot h$$

$$\tau = - 7 \cdot 10 \cdot 10$$

$$\tau = - 700 \text{ J}$$

Fonte: [Brasil Escola](#). Acesso em 4 de setembro de 2020.

5) (UERJ – 2011) Uma pessoa empurrou um carro por uma distância de 26 m, aplicando uma força F de mesma direção e sentido do deslocamento desse carro. O gráfico abaixo representa a variação da intensidade de F, em newtons, em função do deslocamento d, em metros.



Desprezando o atrito, o trabalho total, em joules, realizado por F, equivale

a:

- a) 117
- b) 130
- c) 143
- d) 156

Resposta: D

Resolução:

Para calcular o trabalho de uma força variável, devemos encontrar a área da figura, que neste caso é um triângulo.

$$A = (b.h) / 2$$

Como não conhecemos o valor da altura, podemos usar a relação trigonométrica: $h^2 = m.n$. Então:

$$h^2 = 8.18 = 144$$

$$h = 12\text{m}$$

Agora podemos calcular a área:

$$\tau = (12.26)/2$$

$$\tau = 156 \text{ J}$$

Alternativa d: 156

Fonte: [Toda Matéria](#). Acesso em 4 de setembro de 2020.

6) (PUC-MG) Não realiza trabalho:

- a) a força de resistência do ar;
- b) a força peso de um corpo em queda livre;
- c) a força centrípeta em um movimento circular uniforme;
- d) a força de atrito durante a frenagem de um veículo;
- e) a tensão no cabo que mantém um elevador em movimento uniforme.

Resposta: C

Justificativa:

A força que não realiza trabalho é a centrípeta, pois é perpendicular ao movimento.

Fonte: [Brasil Escola](#). Acesso em 4 de setembro de 2020.

7) (PUC-BA) A força F de módulo 30N atua sobre um objeto formando um ângulo constante de 60° com a direção do deslocamento do objeto.

Dados: $\sin 60^\circ = \sqrt{3}/2$, $\cos 60^\circ = 1/2$. Se $d = 10\text{m}$, o trabalho realizado pela força F , em joules, é igual a:

- a) 300
- b) $150\sqrt{3}$
- c) 150
- d) 125
- e) 100

Resposta: C

Resolução:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos\theta \rightarrow \tau = 30 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2}$$

AVALIAÇÕES SOBRE ENERGIAS (VESTIBULAR E ENEM)

1:) (Unicamp 2020) As agências espaciais NASA (norte-americana) e ESA (europeia) desenvolvem um projeto para desviar a trajetória de um asteroide através da colisão com uma sonda especialmente enviada para esse fim. A previsão é que a sonda DART (do inglês, “Teste de Redirecionamento de Asteroides Duplos”) será lançada com a finalidade de se chocar, em 2022, com Didymoon, um pequeno asteroide que orbita um asteroide maior chamado Didymos. A massa da sonda DART será de $m = 300 \text{ kg}$, e ela deverá ter a velocidade $v = 6000 \text{ m/s}$ imediatamente antes de atingir Didymoon. Assim, a energia cinética da sonda antes da colisão será igual a:

a) $1,8 \cdot 10^3 \text{ J}$

b) $5,4 \cdot 10^3 \text{ J}$

c) $1,8 \cdot 10^6 \text{ J}$

d) $5,4 \cdot 10^9 \text{ J}$

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$
$$E_c = \frac{300 \cdot (6.000)^2}{2}$$
$$E_c = \frac{300 \cdot 36 \cdot 10^6}{2} = 300 \cdot 18 \cdot 10^6 = 5400 \cdot 10^6 \text{ J}$$

A RESPOSTA CORRETA LETRA (D)

2:) (Enem 2015) Uma análise criteriosa do desempenho de Usain Bolt na quebra do recorde mundial dos 100 metros rasos mostrou que, apesar de ser o último dos corredores a reagir ao tiro e iniciar a corrida, seus primeiros 30 metros foram os

mais velozes já feitos em um recorde mundial, cruzando essa marca em 3,78 segundos. Até se colocar com o corpo reto, foram 13 passadas, mostrando sua potência durante a aceleração, o momento mais importante da corrida. Ao final desse percurso, Bolt havia atingido a velocidade máxima de 12 m/s.

Supondo que a massa desse corredor seja igual a 90 kg, o trabalho total realizado nas 13 primeiras passadas é mais próximo de:

- a) $5,4 \times 10^2$ J.
- b) $6,5 \times 10^3$ J.
- c) $8,6 \times 10^3$ J.
- d) $1,3 \times 10^4$ J.
- e) $3,2 \times 10^4$ J.

$$\begin{aligned}\tau_R &= \Delta E_c \\ \tau_R &= \frac{90 \cdot 12^2}{2} - \frac{90 \cdot 0^2}{2} \\ \tau_R &= \frac{90 \cdot 144}{2} = 90 \cdot 72 = 6480J \\ \tau_R &= 6,48J \cdot 10^3J \approx 6,5J \cdot 10^3J\end{aligned}$$

A RESPOSTA LETRA (B)

3:) (UCB) 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 seguinte:

- a) 1,12 m.

b) 1,25 m.

c) 2,5 m.

d) 3,75 m.

e) 5 m.

$$E_{pg} = 0,25 \cdot E_c$$

$$m \cdot g \cdot h = 0,25 \cdot \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$10 \cdot h = 0,25 \cdot \frac{10^2}{2}$$

$$h = 0,25 \cdot 5$$

$$h = 1,25m$$

RESPOSTA LETRA (B)

4:) (Enem PPL 2016) Para reciclar um motor de potência elétrica igual a 200 W, um estudante construiu um elevador e verificou que ele foi capaz de erguer uma massa de 80 kg a uma altura de 3 metros durante 1 minuto. Considere a aceleração da gravidade 10,0 m/s². Qual a eficiência aproximada do sistema para realizar tal tarefa?

a) 10%

b) 20%

c) 40%

d) 50% e) 100%

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{pg} = 80 \cdot 10 \cdot 3 = 2400\text{J}$$

$$P = \frac{2.400}{60}$$

$$P = 40\text{W}$$

$$\text{rendimento} = \frac{40}{200} = 0,2 \text{ ou } 20\%$$

RESPOSTA LETRA (B)

5:) (UFU 2020) Um veículo de 1000 kg é submetido a um teste para estimar o percentual de energia do combustível que ele converte em energia de movimento. O veículo é acelerado a partir do repouso, em uma pista plana e horizontal, até atingir a velocidade de 30 m/s, enquanto se monitora o consumo de combustível, no caso álcool hidratado, cujo poder calorífico é de 20 MJ/L (1MJ = 1.000.000 J).

Considerando-se apenas a conversão de energia citada e sabendo-se que o consumo de combustível no teste foi de 50 mL, qual foi o rendimento do motor no referido teste?

- a) 45%
- b) 30%
- c) 50%
- d) 25%

$$\Delta E_c = \frac{1000 \cdot 30^2}{2}$$

$$\Delta E_c = 450.000\text{J}$$

Energia liberada na queima da gasolina = $20 \cdot 10^6 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 1.000.000 \text{ J}$

Rendimento = $450.000/1.000.000 = 0,45$ ou 45% (Letra A.)

AVALIAÇÕES SOBRE COLISÕES (VESTIBULAR E ENEM)

1:) (SEDUC) Quando uma pessoa dispara uma arma vemos que ela sofre um pequeno recuo. A explicação para tal fenômeno é dada:

- a) pela conservação da energia.
- b) pela conservação da massa.
- c) pela conservação da quantidade de movimento do sistema.
- d) pelo teorema do impulso.
- e) pelo teorema da energia cinética.

RESPOSTA LETRA: (c) pela conservação da quantidade de movimento do sistema.

2:) (SEDUC) Supondo que uma arma de massa 1kg dispare um projétil de massa 10g com velocidade de 400 m/s, calcule a velocidade do recuo desta arma.

- a) -2 m/s
- b) -4 m/s
- c) -6 m/s
- d) -8 m/s
- e) -10 m/s

$$|Q_f| = |Q_i|$$

$$m_a \cdot v_a + m_p \cdot v_p = 0$$

$$1 \cdot v_a + 0,01 \cdot 400 = 0$$

$$v_a + 4 = 0$$

$$v_a = -4 \text{ m/s}$$

RESPOSTA LETRA B

3:) (Cesgranrio-RJ) Um carrinho de massa $m_1 = 2,0$ kg, deslocando-se com velocidade $V_1 = 6,0$ m/s sobre um trilho horizontal sem atrito, colide com outro carrinho de massa $m_2 = 4,0$ kg, inicialmente em repouso sobre o trilho. Após a colisão, os dois carrinhos se deslocam ligados um ao outro sobre esse mesmo trilho. Qual a perda de energia mecânica na colisão?

a) 0 J b) 12 J c) 24 J d) 36 J e) 48 J

$$Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}}$$

$$m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2)v$$

$$v = \frac{2 \cdot 6}{2+4}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$E_{c \text{ antes}} = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{2}$$

$$E_{c \text{ antes}} = \frac{2 \cdot 6^2}{2}$$

$$E_{c \text{ antes}} = 36 \text{ J}$$

$$E_{c \text{ depois}} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v^2}{2}$$

$$E_{c \text{ depois}} = \frac{(2+4) \cdot 2^2}{2}$$

$$E_{c \text{ depois}} = 12 \text{ J}$$

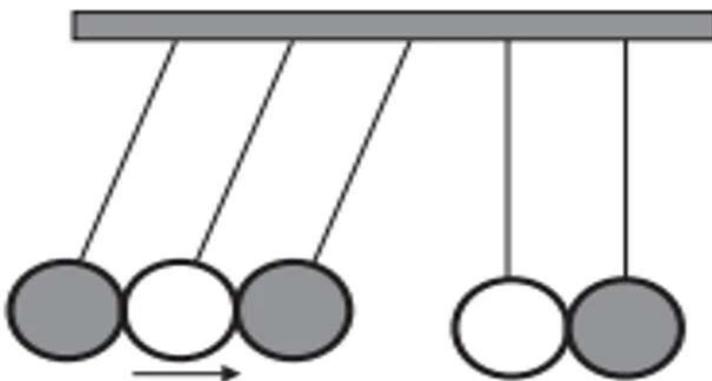
Perdeu 24 J.

4:) (FUVEST) Uma partícula se move com velocidade uniforme V ao longo de uma reta e choca-se frontalmente com outra partícula idêntica, inicialmente em repouso. Considerando o choque elástico e desprezando atritos, podemos afirmar que, após o choque:

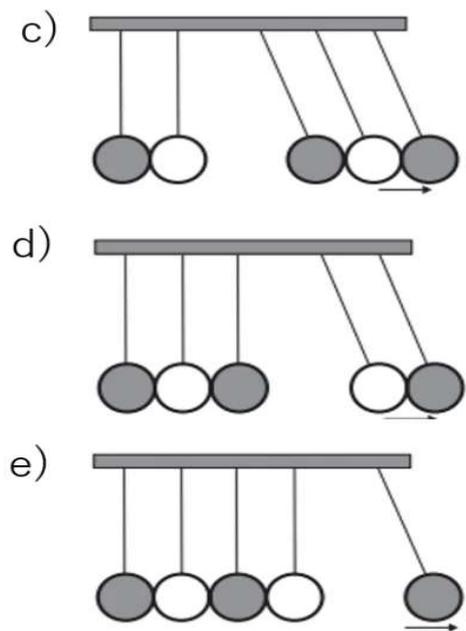
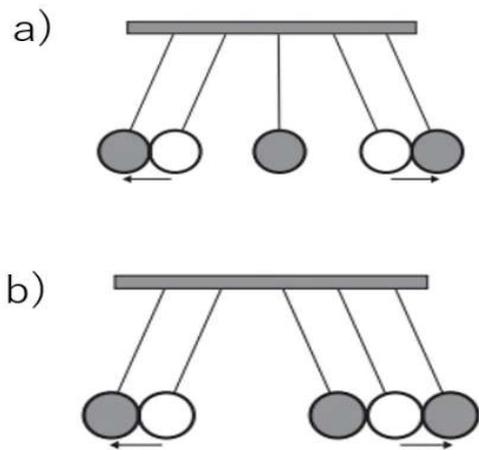
- a) as duas partículas movem-se no mesmo sentido com velocidade $V/2$.
- b) as duas partículas movem-se em sentidos opostos com velocidades $-V$ e $+V$.
- c) a partícula incidente reverte o sentido do seu movimento, permanecendo a outra em repouso.
- d) A partícula incidente fica em repouso e a outra se move com velocidade v .
- e) as duas partículas movem-se em sentidos opostos com velocidades $-v$ e $2v$.

RESPOSTA LETRA (D) A partícula incidente fica em repouso e a outra se move com velocidade v .

5:) (ENEM 2019) O pêndulo de Newton pode ser constituído por cinco pêndulos idênticos suspensos em um mesmo suporte. Em um dado instante, as esferas de três pêndulos são deslocadas para a esquerda e liberadas, deslocando-se para a direita e colidindo elasticamente com as outras duas esferas, que inicialmente estavam paradas.



O movimento dos pêndulos após a primeira colisão está representado em:



Alternativa correta: C.

Gravitação Universal: Desvendando os Segredos do Cosmos

Bem-vindos à incrível jornada pelo universo da Gravitação Universal! Neste capítulo, vamos explorar os fascinantes mistérios por trás das forças que mantêm os corpos celestes em movimento. Preparem-se para uma viagem emocionante pelo cosmos, onde a gravidade rege as leis do espaço e do tempo.

Ao longo deste capítulo, descobriremos como a teoria da Gravitação Universal, formulada por Sir Isaac Newton, continua a influenciar nossa compreensão do universo e sua importância em nosso dia a dia.

Objetivos:

- Compreender as leis fundamentais da Gravitação Universal.
- Aplicar fórmulas para calcular forças gravitacionais.
- Entender o papel da gravidade na dinâmica do universo.

Introdução:

Imaginem-se observando o céu noturno, questionando-se sobre o movimento dos planetas, luas e cometas: o que mantém esses corpos em um movimento que está em harmonia? Vamos explorar a força por trás desses fenômenos cósmicos, conectando-nos diretamente ao universo que nos cerca.

A história da astronomia é uma jornada fascinante que remonta à antiguidade, onde diversas civilizações como os chineses, babilônios e

egípcios deixaram os primeiros registros astronômicos por volta de 3000 a.C. No entanto, foi com os gregos, entre os anos 600 a.C. e 400 a.C., que a astronomia começou a ser estudada de forma mais detalhada.

Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C), por sua vez, afirmava que a Terra estava no centro do universo e era esférica, explicando fenômenos como os eclipses. Pitágoras (ca. 571 a.C. - 490 a.C.) já considerava a Terra e outros corpos celestes como esféricos, orbitando em esferas transparentes ao redor de um "fogo central".

Por muitos séculos, o modelo aristotélico (Figura 1) dominou o pensamento astronômico, até que observações detalhadas revelaram inconsistências, levando a teorias como os epiciclos de Ptolomeu (c.100- c.170) para explicar o movimento retrógrado dos planetas (Figura 2). No entanto, esses modelos ainda apresentavam desafios.

Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum .

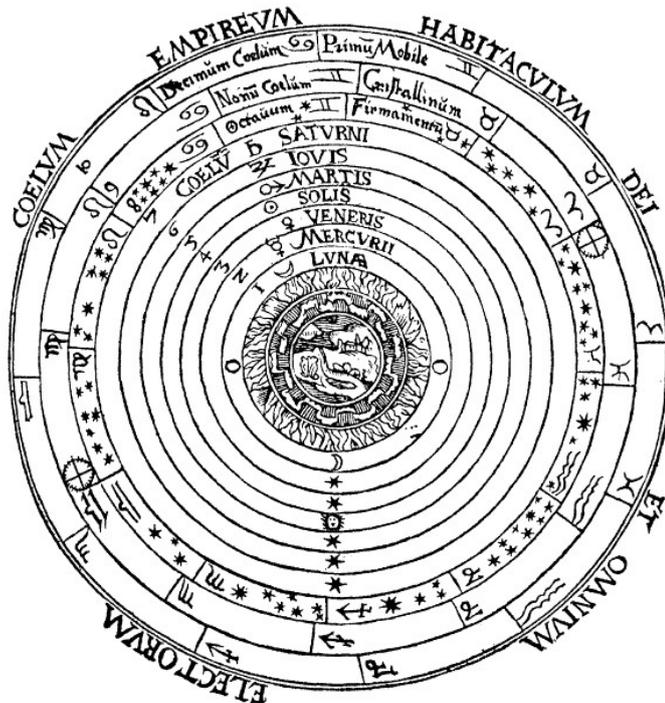


Figura 1: Representação do Cosmos aristotélico feita por Peter Apian em *Cosmographia*. Crédito: Domínio público.

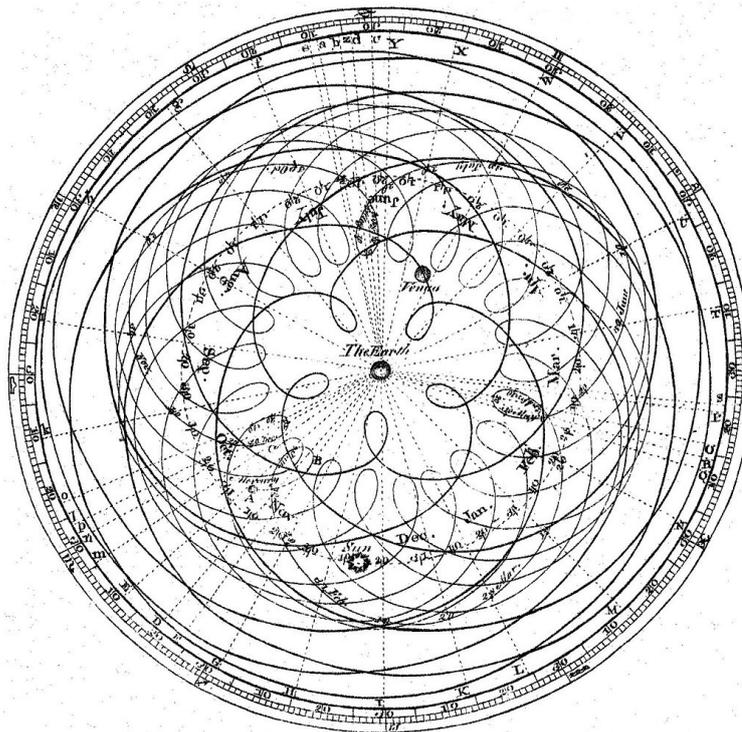


Figura 2: Representação dos epiciclos. Crédito: Domínio público.

Foi Nicolau Copérnico (1473-1543) quem propôs uma revolução no pensamento astronômico com seu modelo heliocêntrico (Figura 3), onde o Sol ocupava o centro do sistema planetário, explicando de forma mais precisa os movimentos observados no céu. Sua teoria, embora precisasse enfrentar resistência tanto científica quanto religiosa, oferecia explicações mais elegantes e precisas para os movimentos celestes.

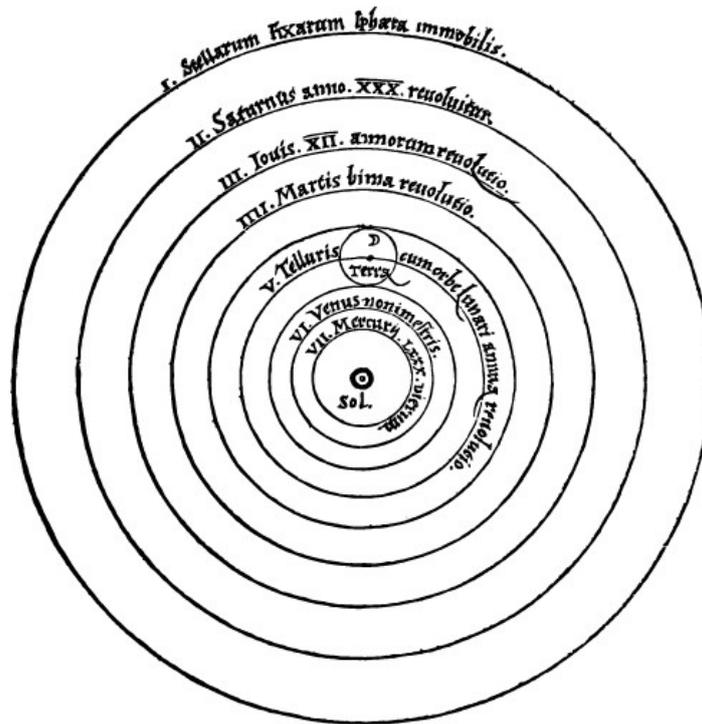


Figura 3: Modelo cosmológico de Copérnico. Foi publicado na primeira edição do *De Revolutionibus Orbium Coelestium*. Crédito: Nicolai Copernici.

O trabalho de Copérnico desafiou paradigmas estabelecidos e abriu caminho para uma nova era na astronomia, impulsionando o desenvolvimento de novas teorias e modelos que continuaram a expandir nosso entendimento do universo.

Assim, desde as concepções iniciais de que a Terra era plana até os modelos complexos de epiciclos e, finalmente, ao heliocentrismo de Copérnico, a história da astronomia reflete não apenas o progresso do conhecimento humano, mas também a constante busca da humanidade por compreender seu lugar no cosmos.

QUESTÃO RESOLVIDA

(ENEM/2001) O texto foi extraído da peça Tróilo e Créssida de William Shakespeare, escrita, provavelmente, em 1601.

*“Os próprios céus, os planetas, e este centro
reconhecem graus, prioridade, classe,
constância, marcha, distância, estação, forma,
função e regularidade, sempre iguais;
eis porque o glorioso astro Sol
está em nobre eminência entronizado
e centralizado no meio dos outros,
e o seu olhar benfazejo corrige
os maus aspectos dos planetas malfazejos,
e, qual rei que comanda, ordena
sem entraves aos bons e aos maus.”*

(personagem Ulysses, Ato I, cena III).

SHAKESPEARE, W. Tróilo e Créssida: Porto: Lello & Irmão, 1948.

A descrição feita pelo dramaturgo renascentista inglês se aproxima da teoria

- a) geocêntrica do grego Claudius Ptolomeu.
- b) da reflexão da luz do árabe Alhazen.
- c) heliocêntrica do polonês Nicolau Copérnico.

d) da rotação terrestre do italiano Galileu Galilei.

e) da gravitação universal do inglês Isaac Newton.

Resolução: Se olharmos para o trecho “.../ eis porque o glorioso astro Sol/ está em nobre eminência entronizado / e centralizado no meio dos outros,/...” podemos notar que a descrição feita por Shakespeare está próxima à teoria heliocêntrica de Nicolau Copérnico. Portanto, a alternativa correta é a c).

Leis de Kepler:

As descobertas de Copérnico abriram caminho para uma revolução na astronomia, mas foi Johannes Kepler quem deu continuidade a esse legado, formulando suas três leis do movimento planetário, embasadas pelos dados coletados por Tycho Brahe.

- A primeira lei de Kepler estabelece que os planetas se movem em órbitas elípticas ao redor do Sol, com o Sol ocupando um dos focos dessa elipse. Isso contrastava com a visão anterior de órbitas circulares.

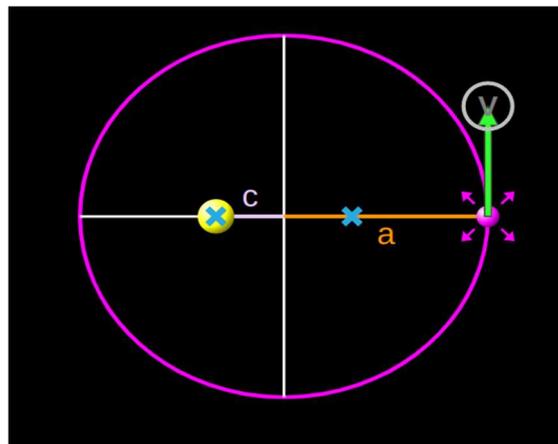


Figura 4: Representação da primeira lei de Kepler. Crédito: Captura própria de tela da simulação PhET “[Leis de Kepler](#)”.

Na figura 4, “a” representa o semieixo menor, ou seja, a metade do diâmetro maior da órbita elíptica; “c” representa a distância focal, ou seja, a distância entre o centro da elipse e um dos focos. O “x” azul marca a posição dos dois focos. Note que o Sol (círculo amarelo) coincide com um “x” azul. A seta verde “v” representa o vetor velocidade

Utilizando uma simulação interativa PhET podemos visualizar as leis de Kepler. Acesse a simulação “[Leis de Kepler](#)”. Encontre todas as maneiras de alterar a órbita de um corpo. Registre suas observações na tabela abaixo.

Ação	Efeito na forma e tamanho da órbita	Esboço
Mover o corpo mais perto da estrela		

a. O que todas as órbitas têm em comum?

b. Quais variáveis afetam a forma da órbita? Liste todas elas.

Selecione na caixa de seleção: Excentricidade e Focos e criar diferentes órbitas (esquerda). Você deverá ver o painel abaixo(direita):



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

- Alterando a órbita, tente fazer a seta rosa chegar a cada rótulo do painel de Excentricidade (veja a imagem anterior à direita). Descreva o processo que você usou para alcançar isso.
- Descreva duas maneiras de criar duas órbitas diferentes com a mesma excentricidade que Eris.
- Descreva com suas próprias palavras: O que é excentricidade?

- d. Quais observações você pode fazer sobre os Focos relacionados à Excentricidade?
- e. Use o menu 'Órbita Escolhida' para recriar as órbitas dos primeiros 5 planetas do sistema solar e preencha a tabela a seguir com seus valores.

Órbita Escolhida	Semi-eixo maior a (UA)	Semi-eixo menor, b (UA)	Distância focal, c (UA)	Excentricidade

- A segunda lei de Kepler descreve como os planetas varrem áreas iguais em tempos iguais ao longo de suas órbitas elípticas (Figura 5). Isso implica que a velocidade dos planetas varia ao longo de suas órbitas, sendo mais rápidos quando estão mais próximos do Sol e mais lenta quando estão mais distantes. Na figura 5, “a” representa o semieixo menor, ou seja, a metade do diâmetro maior da órbita elíptica e a seta verde “v”, o vetor velocidade.

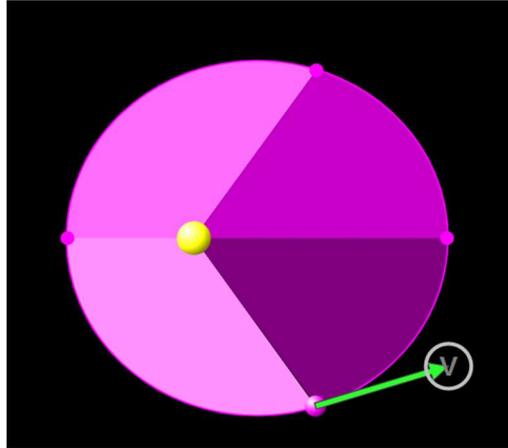
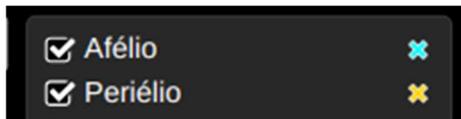


Figura 5: Representação da segunda lei de Kepler Crédito: Captura própria de tela da simulação PhET “[Leis de Kepler](#)”.

Para explorar a segunda lei de Kepler, acesse a simulação “[Leis](#)



[de Kepler](#)” e ative essas caixas de seleção e experimente diferentes órbitas.

Em seguida, defina com suas palavras o que são periélio e afélio.

Como a velocidade muda quando o planeta está no periélio ou no afélio?

Com base no que você aprendeu com esta atividade, tente explicar esta lei para um aluno do ensino fundamental usando suas próprias palavras. Você pode incluir desenhos, imagens e capturas de tela da simulação!

- A terceira lei de Kepler estabelece uma relação matemática entre os períodos de rotação dos planetas e os tamanhos de suas órbitas, mostrando que o quadrado do período de rotação é proporcional ao cubo do raio médio da órbita. Essas leis representaram uma mudança fundamental na compreensão do movimento planetário.

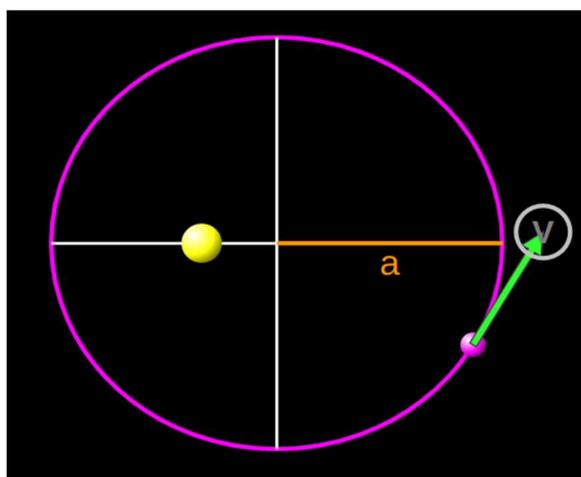


Figura 6: Representação da terceira lei de Kepler. Crédito: Captura própria de tela da simulação PhET “[Leis de Kepler](#)”.

Matematicamente, é escrita como

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} a^3$$

Agora vamos analisar na simulação PhET “[Leis de Kepler](#)” como o período de uma órbita planetária é definido e diferentes maneiras de medi-lo dentro da simulação.

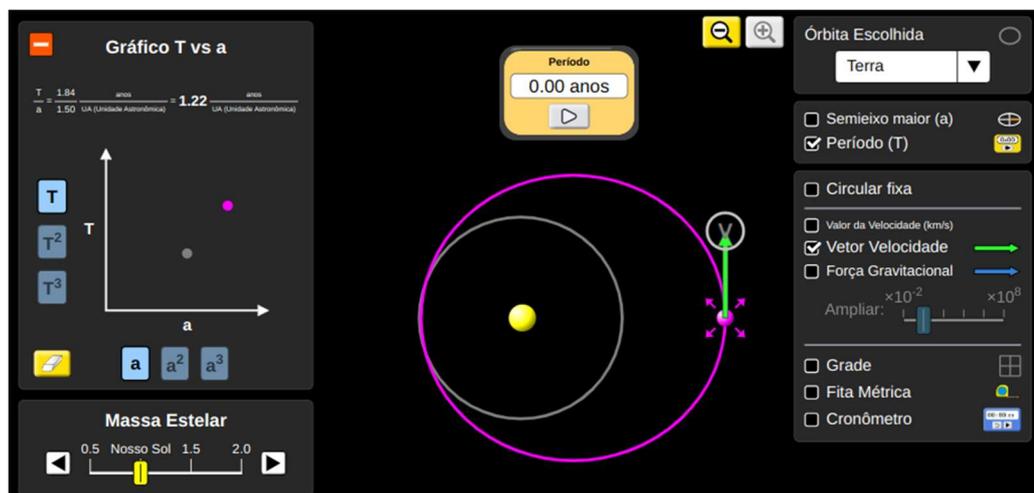


Figura 7: Simulação da terceira lei de Kepler. A ferramenta “Período” está selecionada. Crédito: Captura própria de tela da simulação PhET “[Leis de Kepler](#)”.

- a. Com base no comportamento da Ferramenta de Período, como você definiria o período de uma órbita?

- b. Faça várias medições de período da mesma órbita. O ponto de partida altera a medição? Explique.

- c. Meça o período de uma órbita circular e compare com o período de órbitas mais elípticas, mas com o mesmo semi-eixo maior:

Tipo	Período, T (anos)	Semi-eixo maior, a (UA)
Circular		
Levemente Elíptica		
Altamente Elíptica		

A excentricidade afeta o período de uma órbita?

- d. Agora vamos fazer medições de período para diferentes órbitas do sistema solar. Em seguida, calcule a relação de T/a . Para isso, lembre-se de usar o painel “Órbita Escolhida” para recriar órbitas do mundo real:



Período, T (anos)	Semi-eixo maior, a (UA)	T/a (UA/anos)
Mercúrio		
Terra		
Marte		

e. Você vê algum padrão de Período vs Semieixo maior?

i. A relação T/a muda? Quanto?

ii. Para quais planetas é maior?

iii. Desenhe o formato do gráfico.

f. Encontre a combinação de expoentes para a qual a relação T/a permanece constante para todas as órbitas. Inclua uma captura de tela ou desenho do gráfico, que forma o gráfico tem agora?

Potência do período:	T <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	Gráfico:
Potência do semi-eixo maior:	a <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	

g. Com o apoio do seu professor, encontre a equação da curva que você acabou de encontrar.

- h. Use a equação acima para descobrir qual é o semi-eixo maior do Cometa Halley, sabendo que seu período é de 76 anos.

- i. Suponha que a NASA acabou de descobrir um asteroide orbitando o sol com um semi-eixo maior de 3 UA. Você pode usar a Terceira Lei de Kepler para calcular seu período em anos?

- j. Descreva o que acontece com a relação T/a quando a massa da estrela muda.

- k. Você pode encontrar a nova equação para a Terceira Lei de Kepler para um sistema estelar onde a massa da estrela é o dobro do sol?

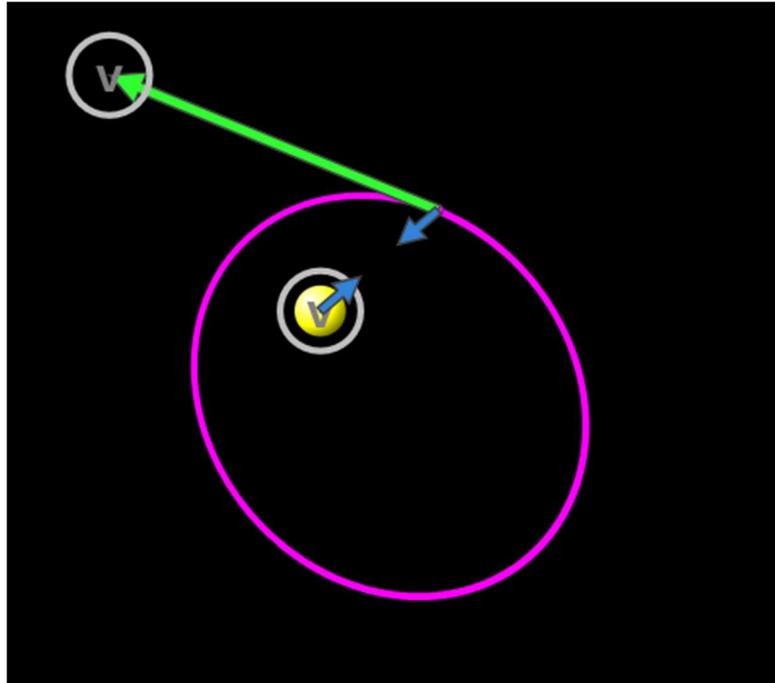


Lei da gravitação universal:

Foi Isaac Newton quem deu uma explicação mais profunda para as leis de Kepler através de sua Lei da Gravitação Universal. Baseando-se nos trabalhos de Galileu Galilei e nas leis de Kepler, Newton propôs que a gravidade age como uma força que produz a atração mútua entre corpos celestes.

Newton também introduziu a lei da inércia, que afirma que um objeto em repouso permanecerá em repouso, e um objeto em movimento continuará a se mover com velocidade constante, a menos que uma força externa atue sobre ele, Isso foi fundamental para que ele percebesse que se não houvesse uma força atraindo os planetas para o Sol, eles seguiriam em linha reta, não em órbitas elípticas. A partir disso, ele formulou uma equação para calcular a intensidade dessa interação gravitacional, mostrando que ela é diretamente proporcional às massas dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.

Figura 8: Interação gravitacional entre Sol e planeta.



A teoria afirma que todos os corpos no universo se atraem com uma força diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles. Matematicamente, isso é expressa por:

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

onde:

- F é a força gravitacional entre dois objetos,
- G é a constante gravitacional,
- m_1 e m_2 são as massas dos dois corpos,
- r é a distância entre os centros das massas.

Com essa lei, o movimento planetário e também fenômenos como a queda dos corpos na Terra puderam ser explicados. A partir dessa compreensão, Newton introduziu o conceito de peso como a força resultante da atração gravitacional da Terra sobre um objeto.

Portanto, as contribuições de Kepler e Newton revolucionaram não apenas a astronomia, mas também a física, fornecendo um arcabouço teórico sólido para entender o funcionamento do universo. Suas contribuições representam marcos fundamentais na história da ciência, moldando nossa compreensão do cosmos e do mundo físico que nos cerca.

A Lua está caindo na Terra?

Os fenômenos gravitacionais entre a Terra e a Lua desempenham um papel crucial na dinâmica do sistema Terra-Lua e são fundamentais para a compreensão de diversos eventos naturais, como as marés.

Inicialmente, ao considerar a órbita circular da Lua em torno da Terra, podemos aplicar os princípios da dinâmica de Newton para determinar a força centrípeta que age sobre a Lua, mantendo-a em sua órbita. Essa força é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade angular da Lua e ao raio da órbita.

Além disso, de acordo com a terceira lei de Newton, toda ação tem uma reação igual e oposta. Portanto, a Lua também exerce uma força gravitacional sobre a Terra. Devido à variação da intensidade dessa força com a distância entre os corpos e ao fato de que a Lua orbita a Terra, o lado

da Terra voltado para a Lua experimenta uma força gravitacional maior do que o lado oposto.

Esse desequilíbrio na força gravitacional resulta em um fenômeno conhecido como marés. A atração gravitacional da Lua sobre os oceanos é particularmente significativa devido à grande massa de água presente neles. Assim, quando ocorrem alinhamentos entre o Sol, a Lua e a Terra, como durante as fases de lua cheia e lua nova, a força gravitacional resultante sobre a Terra é amplificada, intensificando o efeito das marés.

Portanto, a interação gravitacional entre a Terra e a Lua não apenas mantém a Lua em sua órbita, mas também gera fenômenos observáveis na Terra, como as marés, demonstrando a complexidade e a importância dos princípios da gravitação na dinâmica do sistema solar e na vida na Terra.

A teoria da Gravitação Universal explica uma variedade de fenômenos cósmicos, desde a queda de uma maçã até o movimento dos planetas ao redor do Sol. Ela é essencial para compreender a estabilidade das órbitas planetárias, as marés e até mesmo a curvatura do espaço-tempo.

Ao aplicar a teoria de Newton à Astronomia, podemos prever com precisão os movimentos dos corpos celestes. A descoberta de planetas, como Netuno, é um exemplo notável da eficácia dessa teoria na exploração do cosmos.

Embora a teoria da Gravitação Universal seja altamente precisa em muitos contextos, ela possui limitações em escalas extremamente grandes, como aquelas encontradas em proximidades de buracos negros ou em

velocidades próximas à da luz. Nestas situações, a teoria da relatividade geral de Einstein se torna mais apropriada.

QUESTÕES RESOLVIDAS

(UNICAMP-2015) A primeira lei de Kepler demonstrou que os planetas se movem em órbitas elípticas e não circulares. A segunda lei mostrou que os planetas não se movem a uma velocidade constante.

(Adaptado Marvin Perry, *Civilização Ocidental: uma história concisa*. São Paulo: Martins Fontes, 1999, p. 289.)

É correto afirmar que as leis de Kepler

- a) confirmaram as teorias definidas por Copérnico e são exemplos do modelo científico que passou a vigorar a partir da Alta Idade Média.
- b) confirmaram as teorias defendidas por Ptolomeu e permitiram a produção das cartas náuticas usadas no período do descobrimento da América.
- c) são a base do modelo planetário geocêntrico e se tornaram as premissas científicas que vigoram até hoje.
- d) forneceram subsídios para demonstrar o modelo planetário heliocêntrico e criticar as posições defendidas pela Igreja naquela época.

Resolução

- a) Falsa: foi por volta do século XVI (e não na Alta idade média (do século V ao século X) que, Nicolau Copérnico (1473-1543) apresentou um modelo heliocêntrico, em que o Sol estava no centro do universo, e os planetas descreviam órbitas circulares ao seu redor.

b) Falsa: Ptolomeu apresentou e desenvolveu argumentos a favor da teoria geocêntrica na qual o universo os planetas, o Sol e a Lua giravam em torno da Terra.

c) Falsa: as leis de Kepler não são a base do modelo geocêntrico proposto por Ptolomeu (veja b acima).

d) Correta: as leis de Kepler confirmaram o sistema heliocêntrico defendido por Nicolau Copérnico e contrariaram a teoria do geocentrismo defendida pela igreja.

Portanto, a alternativa d é a correta.

(ENEM/2009) Na linha de uma tradição antiga, o astrônomo grego Ptolomeu (100-170 d.C.) afirmou a tese do geocentrismo, segundo a qual a Terra seria o centro do universo, sendo que o Sol, a Lua e os planetas girariam em seu redor em órbitas circulares. A teoria de Ptolomeu resolvia de modo razoável os problemas astronômicos da sua época. Vários séculos mais tarde, o clérigo e astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), ao encontrar inexatidões na teoria de Ptolomeu, formulou a teoria do heliocentrismo, segundo a qual o Sol deveria ser considerado o centro do universo, com a Terra, a Lua e os planetas girando circularmente em torno dele. Por fim, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571- 1630), depois de estudar o planeta Marte por cerca de trinta anos, verificou que a sua órbita é elíptica. Esse resultado generalizou-se para os demais planetas. A respeito dos estudiosos citados no texto, é correto afirmar que

a) Ptolomeu apresentou as ideias mais valiosas, por serem mais antigas e tradicionais.

b) Copérnico desenvolveu a teoria do heliocentrismo inspirado no contexto político do Rei Sol.

c) Copérnico viveu em uma época em que a pesquisa científica era livre e amplamente incentivada pelas autoridades.

d) Kepler estudou o planeta Marte para atender às necessidades de expansão econômica e científica da Alemanha.

e) Kepler apresentou uma teoria científica que, graças aos métodos aplicados, pôde ser testada e generalizada.

a) FALSA. As ideias de Ptolomeu não podem ser consideradas mais valiosas apenas por serem mais antigas e tradicionais. Em ciência, o que é válido ao longo dos tempos é a explicação mais lógica e que melhor descreve o sistema com as teorias conhecidas e discussões validadas.

b) FALSA.

c) FALSA.

d) FALSA.

Portanto, a alternativa correta é a e)

Mapa mental Gravitação



PARA SABER MAIS

As constelações na mitologia indígena brasileira

<https://pt.khanacademy.org/science/9-ano/terra-e-universo-nosso-sistema-solar/historia-da-astronomia-e-etnoastronomia/v/constelacoes-mitologia-indigena>

Exercícios

TEXTO I

No cordel intitulado *Senhor dos Anéis*, de autoria de Gonçalo Ferreira da Silva, lê-se a sextilha:

*A distância em relação
Ao nosso planeta amado
Pouco menos que a do Sol
Ele está distanciado
E menos denso que a água
Quando no normal estado*

MEDEIROS, A.; AGRA, J. T. M., A astronomia na literatura de cordel. Física na Escola, n. 1, abr. 2010 (fragmento).

TEXTO II

Distâncias médias dos planetas ao Sol e suas densidades médias

u.a. = 149 600 000 km, é a unidade astronômica, *Planeta clássico, **Planeta-anão

Características dos planetas. Disponível em: www.astronoo.com. Acesso em: 87 nov. 2019 (adaptado).

Planetas	Distância média ao Sol (u.a.)	Densidade relativa média
*Mercúrio	0,39	5,6
*Vênus	0,72	5,2
*Terra	1,0	5,5
*Marte	1,5	4,0
**Ceres	2,8	2,1
*Júpiter	5,2	1,3
*Saturno	9,6	0,7
*Urano	19	1,2
*Netuno	30	1,7
**Plutão	40	2,0
**Éris	68	2,5

Considerando os versos da sextilha e as informações da tabela, a qual planeta o cordel faz referência?

- A) Mercúrio.
- B) Júpiter.
- C) Urano.
- D) Saturno.
- E) Netuno.

(ENEM/2017) Conhecer o movimento das marés é de suma importância para a navegação, pois permite definir com segurança quando e onde um navio pode navegar em áreas, portos ou canais. Em média, as marés oscilam entre alta e baixa num período de 12 horas e 24 minutos. No conjunto de marés altas, existem algumas que são maiores do que as demais. A ocorrência dessas maiores marés tem como causa

- a) a rotação da Terra, que muda entre dia e noite a cada 12 horas.
- b) os ventos marítimos, pois todos os corpos celestes se movimentam juntamente.

c) o alinhamento entre a Terra, a Lua e o Sol, pois as forças gravitacionais agem na mesma direção.

d) o deslocamento da Terra pelo espaço, pois a atração gravitacional da Lua e a do Sol são semelhantes.

e) a maior influência da atração gravitacional do Sol sobre a Terra, pois este tem a massa muito maior que a da Lua.

(ENEM PPL 2020) Em 20 de julho de 1969, Neil Armstrong tornou-se o primeiro homem a pisar na superfície da Lua. Ele foi seguido por Edwin Aldrin, ambos da missão Apollo 11. Eles, e os astronautas que os seguiram, experimentaram a ausência de atmosfera e estavam sujeitos às diferenças gravitacionais. A aceleração da gravidade na Lua tem $1/6$ do valor na Terra.

Em relação às condições na Terra, um salto oblíquo na superfície da Lua teria alcance

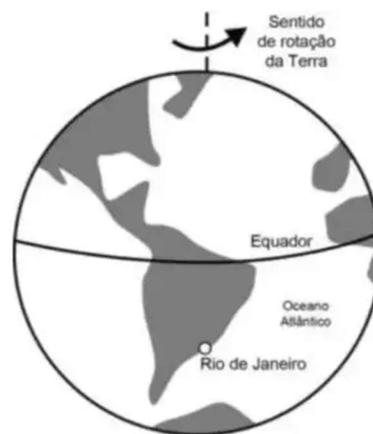
1. Menor, pois a força normal com o solo é menor.
2. Menor, pois a altura do salto seria maior.
3. Igual, pois o impulso aplicado pelo astronauta é o mesmo.
4. Maior, pois a aceleração da gravidade é seis vezes menor.
5. Maior, pois na ausência de atmosfera não há resistência do ar.

(Enem 2019) Na madrugada de 11 de março de 1978, partes de um foguete soviético reentraram na atmosfera acima da cidade do Rio de Janeiro e caíram no Oceano Atlântico. Foi um belo espetáculo, os inúmeros fragmentos entrando em ignição devido ao atrito com a atmosfera brilharam intensamente, enquanto “cortavam o céu”. Mas se a reentrada tivesse acontecido alguns minutos depois, teríamos uma tragédia, pois a queda seria na área urbana do Rio de Janeiro e não no oceano

De acordo com os fatos relatados, a velocidade angular do foguete em relação à Terra no ponto de reentrada era

1. Igual à da Terra e no mesmo sentido.
2. Superior à da Terra e no mesmo sentido.
3. Inferior à da Terra e no sentido oposto.
4. Igual à da Terra e no sentido oposto.

5. Superior à da Terra e no sentido oposto



LAS CASAS, R. Lixo espacial. Observatório Astronômico Frei Rosário, ICEx, UFMG. Disponível em: www.observatorio.ufmg.br. Acesso em: 27 set. 2011 (adaptado).

(Enem 2017 PPL) Sabe-se que a posição em que o Sol nasce ou se põe no horizonte muda de acordo com a estação do ano. Olhando-se em direção ao poente, por exemplo, para um observador no Hemisfério Sul, o Sol se põe mais à direita no inverno do que no verão.

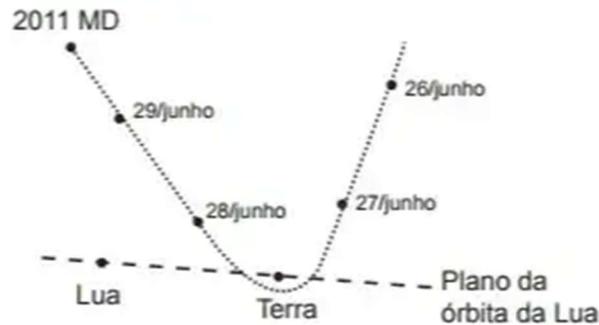
O fenômeno descrito deve-se à combinação de dois fatores: a inclinação do eixo de rotação terrestre e a

1. Precessão do periélio terrestre.
2. Translação da Terra em torno do Sol.
3. Nutação do eixo de rotação da Terra.
4. Precessão do eixo de rotação da Terra.
5. Rotação da Terra em torno de seu próprio eixo.

(Enem 2016) No dia 27 de junho de 2011, o asteroide 2011 MD, com cerca de 10 m de diâmetro, passou a 12 mil quilômetros do planeta Terra, uma distância menor do que a órbita de um satélite. A trajetória do asteroide é

apresentada na figura. A explicação física para a trajetória descrita é o fato de o asteroide

1. Deslocar-se em um local onde a resistência do ar é nula.



2. Deslocar-se em um ambiente onde não há interação gravitacional.
3. Sofrer a ação de uma força resultante no mesmo sentido de sua velocidade.
4. Sofrer a ação de uma força gravitacional resultante no sentido contrário ao de sua velocidade.
5. Estar sob a ação de uma força resultante cuja direção é diferente da direção de sua velocidade.

(Enem 2015 PPL) Observações astronômicas indicam que no centro de nossa galáxia, a Via Láctea, provavelmente exista um buraco negro cuja massa é igual a milhares de vezes a massa do Sol. Uma técnica simples para estimar a massa desse buraco negro consiste em observar algum objeto que orbite ao seu redor e medir o período de uma rotação completa, T , bem como o raio médio, R , da órbita do objeto, que supostamente se desloca, com boa aproximação, em movimento circular uniforme. Nessa situação, considere que a força resultante, devido ao movimento circular, é igual, em magnitude, à força gravitacional que o buraco negro exerce sobre o objeto.

A partir do conhecimento do período de rotação, da distância média e da constante gravitacional, G , a massa do buraco negro é

A. $\frac{4\pi^2 R^2}{GT^2}$

B. $\frac{\pi^2 R^3}{2GT^2}$

C. $\frac{2\pi^2 R^3}{GT^2}$

D. $\frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$

E. $\frac{\pi^2 R^5}{GT^2}$

(PAES 2022) Como habitante do planeta Terra, sabemos que o Sol é de suma importância para a manutenção da vida em nosso planeta. Esse axioma é cantado também pelos cancioneiros populares. A letra da canção do Bumba meu Boi, da Maioba, Se não existisse o Sol, tem o seguinte trecho:

Se não existisse o Sol Como seria pra Terra se aquecer E se não existisse o mar Como seria pra natureza sobreviver [...]

Na realidade, na perspectiva da Física, se não existisse o Sol, a Terra seria totalmente congelada e, sem a massa do Sol, não haveria a força gravitacional para manter todos os planetas “presos” em órbitas. Tanto a Terra quanto a lua e os demais planetas sairiam “voando” espaço afora.

Sabe-se que a força de atração entre a Terra e o Sol é vinte vezes maior que a força de atração entre Marte e o Sol. Por sua vez, a massa da Terra é nove vezes maior que a massa de Marte. Utilizando o Sol como referencial, a razão entre os quadrados dos raios das órbitas de Marte e da Terra é

a) $20/9$

b) $9/20$

c) $2\sqrt{5}/3$

d) $2\sqrt{5}/9$

e) $3\sqrt{20}$

HIDROSTÁTICA

No nosso dia a dia, encontramos diversas aplicações hidráulicas que visam facilitar as tarefas cotidianas, tais como a direção hidráulica em veículos automotivos e o uso de macacos e elevadores hidráulicos em oficinas mecânicas. Além disso, sistemas de freios modernos em bicicletas, motocicletas, carros e caminhões também fazem uso da tecnologia hidráulica, assim como as prensas presentes em caminhões compactadores de lixo e as prensas hidráulicas utilizadas em várias aplicações comerciais. O que todas essas aplicações têm em comum? Elas operam com fluidos, especificamente diferentes tipos de óleos, para realizar o trabalho desejado.

Fluidos são substâncias capazes de fluir ou escoar facilmente. Fisicamente, isso implica em oferecer pouca resistência a forças tangenciais, ou seja, aquelas que atuam na mesma direção da superfície, como ilustrado na Figura 1. Portanto, além dos diversos tipos de óleos mencionados anteriormente, é importante notar que a água e todos os tipos de gases também se enquadram na categoria de fluidos. Essa característica de fluidez permite que essas substâncias se deformem continuamente quando submetidas a uma força tangencial, diferenciando-os dos sólidos, que resistem a tais forças e mantêm sua forma.

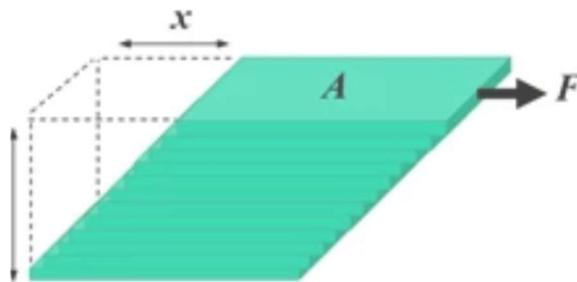


Figura 1: Temporária

Outra característica importante, usada também para diferenciar os fluidos e definir suas aplicações, é a viscosidade. A viscosidade é a propriedade que revela o quanto um fluido resiste ao deslizamento de camadas adjacentes de fluido. Ela desempenha um papel crucial na determinação do comportamento de fluxo de um fluido e influencia

diretamente em uma ampla gama de aplicações, desde a lubrificação de máquinas até o transporte de líquidos em tubulações.

Antes de qualquer aplicação, é essencial que os fluidos sejam armazenados adequadamente em reservatórios apropriados. Um exemplo comum são as caixas d'água, que são utilizadas para armazenar a água destinada ao consumo diário. Ao planejar o armazenamento de um fluido, o primeiro passo é determinar as dimensões ideais do reservatório, de modo a comportar a quantidade necessária da substância em questão. A primeira grandeza física a ser considerada nesse processo é o volume (representado pela letra V). Para determinar o volume adequado de água a ser armazenado para o consumo diário em uma residência, por exemplo, é necessário calcular a quantidade de litros consumidos diariamente nessa residência¹. Esse dado é fundamental para dimensionar o reservatório de forma a atender às necessidades de abastecimento sem desperdício ou falta de água.

O volume dos fluidos pode ser afetado pela variação da pressão (representada pela letra P), tornando-a assim a segunda grandeza física crucial para compreender o comportamento dos fluidos em reservatórios. A pressão é definida como a medida da força exercida por unidade de área em uma determinada superfície, e é determinada pela expressão

onde F é a força aplicada sobre uma superfície e A é a área dela. Assim, por essa definição, podemos perceber que o próprio fluido exerce pressão sobre as paredes do recipiente que o contém pois a massa de água está sujeita a força peso² e essa força atua sobre a área do fundo do recipiente. Assim pela Segunda Lei de Newton podemos dizer que a força resultante que age sobre uma massa m de água é dada por

pois $\rho = \frac{m}{V}$, que é a densidade do fluido. Substituindo este resultado na definição de pressão teremos para uma massa de água que

$$P = \frac{\rho V g}{A} = \frac{\rho A h g}{A} \Rightarrow P = \rho g h$$

¹ A unidade de volume do Sistema Internacional de unidades (SI) é o metro cúbico (m³).

² Força da gravidade nas proximidades da superfície da terra.

onde consideramos um recipiente cilíndrico com área da base A e altura h . Vemos portanto que a pressão exercida por uma coluna de líquido depende apenas da altura da coluna. Se analisarmos com cuidado, além de determinar a pressão no fundo do recipiente, essa expressão também nos permite determinar a pressão em um ponto intermediário qualquer do reservatório, bastando apenas conhecer a altura desse ponto em relação à superfície. Analisando com cuidado esta expressão podemos perceber que ela não depende das características geométricas do recipiente, isso nos permite generalizá-la para lagos, açudes e até o próprio oceano. Esta equação pode ser usada sempre que a densidade do fluido puder ser considerada constante³.

Quando o recipiente está aberto a pressão total a uma altura h da superfície do líquido será dada $p = P_o + \rho gh$ ⁴

onde P_o é a pressão atmosférica na região. A compreensão da existência de uma força exercida pelos gases atmosféricos remonta ao século *XVII*, mas foi o físico e matemático italiano Evangelista Torricelli que conseguiu medir o valor dela pela primeira vez em 1643 utilizando o seu barômetro de mercúrio (NARDI, 2002).

³ Essa é a aproximação de fluido incompressível.

⁴ Esta equação também é chamada de Lei de Stevin

Em 1663 Pascal mostrou, a partir da Lei de Stiven, que quando submetemos qualquer região de um fluido incompressível a uma variação de pressão, todas as partes deste fluido sentem essa variação de pressão. Assim podemos escrever para quaisquer dois pontos distintos 1 e 2 de um fluido incompressível que $P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

onde A_1 e A_2 são as áreas das superfícies livres dos fluidos conforme ilustrado na figura. O que Pascal percebeu foi que se A_2 for 100 vezes maior que A_1 então $F_2 = 100F_1$, ou seja, se aplicarmos uma força de 1 N na extremidade 1 teremos 100 N como resultado na extremidade 2. Essa é a relação fundamental para todas as aplicações que visam usar fluidos para melhorar a performance ou reduzir o esforço de uma atividade.

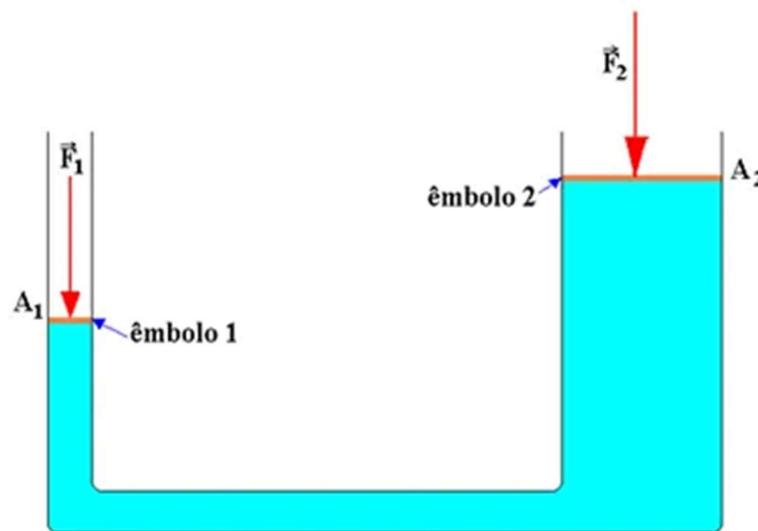


Figura 2: Princípio de funcionamento da prensa hidráulica. Fonte: Mundo Educação (2024).

Até agora, discutimos as propriedades físicas de fluidos em repouso e reconhecemos que uma característica importante para descrevê-los corretamente é a densidade (ρ). Analisamos situações em que essa grandeza é considerada constante, entretanto, é importante destacar que a densidade pode variar devido a mudanças de temperatura. Quando isso ocorre, o fluido se acomoda de tal forma que as porções com maior densidade tendem a ocupar o fundo do recipiente, enquanto as porções com menor densidade se deslocam para regiões mais próximas da superfície. Em outras palavras, quanto menor a densidade mais próxima da superfície a porção de fluido estará. Portanto, quando fluidos que não se

misturam ocupam o mesmo reservatório, aquele com menor densidade ocupará a parte superior do recipiente.

ρ

Quando colocamos um objeto na água, o mesmo vale para qualquer tipo de fluido incompressível, ele pode flutuar sobre a superfície, pode ir para o fundo, ou pode permanecer flutuando completamente submerso. Cada um desses comportamentos também está relacionado com a diferença entre as densidades do fluido e do objeto.

h

Considere o objeto da Figura 3, ele é um sólido retangular com área de A e altura h , que está totalmente imerso em um fluido ρ em equilíbrio de densidade ρ . A pressão sobre a superfície lateral do sólido, representadas pelas setas vermelhas, têm a mesma direção e sentidos opostos, logo a soma das forças que agem sobre essa superfície é igual a zero. Entretanto, a pressão exercida pelo fluido sobre a superfície inferior é maior do que a pressão sobre a superfície superior, ou seja, podemos dizer que

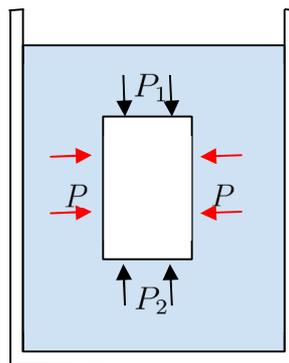


Figura 3: Elaboração própria, 2024

Como há uma diferença de pressão, logo há uma força resultante diferente de zero que age de baixo para cima dada por

$$F = P_2A - P_1A = \rho ghA$$

essa força é chamada de empuxo e pode ser escrita de outro modo como

$$E = \rho gV = mg$$

onde m é a massa de fluido que foi deslocada pelo objeto

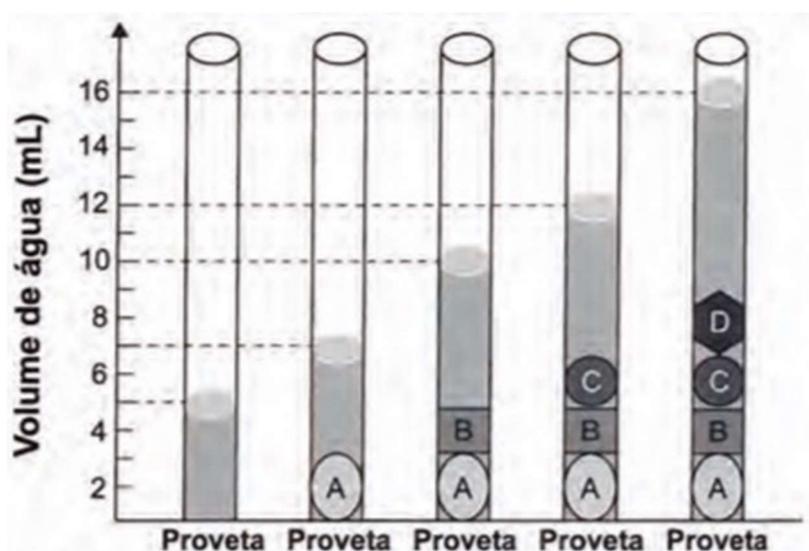
Referências

NARDI, Roberto. Origens históricas e considerações acerca do conceito de pressão atmosférica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 1, p. 67-78, 2002.

MUNDO EDUCAÇÃO. *Prensa hidráulica*. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/prensa-hidraulica.htm>. Acesso em: 19 nov. 2024.

Problemas

1 - (ENEM-2020) As moedas despertam o interesse de colecionadores, numismatas e investidores há bastante tempo. Uma moeda de 100% cobre, circulante no período do Brasil Colônia, pode ser bastante valiosa. O elevado valor gera a necessidade de realização de testes que validem a procedência da moeda, bem como a veracidade de sua composição. Sabendo que a densidade do cobre metálico é próxima de 9 g cm^{-3} , um investidor negocia a aquisição de um lote de quatro moedas A, B, C e D fabricadas supostamente de 100% cobre e massas 26 g, 27 g, 10 g e 36 g, respectivamente. Com o objetivo de testar a densidade das moedas, foi realizado um procedimento em que elas foram sequencialmente inseridas em uma proveta contendo 5 mL de água, conforme esquematizado.



Com base nos dados obtidos, o investidor adquiriu as moedas

- a) A e B
- b) A e C

- c) B e C
- d) B e D
- e) C e D

Solução:

A chave para verificar a autenticidade das moedas é a densidade pois ela identifica de forma única um material. As moedas verdadeiras são aquelas que possuem densidade próxima de 9 g cm^{-3} . Precisamos agora determinar a densidade de cada moeda e vamos começar pela moeda A, para isso vamos utilizar a fórmula . A massa de cada moeda nós já temos e o volume é determinado pelo volume deslocado na segunda proveta. Isso acontece pois a diferença entre o volume da primeira proveta, a que está sem moeda, e o volume da segunda proveta é exatamente igual ao volume da moeda A, ou seja, o volume só aumenta porque a moeda ocupa com seu volume um espaço onde antes era de água, ou seja, o volume da moeda A será igual ao volume da proveta com a moeda menos o volume da proveta apenas com água. Dessa forma podemos determinar a densidade da moeda A

$$\rho_A = \frac{26}{2} = 13 \text{ g/cm}^3 \text{ como}$$

Quando a moeda B é inserida na proveta o volume aumenta ainda mais e assim sucessivamente. As densidades das moedas B, C e D serão dadas

$$\rho_B = \frac{27}{3} = 9 \text{ g/cm}^3 \text{ respectivamente por}$$

$$\rho_C = \frac{10}{2} = 5 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_D = \frac{36}{4} = 9 \text{ g/cm}^3$$

assim o investidor adquiriu as moedas B e D

CALOR E TEMPERATURA

Você sabe qual a diferença entre calor e temperatura? Não? Nessa seção você vai aprender e saber diferenciar ambos. Sabe quando você pratica esportes como uma corrida, por exemplo, e percebe que seu corpo começa a suar, isso é uma forma que o corpo humano tem para manter a temperatura em equilíbrio. O corpo humano tem esse mecanismo de que quando a temperatura começa a subir ele precisa ser resfriado de alguma forma e

para isso acontecer seu corpo começa a suar, às vezes para melhorar essa troca de calor entre o corpo e o meio ambiente é necessário a pessoa se abanar, tomar banho, entre outros. É importante conhecer o conceito de calor e temperatura pois é a partir daí que você vai entender como ocorre a transferência de energia entre dois corpos e como são medidas as temperaturas entre eles.

Objetivos específicos

- Compreender o conceito de calor e temperatura;
- Conhecer as escalas termométricas: celsius, Fahrenheit e kelvin
- Diferenciar calor sensível e calor latente;
- Entender os tipos de transmissão de calor: condução, convecção e radiação;

Imagine que você quer comer algo e pede uma pizza e um refrigerante, e quando você recebeu, percebeu que a pizza estava muito quente e o refrigerante muito gelado e passados alguns minutos em cima da mesa percebeu que a pizza esfriou e o refrigerante esquentou, daí surgiu uma pergunta na sua cabeça, por que a pizza esfriou e o refrigerante esquentou?

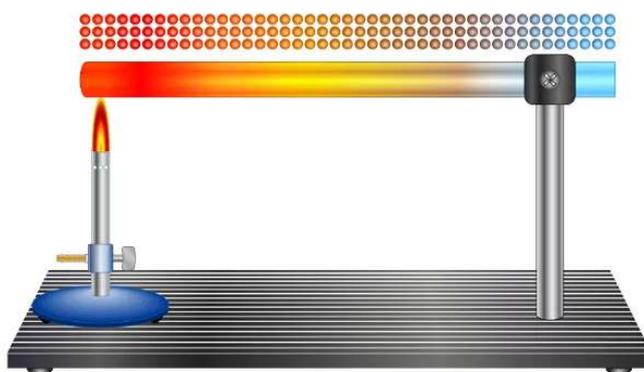
Calor e temperatura estão relacionados tanto na Física quanto na Química, na física esse assunto é estudado na terminologia e na química é estudado no ramo da termoquímica onde essa área está voltada para as trocas de energia na forma de calor que está envolvida com as reações químicas.

A principal característica do calor é a transferência de energia entre dois corpos, essa troca de energia pode ser entre dois corpos ou entre um corpo e o meio em que ele se encontra (ambiente), a partir dessa troca de energia chegamos a propagação de calor, que está subdividida em partes, sendo elas, condução, convecção e radiação.

Condução: esse processo ocorre quando existe a propagação de calor em forma de energia térmica, essa energia passa de partícula para partícula em todo o material. Esse processo ocorre em sólidos. Por exemplo, imagine que esteja preparando um almoço, e está utilizando duas colheres de materiais diferentes, uma metálica e uma de madeira, ao mexer o alimento que está na panela com a colher metálica a partir de um determinado tempo você não irá mais conseguir segura-la devido a mesma está muito quente, agora imagine a mesma situação com a colher de madeira, para que esse mesmo

processo ocorra, irá demandar de um tempo maior. Ta, mas o que isso quer dizer ? Nesta análise queremos mostrar dois tipos materiais em que um é um bom condutor (metálico) e o outro é um isolante, ou seja, não é um bom condutor (madeira). Na condução as partículas não se deslocam, ela permanece em sua posição de equilíbrio.

Figura 1

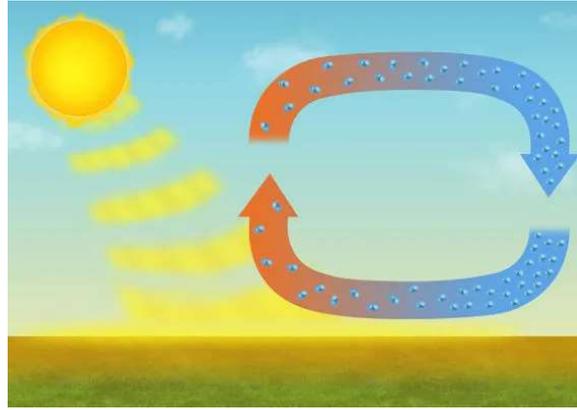


Fonte: Brasil escola

A figura 1 mostra a propagação de calor por condução, onde em uma das extremidades existe o contato com resfriamento e na outra está em contato com o fogo, observe que com o passar do tempo a temperatura da barra de ferro vai aumentando, ou seja, existe uma agitação das moléculas, essa agitação está se propagando ao longo da barra fazendo com que toda a ela aqueça. E devido o material da barra ser um bom condutor térmico, em poucos minutos, se algo entrar em contato, acabará sendo queimado ou derretido pela mesma devido sua temperatura.

Convecção: ocorre em fluidos (gases e líquidos), é um movimento que ocorre em fluidos devido a variação de temperatura, por exemplo, quando colocamos água para ferver podemos notar que após um determinado tempo em certa temperatura, começa surgir bolhas subindo na água, e este processo é chamado de ebulição, note que o vapor que sai da fervura sempre está para cima, sempre sobe, e isso se dá devido ser menos denso. Outro exemplo que pode ser analisado é o fato do por que o ar condicionado ser instalado apenas na parte superior, e a resposta é a mesma, as curvas de convecção sobem (o ar quente) e o ar frio irá descer, fazendo com que seu ambiente fique frio.

Figura 2

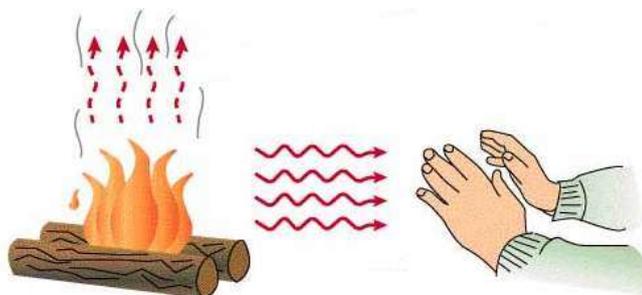


Fonte: infoescola

A figura 2 mostra o processo de transferência de energia térmica por convecção, onde a água fria desce, pois ela é mais densa, devido existir pouca agitação das moléculas, já a água quente sobe, pois, a agitação das moléculas é maior, logo é menos densa. Com isso observa-se que existe uma troca de posição do fluido quando aquecido e quando esfriado.

Radiação: é a propagação de energia em forma de ondas eletromagnéticas, e quando são absorvidas por um corpo, essas ondas são transformadas em energia térmica. Ela está atrelada a frequência do infravermelho, nós humanos não conseguimos enxergar através do infravermelho sem uso de óculos adaptados ou qualquer outro tipo de material que possibilite essa visão, já alguns animais, como por exemplo a cobra enxerga infravermelho, quando o animal vai dar o bote em qualquer em algo, ele se baseia devido a existência de energia térmica em um determinado corpo, se tivermos em mãos uma madeira com a ponta aquecida a cobra por consequência irá atacar a ponta que está aquecida e não a parte 'fria' isso se dá devido a maior concentração de energia térmica, ou seja, na ponta da madeira aquecida houve uma absorção de calor que facilitou a visão da cobra.

Figura 3



Fonte: geocitis.ws

A figura 3 mostra como ocorre o processo de propagação de calor por radiação, onde a fogueira emana calor e esse calor chega até a pessoa em forma de ondas eletromagnéticas, fazendo com que a pessoa se aqueça.

Temperatura: caracteriza o estado térmico de um sistema, ou seja, é o grau de agitação de um corpo. Colocando em prática este conceito, temos uma panela no fogo com água, a medida que essa panela recebe o calor, a água começa a borbulhar, ou seja, há uma agitação de moléculas naquele corpo.

A temperatura pode ser medida em Celsius (°C), Fahrenheit (°F) e Kelvin (K).

Celsius é a escala mais utilizada no mundo, e utilizada no Brasil, os pontos fixos a escala Celsius vão de 0° a 100°, onde 0° é o ponto de fusão, e 100° é o ponto de ebulição.

Fahrenheit é a escala utilizada em países de língua inglesa, ela está medida entre 32° e 212°, sua escala possui 180 divisões portanto não é uma escala centígrada como a escala Celsius.

Kelvin é uma escala absoluta de 273, pois ela não necessita de grau, o zero em Kelvin é conhecido como zero absoluto, isso significa que o limite inferior é zero, não há nada abaixo de zero, quando a agitação está nula.

Conversões de temperatura:

Celsius para Kelvin: $T_k = T_c + 273$

Kelvin para Celsius: $T_c = T_k - 273$

Celsius para Fahrenheit: $T_c/5 = T_f - 32/9$

Kelvin para Fahrenheit: $T_f - 32/9 = T_k - 273/5$

Onde:

TC é a temperatura em Celsius;

TK temperatura em Kelvin;

TF a temperatura em Fahrenheit.

No Sistema Internacional de Medidas (SI) o calor é medido em joules (J).

Existem dois tipos de calor: calor sensível e calor latente.

Calor sensível: é a energia em forma de calor que provoca o aumento da temperatura do objeto sem alterar seu estado físico. Através da fórmula a seguir consegue-se calcular a quantidade de calor em um material.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Onde:

Q é a quantidade de calor (cal ou j);

m é a massa em quilogramas (kg ou g);

c é a constante de calor específico que depende do material, em caloria por grama Celsius(cal/g.C°);

ΔT é a variação de temperatura, em graus Celsius (C°).

Relacionando a temática ao cotidiano, podemos perceber este fenômeno quando você coloca uma panela de água no fogão e a aquece, a energia térmica fornecida ao sistema aumenta a temperatura da água. Durante esse processo, o calor sensível é transferido da fonte de calor para a água, aumentando sua temperatura sem que ocorra uma mudança de fase. Para lembrar: 1 cal \approx 4,2 J.

Calor Latente: é quando há um aumento na temperatura de um objeto que provoca a mudança de seu estado físico, ou seja, quando falamos em calor latente estamos falando de mudança de estado, sendo estado sólido, líquido ou gasoso. O calor latente pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$Q = m \cdot L$$

Onde:

L é o calor latente e seu valor depende do material;

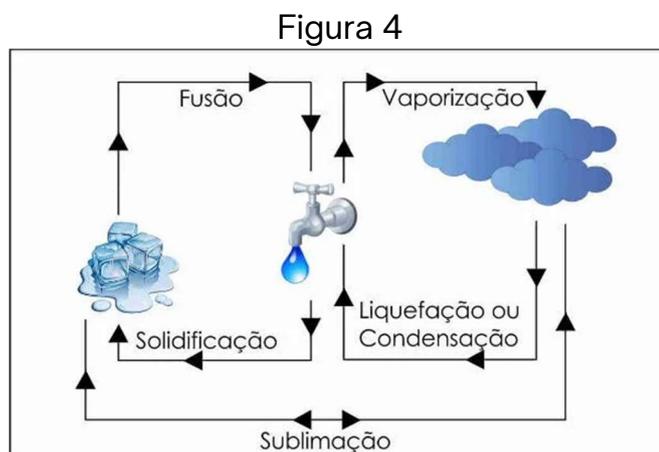
Q é quantidade de calor necessário para fazer com que o material mude seu estado;

m é a massa, em quilogramas (kg).

Um exemplo a ser dado é quando você coloca gelo em um copo com água a temperatura ambiente, o gelo absorve calor do ambiente para derreter e se transformar em água líquida. Durante esse processo, o gelo absorve

calor latente de fusão para quebrar as ligações intermoleculares e mudar de sólido para líquido, sem que a temperatura do sistema aumente.

Observe a figura abaixo que representa as mudanças de estados:



Fonte: todamateria.com.br/subimacao

Exemplo 1(Enem 2013):

Fonte: casadosroopy.blogspot.com

Quais são os processos de propagação de calor relacionados à fala de cada personagem?

- a) Convecção e condução.
- b) Convecção e irradiação.
- c) Condução e convecção.
- d) Irradiação e convecção.
- e) Irradiação e condução.

Resposta correta: e) Irradiação e condução. A energia térmica do Sol se propaga no vácuo, na forma de radiação eletromagnética. As luvas funcionam como isolante térmico, reduzindo a condução de calor com o meio externo e mantendo as mãos aquecidas.

Exemplo 2:

(UFRGS 2018) Uma quantidade de calor $Q = 56.100,0 \text{ J}$ é fornecida a 100 g de gelo que se encontra inicialmente a -10 °C .

Sendo

o calor específico do gelo $c_g = 2,1 \text{ J/(g°C)}$,

o calor específico da água $c_a = 4,2 \text{ J/(g}^\circ\text{C)}$ e

o calor latente de fusão $CL = 330,0 \text{ J/g}$,

a temperatura final da água em $^\circ\text{C}$ é,

aproximadamente,

a) 83,8.

b) 60,0.

c) 54,8.

d) 50,0.

e) 37,7.

Resposta correta: d) 50,0.

1º processo: calor sensível de -10°C à 0°C

O gelo recebe energia até atingir a temperatura de 0°C .

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 100 \cdot 2,1 \cdot 10$$

$$Q = 2100 \text{ J}$$

2º processo: calor latente

O gelo recebe energia que é utilizada para transformar o seu estado, mantendo a temperatura constante.

$$Q = m \cdot L$$

$$Q = 100 \cdot 330$$

$$Q = 33000 \text{ J}$$

3º processo: calor sensível a partir de 0°C

A água líquida irá continuar recebendo o restante da energia, aumentando sua temperatura.

Nos dois primeiros processos foram utilizados, ao total:

$$2\ 100\ \text{J} + 33\ 000\ \text{J} = 35\ 100\ \text{J}$$

Subtraindo do total recebido:

$$56\ 100\ \text{J} - 35\ 100\ \text{J} = 21\ 000\ \text{J}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = m \cdot c \cdot (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})$$

Como a temperatura inicial deste processo é °C, temos:

$$Q = m \cdot c \cdot T_{\text{final}}$$

Isolando a temperatura final na equação:

$$T_{\text{final}} = Q / (m \cdot c)$$

$$T_{\text{final}} = 21000 / (100 \cdot 4,2)$$

$$T_{\text{final}} = 21000 / 420$$

$$T_{\text{final}} = 50$$

Portanto, ao receber 56 100 J, as 100 g de gelo terminam o processo como água líquida a 50°C.

Atividade

1. (Enem 2022) A variação da incidência de radiação solar sobre a superfície da Terra resulta em uma variação de temperatura ao longo de um dia denominada amplitude térmica. Edificações e pavimentações realizadas nas áreas urbanas contribuem para alterar as amplitudes térmicas dessas regiões, em comparação com regiões que mantêm suas características naturais, com presença de vegetação e água, já que o calor específico do concreto é inferior ao da água. Assim, parte da avaliação do impacto ambiental que a presença de concreto proporciona às áreas urbanas consiste em considerar a substituição da área concretada por um mesmo volume de água e comparar as variações de temperatura devido à absorção da radiação solar nas duas situações (concretada e alagada). Desprezando

os efeitos da evaporação e considerando que toda radiação é absorvida, essa avaliação pode ser realizada com os seguintes dados:

A razão entre as variações de temperatura nas áreas concretada e alagada é mais próxima de

A)1,0.

B)2,1.

C)2,5.

D)5,3.

E)13,1.

2. (Enem 2016) Num experimento, um professor deixa duas bandejas de mesma massa, uma de plástico e outra de alumínio, sobre a mesa do laboratório. Após algumas horas, ele pede aos alunos que avaliem a temperatura das duas bandejas, usando para isso o tato. Seus alunos afirmam, categoricamente, que a bandeja de alumínio encontra-se numa temperatura mais baixa. Intrigado, ele propõe uma segunda atividade, em que coloca um cubo de gelo sobre cada uma das bandejas, que estão em equilíbrio térmico com o ambiente, e os questiona em qual delas a taxa de derretimento do gelo será maior.

O aluno que responder corretamente ao questionamento do professor dirá que o derretimento ocorrerá

a) mais rapidamente na bandeja de alumínio, pois ela tem uma maior condutividade térmica que a de plástico.

b) mais rapidamente na bandeja de plástico, pois ela tem inicialmente uma temperatura mais alta que a de alumínio.

c) mais rapidamente na bandeja de plástico, pois ela tem uma maior capacidade térmica que a de alumínio.

d) mais rapidamente na bandeja de alumínio, pois ela tem um calor específico menor que a de plástico.

e) com a mesma rapidez nas duas bandejas, pois apresentarão a mesma variação de temperatura.

Resposta correta: a) mais rapidamente na bandeja de alumínio, pois ela tem uma maior condutividade térmica que a de plástico.

O gelo derrete mais rápido na bandeja que transfere calor a uma maior taxa, ou seja, mais rápido. Como os metais possuem maior condutibilidade térmica, a bandeja de alumínio transfere mais calor ao gelo e ele derreterá mais rápido.

3. (Enem 2021) Na cidade de São Paulo, as ilhas de calor são responsáveis pela alteração da direção do fluxo da brisa marítima que deveria atingir a região de mananciais. Mas, ao cruzar a ilha de calor, a brisa marítima agora encontra um fluxo de ar vertical, que transfere para ela energia térmica absorvida das superfícies quentes da cidade, deslocando-a para altas altitudes. Dessa maneira, há condensação e chuvas fortes no centro da cidade, em vez de na região de mananciais. A imagem apresenta os três subsistemas que trocam energia nesse fenômeno.

Esses mecanismos são, respectivamente,

- a) irradiação e convecção.
- b) irradiação e irradiação.
- c) condução e irradiação.
- d) convecção e irradiação.
- e) convecção e convecção.

Resposta correta: a) irradiação e convecção.

Irradiação é processo de transferência de calor entre o Sol e as cidades. Neste processo, o calor é transferido por radiação eletromagnética.

4. (enem 2023) Em uma indústria alimentícia, para produção de doce de leite, utiliza-se um tacho de parede oca com uma entrada para vapor de água a 120 °C e uma saída para água líquida em equilíbrio com o vapor a 100 °C. Ao passar pela parte oca do tacho, o vapor de água transforma-se em líquido, liberando energia. A parede transfere essa energia para o interior do tacho, resultando na evaporação de água e consequente concentração do produto.

No processo de concentração do produto, é utilizada energia proveniente

- A) somente do calor latente de vaporização.
- B) somente do calor latente de condensação.
- C) do calor sensível e do calor latente de vaporização.
- D) do calor sensível e do calor latente de condensação.
- E) do calor latente de condensação e do calor latente de vaporização.

Convecção é o processo de transferência de calor entre as ilhas de calor e a brisa marítima. Neste processo, o calor é transferido por um meio fluido, no caso, o ar, através de seus movimentos. Na convecção o ar quente que se expande, fica menos denso e sobe. O ar mais frio nas altitudes superiores, mais denso, desce criando correntes de ar que trocam calor.

5º) Determine a quantidade de calor em Kcal necessária para um bloco de gelo com 2 kg de massa, inicialmente a -5°C , seja aquecido até a temperatura de 5°C .

DADOS: Calor específico do gelo = $0,5 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ / Calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g

- a) 145
- b) 155
- c) 165
- d) 175
- e) 185

Resposta:

LETRA "D"

Faz-se necessário elevar a temperatura do gelo até a temperatura do ponto de fusão. Para isso, temos:

Massa de gelo: $2 \text{ kg} = 2000 \text{ g}$

Varição de temperatura: $\Delta T = T - T_0 \rightarrow \Delta T = 0 - (-5) = 5^{\circ}\text{C}$

O calor necessário para elevar a temperatura do bloco de gelo de -5°C para 0°C é do tipo sensível, logo:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q_1 = 2000 \cdot 0,5 \cdot 5$$

$$Q_1 = 5000 \text{ cal}$$

$$Q_1 = 5 \text{ Kcal}$$

No momento em que o gelo chega à temperatura de 0°C , é iniciada a fusão. Agora o calor é do tipo latente:

$$Q_2 = m \cdot LF$$

$$Q_2 = 2000 \cdot 80$$

$$Q_2 = 160.000$$

$$Q_2 = 160 \text{ Kcal}$$

Por fim, a água no estado líquido deve ter a sua temperatura elevada até 5°C . Para isso, o calor será novamente do tipo sensível.

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

Varição de temperatura: $\Delta T = 5 - 0 = 5^{\circ}\text{C}$

$$Q_3 = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q_3 = 2000 \cdot 1 \cdot 5$$

$$Q_3 = 10.000$$

$$Q_3 = 10 \text{ Kcal}$$

O calor total necessário para aquecer o bloco de gelo até a temperatura de 5°C é dado pela soma $Q_{\text{TOTAL}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 5 + 160 + 10 = 175 \text{ Kcal}$$

Existem três tipos de transmissão de calor: condução quando há o contato entre dois materiais e um passa energia (calor) para o outro. Convecção quando parte dos fluidos recebe calor ficando menos densa e logo sobe, enquanto que outra parte recebe menos calor ficando mais densa e caindo.

Radiação ocorre quando o calor se propaga através de ondas eletromagnéticas pelo ar.

Existem dois tipos de calor: calor sensível quando tem variação na temperatura. Fórmula:

Onde:

é a quantidade de calor;

é a massa em quilogramas (kg);

é a constante de calor específico que depende do material, em caloria por grama Celsius(cal/g.C°);

é a variação de temperatura, em graus Celsius (C°);

Calor latente quando há mudança no estado físico da matéria. Fórmula:

Onde:

L é o calor latente e seu valor depende do material;

Q é quantidade de calor necessário para fazer com que o material mude seu estado;

m é a massa, em quilogramas (kg);

Simulação Phet: formas de energia e transformação.

Link: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_all.html?locale=pt_BR

Na simulação do Phet colorado, você consegue fazer alguns experimentos, por exemplo explorar as formas de propagação de calor, onde você pode utilizar os blocos para realizar o experimento e medir a temperatura com o termômetro. Você tem a opção de colocar energia em forma de calor no sistema ou retirar essa energia, arrastando o botão do aquecedor para cima ou para baixo, você pode usar os fluidos também para realizar os experimentos.

Atividade:

1. Mostre as três formas de propagação de calor utilizando o Sims;

2. O que acontece se colocado o bloco de tijolo no fogo deixando-o por alguns segundos e depois colocado em contato com o bloco de ferro.
3. Quando aquecida a água, a energia que sai dela em forma de calor volta para água novamente após o processo de convecção?

DILATAÇÃO TÉRMICA

Você já ouviu falar em dilatação térmica? Sabe qual a importância de estudar esse conteúdo? Caso ainda tenha dúvida sobre o assunto, não deixe de estudar essa seção. Você já deve ter se perguntado por que os fios de alta tensão não ficam esticados e sempre tem aquela curvatura, será se é porque não foi colocado força o suficiente para esticá-los ou tem algo além disso. Quando se estuda dilatação térmica você percebe que até em construção civil é preciso ter o conhecimento desse assunto, pois um pequeno detalhe pode colocar todo o projeto em risco, podendo causar uma rachadura na estrutura prejudicando tanto a empresa quanto o dono do local.

Objetivos específicos

- Entender o conceito de dilatação térmica
- Conhecer os tipos de dilatação térmica: linear, superficial e volumétrica.

Imagine que você está passando pela linha do trem e percebe que ao longo dela tem várias brechas entre um pedaço e outro da linha, e você se pergunta por que não é conectado encostando uma na outra, qual seria a intenção da pessoa quando montou essa estrutura ou será que ela não percebeu e acabou esquecendo de conectar uma parte na outra?

A dilatação térmica também pode ser estudada na área da engenharia civil, pois quando for construir algum projeto será necessário ter esse conhecimento, a fim de evitar rachaduras na estrutura.

A dilatação térmica está relacionada com o aumento ou contração do material, fazendo com que mude seu comprimento de acordo com a variação da temperatura, isso ocorre devido a agitação das moléculas, fazendo com que elas se afastem uma das outras alterando assim seu comprimento. Essas alterações podem ser provocadas em todas as dimensões tanto linear, volumétrica e superficial.

Dilatação Linear: quando submetido a uma temperatura alta o material será dilatado em uma única dimensão, no caso o seu comprimento. Essa variação vai depender do coeficiente de dilatação do material. O coeficiente de dilatação está relacionado com a velocidade com que o material irá se dilatar, se é mais rapidamente ou mais lentamente, esses valores são tabelados de acordo com o material.

Fórmula da dilatação linear:

é a variação da dimensão linear, em metros (m);

é o comprimento inicial, em metros (m);

é o coeficiente de dilatação linear;

é a variação da temperatura, em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$);

Dilatação superficial: sabendo que existe uma dilatação linear no material, percebe-se que também as dimensões da superfície do material também sofreram alteração, ou seja seu comprimento e sua largura. Para realizar os cálculos da dilatação superficial utiliza-se a constante de dilatação .

Onde:

é a variação superficial, em metros (m);

é a área inicial, em m^2 ;

é o coeficiente de dilatação superficial;

é a variação da temperatura, em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$);

Dilatação Volumétrica: tem sua variação de tamanho em três dimensões: comprimento, largura e altura, para o cálculo da dilatação volumétrica, utiliza-se a constante γ . Fórmula:

Onde:

é a variação volumétrica, em metros cúbicos (m^3);

é o volume inicial, em metros cúbicos (m^3)

é o coeficiente de dilatação volumétrica

é a variação de temperatura, em grau Celsius ($^{\circ}\text{C}$)

Exemplo 1: 1) Um fio de aço apresenta comprimento igual a 20 m quando sua temperatura é de 40°C . Qual será seu comprimento quando sua temperatura for igual a 100°C ? Considere o coeficiente de dilatação linear do aço igual a $11 \cdot 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Para encontrar o comprimento final do fio, primeiro vamos calcular a sua variação para essa variação de temperatura. Para isso, basta substituir na fórmula:

Resposta correta

$$\begin{aligned}\Delta L &= L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \\ \Delta L &= 20 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot (100 - 40) \\ \Delta L &= 20 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot (60) \\ \Delta L &= 20 \cdot 11 \cdot 60 \cdot 10^{-6} \\ \Delta L &= 13200 \cdot 10^{-6} \\ \Delta L &= 0,0132\end{aligned}$$

Para sabermos o tamanho final do fio de aço, temos de somar o comprimento inicial com a variação encontrada:

$$\begin{aligned}L &= L_0 + \Delta L \\ L &= 20 + 0,0132 \\ L &= 20,0132 \text{ m}\end{aligned}$$

Exemplo 2: Uma chapa quadrada de alumínio, possui lados iguais a 3 m quando sua temperatura é igual a 80 °C. Qual será a variação da sua área, se a chapa for submetida a uma temperatura de 100 °C? Considere o coeficiente de dilatação linear do alumínio $22 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Resposta correta

Como a chapa é quadrada, para encontrar a medida da área inicial devemos fazer:

$$A_0 = 3 \cdot 3 = 9 \text{ m}^2$$

Foi informado o valor do coeficiente de dilatação linear do alumínio, entretanto, para calcular a variação superficial necessitamos do valor do β . Desta forma, primeiro vamos calcular esse valor:

$$\beta = 2 \cdot 22 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} = 44 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Podemos agora calcular a variação da área da chapa, substituindo os valores na fórmula:

$$\begin{aligned}\Delta A &= A_0 \cdot \beta \cdot \Delta \theta \\ \Delta A &= 9 \cdot 44 \cdot 10^{-6} \cdot (100 - 80) \\ \Delta A &= 9 \cdot 44 \cdot 10^{-6} \cdot (20) \\ \Delta A &= 7920 \cdot 10^{-6} \\ \Delta A &= 0,00792 \text{ m}^2\end{aligned}$$

A variação da área é de 0,00792 m².

Lista de exercícios

(UPE) Uma barra de coeficiente de dilatação $\alpha = 5\pi \times 10^{-4} \text{C}^{-1}$, comprimento 2,0 m e temperatura inicial de 25 °C está presa a uma parede por meio de um suporte de fixação S. A outra extremidade da barra B está posicionada no topo de um disco de raio $R = 30 \text{ cm}$. Quando aumentamos lentamente a temperatura da barra até um valor final T, verificamos que o disco sofre um deslocamento angular $\Delta\theta = 30^\circ$ no processo. Observe a figura a seguir:

Supondo que o disco rola sem deslizar e desprezando os efeitos da temperatura sobre o suporte S e também sobre o disco, calcule o valor de T.

- a) 50 °C
- b) 75 °C
- c) 125 °C
- d) 300 °C
- e) 325 °C

LETRA “B”

O deslocamento linear X correspondente ao giro de 30° do disco pode ser determinado pelo produto entre o ângulo em radianos e o raio do disco. Sabendo que $30^\circ = \frac{\pi}{6}$, temos:

$$X = \Delta\theta \cdot R = \frac{\pi}{6} \cdot 30 = 5 \pi \text{ cm}$$

Sabendo que o deslocamento linear X corresponde à dilatação da barra, temos:

$$X = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$5 \pi = 200 \cdot 5\pi \times 10^{-4} \cdot \Delta T$$

$$1 = 200 \times 10^{-4} \Delta T$$

$$\Delta T \cdot 2 \times 10^{-2} = 1$$

$$\Delta T = \frac{1}{2 \times 10^{-2}} = 50 \text{ °C}$$

Como $\Delta T = T - T_0$, temos:

$$50 = T - 25$$

$$T = 50 + 25$$

$$T = 75 \text{ }^\circ\text{C}$$

2. Uma barra de cobre com coeficiente de dilatação linear de $17 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ está inicialmente a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ e é aquecida até que a sua dilatação corresponda a 0,17% de seu tamanho inicial. Determine a temperatura final dessa barra.

a) $85 \text{ }^\circ\text{C}$

b) $65 \text{ }^\circ\text{C}$

c) $105 \text{ }^\circ\text{C}$

d) $130 \text{ }^\circ\text{C}$

e) $80 \text{ }^\circ\text{C}$

LETRA "D"

O aumento da barra deve corresponder a 0,17% do valor de seu comprimento inicial, portanto:

$$\Delta l = 0,17\% l_0$$

$$\Delta l = 0,0017 \cdot l_0$$

$$\Delta l = 1,7 \times 10^{-3} \cdot l_0$$

Substituindo esse valor na equação da dilatação linear, temos:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$1,7 \times 10^{-3} \cdot l_0 = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$1,7 \times 10^{-3} = \alpha \cdot \Delta T$$

$$1,7 \times 10^{-3} = \Delta T \cdot 17 \times 10^{-6}$$

$$\Delta T = \frac{1,7 \times 10^{-3}}{17 \times 10^{-6}}$$

$$\Delta T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

Como $\Delta T = T - T_0$, temos:

$$100 = T - 30$$

$$T = 100 + 30$$

$$T = 130 \text{ }^\circ\text{C}$$

3. Uma lâmina bimetálica composta por zinco e aço está fixada em uma parede de forma que a barra de aço permanece virada para cima. O que ocorre quando a lâmina é resfriada?

Dado: $\alpha_{\text{ZINCO}} = 25 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, $\alpha_{\text{AÇO}} = 11 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

- a) As duas barras sofrem a mesma dilatação.
- b) A lâmina bimetálica curva-se para cima.
- c) A lâmina bimetálica curva-se para baixo.
- d) A lâmina quebra-se, uma vez que é feita de materiais diferentes.
- e) Lâminas bimetálicas não podem ser resfriadas.

LETRA "C"

Como o zinco possui maior coeficiente de dilatação, ele sofrerá maior contração no resfriamento, puxando a barra de aço. Logo, o sistema curva-se para baixo.

Mapa mental

Dilatação linear: quando altera sua estrutura somente em uma única direção, no caso o comprimento.

Dilatação superficial: quando altera a superfície do objeto tanto no comprimento quanto na largura.

Dilatação volumétrica: quando altera o volume do objeto.

TERMODINÂMICA

CAPACIDADE TÉRMICA E CALOR ESPECÍFICO

Estes dois fenômenos estão inseridos em nosso cotidiano em tarefas que realizamos continuamente todos os dias, ao aquecer uma panela, podemos notar a capacidade térmica do material da panela e vemos a quantidade de temperatura e necessária para que ela varie, ou seja, quanto irá necessitar para aquecê-la e isto está situado no calor específico.

Objetivos:

Compreensão do tema proposto;

Definir a diferença entre ambos;

Aprender a utilizar as equações;

Entender a diferença térmica dos materiais.

Capacidade térmica: pode ser entendida como a capacidade que o corpo tem de ceder calor ou receber calor, mas o que isso significa? Tome como exemplo que você está preparando o café da manhã e decida fazer ovos mexidos em uma frigideira de ferro fundido e outra frigideira de alumínio, do mesmo tamanho. Ao ligar o fogão você coloca as duas frigideiras sobre ele. Em seguida, adicione a mesma quantidade de azeite em cada uma e quebre os ovos, começando a mexê-los. Devido à diferença na capacidade térmica entre o ferro fundido e o alumínio, você notará que a frigideira de ferro fundido levará mais tempo para atingir a temperatura desejada em comparação com a frigideira de alumínio. Isso ocorre porque o ferro fundido possui uma capacidade térmica maior devido ao seu maior calor específico, uma vez que a frigideira de ferro fundido atinja a temperatura desejada, ela manterá essa temperatura por mais tempo em comparação com a frigideira de alumínio. Isso ocorre porque o ferro fundido retém o calor de maneira mais eficaz devido à sua maior capacidade térmica, enquanto o alumínio tende a esfriar mais rapidamente. Portanto, mesmo que tenham sido aquecidas com a mesma quantidade de calor, terão diferença ao aquecer, devido a capacidade de cada material.

Para calcular a capacidade térmica, utilizamos a seguinte equação:

$$C = Q/\Delta T$$

Onde:

C é a capacidade térmica (cal/°C ou J/K);

Q é a quantidade de calor (cal ou J);

ΔT é a variação da temperatura (°C ou K).

Exemplo 1

Se um corpo recebe 50 cal e aumenta sua temperatura em 10°C, sua capacidade térmica é?

Resposta: $C = Q/\Delta T$

$$C = 50/10$$

$$C = 5 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

Exemplo 2

(UEA) Define-se a capacidade térmica de um corpo (C) como a razão entre a quantidade de calor que ele recebe (Q) e a correspondente variação de temperatura ocorrida (ΔT):

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Se um corpo de capacidade térmica igual a 25 cal/°C recebe calor de uma fonte durante 20 minutos com taxa constante de 50 cal/min, ele sofre uma variação de temperatura, em °C, igual a

a) 10,0.

b) 40,0.

c) 50,0.

d) 62,5.

e) 84,5.

Resposta: Letra b)

Sabendo que a taxa de recebimento de energia é de 50 cal/min, depois de 20 min, o corpo terá recebido 1000 cal de calor. A partir da capacidade térmica do corpo e da quantidade de calor recebida, pode-se determinar a variação de temperatura sofrida pelo corpo.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = 25 = \frac{1000}{\Delta T}$$

$$\Delta T = \frac{1000}{25} = 40^\circ\text{C}$$

Exemplo 3

Leia as afirmações a respeito da capacidade térmica de um corpo e dê como resposta a soma dos valores das afirmações corretas.

01) A capacidade térmica é determinada pela razão entre a variação de temperatura de um corpo e a quantidade de calor recebida.

02) A capacidade térmica pode ser determinada pelo produto da massa pelo calor específico do corpo.

04) A unidade de medida da capacidade térmica, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades, é cal/°C.

08) Se a capacidade térmica de um corpo for de 30 cal/°C e sua massa corresponder a 2 kg, o calor específico desse material será de 0,015 cal/g°C.

16) A capacidade térmica é inversamente proporcional à massa da substância.

a) 14

b) 31

c) 23

d) 15

e) 7

Resposta: 01) Falsa. A capacidade térmica é determinada pela razão entre a quantidade de calor recebida por um corpo e a variação da temperatura.

02) Verdadeira.

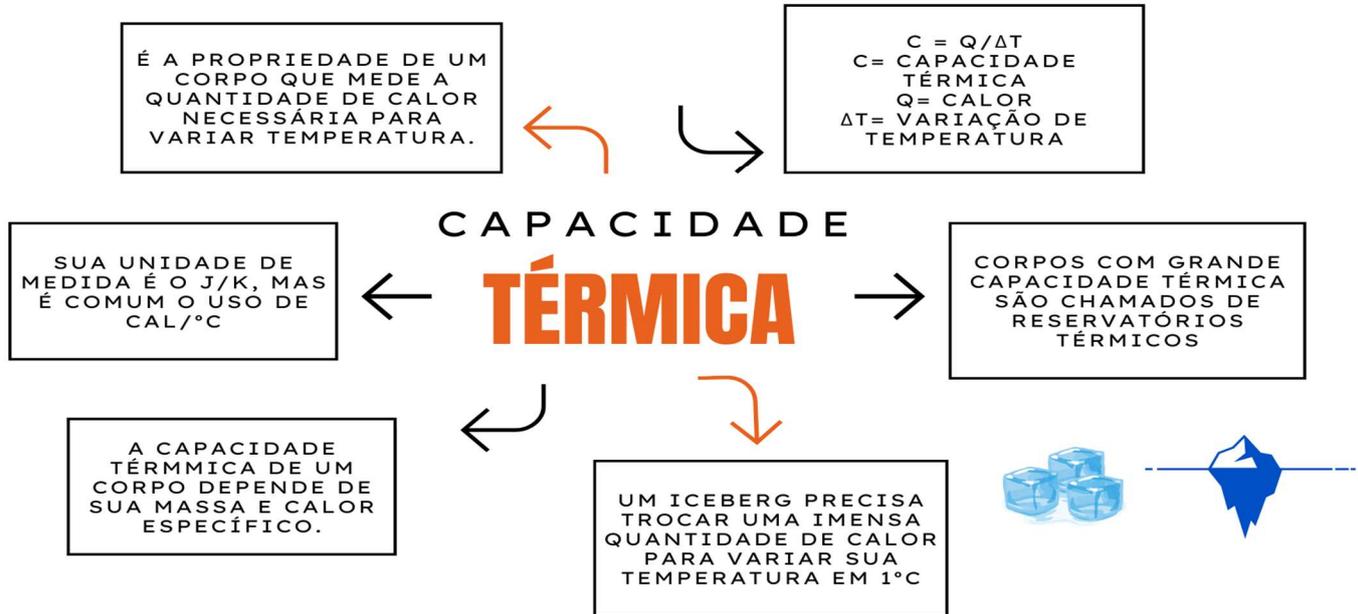
04) Verdadeira.

08) Verdadeira.

16) Falsa. A capacidade térmica é diretamente proporcional à massa da substância.

SOMATÓRIO: $02 + 04 + 08 = 14$

Mapa Mental



Fonte: Elaboração própria, 2024

Problemas

(PAES/2021)

Recentemente um incêndio em uma subestação de energia elétrica no estado do Amapá provocou um apagão na capital e deixou cerca de 765 mil pessoas sem luz. Os principais impactos do apagão para a população foram a falta de água encanada, de água mineral e de gelo. Como não havia como utilizar a geladeira, a procura de gelo por toda cidade foi muito grande.

Uma moradora com necessidade de resfriar 3000 g de água em um recipiente, inicialmente a uma temperatura de 30 °C, adiciona gelo a -20°C. Considere que todo gelo se funde e que o calor específico do recipiente pode ser desprezado.

Dados: calor específico da água = 1 cal/g °C; calor específico do gelo = 0,5 cal/g °C; calor latente de fusão do gelo = 80cal/g.

A quantidade de gelo, em g, para que a temperatura final seja igual a 0 °C é

- A) 3000
- B) 1125
- C) 1000
- D) 1286
- E) 9000

(ENEM MEC/2009)

Em grandes metrópoles, devido a mudanças na superfície terrestre – asfalto e concreto em excesso, por exemplo – formam-se ilhas de calor. A resposta da atmosfera a esse fenômeno é a precipitação convectiva. Isso explica a violência das chuvas em São Paulo, onde as ilhas de calor chegam a ter 2 a 3 graus centígrados de diferença em relação ao seu entorno.

Revista Terra da Gente. Ano 5, nº 60, Abril 2009 (adaptado).

As características físicas, tanto do material como da estrutura projetada de uma edificação, são a base para compressão de resposta daquela tecnologia construtiva em termos de conforto ambiental. Nas mesmas condições ambientais (temperatura, umidade e pressão), uma quadra terá melhor conforto térmico se

- a) Possui um sistema de sucção do vapor d'água, pois ambientes mais secos permitem uma mudança de temperatura lenta, já que o vapor d'água possui a capacidade de armazenar calor sem grandes alterações térmicas, devido ao baixo calor específico da água (em relação à madeira, por exemplo).
- b) pavimentada com material de baixa capacidade térmica, pois quanto menor a capacidade térmica de determinada estrutura, menor será a variação térmica sofrida por ela ao receber determinada quantidade de calor.
- c) pavimentada com material de alta capacidade térmica, pois quanto maior a capacidade térmica de determinada estrutura, menor será a variação térmica sofrida por ela ao receber determinada quantidade de calor.
- d) pavimentada com material de baixo calor específico, pois quanto menor o calor específico de determinado material, menor será a variação térmica sofrida pelo mesmo ao receber determinada quantidade de calor.
- e) possuir um sistema de vaporização, pois ambientes mais úmidos permitem uma mudança de temperatura lenta, já que o vapor d'água possui a capacidade de armazenar calor sem grandes alterações térmicas, devido ao baixo calor específico da água (em relação à madeira, por exemplo).

(ENEM MEC/2019)

Em 1962, um jingle (vinheta musical) criado por Heitor Carillo fez tanto sucesso que extrapolou as fronteiras do rádio e chegou à televisão ilustrado por um desenho animado. Nele, uma pessoa respondia ao fantasma que batia em sua porta, personificando o “frio”, que não o deixaria entrar, pois não abriria a porta e compraria lãs e cobertores para aquecer sua casa. Apesar de memorável, tal comercial televisivo continha incorreções a respeito de conceitos físicos relativos à calorimetria.

DUARTE, M. Jingle é a alma do negócio: livro revela os bastidores das músicas de propagandas. Disponível em: <https://guiadoscuriosos.uol.com.br>. Acesso em: 24 abr. 2019 (adaptado).

Para solucionar essas incorreções, deve-se associar à porta e aos cobertores, respectivamente, as funções de:

- a) Aquecer a casa e reduzir a perda de calor pelos corpos.
- b) Diminuir a entrada do frio na casa e aquecer os corpos.
- c) Minimizar a perda de calor pela casa e pelos corpos.
- d) Evitar a entrada do frio na casa e nos corpos.
- e) Aquecer a casa e os corpos.

(ENEM MEC/2020)

Mesmo para peixes de aquário, como o peixe arco-íris, a temperatura da água fora da faixa ideal ($26\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $28\text{ }^{\circ}\text{C}$), bem como sua variação brusca, pode afetar a saúde do animal. Para manter a temperatura da água dentro do aquário na média desejada, utilizam-se dispositivos de aquecimento com termostato. Por exemplo, para um aquário de 50 L, pode-se utilizar um sistema de aquecimento de 50 W otimizado para suprir sua taxa de resfriamento. Essa taxa pode ser considerada praticamente constante, já que a temperatura externa ao aquário é mantida pelas estufas. Utilize para a água o calor específico $4,0\text{ kJ kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ e a densidade 1 kg L^{-1} .

Se o sistema de aquecimento for desligado por 1 h, qual o valor mais próximo para a redução da temperatura da água do aquário?

- a) $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b) $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- c) $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$
- d) $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- e) $3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$

Calor Específico

O calor específico é o valor de cada substância que indica a quantidade de calor necessária para que 1g de uma determinada substância sofra uma variação de 1°C em sua temperatura podendo aumentá-la ou diminuí-la.

Observe a tabela de materiais e substâncias:

Substância ou material	Calor específico (cal/g °C)
Aço	0,1
Água doce	1
Água salgada	0,93
Álcool etílico	0,58
Alumínio	0,215
Ar	0,24
Areia	0,2
Chumbo	0,0305
Cobre	0,0923
Etanol	0,58
Ferro	0,11
Gelo	0,53
Granito	0,19
Hidrogênio	3,4
Latão	0,092
Madeira	0,42
Mercúrio	0,033
Nitrogênio	0,25
Ouro	0,03
Oxigênio	0,22
Prata	0,0564
Tungstênio	0,0321

Vidro	0,2
-------	-----

Ao observar a tabela tomemos como exemplo, o calor específico do alumínio é de 0,215 já o do Hidrogênio é de 3,4 e o que isso quer dizer ? Mostra que o hidrogênio necessita de mais calor do que o alumínio para aumentar sua temperatura, pois o alumínio quando entra em contato com o calor aquece mais rapidamente. Fazendo outra comparação temos o aço e a água doce, imagine que está colocando uma panela de aço no fogo com certa quantidade de água, com certa rapidez o aço irá aquecer, já a água demandará tempo para começar aquecer e ser fervida, e isto nos mostra que o calor específico do aço é menor que o da água, por isso possui facilidade de aquecimento.

O calor específico de um material é definido como a razão entre a capacidade térmica de um corpo por sua massa:

$$c = C / m$$

Onde:

c é o calor específico;

C é capacidade térmica;

m a massa.

Também podemos calcular o calor específico através da quantidade de calor, temos:

$$c = Q / m \cdot \Delta T$$

c é a capacidade térmica (cal/°C ou J/K);

Q é a quantidade de calor (cal ou J);

m a massa (g ou kg);

ΔT é a variação da temperatura (°C ou K).

Atenção: No Sistema Internacional de Unidades (SI), é mais comum utilizar caloria, grama e Celsius. É possível converter caloria para Joule, considerando que 1 cal equivale a 4,186 J. Para transformar grama em quilograma, basta lembrarmos que 1 g equivale a 0,001 kg. E para

transformarmos Celsius em Kelvin, basta somarmos à temperatura de Celsius o valor de 273,15 ou seja, $100\text{ }^{\circ}\text{C} = 373,15\text{ K}$.

Exemplo 1

Qual é o calor específico de um objeto com massa de 100 g que recebeu 1000 cal e teve sua temperatura variada $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ até atingir $35\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Resposta: Utilizaremos a fórmula do calor específico, que envolve calor, massa e temperatura:

$$c = Q / m \cdot \Delta T$$

$$c = 1000 / 100 \cdot (35 - 15)$$

$$c = 1000 / 100 \cdot 20$$

$$c = 1000 / 200$$

$$c = 0,5\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

Exemplo 2

(UFPR) Para aquecer 500 g de certa substância de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, foram necessárias 4000 calorias. A capacidade térmica e o calor específico valem, respectivamente:

A) $8\text{ cal/ }^{\circ}\text{C}$ e $0,08\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$

B) $80\text{ cal/ }^{\circ}\text{C}$ e $0,16\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$

C) $90\text{ cal/ }^{\circ}\text{C}$ e $0,09\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$

D) $95\text{ cal/ }^{\circ}\text{C}$ e $0,15\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$

E) $120\text{ cal/ }^{\circ}\text{C}$ e $0,12\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$

Resposta: Alternativa B

Encontraremos o valor da capacidade térmica por meio da fórmula:

$$C = Q / \Delta T$$

$$C = 4000 / 70 - 20$$

$$C = 4000 / 50$$

$$C = 80 \text{ cal /}^\circ\text{C}$$

Por fim, calcularemos o valor do calor específico:

$$4000 = 500 \cdot c \cdot 50$$

$$4000 = 25000 \cdot c$$

$$4000/25000 = c$$

$$= 0,16 \text{ cal/g }^\circ\text{C}$$

Exemplo 3

(Mackenzie) Em uma manhã de céu azul, um banhista na praia observa que a areia está muito quente e a água do mar está muito fria. À noite, esse mesmo banhista observa que a areia da praia está fria e a água do mar está morna. O fenômeno observado deve-se ao fato de que:

- a) a densidade da água do mar é menor que a da areia.
- b) o calor específico da areia é menor que o calor específico da água.
- c) o coeficiente de dilatação térmica da água é maior que o coeficiente de dilatação térmica da areia.
- d) o calor contido na areia, à noite, propaga-se para a água do mar.
- e) a agitação da água do mar retarda seu resfriamento.

Resposta: Alternativa correta: b) o calor específico da areia é menor que o calor específico da água.

O valor do calor específico depende da substância que constitui o corpo. Nesse caso, a água possui calor específico maior que a areia e, por isso, é necessária uma maior quantidade de calor para variar a temperatura de 1 grama de água do que para 1 grama de areia.

Mapa Mental



Fonte: Elaboração própria, 2024..

Problemas

(ENEM-2019)

Em uma aula experimental de calorimetria, uma professora queimou 2,5 g de castanha-de-caju crua para aquecer 350 g de água, em um recipiente apropriado para diminuir as perdas de calor. Com base na leitura da tabela nutricional a seguir e da medida da temperatura da água, após a queima total do combustível, ela concluiu que 50% da energia disponível foi aproveitada. O calor específico da água é $1 \text{ cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, e sua temperatura inicial era de $20 \text{ } ^\circ\text{C}$. Qual foi a temperatura da água, em grau Celsius, medida ao final do experimento ?

Quantidade por porção de 10 g (2 castanhas)	
Valor energético	70 kcal
Carboidratos	0,8 g
Proteínas	3,5 g
Gorduras totais	3,5 g

- a) 25
- b) 27
- c) 45
- d) 50
- e) 70

TERMODINÂMICA

A termodinâmica estuda as transformações e relações entre a energia térmica e energia mecânica. Pondo em prática este conceito, imagine que esteja em um dia frio, e suas mãos estão congelando, você irá esfregá-las, note que você começa a esquentar, e isto nada mais é do que a transformação de energia mecânica em energia térmica, quando você esfrega as mãos estará transformando a energia mecânica em térmica para que se sinta aquecido.

Objetivos:

Compreender os conceitos das leis abordadas;

Identificar como ocorre a transformação de energia;

Saber efetuar as equações quando necessárias;

Relacionar esses fenômenos no cotidiano.

Primeira Lei Termodinâmica

Esta lei está relacionada ao princípio da conservação de energia, a variação de energia interna vai ser a diferença entre a quantidade de calor e o trabalho que estão sendo trocados na termodinâmica. Este conceito está representado na fórmula abaixo, observe:

$$\Delta U = Q - \tau$$

Onde, ΔU é a energia interna, Q o calor e o τ será o trabalho realizado.

Para usarmos essa fórmula, precisamos seguir as seguintes regras de sinais:

ΔU – será positivo, se a temperatura do sistema aumentar;

ΔU – será negativo, se a temperatura do sistema diminuir;

Q – será positivo, se o sistema absorver calor do meio externo;

Q – será negativo, se o sistema ceder calor ao meio externo;

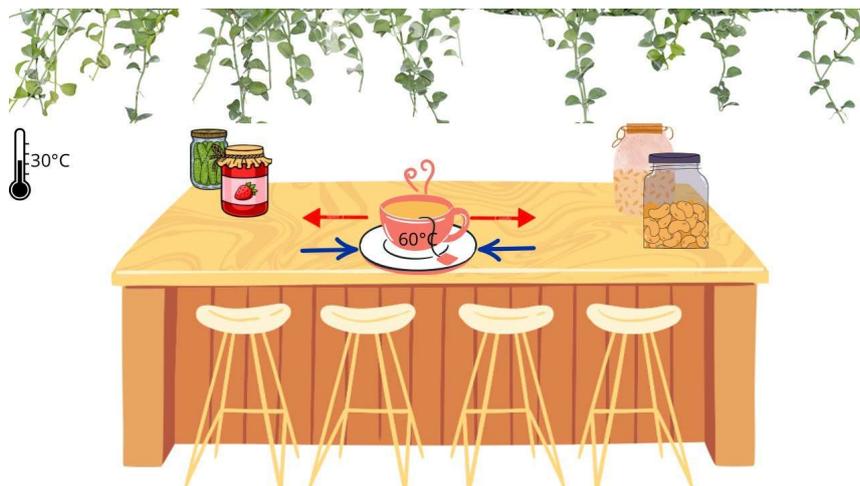
τ – será positivo, se o sistema se expandir, realizando trabalho sobre o meio externo;

τ – será negativo, se o sistema se contrair, recebendo trabalho do meio externo.

Tratamos como exemplo, o uso de um carro, quando está dirigindo, o combustível está sendo queimado no motor do veículo, ou seja, transformando em energia mecânica para que o carro se mova. Porém, devido ao atrito e outras formas de dissipação de energia, a energia acaba sendo transformada em forma de calor, mas apesar de todo esse processo, ainda continua sendo relacionado a teoria de conservação de energia. E isso nos faz lembrar da seguinte frase atrelada à lei de conservação de energia, que nos diz “a energia não se perde, nem pode ser destruída, ela se transforma”.

Outro exemplo que podemos usar, você coloca uma xícara com chá quente que está com 60 graus no balcão da cozinha, cujo ambiente está em uma temperatura diferente, que seria 30 graus, dentro da xícara há uma agitação de energia, cuja agitação formada pela energia interna, devido o chá está em uma temperatura maior que a do ambiente, ele irá ceder calor, cedendo energia térmica ao ambiente, quando o equilíbrio térmico for atingido, o chá terá uma temperatura inferior à inicial (ΔU), ou seja, haverá uma variação de temperatura, a quantidade de energia interna que foi cedida em forma de calor é igual a quantidade de energia térmica que o ambiente recebeu. Observe a ilustração abaixo.

Figura 1



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Casos especiais

Processo adiabático: nesse processo não ocorre nenhuma transferência de calor no sistema, ou seja, $Q = 0$.

Processo isovolumétrico: nesse processo o volume do sistema termodinâmico permanece constante. Caso o volume de um sistema termodinâmico seja constante, ele não realizará trabalho, ou seja, $W = 0$.

Processo isobárico: no processo citado, a pressão sobre o sistema termodinâmico é constante. Dessa forma, nenhuma das grandezas envolvidas na transformação será nula.

Processo isotérmico: nesse processo, a temperatura será constante. Para que isso ocorra, a transferência de calor deve ser lenta.

Exercício resolvido

1. [URCA]

De acordo com a primeira lei da termodinâmica se, durante um processo isotérmico sofrido por um gás ideal de massa fixa, o gás libera uma quantidade de calor cujo módulo é de 50 cal então a variação de energia interna e o trabalho realizado pelo gás neste processo são, respectivamente:

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

Resposta: Como se trata de uma transformação isotérmica de um gás ideal, temos que $\Delta U = 0$ e, então, $Q = -W$.

Além disso, o gás libera 50 cal de calor, assim, $Q = -50$ cal. Dessa forma, $W = -50$ cal. A resposta correta é a letra E: $\Delta U = 0$ e $W = -50$ cal.

2. Calcule a variação da energia interna de um sistema que recebe 300 J de calor e realiza um trabalho de 50 J. É possível afirmar se esse sistema está se expandindo ou se comprimindo?

Resposta: Coletando os dados do exercício temos que:

$$Q = 300 \text{ J}$$

$$W = 50 \text{ J}$$

Como desejamos descobrir a variação da energia interna, basta substituir os valores na equação da Primeira Lei da Termodinâmica: $\Delta U = Q - W$.

Assim:

$$\Delta U = 300 \text{ J} - 50 \text{ J}$$

$$\Delta U = 250 \text{ J}$$

Além disso, o sistema está se expandindo porque $W > 0$.

3. (Cefet MG) O trabalho realizado em um ciclo térmico fechado é igual a 100 J e, o calor envolvido nas trocas térmicas é igual a 1000 J e 900 J, respectivamente, com fontes quente e fria.

A partir da Primeira Lei da Termodinâmica, a variação da energia interna nesse ciclo térmico, em joules, é

a) 0

b) 100

c) 800

d) 900

e) 1000

Resposta: Vamos resolver o exercício utilizando a Primeira Lei da Termodinâmica, observe:

$$\Delta U = Q - \tau$$

$$\Delta T = 0 \rightarrow \Delta U = 0$$

De acordo com o enunciado, pede-se que calculemos a variação de energia interna em um ciclo termodinâmico fechado, nesse caso, sabemos que a variação de energia interna deve ser nula, já que a máquina voltará a operar com a mesma temperatura em que se encontrava no início do ciclo.

4. (Udesc) Em um laboratório de física são realizados experimentos com um gás que, para fins de análises termodinâmicas, pode ser considerado um gás ideal. Da análise de um dos experimentos, em que o gás foi submetido a um processo termodinâmico, concluiu-se que todo calor fornecido ao gás foi convertido em trabalho.

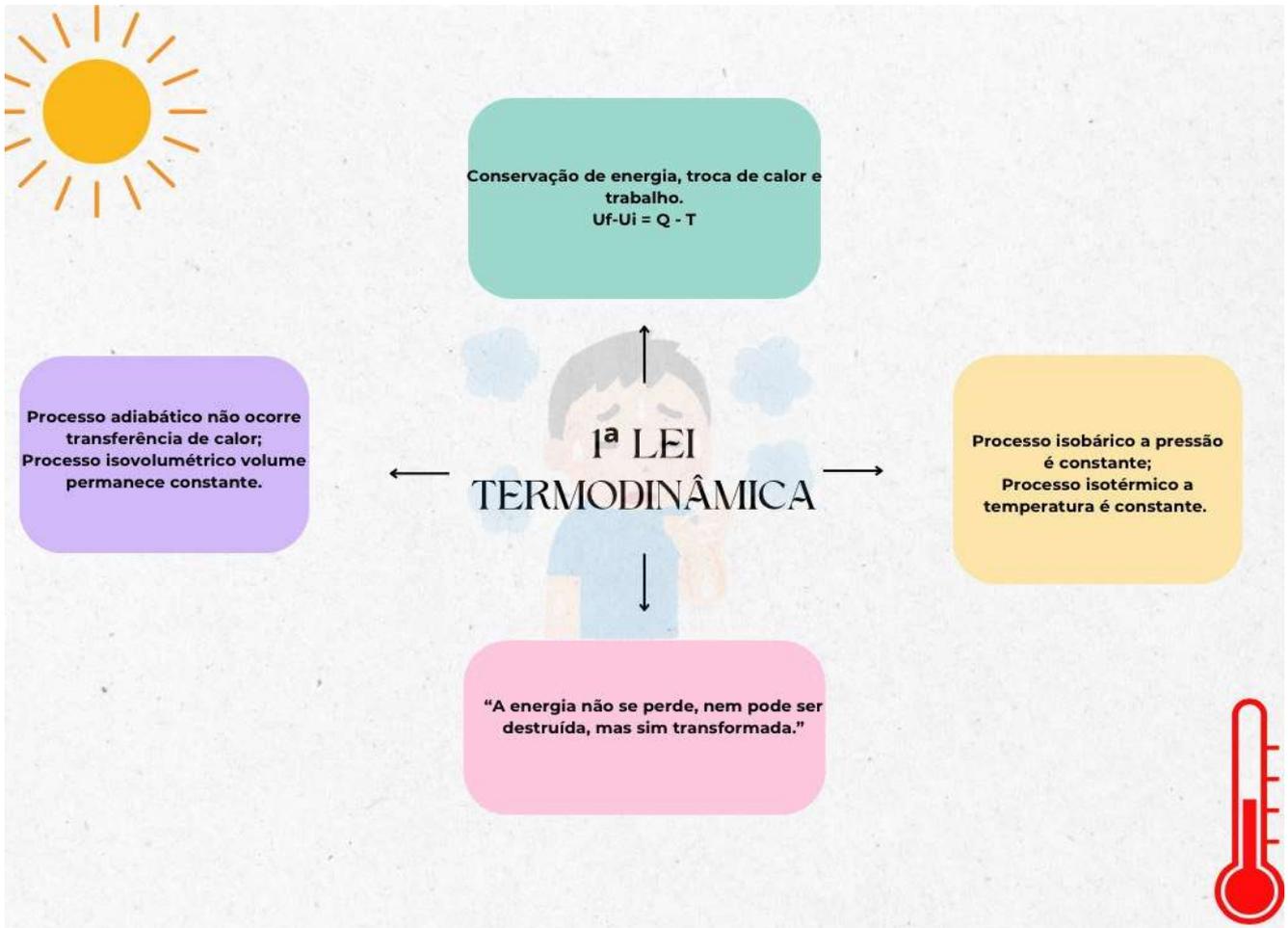
Assinale a alternativa que representa corretamente o processo termodinâmico realizado no experimento.

- a) processo isovolumétrico
- b) processo isotérmico
- c) processo isobárico
- d) processo adiabático
- e) processo composto: isobárico e isovolumétrico

Resposta: Alternativa b.

Para que todo o calor fornecido a um gás seja convertido em trabalho, é necessário que não haja absorção de energia interna por ele, em outras palavras, o gás precisa passar por um processo isotérmico, ou seja, um processo que ocorre em temperatura constante.

Mapa Mental



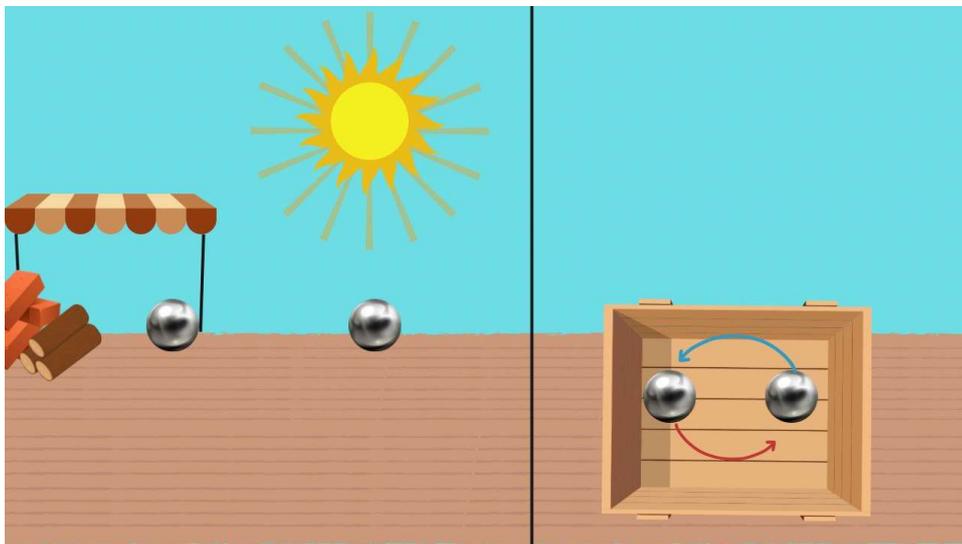
Fonte: Elaboração própria, 2024.

Segunda Lei da Termodinâmica

A segunda lei quer dizer que as trocas de calor têm tendência para igualar temperaturas diferentes, o que acontece de forma espontânea. O calor por si só jamais irá fluir de um objeto frio para um objeto quente, vale ressaltar que o calor não passa espontaneamente de um corpo para outro de temperatura mais alta.

Observe a figura abaixo:

Figura 1



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Para melhor compreensão, imagine que você tem duas bolas metálicas, coloque uma no sol e outra na sombra, depois de um determinado tempo, pegue-as, meça a temperatura de ambas, e reserve-as em uma caixa. Suponhamos que a bola que estava ao sol esteja com $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a que estava na sombra $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Certamente, elas irão trocar calor entre si, até que se estabeleça um equilíbrio térmico no ambiente em que elas estão. Ao abrir a caixa novamente e tocá-las, será possível notar que mudaram sua temperatura sem que precise medi-las com termômetro, e isso descreve a segunda lei colocada em prática.

Entropia

Entropia e Segunda lei da termodinâmica estão interligadas, mas como? A entropia nos descreve a desordem das partículas, tal processo descrito em máquinas térmicas, trata-se de um fenômeno irreversível, por exemplo, se

posso um recipiente com bolinhas de cores diferentes, ao balançar o recipiente, elas irão modificar a posição em que estavam, e mesmo que continue a balançar, elas não retornarão para a mesma posição, a medida em que balance o recipiente, mais desorganização terá.

Trazendo um exemplo, uma casa é abandonada e fica sem intervenção humana por um bom tempo, os objetos que estavam no local em sua posição, ao passar do tempo irá começar a ficar fora do local, mesmo que nenhuma pessoa modifique isso, os objetos terão poeira, se afastarão, a entropia irá acontecer de forma natural pois haverá mais aleatoriedade e menos ordem.

Para calcularmos a entropia, utilizamos a seguinte equação:

$$\Delta S = Q / T$$

Onde:

ΔS é a variação de entropia, medida em (J/K);

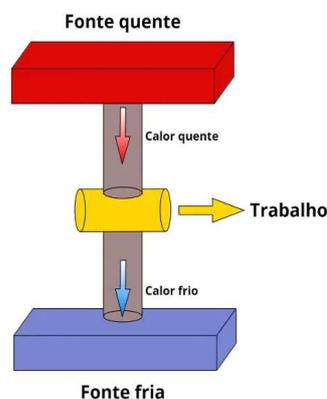
Q é o calor transferido, medido em Joule (J);

T é a temperatura medida em Kelvin (K).

Máquinas térmicas

As máquinas térmicas absorvem calor e transforma parcialmente em energia mecânica, elas operam em ciclos termodinâmicos, ou seja, as sequências se repetem retornando ao estado inicial, esses ciclos são determinados por pressão, volume e temperatura (P,V,T).

Observe a figura do processo realizado pelas máquinas



Fonte: mundoeducacao.uol

Para que uma máquina térmica funcione é preciso que haja uma fonte quente e uma substância de trabalho. Geralmente, essas substâncias costumam ser um gás ou um vapor que estão em expansão térmica, o calor da fonte quente atua sobre o gás, o qual converte essa energia térmica em trabalho mecânico. Porém, parte do calor é dissipada, geralmente essa parte é chamada de fonte fria.

Quanto maior a diferença da fonte quente para a fonte fria, maior será o rendimento da máquina. Mas, a temperatura da fonte fria fica limitada à temperatura ambiente, por isso, para melhorar o rendimento das máquinas termodinâmicas aumentam a temperatura da fonte quente, dentro dos limites dos materiais.

A fórmula que é usada para calcular o trabalho realizado por uma máquina térmica é dada pela seguinte equação:

$$\tau = Qq - Qf$$

τ – trabalho (J – joule ou cal – caloria)

QQ e QF (calor quente e calor frio)

De acordo com o enunciado de Kelvin nenhuma máquina térmica tem rendimento de 100%, pois de acordo com a segunda lei da termodinâmica, nenhuma máquina é capaz de absorver calor, transforma-lo em energia mecânica sem que haja modificações no sistema.

Para calcular o rendimento temos a seguinte equação:

$$\eta = 1 - Qf / Qq$$

Onde,

η : rendimento

Qf: calor na fonte fria (J)

Qq: calor na fonte quente(J)

Máquina de Carnot (ciclo de carnot)

A máquina de Carnot é uma máquina térmica que opera segundo o ciclo de Carnot.

Todas as máquinas de Carnot apresentam o mesmo rendimento, desde que operem com as mesmas temperaturas.

O rendimento da máquina de Carnot diz que quantidade de calor da fonte fria dividida pela quantidade de calor da fonte quente é proporcional à temperatura da fonte fria dividida pela temperatura da fonte quente:

$$|QF| / |QQ| = TF / TQ$$

$|QF|$ É o módulo de calor da fonte fria, medido em Joules (J);

$|QQ|$ É o módulo de calor da fonte quente, medido em Joules (J);

TF é a temperatura da fonte fria, medida em Kelvin (K);

TQ é a temperatura da fonte quente, medida em Kelvin (K).

Reescrevendo, rendimento de uma máquina de Carnot pode ser dado em termos das temperaturas da fonte fria e da fonte quente:

$$\eta = 1 - TF / TQ$$

Sendo,

η é o rendimento da máquina térmica;

TF é a temperatura da fonte fria, medida em Kelvin (K);

TQ é a temperatura da fonte quente, medida em Kelvin (K).

Exercício resolvido

1 Determine a temperatura da fonte quente de uma máquina de Carnot, sabendo que a temperatura da fonte fria é de 450 K e seu rendimento é de 80%.

- a) 2250 K
- b) 450 K
- c) 1500 K
- d) 900 K
- e) 3640 K

Resolução:

Alternativa A. Calcularemos a temperatura da fonte quente com base na fórmula de rendimento de uma máquina de Carnot:

$$\eta = 1 - T_F / T_Q$$

$$80\% = 1 - 450 / T_Q$$

$$80 / 100 = 1 - 450 / T_Q$$

$$0,8 = 1 - 450 / T_Q$$

$$0,8 - 1 = -450 / T_Q$$

$$-0,2 = -450 / T_Q$$

$$0,2 = 450 / T_Q$$

$$T_Q = 450 / 0,2$$

$$T_Q = 2250 \text{ K}$$

2 (Cefet-PR) O 2º princípio da termodinâmica pode ser enunciado da seguinte forma: “É impossível construir uma máquina térmica operando em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e convertê-la integralmente em trabalho”. Por extensão, esse princípio nos leva a concluir que:

- a) sempre se pode construir máquinas térmicas cujo rendimento seja 100%.
- b) qualquer máquina térmica necessita apenas de uma fonte quente.
- c) calor e trabalho não são grandezas homogêneas.
- d) qualquer máquina térmica retira calor de uma fonte quente e rejeita parte desse calor para uma fonte fria.
- e) somente com uma fonte fria, mantida sempre a 0 °C, seria possível a uma certa máquina térmica converter integralmente calor em trabalho.

Resolução:

Alternativa D. Esse princípio nos informa que é impossível retirar todo o calor da fonte quente e transferi-lo para a fonte fria."

3 Qual o rendimento de uma máquina de Carnot que opera entre as temperaturas de 27°C e 227°C ?

Resolução:

$$T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 227 + 273 = 500 \text{ K}$$

$$R = 1 - 300 / 500 = 1 - 0,6 = 0,4 \text{ ou } 40\%$$

Mapa mental



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Problemas

1 Enem - 2011

Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma. Carvalho, A. X. Z.

Física Térmica. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

- a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- e) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

2 Enem - 2016

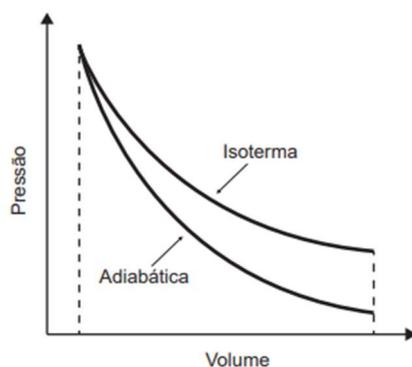
Até 1824 acreditava-se que as máquinas térmicas, cujos exemplos são as máquinas a vapor e os atuais motores a combustão, poderiam ter um funcionamento ideal. Sadi Carnot demonstrou a impossibilidade de uma máquina térmica, funcionando em ciclos entre duas fontes térmicas (uma quente e outra fria), obter 100% de rendimento. Tal limitação ocorre porque essas máquinas

- a) realizam trabalho mecânico.

- b) produzem aumento da entropia.
- c) utilizam transformações adiabáticas.
- d) contrariam a lei da conservação de energia.
- e) funcionam com temperatura igual à da fonte quente.

3 Enem - 2021

Tanto a conservação de materiais biológicos como o resfriamento de certos fotodetectores exigem baixas temperaturas que não são facilmente atingidas por refrigeradores. Uma prática comum para atingi-las é o uso de nitrogênio líquido, obtido pela expansão adiabática do gás N_2 , contido em um recipiente acoplado a um êmbolo, que resulta no resfriamento em temperaturas que chegam até seu ponto de liquefação em $-196\text{ }^\circ\text{C}$. A figura exibe o esboço de curvas de pressão em função do volume ocupado por uma quantidade de gás para os processos isotérmico e adiabático. As diferenças entre esses processos podem ser identificadas com base na primeira lei da termodinâmica, que associa a variação de energia interna à diferença entre o calor trocado com o meio exterior e o trabalho realizado no processo.



A expansão adiabática viabiliza o resfriamento do N_2 porque

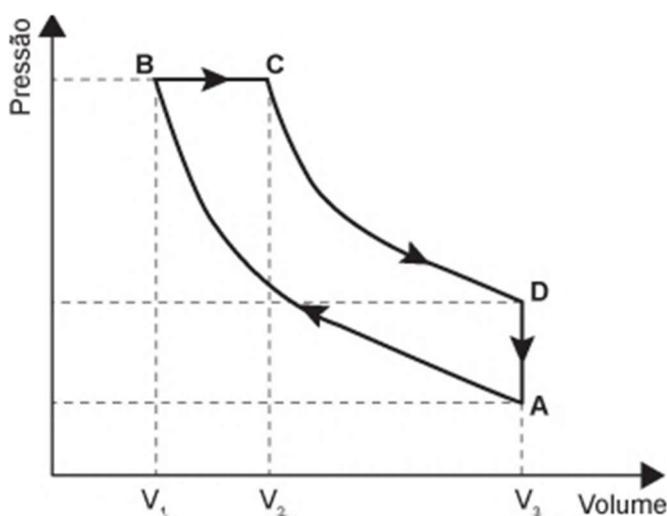
Alternativas

- a) a entrada de calor que ocorre na expansão por causa do trabalho contribui para a diminuição da temperatura.
- b) a saída de calor que ocorre na expansão por causa do trabalho contribui para a diminuição da temperatura.

- c) a variação da energia interna é nula e o trabalho é associado diretamente ao fluxo de calor, que diminui a temperatura do sistema.
- d) a variação da energia interna é nula e o trabalho é associado diretamente à entrada de frio, que diminui a temperatura do sistema.
- e) o trabalho é associado diretamente à variação de energia interna e não há troca de calor entre o gás e o ambiente.

4 Enem - 2017

Rudolf Diesel patenteou um motor a combustão interna de elevada eficiência, cujo ciclo está esquematizado no diagrama pressão x volume. O ciclo Diesel é composto por quatro etapas, duas das quais são transformações adiabáticas. O motor de Diesel é caracterizado pela compressão de ar apenas com a injeção do combustível no final.



No ciclo Diesel, o calor é absorvido em:

Alternativas

- a) $A \rightarrow B$ e $C \rightarrow D$, pois em ambos ocorre realização de trabalho.
- b) $A \rightarrow B$ e $B \rightarrow C$, pois em ambos ocorre elevação da temperatura.
- c) $C \rightarrow D$, pois representa uma expansão adiabática e o sistema realiza trabalho.
- d) $A \rightarrow B$, pois representa uma compressão adiabática em que ocorre elevação da temperatura.

e) $B \rightarrow C$, pois representa expansão isobárica em que o sistema realiza trabalho e a temperatura se eleva.

5 Enem - 2009

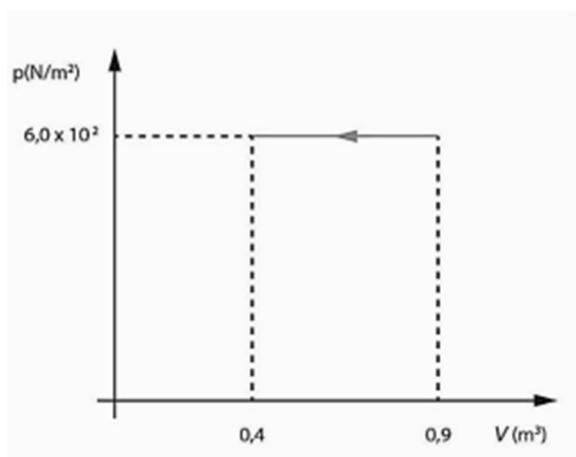
Nos processos de transformação de energia envolvidos no funcionamento da geladeira,

Alternativas

- a) a expansão do gás é um processo que cede a energia necessária ao resfriamento da parte interna da geladeira.
- b) o calor flui de forma não-espontânea da parte mais fria, no interior, para a mais quente, no exterior da geladeira.
- c) a quantidade de calor cedida ao meio externo é igual ao calor retirado da geladeira.
- d) a eficiência é tanto maior quanto menos isolado termicamente do ambiente externo for o seu compartimento interno.
- e) a energia retirada do interior pode ser devolvida à geladeira abrindo-se a sua porta, o que reduz seu consumo de energia.

6 PAES - 2018

O gráfico abaixo representa uma transformação sofrida por um gás.



Com base nele, determine

a) o trabalho realizado pelo gás e o tipo de transformação gasosa que está representada no gráfico.

b) a sua variação de energia interna, sabendo que a quantidade de energia transferida ao gás, na forma de calor, foi de 900 cal. Expresse sua resposta em Joule (adote $1,0 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$).

7 PAES - 2016

Eis o funcionamento de uma máquina frigorífica: Em uma máquina frigorífica, em cada ciclo da substância trabalhante, é retirada uma quantidade de calor “Q;” da fonte fria (o congelador em uma geladeira) que, juntamente com o trabalho externo “T” (trabalho do compressor nas geladeiras), é rejeitado para a fonte quente (ar atmosférico), na forma de quantidade de calor “Q+”.

CALÇADA, Caio Sérgio, SAMPAIO, José Luís. Física Clássica. Termologia, Óptica e Ondas. São Paulo: Atual Editora LTDA.

a) Analise que tipo de conversão ocorre numa máquina frigorífica.

b) Justifique qual a lei natural que sustenta o funcionamento da mesma.

c) Demonstre, considerando as informações fornecidas no comando da questão, qual a expressão que calcula a eficiência “e” de uma máquina frigorífica.

d) Se $Q_{-}=200 \text{ J}$ e $T=400\text{J}$, quanto vale a eficiência da mesma?

ELETROSTÁTICA: CAMPO ELÉTRICO E POTENCIAL ELÉTRICO

Quando se fala em eletrostática muitos estudantes se assustam com esse termo, e você é um deles? Se sim, acalme seu coração, nessa sessão vamos falar sobre essa temática bastante conhecida no mundo das ciências. A eletrostática é estudada desde o século VI a.C. o primeiro a estudar sobre esse fenômeno foi Tales de Mileto, onde ele notou que ao atritar um pedaço de âmbar (sólido de origem fóssil, encontrado em certos tipos de madeira) no pelo de um animal, o âmbar passou a atrair outros objetos pequenos, como penas, a partir daí começou os estudos a respeito desse assunto. Eletrostática é responsável por estudar cargas elétricas em repouso. Imagine que você está na casa de seus avós assistindo um filme em uma televisão de tubo, e percebe que o volume está muito baixo e pretende aumentar, mas não encontra o controle, nesse momento você se levanta e vai até a televisão para aumentar o volume, ao se aproximar da televisão você nota que os pelos de seus braços começa arrepiar, indo de encontro a televisão, ou seja, os pelos de seu braço está sendo atraído pela televisão.

Objetivos específicos

- Entender os conceitos de campo elétrico e potencial elétrico;
- Relacionar campo elétrico e potencial elétrico;
- Compreender as linhas de forças;

Imagine que você está entediado em sua casa e começa a esfregar um pedaço de papel em uma caneta por alguns segundos, e sem perceber você aproximou a caneta perto de um papel picado, quando aproximado notou que alguns pedacinhos dos papéis ficaram grudados na caneta, daí você se pergunta, por que os papéis grudaram na caneta? Como isso é possível?

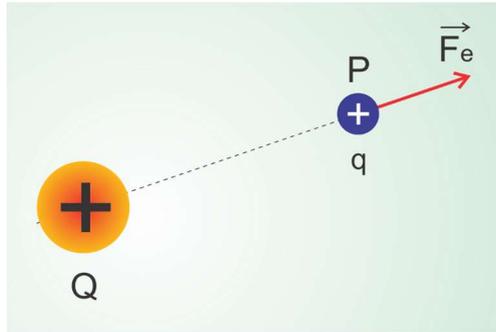
Campo Elétrico

É uma região não material que fica ao redor de um corpo eletrizado e interage com outros corpos eletrizados, a velocidade com que se gera o campo elétrico está relacionado com o meio no qual o corpo se encontra, se for no vácuo sua velocidade será de aproximadamente 300.000 km/s.

O campo elétrico tem natureza vetorial, ou seja, ele apresenta, direção, sentido e intensidade, quanto mais perto estiverem os corpos maior será a interação entre eles. O campo elétrico é representado pelo vetor E (vetor campo elétrico) se a carga geradora Q for positiva logo o sentido do campo

é orientado para fora e quando a carga geradora Q for negativa, será orientado para dentro.

Para saber se existe campo elétrico na carga Q , basta aproximar uma carga de prova q , e quando colocado próximo ficará sobre ação da força elétrica F , força essa que pode ser de atração ou repulsão.



Fonte: física comentada

O campo elétrico E é representado pela razão da força F atuante e a carga de prova q .

$$E = \frac{F}{q}$$

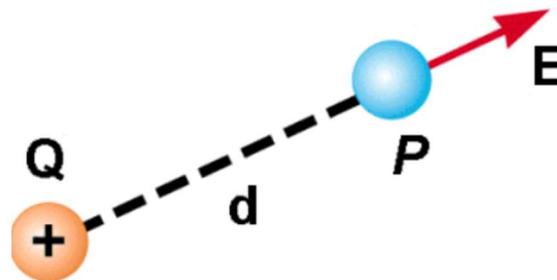
Podendo ser escrita como:

$$F = |q|E$$

O campo elétrico é medido em newton/coulomb = N/C

Campo elétrico em uma carga puntiforme

Imagine que temos uma carga Q , no vácuo e está fixa, na região do campo elétrico dessa carga coloca-se uma carga de prova q , em uma distância d , considerando que a carga de prova $q > 0$.



Fonte: física comentada

A intensidade da força elétrica atuante na carga q , de acordo com a fórmula de Coulomb é:

$$F = \frac{k_0 |Q| |q|}{d^2}$$

$$K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ (N.m)}^2/\text{C}^2$$

K_0 é dada em $(\text{N.m})^2/\text{C}^2$

E da definição do vetor campo elétrico

$$F = |q|E$$

Comparando as duas equações temos:

$$E = \frac{k_0 |Q|}{d^2}$$

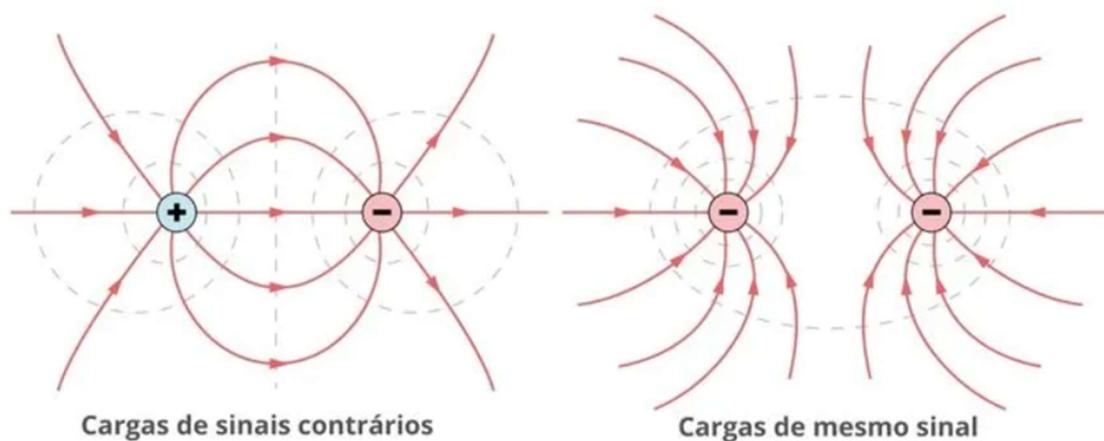
Linhas de força

As linhas de força servem para auxiliar na imaginação do campo elétrico, as linhas de força são linhas imaginárias que servirão para mostrar o sentido e direção do campo elétrico, mostrando também onde terá maior ou menor intensidade.



Fonte: fisicaidesa

Quando a carga é positiva as linhas de força são apontadas para fora da carga, e quando é carga negativa as linhas de forças são apontadas para dentro.

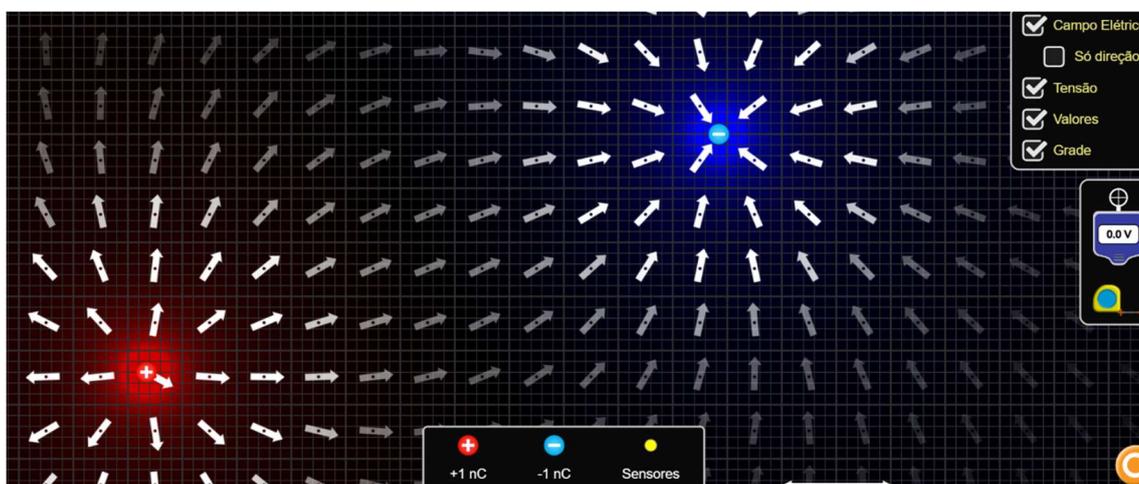


Fonte: mundoeducação

Quando duas cargas de sinais opostos são colocadas próximas, a tendência entre elas é de se atraírem, e quando são de mesmos sinais a tendência é de se repelirem.

Para entender melhor o conceito de campo elétrico podemos fazer uma simulação no Phet colorado.

Simulação: cargas e campo



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

Na simulação você poderá ver como se comporta as linhas de campo quando duas cargas interagem, podendo ver a intensidade entre elas, colocar sensores para determinar onde fica maior intensidade da força.

Atividade

1. Como as cargas interagem quando colocados cargas diferentes e cargas iguais?
2. Quando que a intensidade da força é maior? mostre utilizando a simulação phet.

POTENCIAL ELÉTRICO

Podemos comparar o potencial elétrico com a energia potencial, onde, por exemplo na mecânica dizemos que quando mais alto tiver um objeto em relação a terra, significa dizer que naquele objeto existe uma maior energia potencial, na eletrostática uma carga elétrica em um campo elétrico tem energia potencial devido a sua posição em relação as outras cargas. A unidade usada para medir o potencial elétrico é volt (V), em homenagem ao físico Alessandro Volta.

A energia potencial elétrica é dada por:

$$E_{PE} = k_0 \frac{Q \cdot q}{d}$$

Onde, k_0 é a constante eletrostática no vácuo, d é a distância entre as cargas Q e q .

Logo podemos dizer que a energia potencial elétrica por unidade de carga $\frac{E_{PE}}{q}$, essa grandeza é denominada potencial elétrico (V).

$$V = \frac{E_{PE}}{q}$$

Logo, $V = k_0 \frac{Q}{d}$ é o potencial elétrico gerado por uma carga.

Imagine que temos uma carga elétrica Q fixa, em um campo elétrico, e uma carga de prova q , o trabalho realizado para mover a carga q de um ponto A até um ponto B é igual a energia potencial elétrica inicial menos a final.

$$\tau_{AB} = E_{PEa} - E_{PEb}$$

$$E_{PEa} = q \cdot V_B \text{ e } E_{PEb} = q \cdot V_B, \text{ logo}$$

$$\tau_{AB} = q \cdot V_A - q \cdot V_B$$

Portanto, temos

$$\tau_{AB} = q(V_A - V_B)$$

A diferença de potencial entre $V_A - V_B$, é chamada de diferença de potencial (ddp) e é representada pela letra U.

$$V_A - V_B = \frac{\tau_{AB}}{q}$$

Ou

$$U = \frac{\tau_{AB}}{q}$$

Exemplo 1:

Analise as alternativas abaixo referentes às unidades de medida estudadas no potencial elétrico:

- I. A unidade de medida da carga elétrica é metro por segundo.
- II. A unidade de medida do trabalho da força elétrica é Joule.
- III. A unidade de medida do campo elétrico é Newton por Coulomb.
- IV. A unidade de medida da energia potencial elétrica é Coulomb.
- V. A unidade de medida do potencial elétrico é Volt.

Está(ão) correta(s):

- A) Todas estão incorretas.
- B) Todas estão corretas.
- C) I, II e V.
- D) I, III e IV.
- E) II, III e V.

Resposta:

Alternativa E

- I. A unidade de medida da carga elétrica é metro por segundo. (Falso)
A unidade de medida da carga elétrica é Coulomb.
- II. A unidade de medida do trabalho da força elétrica é Joule. (Verdadeiro)
- III. A unidade de medida do campo elétrico é Newton por Coulomb. (Verdadeiro)

IV. A unidade de medida da energia potencial elétrica é Coulomb. (Falso)

A unidade de medida da energia potencial elétrica é Joule.

V. A unidade de medida do potencial elétrico é Volt. (Verdadeiro)

Exemplo 2:

Determine o potencial elétrico de uma partícula com carga elétrica de $35 \cdot 10^{-2} \text{ C}$ que se desloca em uma região com campo elétrico, do ponto A até o B, sabendo que a força elétrica realizou um trabalho de 77 J para deslocar a partícula do ponto A até o B.

A) 0 V

B) 110 V

C) 220 V

D) 280 V

E) 150 V

Resposta:

Alternativa C

Calcularemos o potencial elétrico no ponto A usando a sua fórmula que o relaciona ao trabalho da força elétrica com a carga elétrica:

$$U_A = \frac{\tau_{AB}}{q}$$

$$U_A = \frac{77}{35 \cdot 10^{-2}}$$

$$U_A = 2,2 \cdot 10^2$$

$$U_A = 220 \text{ V}$$

Atividade

1º) Uma partícula puntiforme, de carga elétrica igual a $2,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, é deixada em uma região de campo elétrico igual a 100 V/m . Calcule o módulo da força elétrica produzida sobre essa carga.

a) $50 \cdot 10^5 \text{ N}$

b) $100 \cdot 10^6 \text{ N}$

- c) $200 \cdot 10^{-6} \text{ N}$
- d) $20 \cdot 10^4 \text{ N}$
- e) $2 \cdot 10^{-4} \text{ N}$

Letra C

Para relacionarmos campo elétrico e força elétrica, podemos utilizar a seguinte fórmula:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Dessa forma, temos que:

$$100 = \frac{F}{2,0 \cdot 10^{-6}}$$
$$F = (100) \cdot (2,0 \cdot 10^{-6}) = 200 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

2°) Assinale a alternativa verdadeira sobre as propriedades das linhas de força do campo elétrico:

- a) O campo elétrico é uma grandeza escalar que pode ser escrita tanto em V/m quanto em N/C.
- b) As linhas de força do campo elétrico são fechadas, adentram as cargas positivas e emergem das cargas negativas.
- c) As linhas de força do campo elétrico são abertas, emergem das cargas positivas e adentram as cargas negativas.
- d) O campo elétrico depende exclusivamente do módulo da carga que o produz.

Resposta:

Letra C

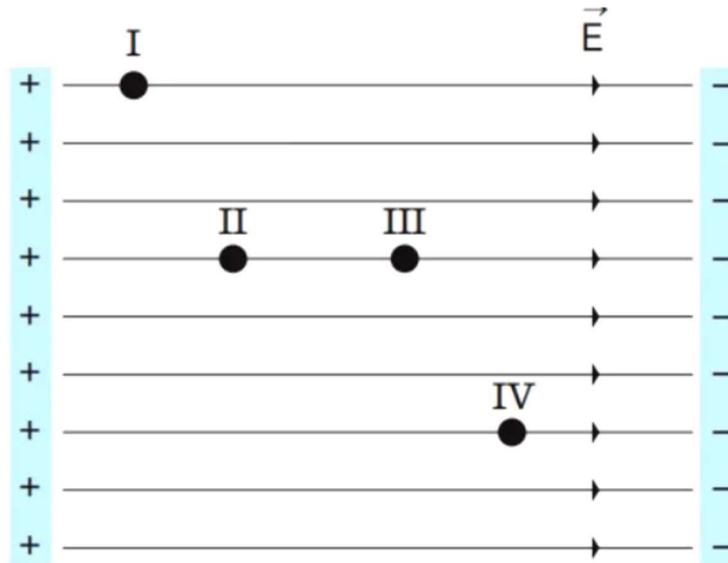
Vamos analisar as alternativas:

- a) Falsa. O campo elétrico é uma grandeza vetorial.
- b) Falsa. As linhas de campo elétrico são abertas, saem das cargas positivas e entram nas cargas negativas.
- c) Verdadeira. As linhas de campo elétrico são abertas, emergem das cargas positivas e entram nas cargas negativas.

d) Falsa. O campo elétrico também depende do meio onde as cargas encontram-se e da distância do ponto até a carga.

3º) UERJ - 2019

Na ilustração, estão representados os pontos I, II, III e IV em um campo elétrico uniforme.



fonte: prova UERJ - 2019

Uma partícula de massa desprezível e carga positiva adquire a maior energia potencial elétrica possível se for colocada no ponto:

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

resposta:

Em um campo elétrico uniforme, uma partícula positiva está com maior energia potencial elétrica quanto mais próxima estiver da placa positiva.

Neste caso, o ponto I é o que a carga terá maior energia potencial.

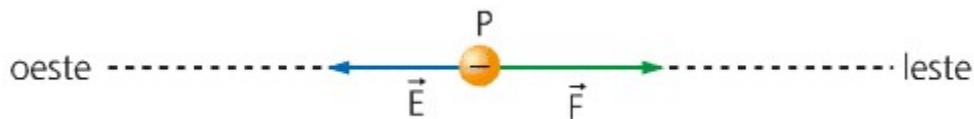
Alternativa: a) I

4º) Em um ponto P, onde o vetor campo elétrico tem direção horizontal e sentido apontado para o oeste, é colocada uma carga puntiforme de módulo $0,5 \mu\text{C}$. Então, essa carga fica

sujeita a uma força elétrica de intensidade 0,5 N, na direção horizontal e sentido leste. Nessas condições, determine o módulo do vetor campo elétrico e o sinal da carga puntiforme.

Resposta:

Como os vetores campo elétrico e da força elétrica são opostos entre si (sentido contrário) e estão na direção horizontal, então podemos concluir que a carga elétrica é negativa.



fonte: todoestudo.com

Sabemos que o campo elétrico pode ser calculado pela seguinte fórmula:
 $E = F/q$

Temos que $F = 0,5\text{N}$ e $q = 0,5 \cdot 10^{-6}\text{C}$. Assim

$$E = 0,5 / (0,5 \cdot 10^{-6})$$

$$E = 10^6 \text{N/C}$$

CIRCUITOS DE CORRENTE CONTINUA

O termo circuito já é bastante conhecido principalmente no mundo dos esportes, ao assistir uma corrida de fórmula 1, percebemos que os carros estão realizando um circuito, ou seja, o circuito é um caminho fechado, na eletrodinâmica o circuito elétrico também é um caminho fechado onde se passa energia.

Objetivos específicos

- Analisar circuitos elétricos;
- Compreender os conceitos básicos dos circuitos;
- Analisar circuitos simples e complexos;

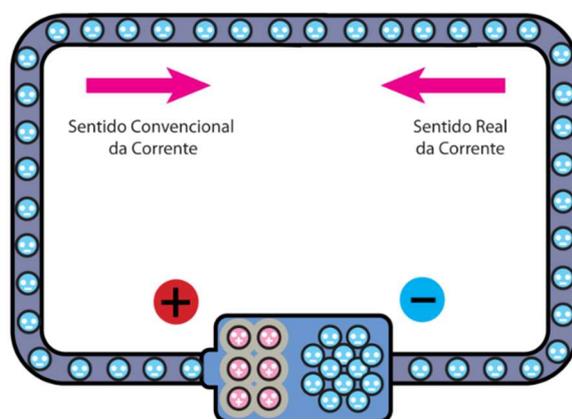
Normalmente em um circuito elétrico precisa-se de uma fonte de alimentação (bateria), resistência (resistores), interruptores, de um receptor (lâmpada) e fios condutores para interligarem os componentes.

Imagine que você trabalha a noite e pega a moto para ir para o serviço, ao ligá-la percebe que o farol não está funcionando, daí bate o desespero por não saber resolver o problema, mas você analisa o problema, e começa a pensar, já que um circuito elétrico é um circuito fechado, então se a lâmpada do farol não acionou, significa dizer que o circuito está aberto, daí você pensa em algumas possíveis soluções: será se a lâmpada queimou? O interruptor está funcionando? Os fios estão rompidos?

Corrente contínua (CC)

A corrente elétrica em circuito de corrente contínua, os elétrons fluem constantemente em uma direção ao longo do circuito, sem que haja alteração durante a sua trajetória, no sistema internacional de unidades (SI), o símbolo que representa a corrente elétrica sendo ela contínua ou alternada é o Ampère (A).

Existem dois sentidos da corrente elétrica: sentido real e o sentido convencional. Na realização dos cálculos adota-se o sentido convencional da corrente elétrica, nesse caso os elétrons vão do polo positivo para o polo negativo da bateria, já no sentido real do circuito os elétrons vão do polo negativo para o polo positivo, como mostra a imagem abaixo.

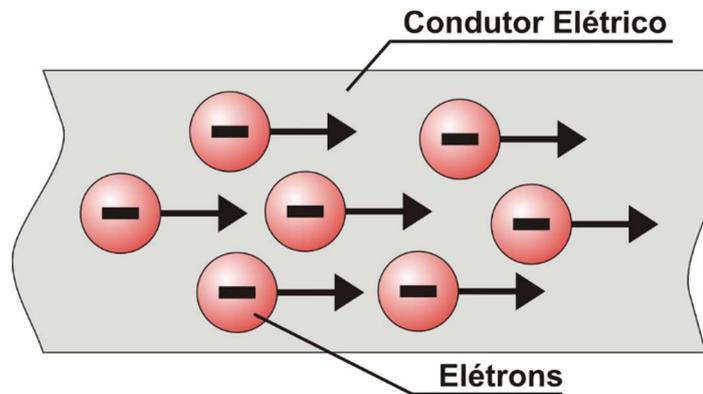


Fonte: sófisica

Intensidade da corrente elétrica

Está relacionada com a quantidade de carga elétrica que está passando por um ponto em um circuito elétrico em um determinado intervalo de tempo. A simbologia da intensidade da corrente elétrica é representada por I , a unidade de medida é o ampère (A).

Suponha que em um condutor se passa em um intervalo de tempo Δt , uma quantidade de carga ΔQ em uma seção normal S . como mostra a imagem abaixo.



Fonte: guia da engenharia

O fluxo de carga está relacionado com a quantidade de carga que passa em uma seção S em um intervalo de tempo, esse fluxo é chamado de intensidade média da corrente elétrica i_m , logo temos:

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

Caso a intensidade da corrente elétrica não varia em relação ao tempo, logo a intensidade da corrente elétrica será a mesma em todos os instantes, ou seja, a intensidade da corrente elétrica é i . portanto temos:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \rightarrow \Delta Q = n * e$$

logo temos:

$$i = \frac{n * e}{\Delta t}$$

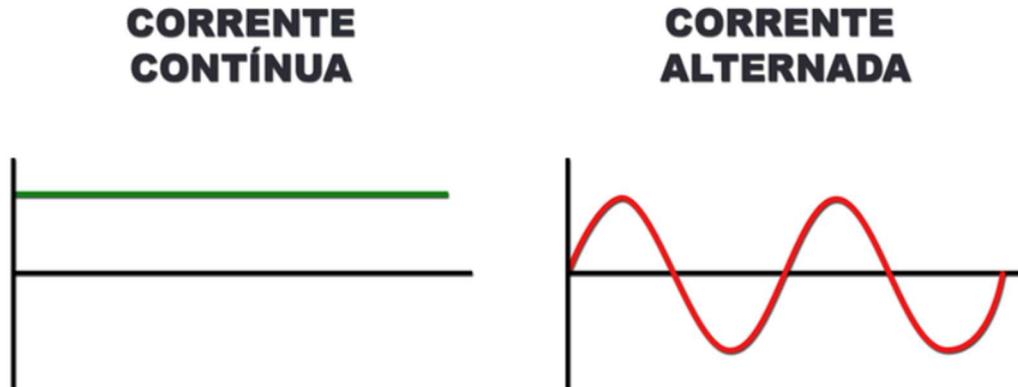
$$e = 1,6 * 10^{-19}$$

n é o número de elétrons que passam pela seção

corrente elétrica contínua e alternada

em uma fonte como pilhas e baterias, fornecem correntes de intensidade constante, ou seja, movimentam seus elétrons sempre no mesmo sentido, esse tipo de corrente é chamado contínua (CC), já a corrente alternada (CA) o fluxo de elétrons altera periodicamente sua direção, seguindo um padrão de oscilação, isso provém de usinas geradoras e recebe esse nome pois os elétrons livres em vez de se deslocar eles oscilam em um movimento harmônico simples, e sua frequência é definida em 50 Hz e 60Hz. isso ocorre

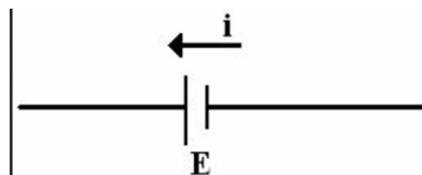
porque o campo elétrico no interior do fio ora está em um sentido ora está no sentido contrário.



Fonte: manual da eletrônica.

Elementos do circuito elétrico

Gerador: é um dispositivo capaz de transformar uma forma de energia em outra. Os geradores mais comuns são os químicos e mecânicos. Por exemplo uma usina eólica ela gera energia elétrica através do da captação do vento que é feito pelas hélices.



Gerador (bateria, pilha)

Fonte: fundamentos da física

Receptores: os receptores transformam energia elétrica em outra modalidade de energia, por exemplo: um motor, ao ser acionado na energia ele transforma a energia elétrica em energia mecânica. E o mais comum são as lâmpadas, que transformam energia elétrica em energia luminosa.

Resistores: dispositivo destinado a limitar a intensidade da corrente elétrica que passa no circuito.



Resistor

Fonte: fundamentos da física

Dispositivos de manobras: servem para ligar ou desligar um circuito, como por exemplo: os interruptores.



Interruptor

Fonte: fundamentos da física

Dispositivos de segurança: são dispositivos que são responsáveis por controlar a quantidade de corrente elétrica que passa em um circuito, caso exista uma passagem de corrente maior que o esperado o dispositivo atuara, interrompendo a passagem da corrente, a fim de preservar os demais elementos do circuito de possíveis danos. São eles os disjuntores e os fusíveis.

Força eletromotriz

É responsável por criar uma diferença de potencial elétrico, entre dois terminais de um circuito. Por exemplo uma pilha, a diferença de potencial (ddp) entre os terminais da pilha se deve ao trabalho da força elétrica no interior dela ao levar as cargas do terminal negativo para o positivo. Esse trabalho no deslocamento de um polo para outro é chamado de força eletromotriz (fem) sua simbologia é a letra grega ϵ (épsilon).

$$\epsilon = \frac{\tau}{\Delta Q}$$

τ – é o trabalho realizado pela força elétrica

ΔQ – é a quantidade de carga.

Lei de Ohm

A 1ª lei de Ohm é uma equação fundamental para um circuito de corrente contínua é a lei de Ohm, onde relaciona tensão (V), corrente elétrica (I), e resistência (R). através dessa relação conseguimos formular a seguinte expressão.

$$V = R * I$$

Com essa fórmula conseguimos encontrar a tensão que passa em um circuito, a corrente ou a resistência.

2º lei de Ohm está relacionado com a resistência elétrica, onde essa propriedade depende de alguns fatores como por exemplo a área transversal do meio condutor ou o comprimento dele. A 2º lei de Ohm é escrita como:

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

R – Resistência elétrica (Ω)

ρ – Resistividade elétrica ($\Omega.m$)

l – Comprimento (m)

S – área transversal (m^2)

Podemos reorganizar essa equação para encontrarmos a resistividade que é obtida através da seguinte expressão:

$$R = \frac{\rho l}{S} \rightarrow \rho = \frac{RS}{l}$$

Potência elétrica

Em aparelhos eletrodomésticos como geladeira, forno micro-ondas, liquidificador, sempre vem escrito a potência que cada aparelho consome, ou seja, é a quantidade de joule de energia que eles consomem por segundos.

A potência elétrica está relacionada com tensão no aparelho e a corrente que passa nele, portanto a potência elétrica é igual ao produto da diferença de potencial pela corrente elétrica. Que é dada pela seguinte expressão:

$$P = V * I$$

Mas existem algumas fórmulas que podem substituir essa quando a equação de cima não satisfazer:

Quando a questão não apresentar a diferença de potencial (tensão), podemos usar:

$$P = R * I^2$$

Caso não apresente a questão não apresente a corrente, podemos utilizar a seguinte expressão:

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

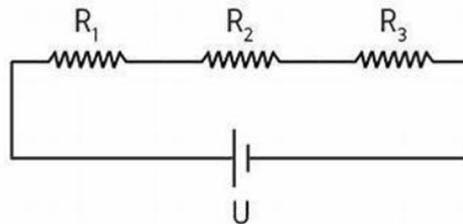
Através dessas três expressões conseguimos encontrar a potência em um circuito elétrico.

Associação de resistores

A associação de resistores é utilizada quando um único resistor não tem resistência adequada para o circuito, ou seja, quando sua resistência for menor ou maior que o necessário, quando feito a associação dos resistores, esse resistor que restou é chamado de resistor equivalente. Existem três tipos de associação de resistores: associação em série, paralela e mista.

Associação em série

Em um circuito elétrico com resistores em série, os resistores são ligados um em seguida do outro, sendo assim o circuito apresenta um único caminho, ou seja, só existe um caminho para que a corrente possa passar. Observe a imagem abaixo.



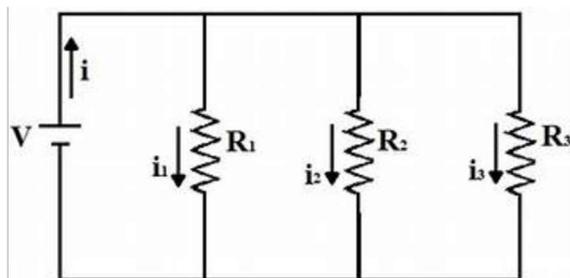
fonte: toda materia.com.br

Podemos observar que a imagem acima mostra como é a representação dos resistores em série, onde mostra que só existe apenas um caminho para que a corrente elétrica possa passar, logo a intensidade da corrente elétrica é a mesma em todos os resistores. A fórmula utilizada nesse caso é:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$

Associação em paralelo

Na associação em paralelo, os resistores são ligados um em paralelo como outro, assim a corrente elétrica terá mais de um caminho para seguir, ou seja, a corrente elétrica será dividida, e a intensidade da corrente elétrica será diferente em cada resistor, dependendo da resistência de cada um, quanto maior for a resistência menor será a intensidade da corrente elétrica, e quanto menor a resistência maior será a intensidade da corrente elétrica.



fonte: toda materia.com.br

A imagem acima mostra como é o esquema de como é a associação de resistores em paralelo, mostrando que a intensidade da resistência elétrica é diferente em cada resistor. Para encontrar a resistência equivalente nesse tipo de associação podemos usar a seguinte expressão:

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

Ou podemos utilizar

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

Quando os resistores tiverem as mesmas resistências utiliza-se:

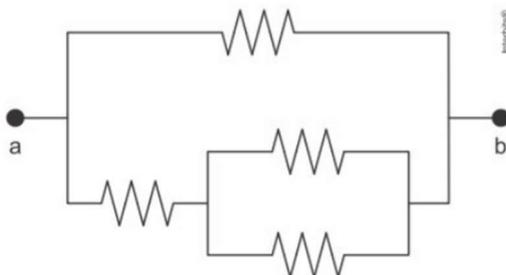
$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

n é a quantidade de resistores de mesma resistência que o circuito apresenta.

Observação: quando estiver fazendo associação de resistores em paralelo, faça a associação de dois em dois resistores.

Associação mista

Na associação mista você vai encontrar no circuito associação de resistores em série e paralelo, nesse caso para encontrar a resistência equivalente você terá que utilizar as fórmulas desses dois tipos de associações.



A imagem mostra como se organiza a associação mista

Exemplos:

1) UFRGS - 2018

Uma fonte de tensão cuja força eletromotriz é de 15 V tem resistência interna de 5Ω . A fonte está ligada em série com uma lâmpada incandescente e com um resistor. Medidas são realizadas e constata-se que a corrente elétrica que atravessa o resistor é de 0,20 A, e que a diferença de potencial na lâmpada é de 4 V.

Nessa circunstância, as resistências elétricas da lâmpada e do resistor valem, respectivamente,

- a) $0,8 \Omega$ e 50Ω .
- b) 20Ω e 50Ω .
- c) $0,8 \Omega$ e 55Ω .
- d) 20Ω e 55Ω .
- e) 20Ω e 70Ω .

Como os resistores do circuito estão ligados em série, a corrente que percorre cada um de seus trechos é igual. Desta forma, a corrente que atravessa a lâmpada também é igual a 0,20 A.

Podemos então aplicar a 1ª lei de Ohm para calcular o valor da resistência da lâmpada:

$$U_L = R_L \cdot i$$
$$4 = R_L \cdot 0,20$$

$$R_L = \frac{4}{0,20} = 20 \Omega$$

Agora, vamos calcular a resistência do resistor. Como não conhecemos o valor da ddp entre seus terminais, utilizaremos o valor da ddp total do circuito.

Para isso, aplicaremos a fórmula considerando a resistência equivalente do circuito, que neste caso, é igual a soma de todas as resistências do circuito. Assim, temos:

$$U_{\text{total}} = R_{\text{eq}} \cdot i$$
$$15 = (5 + 20 + R_R) \cdot 0,20$$

$$\frac{15}{0,20} = 25 + R_R$$

$$R_R = 75 - 25$$

$$R_R = 50 \Omega$$

Alternativa: b) 20 Ω e 50 Ω

2) PUC/RJ - 2018

Um circuito tem 3 resistores idênticos, dois deles colocados em paralelo entre si, e ligados em série com o terceiro resistor e com uma fonte de 12V. A corrente que passa pela fonte é de 5,0 mA.

Qual é a resistência de cada resistor, em k Ω ?

- a) 0,60
- b) 0,80
- c) 1,2
- d) 1,6
- e) 2,4

Sabendo o valor da ddp total e da corrente que atravessa o circuito, podemos encontrar a resistência equivalente:

$$U_{\text{Total}} = R_{\text{eq}} \cdot i$$
$$12 = R_{\text{eq}} \cdot 5 \cdot 10^{-3}$$
$$R_{\text{eq}} = \frac{12}{5 \cdot 10^{-3}} = 2,4 \cdot 10^3 \Omega$$

Como as resistências apresentam o mesmo valor, a resistência equivalente poderá ser encontrada fazendo-se:

$$R_{eq} = \frac{R}{n} + R$$

$$2,4 \cdot 10^3 = \frac{R}{2} + R$$

$$\frac{R + 2R}{2} = 2,4 \cdot 10^3$$

$$3R = 4,8 \cdot 10^3$$

$$R = \frac{4,8 \cdot 10^3}{3}$$

$$R = 1,6 \cdot 10^3 \Omega = 1,6 \text{ k}\Omega$$

Alternativa: d) 1,6

3) Calcule a resistência equivalente aproximada de uma associação mista em que dois resistores, de 10Ω e 20Ω , encontram-se associados em série a outros dois resistores, de 30Ω e 40Ω , associados em paralelo.

a) 80Ω

b) 47Ω

c) 33Ω

d) 51Ω

e) 27Ω

Resolução: Alternativa b. Primeiramente, somamos as resistências de 10Ω e 20Ω , resultando em 30Ω . Em seguida, fazemos o produto pela soma entre as resistências de 30Ω e 40Ω , resultando em $120/7 \Omega$, aproximadamente $17,1 \Omega$. A soma dessas resistências equivalentes é, portanto, aproximadamente 47Ω ."

Atividade

1- Alguns dispositivos de segurança utilizados em circuitos elétricos possuem o intuito de interromper a passagem de grandes correntes elétricas que poderiam ser prejudiciais para o seu funcionamento. São dispositivos de segurança:

a) Pilhas.

b) Resistor e varistor.

- c) Fusível e disjuntor.
- d) Interruptor.
- e) Amperímetro e voltímetro.

Resposta: Alternativa correta: c) Fusível e disjuntor

2- (Enem – 2018)

Alguns peixes, como o poraquê, a enguia-elétrica da Amazônia, podem produzir uma corrente elétrica quando se encontram em perigo. Um poraquê de 1 metro de comprimento, em perigo, produz uma corrente em torno de 2 ampères e uma voltagem de 600 volts. O quadro apresenta a potência aproximada de equipamentos elétricos.

Equipamento elétrico	Potência aproximada (watt)
Exaustor	150
Computador	300
Aspirador de pó	600
Churrasqueira elétrica	1 200
Secadora de roupas	3 600

fonte: prova enem 2018

O equipamento elétrico que tem potência similar àquela produzida por esse peixe em perigo é o

- a) exaustor.
- b) computador.
- c) aspirador de pó.
- d) churrasqueira elétrica.
- e) secadora de roupas.

Resposta: Alternativa correta: d) churrasqueira elétrica.

Como sabemos existem algumas formas encontrarmos a potência, mas como a questão nos mostrou que a corrente é de 2 Ampères e uma voltagem de 600 V, logo podemos utilizar a seguinte fórmula:

$$P = V * I$$

$$P = 600 * 2$$

$$P = 1200 \text{ W}$$

3- (Enem – 2017)

Em algumas residências, cercas eletrificadas são utilizadas com o objetivo de afastar possíveis invasores. Uma cerca eletrificada funciona com uma diferença de potencial elétrico de aproximadamente 10 000 V. Para que não seja letal, a corrente que pode ser transmitida através de uma pessoa não deve ser maior do que 0,01 A. Já a resistência elétrica corporal entre as mãos e os pés de uma pessoa é da ordem de 1 000 Ω .

Para que a corrente não seja letal a uma pessoa que toca a cerca eletrificada, o gerador de tensão deve possuir uma resistência interna que, em relação à do corpo humano, é:

- a) praticamente nula.
- b) aproximadamente igual.
- c) milhares de vezes maior.
- d) da ordem de 10 vezes maior.
- e) da ordem de 10 vezes menor.

Resposta: Alternativa correta: c) milhares de vezes maior.

4 Questão - (URCA 2018/1)

Uma lâmpada possui a seguinte inscrição 10 W e 2 V. Os valores da resistência elétrica dessa lâmpada e da corrente elétrica são, respectivamente, iguais a:

- a) 0,4 Ω e 5 A.
- b) 12 Ω e 1 A.
- c) 0,5 Ω e 5 A.
- d) 5 Ω e 3 A.
- e) 2 Ω e 4 A.

resposta: alternativa A) 0,4 Ω e 5 A.

como a questão nos informou que a potência é de 10w e a corrente e a tensão é de 2V, logo podemos encontrar a corrente, portanto utilizamos: $P = V * I$, vamos reorganizar essa expressão para encontrarmos a corrente elétrica.

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{10}{2}$$

$$I = 5 A$$

Como já conhecemos a corrente elétrica então podemos encontrar a resistência, portanto utilizaremos a primeira lei de Ohm.

$$V = R * I$$

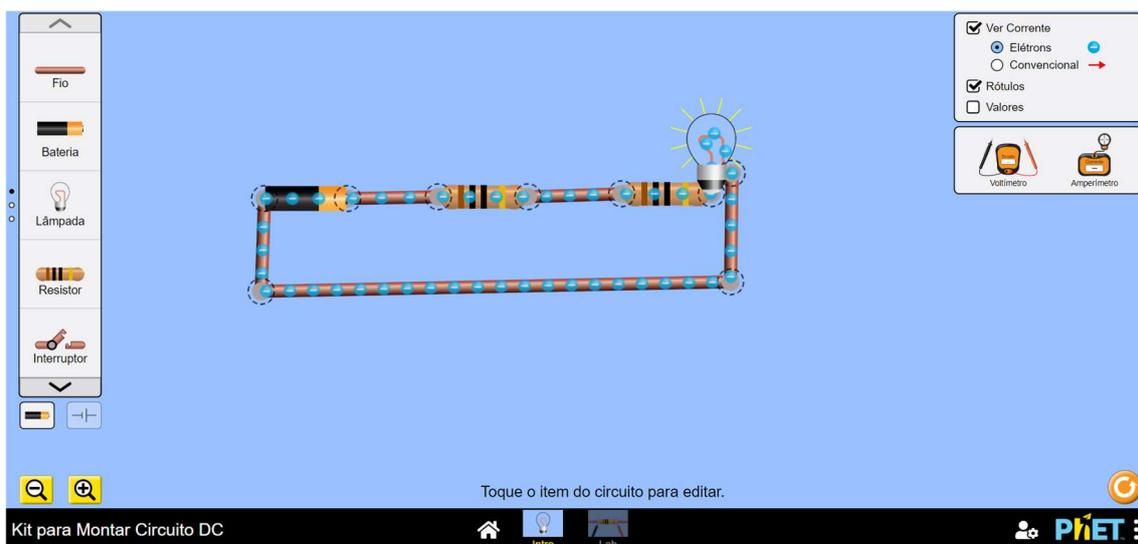
$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{2}{5}$$

$$R = 0,4\Omega$$

Para aprender um pouco mais sobre circuitos elétricos, você pode está utilizando as simulações do phet: kit para montar circuito DC, que pode ser acessada através do link:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

Nessa simulação você poderá fazer várias experiências, colocar quantos resistores quiser no circuito, ver como funciona um circuito elétrico.

Atividade

- 1) Mostre na simulação o sentido real e convencional da corrente elétrica.
- 2) Mostre em um circuito em paralelo como a corrente elétrica se comporta. (utilize o amperímetro para mostrar o valor da corrente elétrica).

INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E TRANSFORMADORES

O estudo de indução eletromagnética nos faz compreender o surgimento da corrente elétrica através de condutores presentes em campos magnéticos, e isto ocorre quando há mudanças no fluxo magnético, isso quer dizer que o condutor está posicionado de modo que as linhas de campo magnético passem através da área delimitada por ele.

Objetivos:

Compreender sobre indução eletromagnética;

Como isto influencia na corrente elétrica;

Compreender sobre as leis de Faraday e Lenz;

Saber resolver exercícios sobre o tema quando proposto;

Aprender como a indução está presente em nosso cotidiano.

Suponha que você possui um ímã e que neste ímã tenha uma fio enrolado semelhante a uma bobina, quando ele está parado próximo ao fio,

não acontece nenhum movimento, mas quando você passa a mover ímã muito próximo ao fio da bobina ou quando afasta-o, essa movimentação fará com que o campo magnético ao redor da bobina mude, com isso será introduzido elétrons dentro do fio (na bobina) fazendo com que gere corrente elétrica.

Utilizando de um exemplo prático, temos o cartão de crédito, quando você utiliza o cartão na máquina, ele está passando por uma leitura magnética, mas por que isso ocorre ? Isso acontece porque na máquina possui uma bobina, quando você passa o cartão na máquina, através da bobina presente na mesma, ele irá gerar uma mudança de campo magnético, e essa mudança irá induzir uma corrente elétrica e isso faz com que a máquina consiga ler as informações criptografadas do seu cartão.

Lei de Faraday:

A lei de Faraday nos dá a força eletromotriz (fem) induzida, se um campo magnético ao redor de um circuito muda, então será induzida a corrente elétrica no circuito. Sua fórmula é expressa por :

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

- ε é a força eletromotriz induzida dada em volts;
- $\Delta\phi$ é o fluxo magnético através do circuito (Wb - Weber);
- Δt é a taxa de variação do fluxo magnético com o tempo.

Esta lei é a base para funcionamento de geradores elétricos, pois neles a bobina gira dentro de um campo magnético, e assim gera a eletricidade que é fornecidas para nossas casas, ela também se aplica no funcionamento dos transformadores que é quando uma corrente alternada gerada em uma bobina, induz uma corrente em outra bobina, permitindo que

haja uma transmissão de corrente elétrica. Esta descoberta foi um grande avanço para o mundo, sendo utilizada em grande escala até hoje, pois é responsável pela existência de energia elétrica para nós, e também sendo peça fundamental no desenvolvimento das indústrias e usinas presentes no mundo inteiro.

Um exemplo prático é o carregamento por indução, quando você coloca o celular em um carregamento por indução, há uma bobina que gera um campo magnético, essa bobina é alimentada por uma corrente alternada, e isso acarreta na mudança do campo magnético, esse campo gera uma força eletromotriz na bobina que está presente dentro do celular, e essa força acaba induzindo corrente na bobina do celular, e assim o carregamento acontece.

Figura 1



Fonte: autoral. 2024

A lei de Faraday, a partir deste exemplo, nos permite compreender a transferência de energia elétrica sem que haja necessidade de cabos conectados, pois a mudança no campo presente no carregador, gera o necessário para que o celular carregue, assim anulando a ideia da utilização de carregadores com fio.

Mapa mental



Fonte: Elaboração própria, 2024

Exercícios resolvidos:

Q1. (Uerj - 2015) O princípio físico do funcionamento de alternadores e transformadores, comprovável de modo experimental, refere-se à produção de corrente elétrica por meio da variação de um campo magnético aplicado a um circuito elétrico.

Esse princípio se fundamenta na denominada Lei de:

- a) Newton
- b) Ampère
- c) Faraday
- d) Coulomb

Resposta: Alternativa C, Faraday

Q2. Em relação ao fenômeno de indução eletromagnética, assinale a alternativa incorreta.

- a) Quando aproximamos ou afastamos um ímã de uma bobina condutora, induzimos o surgimento de uma corrente elétrica.
- b) A força eletromotriz induzida é o nome dado ao potencial elétrico que é produzido pela indução eletromagnética.
- c) O fluxo de campo magnético através de uma espira induz o surgimento de uma corrente elétrica.
- d) A variação do fluxo de campo magnético induz a formação de correntes elétricas.
- e) A corrente elétrica induzida é proporcional à variação do fluxo magnético.

Resposta: Letra C. A afirmativa feita na letra C está errada. Na realidade, o surgimento de uma corrente elétrica induzida depende da variação do fluxo magnético. Caso o fluxo magnético seja constante, não haverá produção de corrente elétrica por meio da indução eletromagnética.

Q3. Assinale a alternativa que apresenta apenas dispositivos que funcionam por meio do fenômeno da indução eletromagnética.

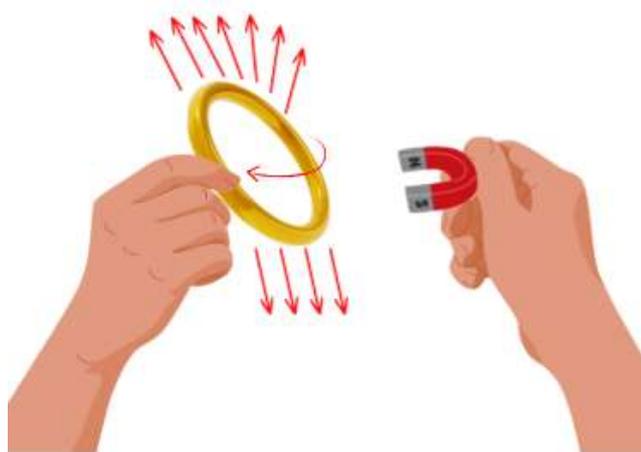
- a) Transformadores, fornos de indução, panela elétrica.
- b) Geradores, ferro de passar, chuveiro elétrico.
- c) Televisão, rádio, lâmpada incandescente.
- d) Transformadores, detectores de metal, motores elétricos.
- e) Secador de cabelo, aspirador de pó, sanduicheira.

Resposta: Letra D, os dispositivos que funcionam por meio da indução eletromagnética são aqueles que apresentam motores elétricos ou aqueles que fazem uso de campos magnéticos oscilantes para induzirem o surgimento de tensões elétricas. Esses dispositivos são: transformadores, fornos de indução, geradores, detectores de metal, secadores de cabelo e aspiradores de pó, por exemplo. Dessa forma, a alternativa correta é a letra D.

Lei de Lenz:

A lei de Lenz trata-se de uma corrente induzida em um circuito, que possui um sentido, este sentido é determinado devido a variação do fluxo magnético. Imagine que você tenha um anel de metal na sua mão, e você tenta empurrar um ímã para dentro deste anel, assim que começa a mover o ímã em direção ao anel, o anel acaba “respondendo” a esta ação de mudança, ele cria uma corrente gerando um campo magnético que é oposto ao campo do ímã, em outras palavras, acabam se repelindo, pois o campo magnético está oposto ao campo do ímã, tornando mais difícil a movimentação do ímã para dentro do anel. Analisando de outra forma, se você tentar puxar o ímã para fora do anel, é criada uma corrente elétrica, só que o campo gerado pelo anel tentará “segurar” o ímã, assim impedindo que ele saia.

Figura 1.1



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Esta lei é fundamental pois garante a conservação de energia no processo de indução eletromagnética, pois se não houvesse essa refutação entre os campos, seria possível gerar uma energia que partisse do nada, e isso estaria fora dos parâmetros básicos da física. É possível observar este

princípio de forma aplicada em montanhas-russas, pois o brinquedo passa por um ímã, e as correntes produzidas são induzidas nos trilhos, criando um campo oposto fazendo com que o brinquedo desacelere sem qualquer tipo de contato físico. A lei de Lenz além de determinar a direção em que a corrente induzida passa, ela também garante que o sistema eletromagnético funcione de maneira eficiente.

Mapa mental



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Exercícios resolvidos:

Q1. Sobre o fenômeno da indução eletromagnética, assinale somente as alternativas falsas.

I – Quando um ímã é aproximado de uma espira condutora, um campo magnético induzido na espira surge para se opor à passagem do ímã.

II – Quando tentamos passar um ímã através do interior de uma bobina, um campo magnético é induzido na bobina para favorecer a passagem do ímã.

III – No caso em que um ímã tem velocidade relativa nula em relação a uma bobina, a força eletromotriz induzida na bobina será diferente de zero.

São falsas:

a) I e II

b) II e III

c) I, II e III

d) I e III

e) II e III

Gabarito: Letra E

Resolução:

Vamos analisar as alternativas:

I – VERDADEIRA. O campo magnético induzido sempre se opõe à variação do fluxo de campo magnético.

II – FALSA. Nesse caso, o campo magnético induzido tentará fazer com que o ímã cesse o seu movimento.

III – FALSA. No caso em que não há velocidade relativa entre o ímã e a espira, não haverá qualquer força eletromotriz induzida.

Analisando as respostas, vemos que as alternativas falsas são as letras II e III, portanto, a resposta é a letra E.

Q2. Um ímã tem o seu polo sul magnético virado em direção a uma espira condutora, quando essa espira passa a afastar-se. Em relação à situação descrita, assinale o que for correto:

I – O ímã será atraído pela espira.

II – O ímã será repelido pela espira.

III – A corrente elétrica formada na espira terá sentido horário.

IV – Não é possível sabermos o sentido da corrente elétrica, uma vez que não sabemos se a espira encontra-se à direita ou à esquerda do ímã.

Estão corretas:

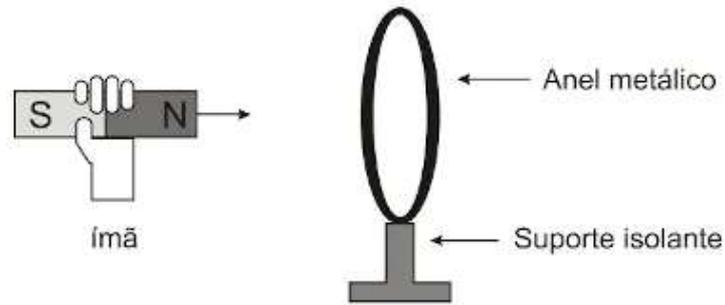
- a) I e II
- b) I, II e III
- c) I e IV
- d) II e III
- e) III e IV

Gabarito: Letra C

Resolução:

No caso descrito, a espira condutora produzirá um polo norte magnético nas proximidades do ímã, de modo a atraí-lo, opondo-se assim ao seu afastamento, além disso, como não sabemos qual é a disposição do ímã e da bobina, não é possível afirmar qual é o sentido da corrente elétrica induzida na bobina. Portanto, a alternativa correta é a letra C."

Q3. (Fuvest) Aproxima-se um ímã de um anel metálico fixo em um suporte isolante, como mostra a figura. O movimento do ímã, em direção ao anel,



- A) não causa efeitos no anel.
- B) produz corrente alternada no anel.
- C) faz com que o polo sul do ímã vire polo norte e vice-versa.
- D) produz corrente elétrica no anel, causando uma força de atração entre anel e ímã.
- E) produz corrente elétrica no anel, causando uma força de repulsão entre anel e ímã.

Gabarito: Letra E

Resolução:

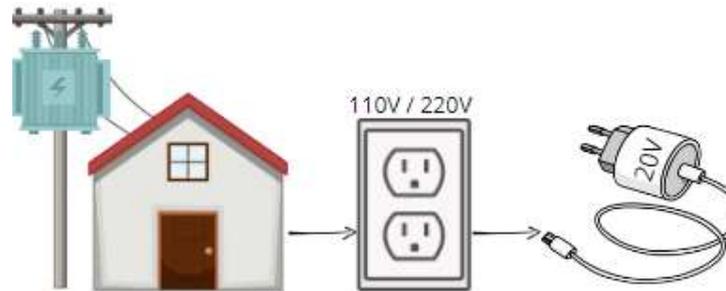
De acordo com a lei de Lenz, a aproximação entre o ímã e a espira faz com que um campo magnético oposto à variação de fluxo magnético surja, produzindo uma força repulsiva entre ímã e espira, logo, a alternativa correta é a letra E.

Transformadores:

Os transformadores são dispositivos elétricos que se baseiam através da indução eletromagnética sendo essenciais para a distribuição de eletricidade, sendo utilizados para alterar a tensão da corrente elétrica presente em um circuito, consiste em duas bobinas de fios condutores que estão enroladas em torno de um ferro, sendo o enrolamento primário e um secundário. Quando uma corrente alternada passa pelo enrolamento primário ele irá criar um campo no ferro, e esse campo é induzido ao enrolamento secundário e assim gerando uma tensão elétrica. São cruciais para a utilização segura da eletricidade, pois quando a eletricidade é gerada em usinas, ela precisa ser transmitida a longas distâncias até chegar às cidades e, finalmente, às residências, e para que isso seja eficiente, a eletricidade é gerada em alta tensão, o que facilita o transporte em longas distâncias, reduzindo perdas de energia.

Podemos utilizar como exemplo os carregadores de celular, temos o transformador dentro do carregador de celular, a energia que sai da tomada em sua casa tem uma tensão de 110V ou 220V, dependendo da região. O celular, no entanto, precisa de uma tensão muito menor, geralmente em torno de 5V a 20V se for um carregador turbo. O transformador dentro do carregador reduz a tensão da tomada para essa tensão menor, permitindo que o celular seja carregado de maneira adequada e segura, ou seja, eles reduzem essa alta tensão para níveis seguros antes de a eletricidade ser distribuída para as casas, portanto, o transformador garante que você possa utilizar todos esses dispositivos com segurança.

Figura 1.2



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Exercícios resolvidos:

Q1. (Acafe) Tasers são armas de eletrochoque que usam uma corrente elétrica para imobilizar pessoas que estejam representando alguma ameaça a alguém ou à ordem pública. O sistema interno da arma cria e trata a corrente elétrica que será descarregada por meio dos fios de cobre. Capacitores, transformadores e baterias são peças fundamentais nesse processo.

Nesse sentido, assinale a alternativa correta que completa as lacunas das frases a seguir:

O transformador é um equipamento elétrico que tem seu princípio de funcionamento baseado na _____. A bateria é uma fonte de energia que transforma energia _____ em energia elétrica. O capacitor é um dispositivo que armazena _____.

- a) Lei de Coulomb - térmica - campo magnético
- b) Lei de Lenz - luminosa - corrente elétrica

- c) Lei de Faraday - química - cargas elétricas
- d) Lei de Newton - magnética - resistência elétrica

Resposta:

Letra C, os transformadores são equipamentos baseados nas leis de Faraday e Lenz. As baterias são dispositivos que transformam a energia química em energia elétrica por meio de reações espontâneas de oxirredução. Capacitor é um dispositivo eletrônico cuja função básica é armazenar cargas elétricas, conseqüentemente é um acumulador de energia potencial elétrica.

Q2. (Uerj) O princípio físico do funcionamento de alternadores e transformadores, comprovável de modo experimental, refere-se à produção de corrente elétrica por meio da variação de um campo magnético aplicado a um circuito elétrico.

Esse princípio se fundamenta na denominada lei de:

- a) Newton
- b) Ampère
- c) Faraday
- d) Coulomb

Resposta:

Letra C. A lei de indução de Faraday afirma que a variação do fluxo magnético através de um condutor, como uma bobina, resulta na produção de uma força eletromotriz induzida.

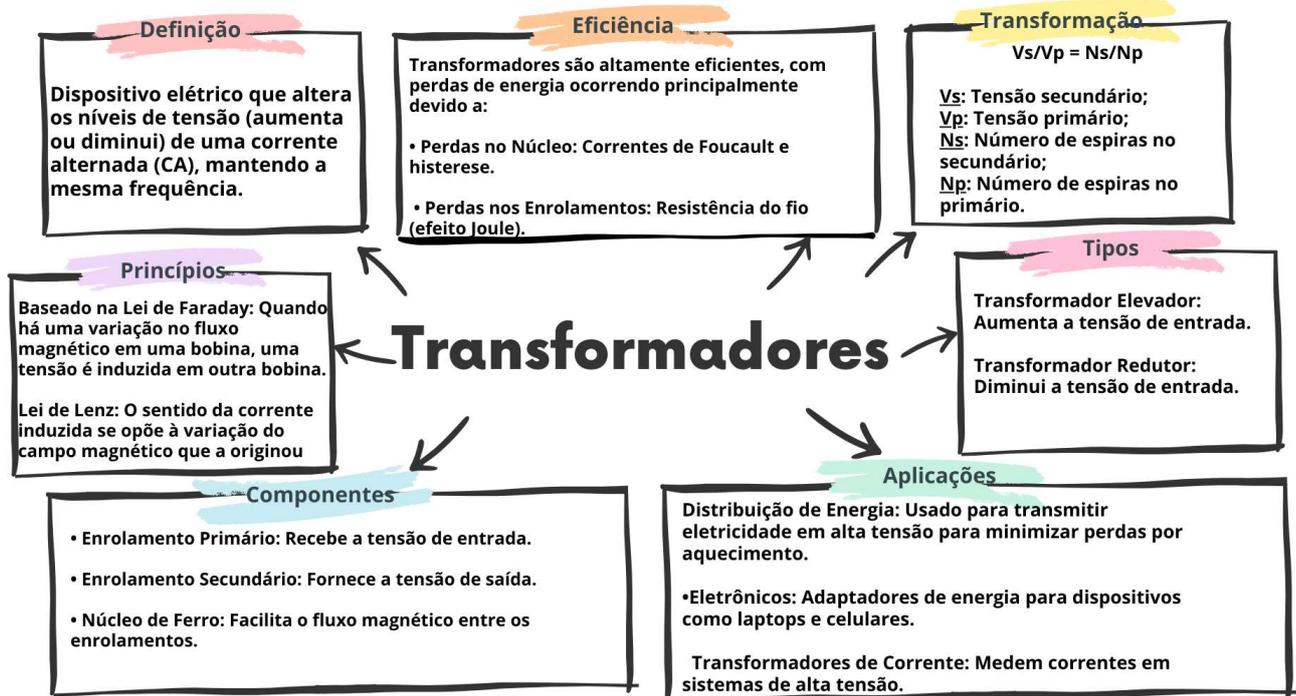
Q3. (UFRGS) O primário de um transformador alimentado por uma corrente elétrica alternada tem mais espiras do que o secundário. Nesse caso, comparado com o primário, no secundário:

- a) a diferença de potencial é a mesma e a corrente elétrica é contínua
- b) a diferença de potencial é a mesma e a corrente elétrica é alternada
- c) a diferença de potencial é menor e a corrente elétrica é alternada
- d) a diferença de potencial é maior e a corrente elétrica é alternada
- e) a diferença de potencial é maior e a corrente elétrica é contínua

Resposta:

O enrolamento primário do transformador possui mais espiras do que o secundário, sendo assim, o transformador é um rebaixador de tensão, ou seja, a tensão é menor no enrolamento secundário do transformador. A resposta correta é dada na alternativa c.

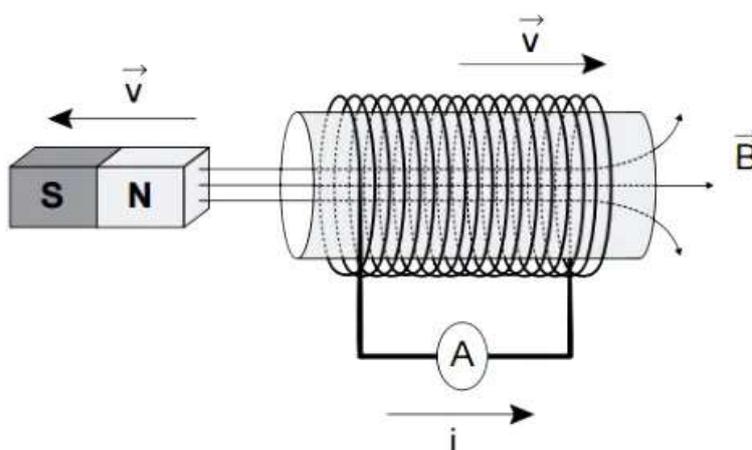
Mapa mental



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Problemas:

1. (Enem - 2014) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a v , induzindo uma corrente elétrica de intensidade i , como ilustrado na figura.



A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para:

- a) a esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida.
- b) direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida.
- c) esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- d) direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.
- e) esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.

2. (Enem - 2011) O manual de funcionamento de um captador de guitarra elétrica apresenta o seguinte texto: Esse captador comum consiste

de uma bobina, fios condutores enrolados em torno de um ímã permanente. O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra, que está próxima a ele. Assim, quando a corda é tocada, as oscilações produzem variações, com o mesmo padrão, no fluxo magnético que atravessa a bobina. Isso induz uma corrente elétrica na bobina, que é transmitida até o amplificador, e daí, para o alto-falante.

Um guitarrista trocou as cordas originais de sua guitarra, que eram feitas de aço, por outras feitas de náilon. Com o uso dessas cordas, o amplificador ligado ao instrumento não emitia mais som, porque a corda de náilon

- a) isola a passagem de corrente elétrica da bobina para o alto-falante
- b) varia seu comprimento mais intensamente do que ocorre com o aço
- c) apresenta uma magnetização desprezível sob a ação do ímã permanente
- d) induz correntes elétricas na bobina mais intensas que a capacidade do captador
- e) oscila com uma frequência menor do que a que pode ser percebida pelo captador.

3. (ENEM 2020) Em uma usina geradora de energia elétrica, seja através de uma queda-d'água ou através de vapor sob pressão, as pás do gerador são postas a girar. O movimento relativo de um ímã em relação a um conjunto de bobinas produz um fluxo magnético variável através delas, gerando uma

diferença de potencial em seus terminais. Durante o funcionamento de um dos geradores, o operador da usina percebeu que houve um aumento inesperado da diferença de potencial elétrico nos terminais das bobinas.

Nessa situação, o aumento do módulo da diferença de potencial obtida nos terminais das bobinas resulta do aumento do(a)

- a) intervalo de tempo em que as bobinas ficam imersas no campo magnético externo, por meio de uma diminuição de velocidade no eixo de rotação do gerador.
- b) fluxo magnético através das bobinas, por meio de um aumento em sua área interna exposta ao campo magnético aplicado.
- c) intensidade do campo magnético no qual as bobinas estão imersas, por meio de aplicação de campos magnéticos mais intensos.
- d) rapidez com que o fluxo magnético varia através das bobinas, por meio de um aumento em sua velocidade angular.
- e) resistência interna do condutor que constitui as bobinas, por meio de um aumento na espessura dos terminais.

4. (Enem 2019) As redes de alta tensão para transmissão de energia elétrica geram campo magnético variável o suficiente para induzir corrente elétrica no arame das cercas. Tanto os animais quanto os funcionários das propriedades rurais ou das concessionárias de energia devem ter muito cuidado ao se aproximarem de uma cerca quando esta estiver próxima a uma rede de alta tensão, pois, se tocarem no arame da cerca, poderão sofrer choque elétrico

Para minimizar este tipo de problema, deve-se:

- a) Fazer o aterramento dos arames da cerca.
- b) Acrescentar fusível de segurança na cerca.
- c) Realizar o aterramento da rede de alta tensão.
- d) Instalar fusível de segurança na rede de alta tensão
- e) Utilizar fios encapados com isolante na rede de alta tensão

4. (Enem 2017) Para demonstrar o processo de transformação de energia mecânica em elétrica, um estudante constrói um pequeno gerador utilizando:

- um fio de cobre de diâmetro D enrolado em N espiras circulares de área A ;
- dois ímãs que criam no espaço entre eles um campo magnético uniforme de intensidade B ; e
- um sistema de engrenagens que lhe permite girar as espiras em torno de um eixo com uma frequência f .

Ao fazer o gerador funcionar, o estudante obteve uma tensão máxima V e uma corrente de curto-circuito i .

Para dobrar o valor da tensão máxima V do gerador mantendo constante o valor da corrente de curto i , o estudante deve dobrar o(a):

- a) número de espiras.
- b) frequência de giro.
- c) intensidade do campo magnético.

- d) área das espiras.
- e) diâmetro do fio.

5. (Enem 2015) Uma pessoa abre sua geladeira, verifica o que há dentro e depois fecha a porta dessa geladeira. Em seguida, ela tenta abrir a geladeira novamente, mas só consegue fazer isso depois de exercer uma força mais intensa do que a habitual.

A dificuldade extra para reabrir a geladeira ocorre porque o(a)

- a) volume de ar dentro da geladeira diminuiu.
- b) motor da geladeira está funcionando com potência máxima.
- c) força exercida pelo ímã fixado na porta da geladeira aumenta.
- d) pressão no interior da geladeira está abaixo da pressão externa.
- e) temperatura no interior da geladeira é inferior ao valor existente antes de ela ser aberta.

Ondas eletromagnéticas

As ondas eletromagnéticas estão presentes no nosso cotidiano menos que muitas das vezes não percebemos, no momento em que utilizamos celular para encaminhar uma mensagem ou conectar em alguma ligação é validada como as ondas de rádio. As propagações das ondas eletromagnética são presentes também, quando ligamos a televisão ou acessamos o wi-fi como até mesmo ir tomar um sol no fim de tarde, há luz visível os raios ultravioleta atingem onde são formas e conhecidas como ondas eletromagnética.

As ondas do eletromagnetismo tem características únicas, porque elas são formadas pelas oscilações Campos elétricas e magnéticas, onde esses campos se propagam no espaço sem necessidade por um meio material. Para se mover acontece nos casos das ondas sonoras isto é significativo para as ondas eletromagnéticas que podem viajar pelo vácuo. O importante é que se pararmos para pensar isso ocorre também como a luz do sol quando chega até a terra, exceto afirmar que ela move a velocidade da luz no vácuo.

A importância de estudar esse tema é que cada onda eletromagnética tem seu comprimento e sua frequência específica, para determinar as suas propriedades. Por exemplo: as ondas do rádio tem o comprimento de ondas longas e sua frequência baixa já as ondas de aparelho dos raios x tem um comprimento curto e sua frequência é alta.

Portanto, para compreender o comportamento das ondas eletromagnéticas é preciso, pois elas são característica base da tecnologia de micro-ondas, sensores infravermelhos e entre outros. As ondas eletromagnéticas são grandezas variáveis formadas no campo elétrico e magnético as suas propagações está relacionado no vácuo que pode ser

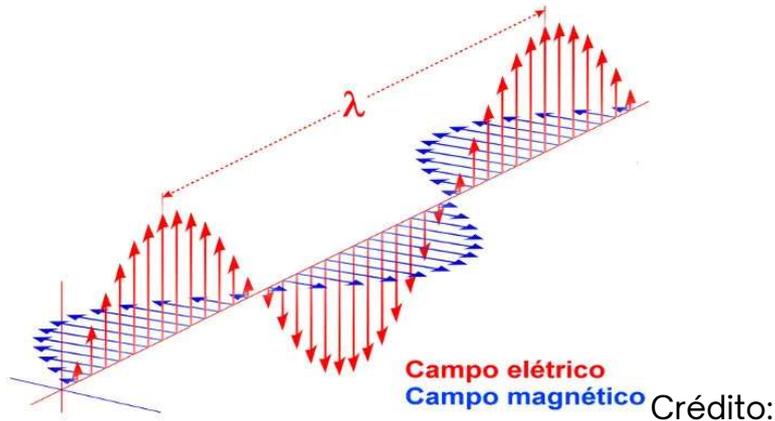
observado em ondas eletromagnéticas no calor da irradiação e a sua propagação pode ser notada pela matéria também por meio de condução e convecção.

Além disso, vamos notar como as ondas podem ser classificadas de acordo com sua natureza, pode ser mecânica, eletromagnética e gravitacional. Então a grandeza de natureza de acordo com sua direção de propagação é definida como unidimensional, bidimensional ou tridimensional quando a direção for de vibração definimos de longitude ou transversal.

Como são formadas as ondas eletromagnéticas?

As ondas eletromagnéticas são formadas por campo elétrico e magnético onde as ondas consistem em oscilações perpendiculares que se propagam pelo espaço e definido também que a direção da propagação da onda faz ângulo de 90° relevantes aos vetores do campo elétrico e magnético.

Além disso, interessante é que o ângulo formado entre a perturbação e a direção proporcionando definir que as ondas eletromagnéticas são características transversais. Então todas as ondas podem transferir energia entre diferentes pontos no espaço, com isso, fazem com que as ondas não se deslocar da matéria, já que não possuem a capacidade de transportá-la.



<https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/2020/02/onda-eletromagnetica.jpg>

Observando a imagem podemos definir as natureza características da onda pelo:

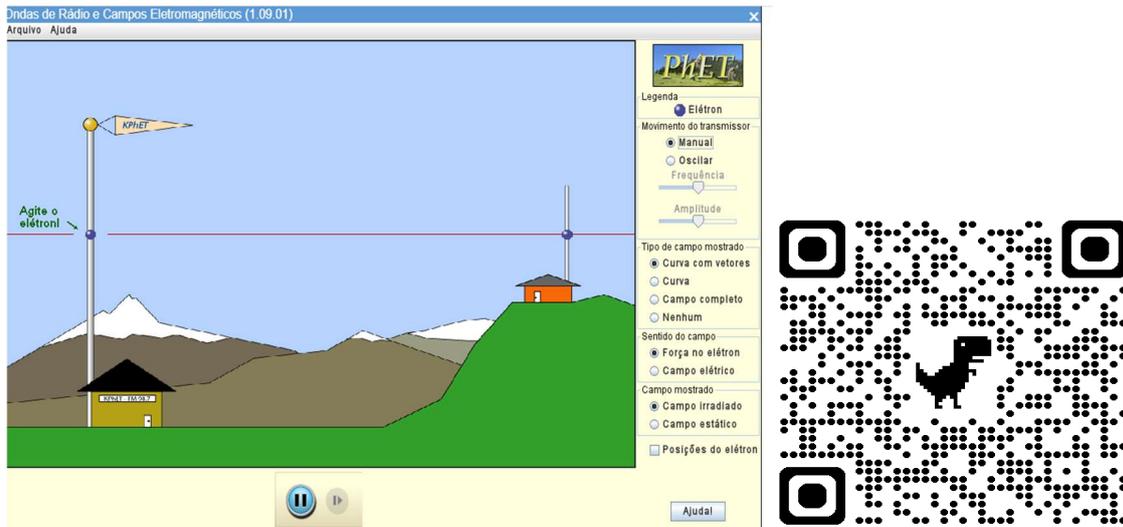
Comprimento de onda; velocidade de propagação, amplitude e frequência. Quando há uma alteração no fenômeno ondulatório pode acontecer tais situações como: reflexão; refração; difração e interferência.

Definição das características das ondas eletromagnética são

- Comprimento de onda:
- Velocidade de propagação:
- Amplitude:
- Frequência:

Para compreender melhor sobre as características das ondas de forma visual, podemos facilitar com esse recurso didático lúdico, como ferramenta de aprendizado o simulador (PHET).

Para acessar, basta escanear o qr code ao lado da imagem.



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

Comprimento de onda

Definimos o comprimento de onda pela distância entre dois pontos sucessivos em fase de uma onda, por exemplo, entre dois picos ou dois vales consecutivos. Nas ondas eletromagnéticas, notamos o comprimento de onda está relacionado à ação da onda: quanto menor o comprimento de onda, maior a energia da radiação. O comprimento da onda é representada por essa letra em grego λ (lambda), e a medidas em metros (m).

Velocidade de propagação

A velocidade de propagação da onda eletromagnética constitui-se como ela se desloca no espaço, exemplo, no vácuo, todas as ondas eletromagnéticas se propagam à velocidade da luz. A velocidade de propagação pode variar dependendo do meio em que a onda está viajando.

Amplitude

Definimos a amplitude de uma onda pela representação da altura da onda, dizemos que o valor máximo da oscilação do campo magnético e

elétrico em relação a sua posição de equilíbrio, ou seja, ela está interligada com a intensidade da onda. Então quando maior for a amplitude, a energia transportada pela onda vai ser maior.

Frequência

A frequência é definida pelo número de oscilações que uma onda completa em um segundo. As ondas são medidas em hertz (Hz), onde 1 Hz equivale a um ciclo por segundo. A frequência está inversamente relacionada ao comprimento de onda. Afirma que quando a onda tem um comprimento menor, resulta que a frequência seja maior pelas ondas eletromagnéticas onde a frequência é determinada pela radiação.

Agora vamos conhecer os tipos de ondas eletromagnéticas



Crédito:

<https://static.mundoeducacao.uol.com.br/mundoeducacao/2020/05/espectro-eletromagnetico.jpg>

Espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético é a demonstração completa de todas as frequências possíveis de radiação eletromagnética, distinguindo desde ondas de rádio, por possuir baixa frequência e longo comprimento da onda, mostrando até radiações de alta frequência, como raios X e raios gama. Interessante que cada onda possui suas próprias aplicações e

características distintas, exemplo o espectro nos mostra pelas ondas de rádio, luz visível e o raios x.

Ondas de rádio

Nas ondas de rádio podemos analisar que o seu comprimento de onda é maior, isso resulta que sua frequência é baixa, então esse tipo de onda é vista hoje na utilização de televisão, celular e rádio.

Micro ondas

Comparando com o comprimento e a frequência do rádio, montamos que seu comprimento é menor mas a sua frequência é maior. Podemos observar pelas tecnologias presentes que estão, por exemplo: um radar e fornos de micro-ondas.

Infravermelho

Pela figura notamos que o infravermelho o seu comprimento é menor que o da luz visível, mas seu comprimento é maior, o infravermelho alguns seus materiais e encontrados nas fonte de radiação, Sistema de monocromador e espelhos, Células para amostra e referência, Detector, Computador. Sabendo que as ondas de infravermelho não estão no espectro visível, onde se pode observar a olho nu.

Luz visível

A luz visível é perceptível porque está incluso no espectro eletromagnetismo e pode ser percebido a olho nu. A sua variação de onda chega aproximadamente de 400 nm violeta a 700 nm de vermelho.

Ultravioleta

A ultravioleta está localizada logo acima do espectro da luz visível violeta, a sua capacidade de onda é conhecida como capaz de causar

queimaduras solares, ela é utilizada na produção de vitamina D e em investigações forenses.

Raios X

Raios x definimos que são ondas eletromagnéticas de frequências compreendidas entre 10^{17} Hz e 10^{19} Hz isso aproximadamente. A sua produção é feita em tubos de vácuo, onde os elétrons são submetidos a uma alta-tensão. Por causa do seu comprimento de onda reduzindo essa variação facilita que os raios x penetram ou atravessam com facilidades alguns tipos de matéria. Hoje é bem utilizado para exames utilizados na medicina para serem usados como diagnósticos.

Raios gama

Os raios gama são emitidos núcleos atômicos nas transformações radioativas naturais e nas reações atômicas nas reações nucleares. Raios gama também são um tipo de radiação eletromagnética de alta energia e frequência, situando-se no extremo do espectro eletromagnético, além dos raios-X.

Fórmulas das ondas eletromagnética

As ondas eletromagnéticas como visto possuem componentes elétricos e magnéticos e são perpendiculares entre si e a direção da propagação.

Fórmulas:

Maxwell fez desenvolvimento matemático para a teoria da onda eletromagnética que pode calcular a propagação da onda no vácuo.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

μ_0 : Permeabilidade magnética do vácuo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10 \frac{T}{m.A}$

ϵ_0 : permissividades elétrica no vácuo $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi K_0} 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m}$

K_0 : constante eletrostática, $k_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m}{C^2}$

PODEMOS DETERMINAR C, SENDO

$K_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m}{C^2}$

Para determinar as características das ondas usamos as seguinte fórmulas:

Comprimento, velocidade e frequência da onda:

$$c = \lambda f$$

Onde:

c e a velocidade da luz no vácuo;

λ (Lambda) O comprimento de onda;

f e a frequência da onda;

Para determinar a frequência utilizamos:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Para determinar o comprimento da onda:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

As quatro fórmulas matemática pela definições de Maxwell

Lei de Gauss

$$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

Esta equação define o campo elétrico que se distribui nas extremidades das cargas elétricas. A definição do ρ e a densidade da força elétrica, já ϵ_0 determina a permissividade na carga elétrica no vácuo.

LEI DE GAUSS PARA O CAMPO magnético

$$\nabla \times B = 0$$

Com esta definição da equação podemos afirmar que o monopólio magnético não está isolado. Sendo $\nabla \cdot B = 0$ determinamos se torna divergente zero, com isso significa que os campos magnéticos são fechados.

LEI da indução DE FARADAY

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

Esta equação define quando o campo magnético varia, então logo gera um campo elétrico, que é a principal base da indução eletromagnética.

Lei de ampère e Maxwell

$$\nabla \times B = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} + \mu_0 J$$

Equação de energia da onda eletromagnética

$$U = \epsilon_0 E^2 \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0}$$

Com essa fórmula matemática podemos verificar como a variação do campo elétrico sobre o tempo gera um campo magnético.

(INEP - 2019 - ENEM) Quando se considera a extrema velocidade com que a luz se espalha por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, [os raios luminosos] se atravessam uns aos

outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala atravessa o ar; pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. In: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- A) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
- B) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
- C) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
- D) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
- E) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

Radiação eletromagnética

DEFINIÇÃO

Ondas que se propagam no vácuo ou no ar com alta velocidade (velocidade da luz). Elas resultam da liberação das fontes de energia elétrica e magnética.

Elementos da onda

Cada tipo de onda se diferencia de acordo com sua:

FREQUÊNCIA: o número de oscilação;

COMPRIMENTO: distância entre as cristas

1. Radiação não ionizante

Radiações de baixa frequência e comprimento longo.

Várias utilidades no nosso dia a dia;

Pouca agitação, não "arranca" moléculas

2. Radiação ionizante

Radiações de alta frequência e comprimento curto. Radiação gama, por exemplo.

Provocam o desprendimento dos elétrons de átomos e moléculas.

Extremamente perigosas;

Maior frequência = maior dano

Radiação visível:

É sinônimo de luz.

Se localiza no espectro de radiação entre a radiação infravermelha e ultravioleta;



Luz visível

Luz: é produzida por corpos que estão com alta temperatura (como uma lâmpada) e pela reorganização dos elétrons em átomos e moléculas.

LUZ VISÍVEL: comprimento entre $\lambda = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ e $\lambda = 7 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

Única radiação que estimula a retina de forma com que enxerguemos alguma informação;

LUZ BRANCA = conjunto de todas as frequências desse espectro. "União de todas as cores"

LUZ PRETA: ausência de cor

Tipos de corpos

Luminosos: Emitem luz própria.

Translúcidos: São transparentes, ou seja, permitem que a luz atravesse por eles

Iluminados: Aqueles que, quando a luz passa sobre eles, ou ele reflete ou absorve a luz. Não tem luz própria.

CORES

Um corpo terá a cor que ele reflete quando a luz branca incide sobre ele. As outras cores (absorvidas por ele) não ficarão visíveis.

Quando um corpo reflete todas as cores, então ele será branco.

Quando um corpo absorve todas as cores, então ele será preto

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Óptica Geométrica

Trata da luz como raios que se propagam em linhas retas e se focam nas leis que governam o comportamento desses raios ao interagir com diferentes superfícies. Esse ramo não se preocupa com a natureza fundamental da luz.

Conceitos Fundamentais

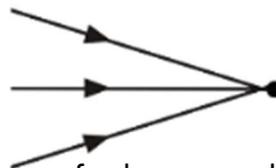
- Raio de Luz: Um raio de luz é uma linha imaginária que indica a trajetória e o sentido de propagação da luz. Matematicamente, podemos representar essa direção como um vetor:
- Pincel Luminoso: Um feixe de luz composto por vários raios.

Classificações:

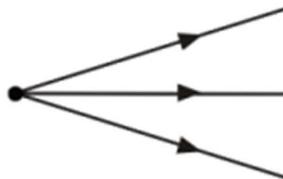
- Paralelo: Todos os raios de luz são paralelos:



- Convergente: Raios de luz se aproximam de um ponto específico:



- Divergente: Raios de luz se afastam a partir de um ponto:



Fontes de Luz

As fontes de luz podem ser classificadas de acordo com suas propriedades:

- Fontes Primárias: Emitentes de luz própria, convertendo outras formas de energia em luz. Exemplos incluem o Sol, a chama e lâmpadas acesas.
- Fontes Secundárias: Refletem a luz de outras fontes, como a Lua e os planetas, que dependem da luz do Sol.
- Fontes Puntiformes: Dimensões muito pequenas em comparação com a distância do observador, como o farol de um carro visto a quilômetros de distância ou estrelas.
- Fontes Extensas: Objetos grandes cujas dimensões não são desprezíveis, como uma lâmpada próxima.

Meios de Propagação da Luz

A luz pode se propagar em diferentes meios, classificados conforme sua interação com a luz:

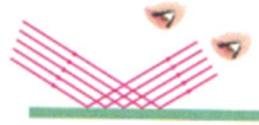
- Meios Transparentes: Permitem a passagem da luz com clareza, sem distorções. Exemplo: vidro limpo.
- Meios Translúcidos: Deixam a luz passar, mas de forma difusa, impossibilitando uma visão clara. Exemplo: vidro fosco.
- Meios Opacos: Bloqueiam totalmente a passagem da luz. Exemplo: madeira.

Fenômenos Ópticos

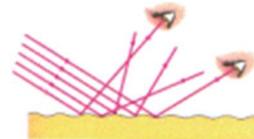
Reflexão da Luz

A reflexão ocorre quando a luz incide em uma superfície e retorna ao meio original. Existem dois tipos principais:

- Reflexão Regular: Acontece em superfícies lisas, onde os raios refletidos são paralelos:



- Reflexão Difusa: Ocorre em superfícies rugosas, onde os raios são refletidos em múltiplas direções:



A lei fundamental da reflexão é:

$$\theta_i = \theta_r$$

onde:

- θ_i é o ângulo de incidência.
- θ_r é o ângulo de reflexão.

Formação de Sombras e Penumbras

Quando um objeto opaco bloqueia a luz de uma fonte, ele cria uma sombra (região totalmente escura) e uma penumbra (região parcialmente iluminada). A formação dessas áreas depende da natureza da fonte de luz, sendo que fontes puntiformes geram sombras mais nítidas.

Espelhos Planos e Esféricos

Espelhos Planos

Os espelhos planos são superfícies planas e polidas que refletem a luz. As imagens formadas são simétricas em relação ao objeto e obedecem às seguintes leis:

1. Lei da Reflexão: O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.
2. Imagem Virtual: A imagem está localizada à mesma distância do espelho que o objeto, mas aparece invertida lateralmente.

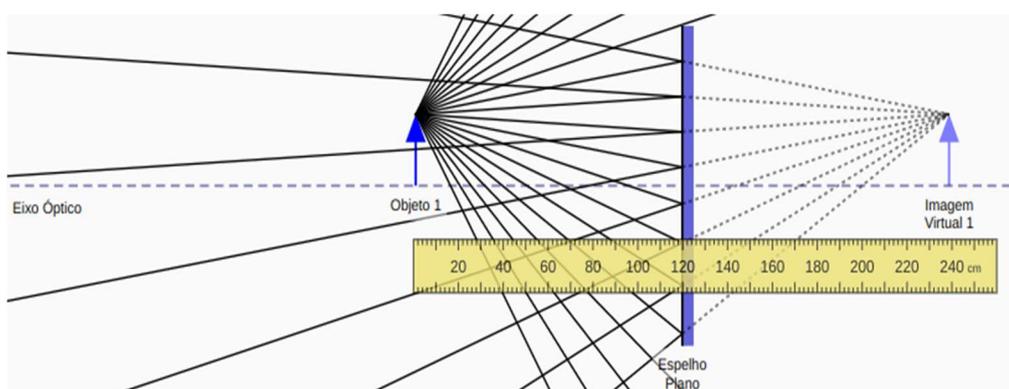
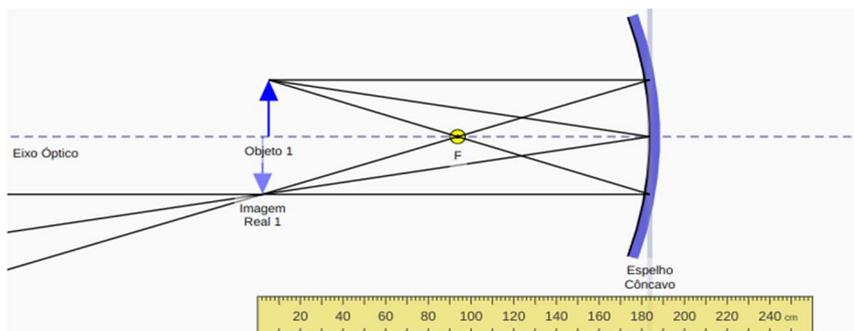


Figura - Reflexão regular da luz num espelho plano. Crédito: Captura de tela própria, 2024.

Espelhos Esféricos

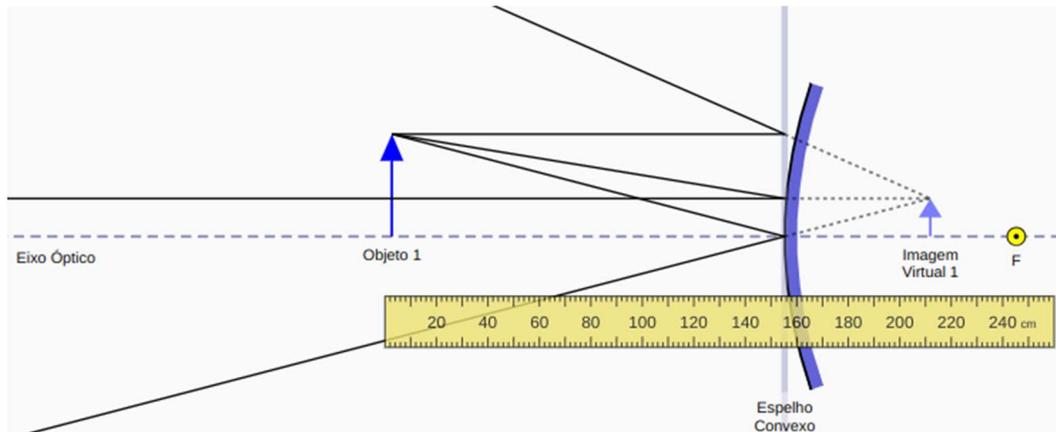
Os espelhos esféricos podem ser de dois tipos:

- Côncavos (convergentes): Focam a luz em um ponto, criando imagens reais e invertidas quando o objeto está fora do foco.



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

- Convexos (divergentes): Espalham a luz, formando imagens virtuais, menores e direitas.



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

Espelhos esféricos que obedecem às condições de estigmatismo de Gauss, a distância focal (f) é a metade da distância entre o vértice (V) e centro de curvatura (C). Ou seja:

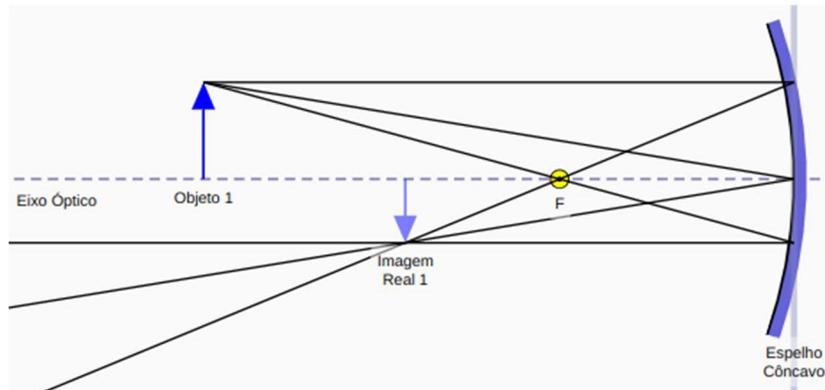
$$f = \frac{CV}{2} = \frac{R}{2}$$

Características Das Imagens Formadas Em Espelho Esférico

A imagem formada nos espelhos esféricos pode ser real ou virtual, direita ou invertida e maior ou menor que o objeto.

Nos espelhos côncavos, temos:

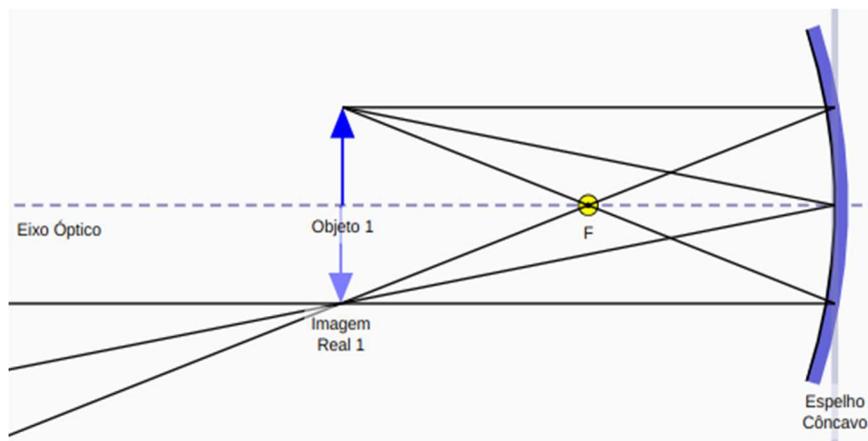
a) Objeto antes do centro de curvatura:



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

A imagem é: real (formada pelos raios de luz), invertida e menor que o objeto.

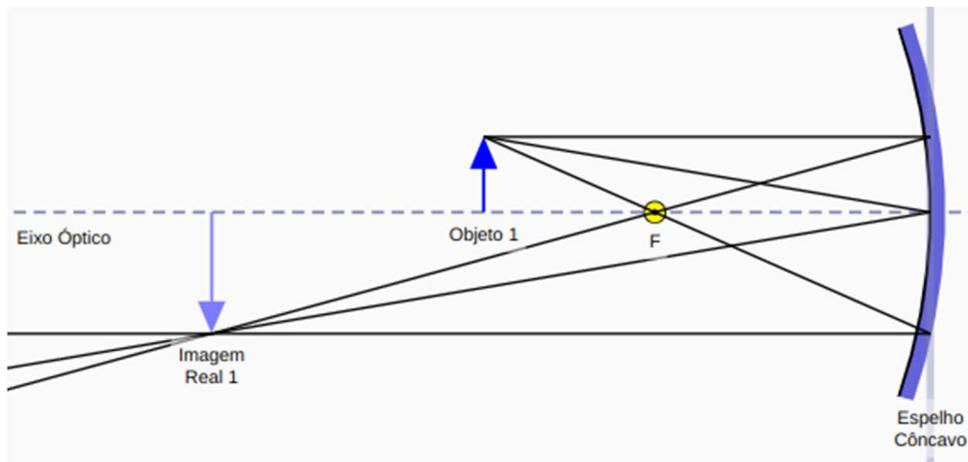
b) Objeto sobre o centro de curvatura:



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

A imagem é real (formada pelos raios de luz), invertida e do mesmo tamanho que o objeto.

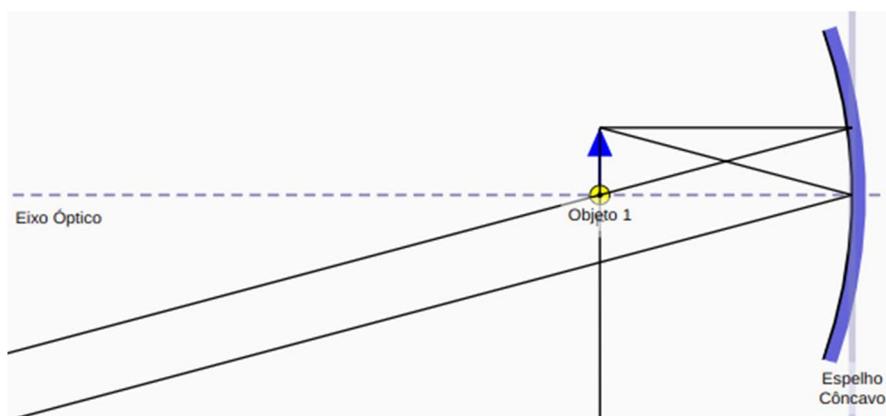
d) Objeto entre o centro de curvatura e o foco:



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

A imagem é real (formada pelos raios de luz), invertida e maior do que o objeto.

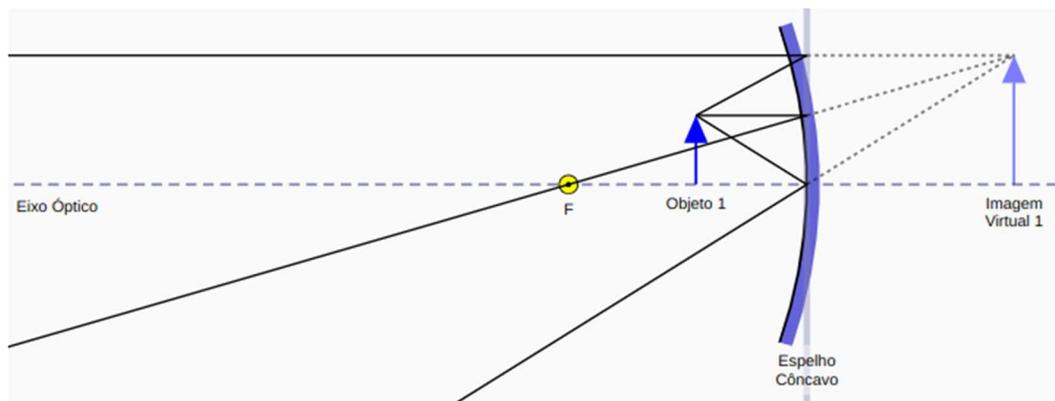
d) Objeto no foco:



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

Raios de luz saem paralelamente e a “imagem” é chamada de imprópria.

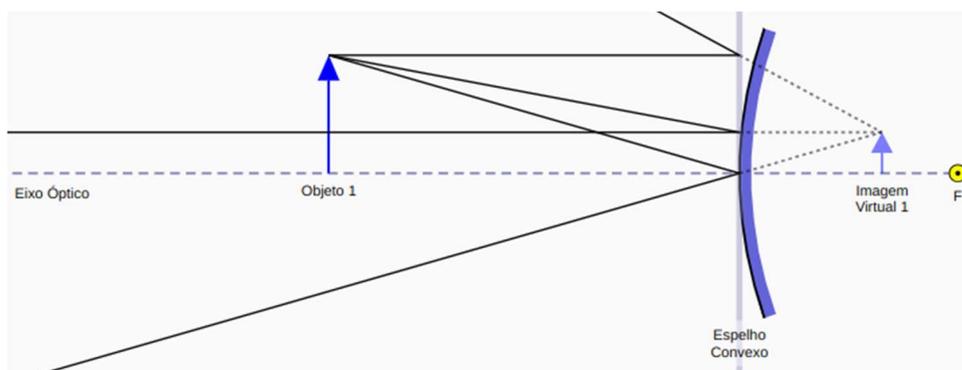
e) Objeto entre o foco e o vértice:



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

A imagem é virtual (formada pelos prolongamentos dos raios), direita e maior que o objeto.

Nos espelhos convexos:



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

A imagem é virtual (formada pelos prolongamentos dos raios de luz), direita e menor que o objeto.

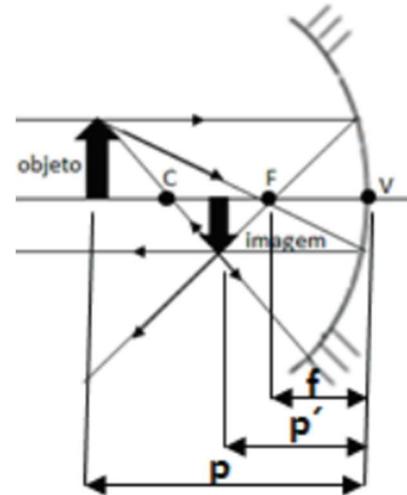
A Equação De Conjugação De Gauss

A equação dos espelhos é dada por:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

onde:

- f é a distância focal.
- p é a distância do objeto ao espelho.
- p' é a distância da imagem ao espelho.



Crédito: Elaboração própria, 2024.

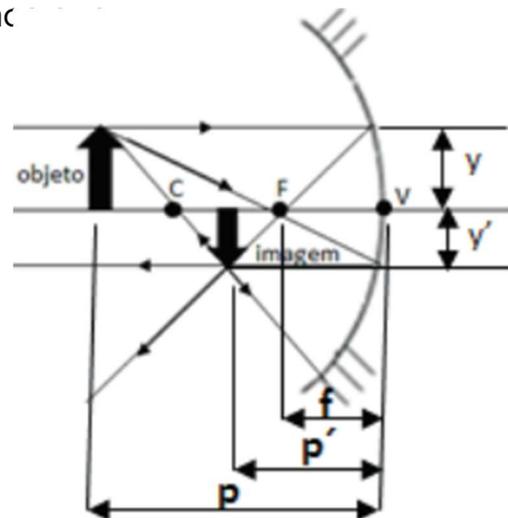
A Equação Do Aumento Linear Transversal

No estudo da representação da conjugação de imagens por espelhos esféricos, vimos que a altura da imagem pode ser igual, maior ou menor que a do objeto. Considerando y , a altura do objeto, y' a altura da imagem e A , o aumento linear transversal da imagem, temos:

$$A = - \frac{y'}{y}$$

ou

$$A = - \frac{p'}{p}$$



Obs.: com relação à equação acima, perceba que:

a) Quando p e p' têm o mesmo sinal, $A < 0$, o que indica que a imagem é invertida em relação ao objeto.

b) Quando p e p' têm sinais opostos, temos $A > 0$, o que indica que a imagem é direita em relação ao objeto.

Refração da Luz

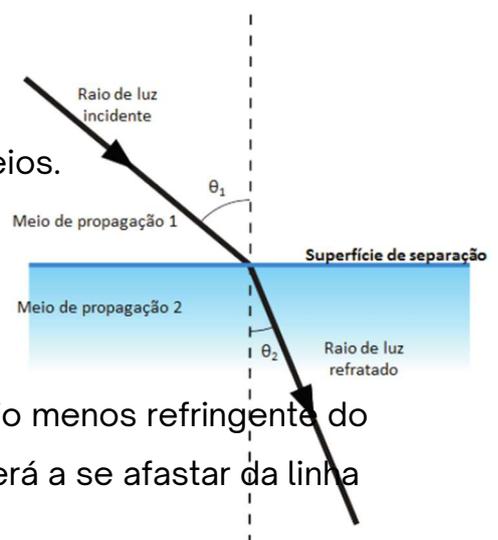
A refração é o desvio da luz quando ela passa de um meio para outro com densidade diferente. A equação que rege esse fenômeno é a Lei de Snell-Descartes:

$$n_1 \cdot \sin(\theta_1) = n_2 \cdot \sin(\theta_2)$$

onde:

- n_1 e n_2 são os índices de refração dos meios.
- θ_1 é o ângulo de incidência.
- θ_2 é o ângulo de refração.

Se o raio luminoso passa a se propagar num meio menos refringente do que aquele no qual estava se propagando, tenderá a se afastar da linha normal à superfície.



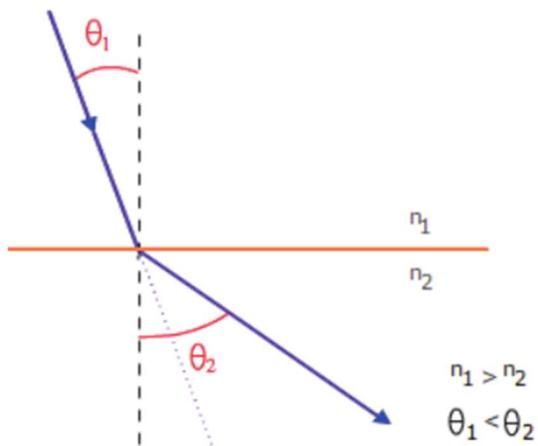


Figura – Raio de luz propagando-se de um meio menos refringente para um meio mais refringente. Crédito: Elaboração, 2024.

Ao mudar de meio, a luz altera sua velocidade de propagação. O índice de refração quantifica essa mudança. Dessa forma, temos:

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

sendo c a velocidade da luz no vácuo e v a velocidade da luz para um comprimento de onda específico num certo meio, cujo índice de refração é n .

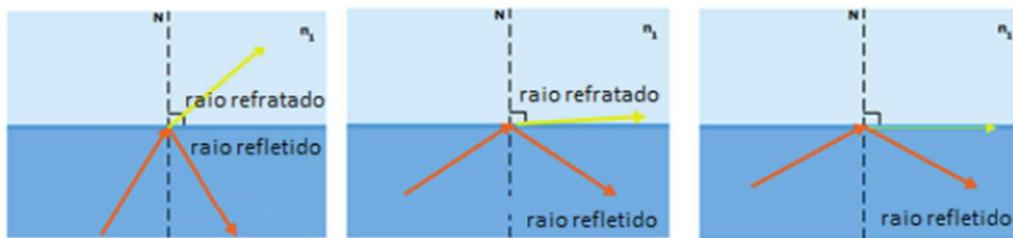
Por definição, o índice de refração da luz no vácuo é considerado como sendo igual a 1, que é praticamente aquele obtido para o ar: 1,00029 (temperatura de 15°C e 1 atm de pressão). De fato, tratamos o índice de refração de um material de forma relativa, comparando-o com o do vácuo (ou ar), ou seja, quantas vezes o seu índice de refração é maior do que aquele do vácuo e, portanto, uma grandeza adimensional, que é derivado da expressão:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Reflexão Total

Os fenômenos de reflexão e refração podem ocorrer conjuntamente. Entretanto, existe uma situação limite em que, aparentemente, não há refração, apenas reflexão. É o caso no qual o ângulo de incidência atinge um valor limite.

O ângulo de incidência atinge um valor limite quando um raio de luz, ao passar a se propagar de um meio mais refringente, n_2 , para um meio menos refringente, n_1 ($n_2 > n_1$), tem seu ângulo de refração igual a 90° . Nesse caso, parece não existir refração, pois o raio refratado se encontra paralelo à superfície de separação dos meios:



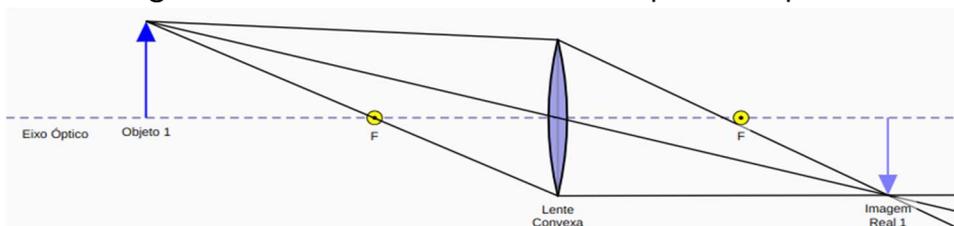
Crédito: Domínio público, 2024.

A partir desse ângulo limite, ou seja, quando o ângulo de incidência for maior do que o ângulo limite, só há ocorrência da reflexão e não mais refração. Nesse caso, dizemos que acontece uma reflexão total.

Lentes Esféricas

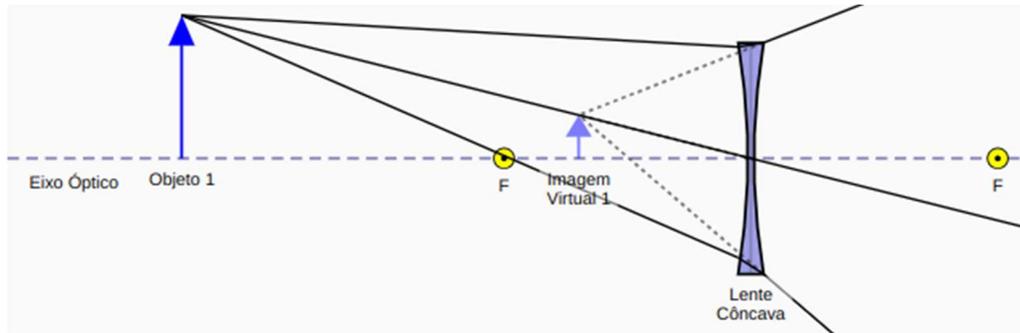
Lentes são materiais que refratam a luz, sendo classificadas como:

- Convergentes: Desviam os raios de luz para um ponto focal.



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

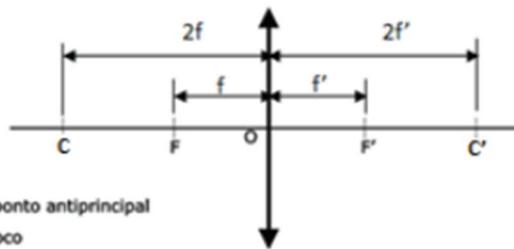
- Divergentes: Espalham os raios de luz para longe do eixo principal.



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

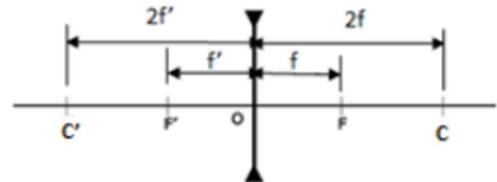
Focos de uma lente esférica

Lentes Convergentes



C - ponto antiprincipal
F - foco
O - centro óptico
f - distância focal

Lentes Divergentes



C - ponto antiprincipal
F - foco
O - centro óptico
f - distância focal

Crédito: Elaboração, 2024.

A equação das lentes delgadas é similar à dos espelhos:

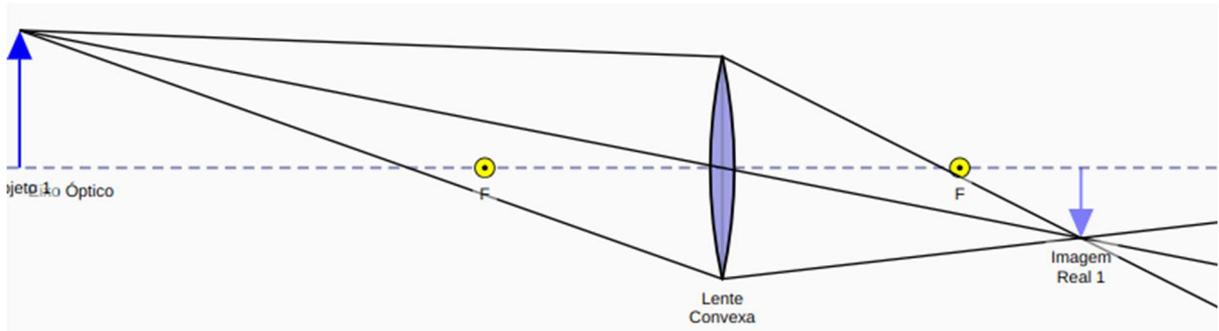
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

Características Das Imagens Formadas Por Lentes Esféricas

As imagens formadas nas lentes esféricas podem ser reais ou virtuais, direitas ou invertidas e maiores ou menores que o objeto.

Nas lentes esféricas convergentes:

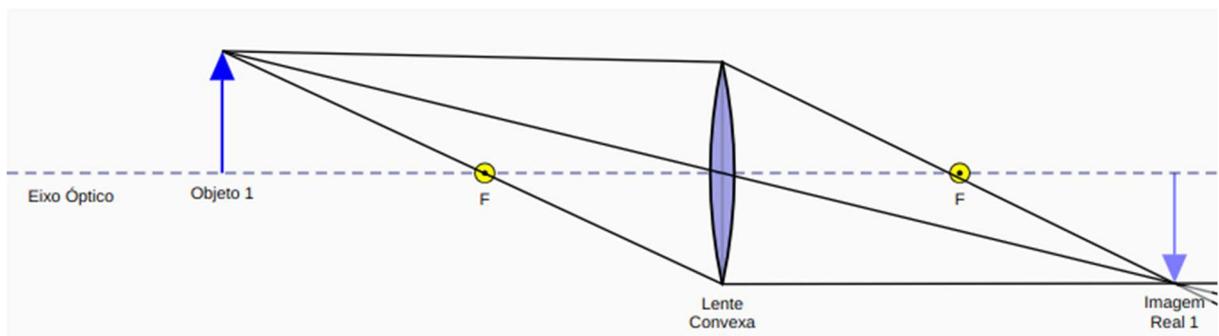
a) Quando o objeto é colocado à esquerda do ponto antiprincipal objeto:



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

A imagem é real, invertida e menor que o objeto.

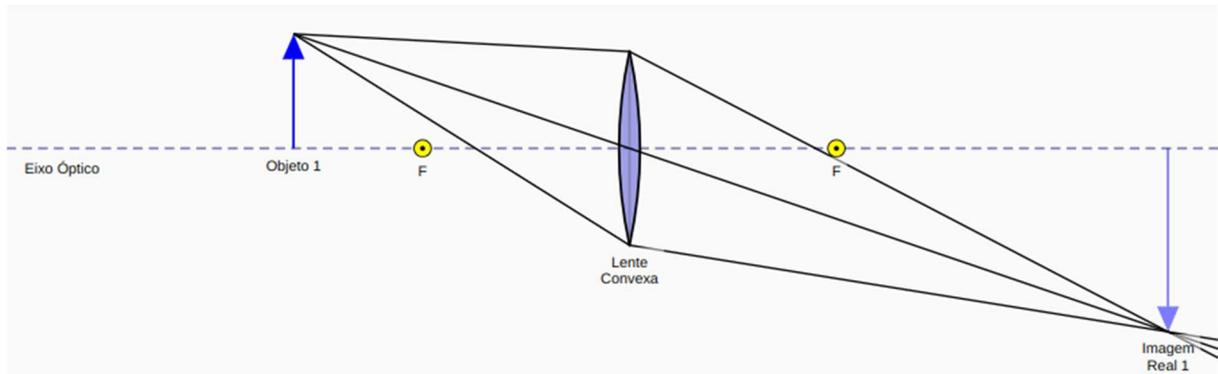
b) Quando o objeto é colocado sobre o ponto antiprincipal objeto:



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

A imagem é real, invertida e do mesmo tamanho que o objeto.

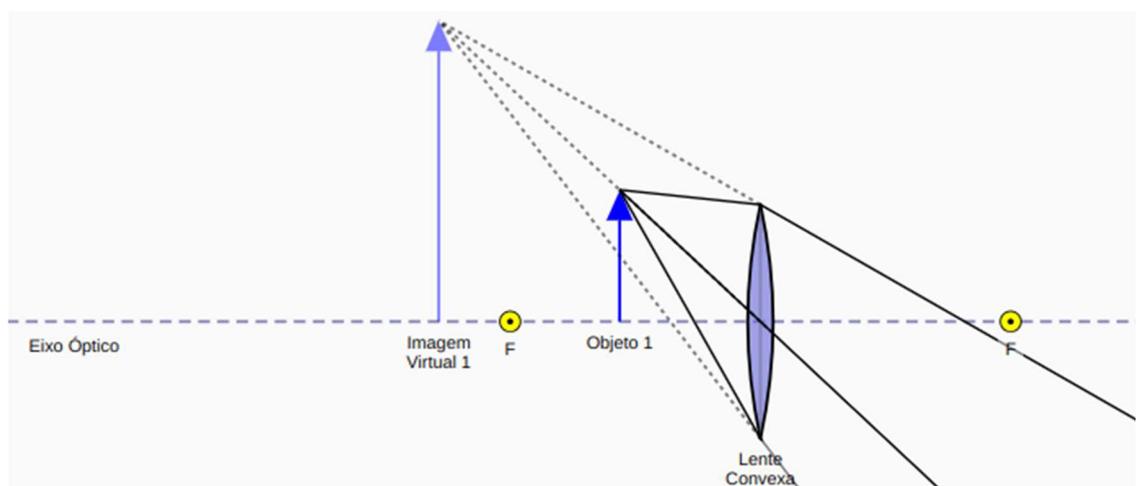
c) Quando o objeto está entre o ponto antiprincipal objeto e o foco:



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

A imagem é real, invertida e maior que o objeto.

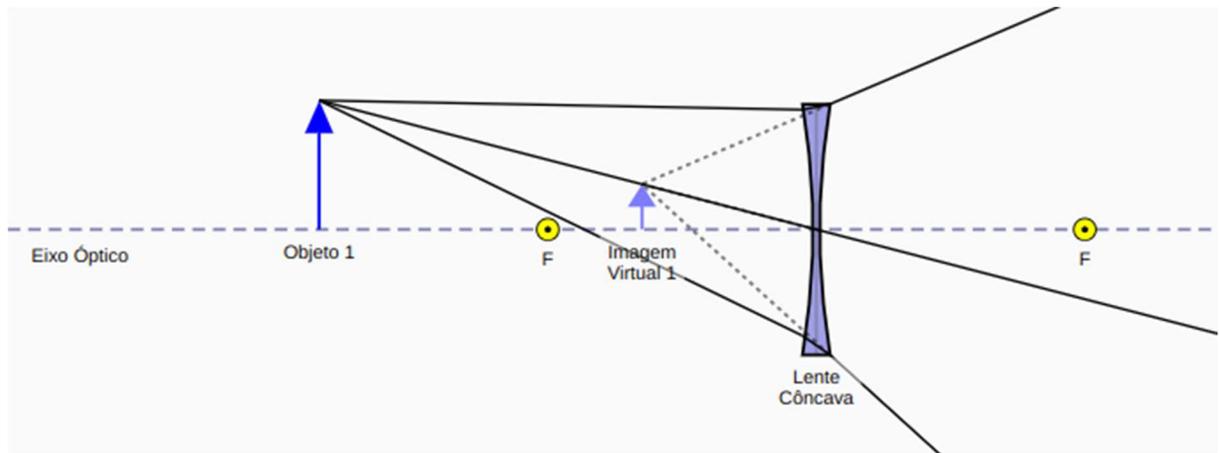
d) Quando o objeto está à direita do foco objeto:



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

A imagem é virtual, direita e maior que o objeto.

Nas lentes esféricas divergentes, qualquer que seja a posição do objeto, sua imagem será sempre virtual, direita e menor que o objeto.



Crédito: Elaboração Captura de tela própria, 2024.

Aumento Linear Transversal

Definimos como aumento linear transversal a relação

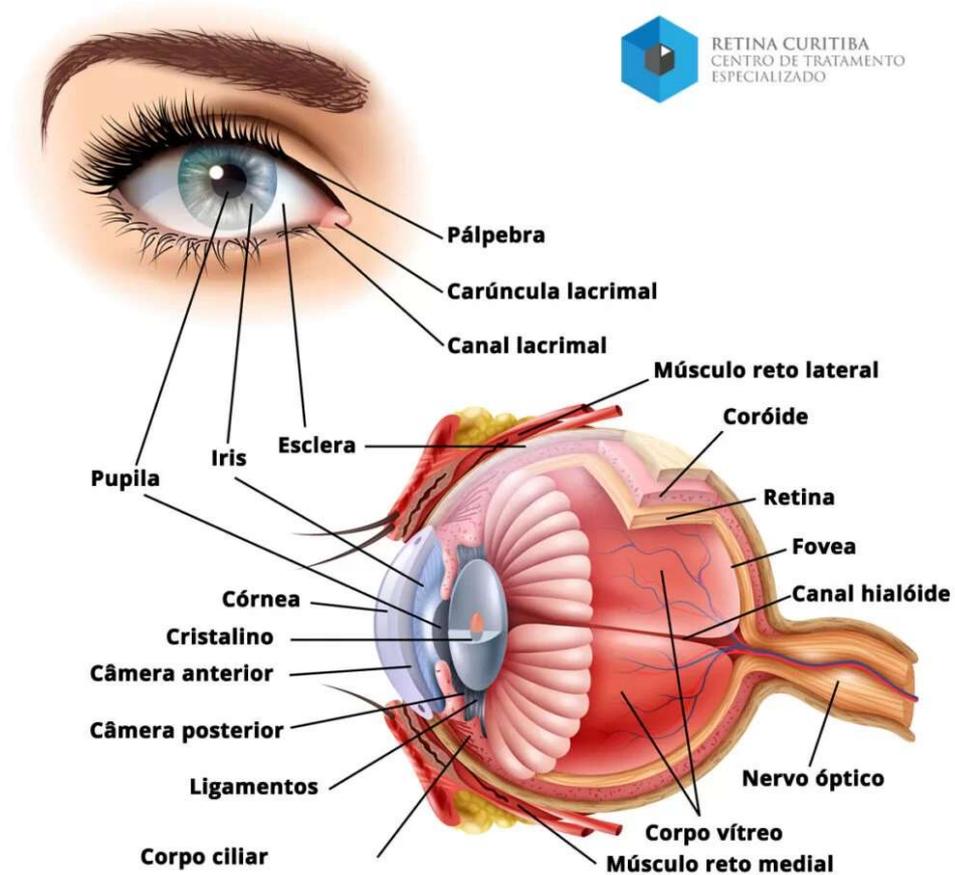
$$A = - \frac{y'}{y}$$

ou

$$A = - \frac{p}{p'}$$

sendo que y é a altura do objeto de abscissa p , e y' a altura da imagem de abscissa p' . Lembre-se do referencial adotado: o eixo y tem sentido positivo para cima; objetos e imagens direitos são positivos e objetos e imagens invertidos são negativos.

O Olho Humano E Os Defeitos Da Visão



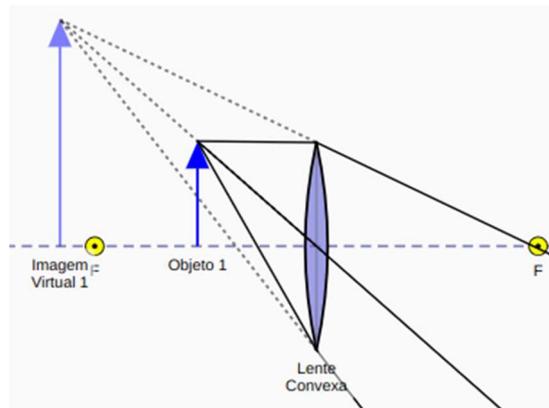
Alguns problemas comuns na visão são:

- **Miopia:** O globo ocular é mais longo, e a imagem é focada antes da retina. Corrigido com lentes divergentes.
- **Hipermetropia:** O globo ocular é curto, e a imagem é formada depois da retina. Corrigido com lentes convergentes.
- **Astigmatismo:** Superfícies de curvatura irregular causam múltiplos focos. Corrigido com lentes cilíndricas.

Instrumentos Ópticos

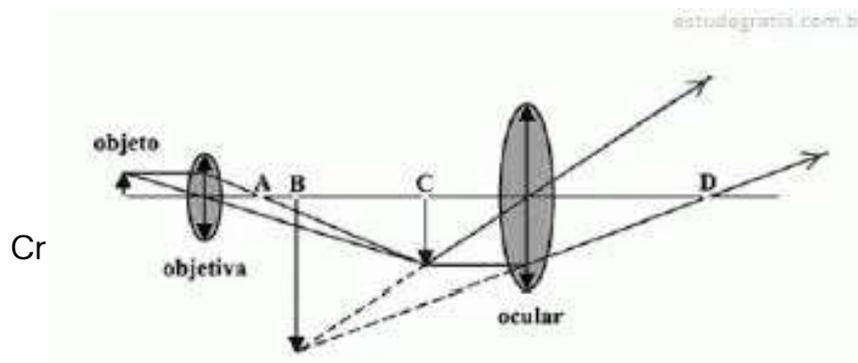
Microscópios e Telescópios

- Microscópio Simples (Lupa): Usa uma lente convergente para ampliar imagens de objetos próximos. O objeto deve ser colocado entre o foco e o centro óptico da lente, como está indicado na figura a seguir:



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

- Microscópio Composto: Combina duas lentes para ampliar ainda mais as imagens, usando uma objetiva e uma ocular.

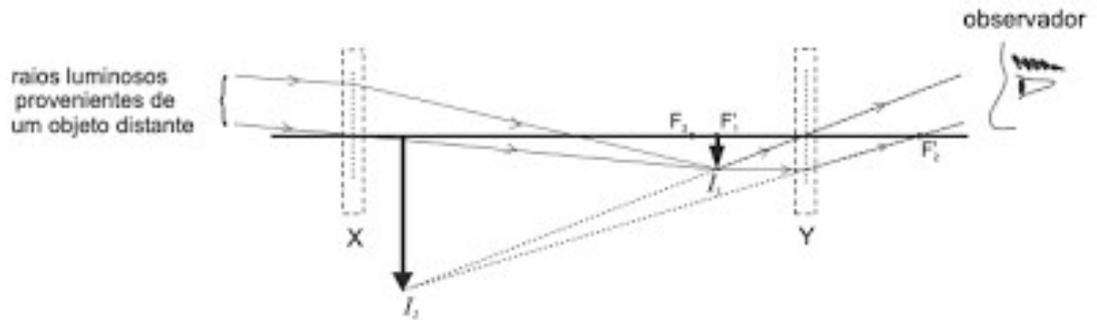


Crédito: Domínio público.

A equação para calcular o aumento de um microscópio composto é:

$$A_{\text{microscópio}} = \frac{d \cdot L}{f_{\text{ocular}} \cdot f_{\text{objetiva}}}$$

- Telescópio Refrator: Utiliza duas lentes convergentes para visualizar objetos distantes. O telescópio refrator utiliza duas lentes convergentes: uma objetiva e outra ocular. Veja, na figura a seguir, que a imagem é virtual, invertida e maior que o objeto.



Crédito: Domínio público, 2024.

Sendo f_{ocular} e f_{objetiva} as distâncias focais das lentes ocular e objetiva, respectivamente, a equação que possibilita a determinação do aumento proporcionado pelo telescópio é

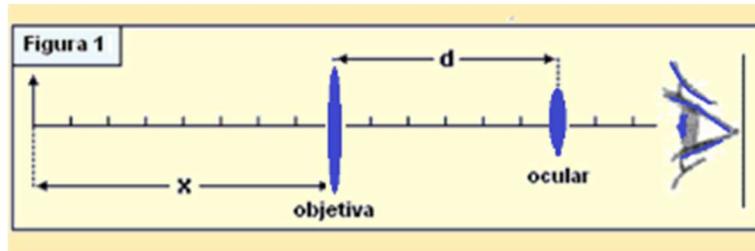
$$A_{\text{telescópio}} = - \frac{f_{\text{ocular}}}{f_{\text{objetiva}}}$$

Conclusão

O estudo detalhado da óptica geométrica e física é fundamental para entender como a luz interage com diferentes materiais e como aplicamos esse conhecimento em instrumentos tecnológicos, como câmeras, microscópios e telescópios. Esses princípios são a base para avanços significativos em áreas que vão desde a física até a engenharia e a biologia.

Exercícios Resolvidos

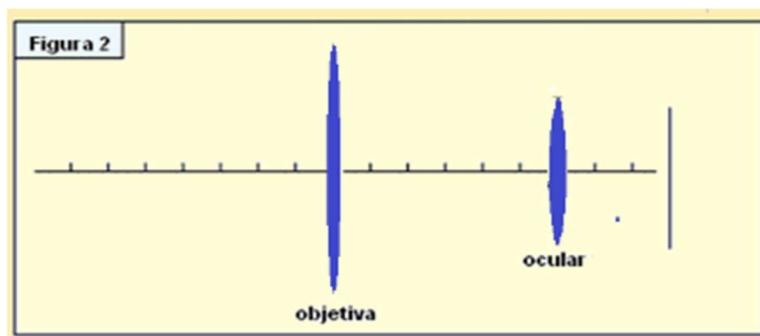
1. Uma pequena luneta consiste em uma lente objetiva convergente de distância focal $f_{obj} = 35$ cm e uma lente ocular divergente de distância focal $f_{oc} = -5,0$ cm. As duas lentes estão separadas por uma distância $d = 30$ cm, como ilustrado na Figura 1.



Crédito: Elaboração própria, 2024.

Um objeto é colocado sobre o eixo óptico da luneta, à esquerda da objetiva, a uma distância x da mesma.

- a) Calcule a posição da imagem final desse objeto, medida em relação ao centro da lente ocular, quando $x = 40$ cm.
- b) Considere um feixe de raios paralelos de luz incidente na objetiva. Complete o diagrama de raios, na Figura 2, representando suas trajetórias no interior da luneta e indicando claramente a direção em que emergem da ocular (a figura foi ampliada na direção transversal ao eixo óptico da luneta para facilitar seu desenho).



Crédito: Elaboração própria, 2024.

Resolução:

a) Localizando a imagem P' formada pela objetiva

Dado que o objeto está a $P=40$ cm da objetiva e a distância focal é $f_{objetiva}=35$ cm, aplicamos a equação dos pontos conjugados:

$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= \frac{1}{P} + \frac{1}{P'} \\ \frac{1}{35} &= \frac{1}{40} + \frac{1}{P'} \\ \frac{1}{P'} &= \frac{1}{35} - \frac{1}{40} = \frac{8-7}{280} = \frac{1}{280}\end{aligned}$$

Portanto, $P' = 280$ cm, que é a distância da objetiva até i_1 , conforme ilustrado na figura com i_1 localizado através dos dois raios notáveis traçados.

Localização da imagem i_2 formada pela ocular

Considerando que i_1 é o objeto para a ocular:

- Distância do objeto i_1 até a ocular: $P=250$ cm
- Distância focal da ocular: $f_{ocular}=-5$ cm

Aplicamos a equação dos pontos conjugados de Gauss:

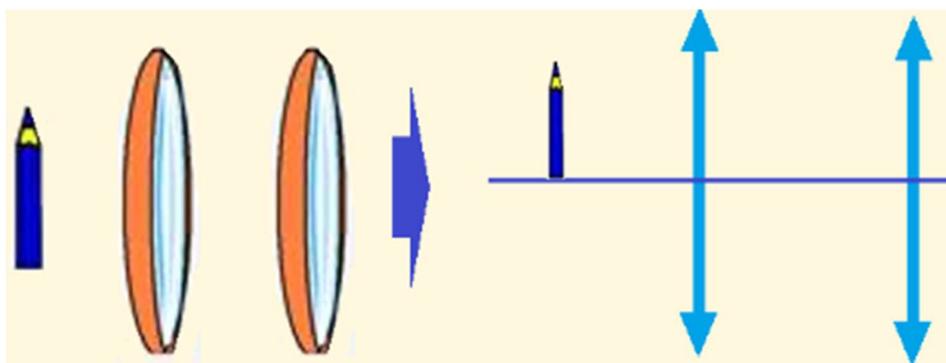
$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= \frac{1}{P} + \frac{1}{P'} \\ \frac{1}{-5} &= \frac{1}{250} + \frac{1}{P'}\end{aligned}$$

$$\text{Portanto, } P' = -4,9 \frac{1}{P'} = -\frac{1}{5} - \frac{1}{250} = \frac{-50-1}{250} = \frac{-51}{250} \text{ ar.}$$

b) Comportamento dos raios de luz

Os raios que incidem paralelamente ao eixo da lente objetiva emergem em direção ao foco da lente ocular e, ao sair da ocular, tornam-se paralelos ao eixo principal das lentes.

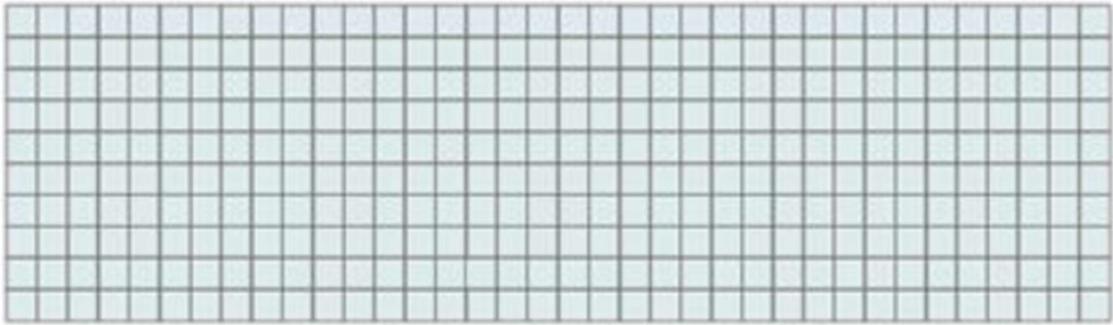
02. A figura a seguir é a representação esquemática de um sistema óptico formado por duas lentes convergentes, separadas por 50 cm. As distâncias focais das lentes 1 e 2 são, respectivamente, 10 cm e 15 cm.



Crédito: Elaboração própria, 2024.

Um lápis com 4 cm de comprimento é posicionado a 15 cm da lente 1. Com base nesses dados:

- Determine a posição da imagem formada pelo sistema de lentes.
- Determine o tamanho da imagem formada pelo sistema. Ela é direita ou invertida em relação ao objeto? Justifique sua resposta.
- Empregando a representação de raios, faça um desenho em escala, mostrando a localização e o tamanho da imagem formada pelo sistema. Utilize a escala 10 para 1, ou seja, cada 10 cm no sistema real correspondem a 1 cm no seu desenho (cada quadrícula tem 0,5 cm de lado).



Crédito: Elaboração própria, 2024.

Resolução:

a) Posição da imagem formada pela lente 1

- Distância focal da lente 1: $f_1 = 10$ cm
- Distância focal da lente 2: $f_2 = 15$ cm
- Distância entre as lentes: $d = 50$ cm
- Distância do objeto à lente 1: $p_1 = 15$ cm
-

Aplicamos a equação dos pontos conjugados:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{P} + \frac{1}{P'}$$

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{15} + \frac{1}{P'_1}$$

$$P'_1 = 30 \text{ cm}$$

A primeira imagem é real e forma-se a 30 cm à direita da lente 1.

b) Tamanho da imagem final

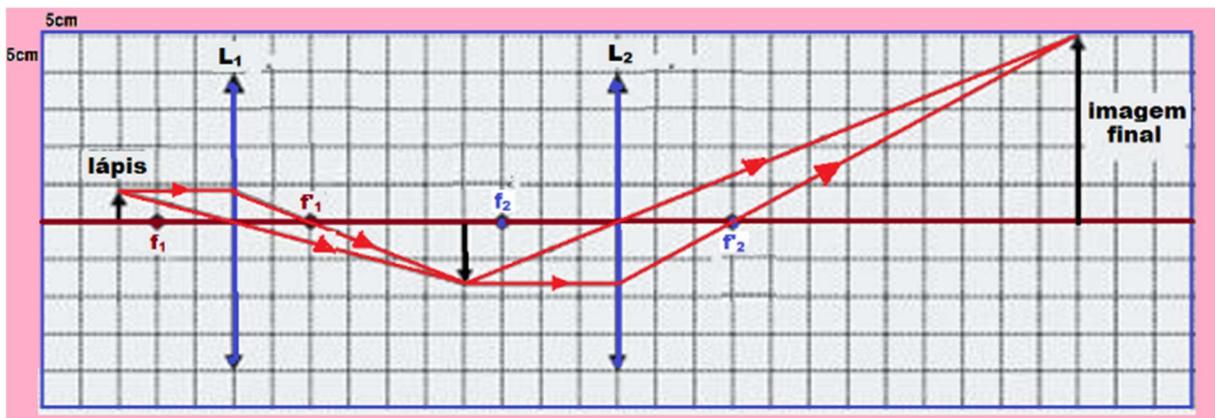
O aumento fornecido pelo sistema é:

$$A = \frac{P'_1}{P_1} \times \frac{P'_2}{P_2}$$

$$A = \frac{30}{15} \times \frac{60}{20} = +6$$

A imagem final é direita e 6 vezes maior que o objeto, com tamanho de $h'_2 = 24 \text{ cm}$.

c)



Crédito: Elaboração própria, 2024.

3. Um microscópio composto é formado por duas lentes convergentes: a objetiva e a ocular. Quando o objeto é colocado a 1 cm da objetiva, a imagem final observada é 100 vezes maior que o objeto e está a 50 cm da lente ocular.

Se a ampliação devido à lente objetiva é de 20 vezes, determine a distância D , em centímetros.

Resolução:

Cálculo da ampliação fornecida pela objetiva*

- Distância do objeto à objetiva: $P = 1 \text{ cm}$

- Ampliação da objetiva: $A_{objetiva} = -20$ (imagem invertida)

$$A_{objetiva} = -\frac{P'}{P}$$

$$-20 = -\frac{P'}{1} \implies P' = 20 \text{ cm}$$

A distância pedida é: $D = 20 + 10 = 30 \text{ cm}$.

Exercícios

Em 2002, um mecânico da cidade mineira de Uberaba (MG) teve uma ideia para economizar o consumo de energia elétrica e iluminar a própria casa num dia de sol. Para isso, ele utilizou garrafas plásticas PET com água e cloro, conforme ilustram as figuras. Cada garrafa foi fixada ao telhado de sua casa em um buraco com diâmetro igual ao da garrafa, muito maior que o comprimento de onda da luz. Nos últimos dois anos, sua ideia já alcançou diversas partes do mundo e deve atingir a marca de 1 milhão de casas utilizando a “luz engarrafada”.



ZOBEL, G. Brasileiro inventor de “luz engarrafada” tem ideia espalhada pelo mundo. Disponível em: www.bbc.com. Acesso em: 23 jun. 2022 (adaptado).

Que fenômeno óptico explica o funcionamento da “luz engarrafada”?

- A) Difração.
- B) Absorção.
- C) Polarização.
- D) Reflexão.
- E) Refração.

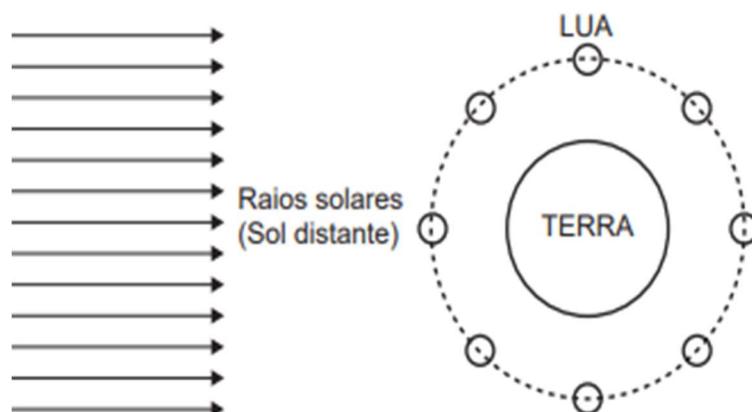
(INEP - 2021 - ENEM) Alguns cinemas apresentam uma tecnologia em que as imagens dos filmes parecem tridimensionais, baseada na utilização de óculos 3D. Após atravessar cada lente dos óculos, as ondas luminosas, que

compõem as imagens do filme, emergem vibrando apenas na direção vertical ou apenas na direção horizontal.

Com base nessas informações, o funcionamento dos óculos 3D ocorre por meio do fenômeno ondulatório de

- A) Difração.
- B) Dispersão.
- C) Reflexão.
- D) Refração.
- E) Polarização.

(INEP - 2019 - ENEM) A figura mostra, de forma esquemática, uma representação comum em diversos livros e textos sobre eclipses. Apenas analisando essa figura, um estudante pode concluir que os eclipses podem ocorrer duas vezes a cada volta completa da Lua em torno da Terra. Apesar de a figura levar a essa percepção, algumas informações adicionais são necessárias para se concluir que nem o eclipse solar, nem o lunar ocorrem com tal periodicidade.



Crédito: Domínio público.

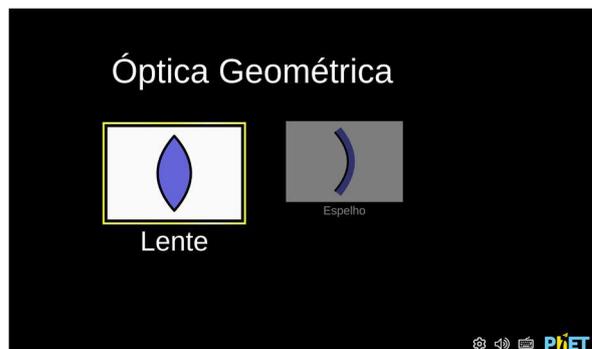
A periodicidade dos eclipses ser diferente da possível percepção do estudante ocorre em razão de

- A) eclipses noturnos serem imperceptíveis da Terra.
- B) planos das órbitas da Terra e da Lua serem diferentes.
- C) distância entre a Terra e a Lua variar ao longo da órbita.
- D) eclipses serem visíveis apenas em parte da superfície da Terra.
- E) o Sol ser uma fonte de luz extensa comparado ao tamanho da lua.

Para entender mais:

Explore a simulação “Óptica Geométrica” do site PhET interactive simulations através do link ou do QRcode abaixo e faça as atividades propostas a seguir:

https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_all.html?locale=pt_BR



Crédito: Captura de tela própria, 2024.

Atividade de Simulação

Objetivos de Aprendizagem: Estamos aprendendo a entender a natureza das imagens formadas por espelhos curvos e os diagramas de raios que podem ser usados para localizar imagens.

- Inicie a simulação e selecione: Espelho
- Configure a simulação:
 - Escolha a opção FLECHA
 - Ative Raios PRINCIPAIS
 - Ajuste o Raio de Curvatura para 150 cm
 - Use as réguas
 - Ative Pontos de Foco, Imagem Virtual e Rótulos

Descrevendo Imagens:

1. Qual é o tipo de espelho mostrado na simulação inicialmente? Como você sabe?
2. Mova o objeto mais próximo do ponto focal, mas não o ultrapasse. Discuta as características gerais da imagem (SALT — Tamanho, Atitude, Localização, Tipo) e como elas mudam conforme você move o objeto para mais perto.
3. Mova o objeto além do foco e mais próximo do espelho. Discuta as características gerais da imagem (SALT — Tamanho, Atitude, Localização, Tipo) e como elas mudam conforme você move o objeto para mais perto.

Desenhando e Medindo:

Ative os RAIOS PRINCIPAIS para ajudá-lo a selecionar DOIS raios para desenhar para cada caso abaixo!

4.a) Mova o objeto para trás até ver a imagem diretamente abaixo do objeto. Desenhe DOIS raios (com uma régua) que ajudem a localizar a imagem. Meça e complete a tabela:

Onde o objeto está localizado neste caso? _____

b) Mova o objeto para a localização aproximada conforme mostrado. Desenhe DOIS raios (com uma régua) que ajudem a localizar a imagem. Meça e complete a tabela:

Onde o objeto está localizado neste caso? _____

c) Mova o objeto para a localização aproximada conforme mostrado. Desenhe DOIS raios (com uma régua) que ajudem a localizar a imagem. Meça e complete a tabela:

Onde o objeto está localizado neste caso? _____

d) Mova o objeto para a localização aproximada conforme mostrado. Desenhe DOIS raios (com uma régua) que ajudem a localizar a imagem. Meça e complete a tabela:

Onde o objeto está localizado neste caso? _____

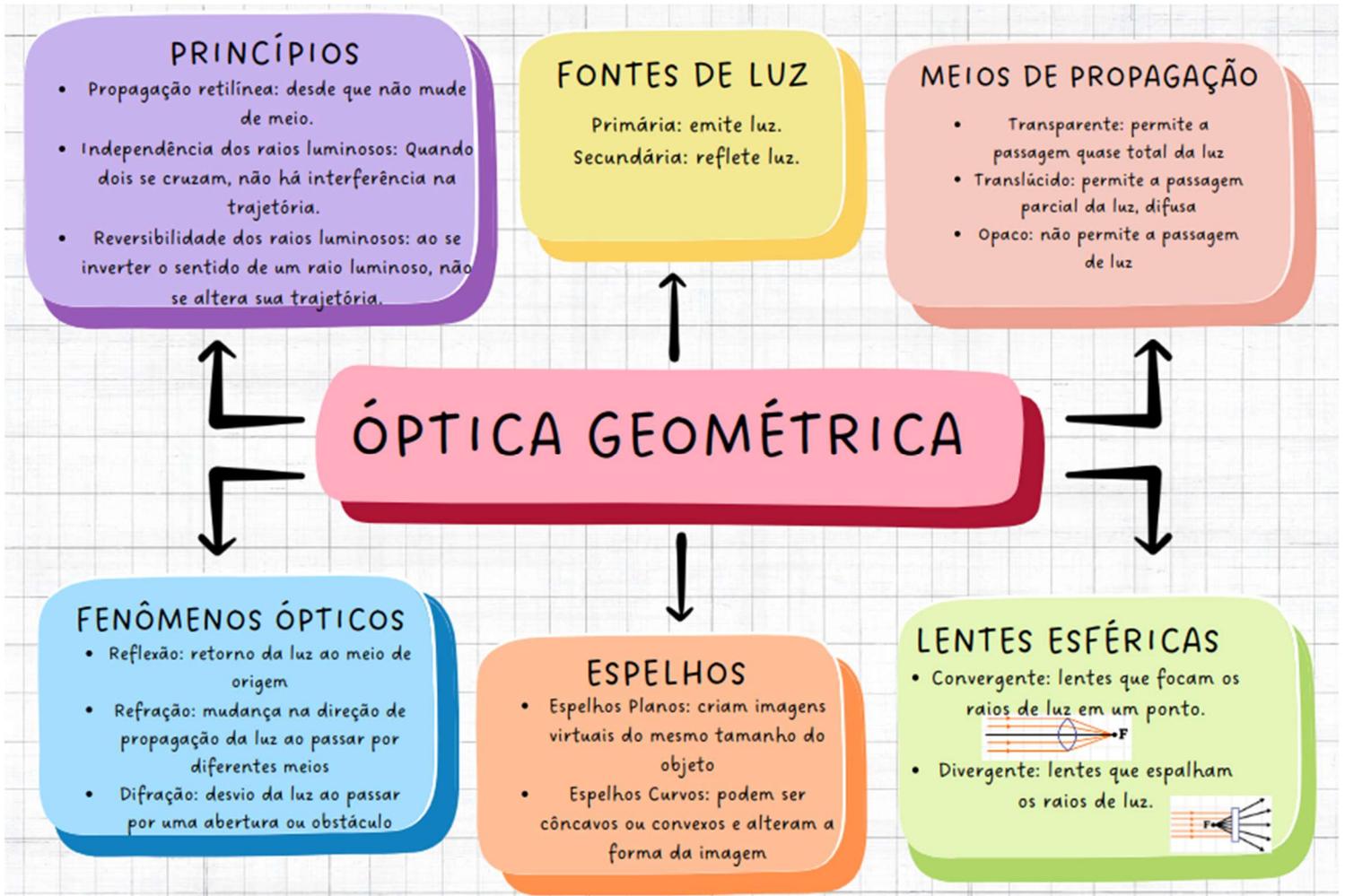
Exploração de Espelho Convexo

5. Arraste a seta até que ela apareça como mostrado e esteja localizada a 120 cm do espelho (use a régua para medir!). Localize a imagem usando 2 raios e confirme seu diagrama com a simulação.

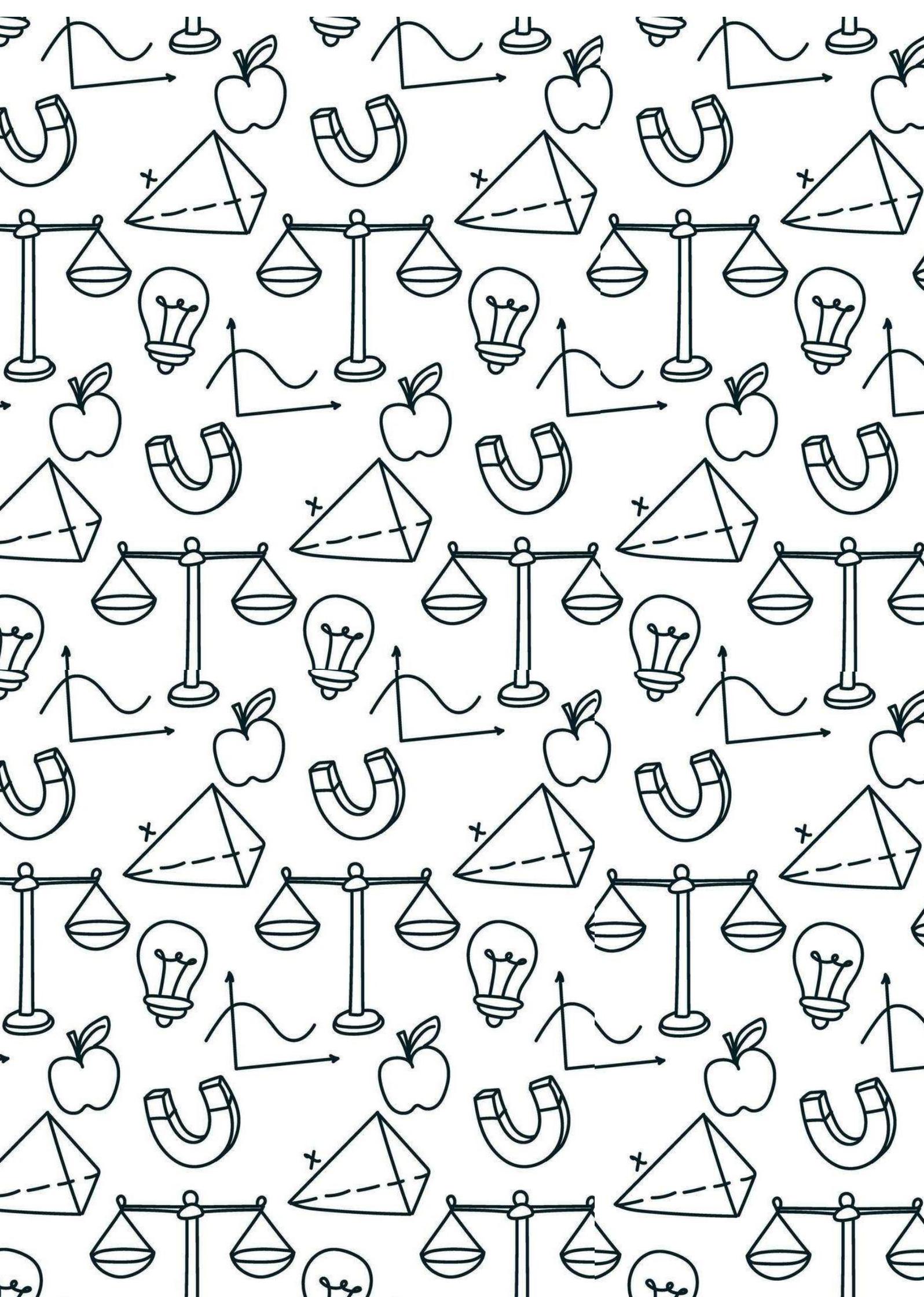
Exploração de Espelho Convexo

Mude para o Espelho Convexo como mostrado. Coloque o objeto a 80,0 cm do espelho. Desenhe DOIS raios para localizar a imagem e complete a tabela.

Mapa mental



Crédito: Elaboração própria.





EDITORA
UEMASUL

A Física está presente em tudo ao nosso redor: no movimento dos planetas, na propagação do som, no funcionamento dos circuitos elétricos e até mesmo na forma como interagimos com o mundo. Entender seus princípios não apenas amplia nossa percepção da realidade, mas também nos dá ferramentas para resolver problemas e inovar.

A **Apostila de Física – Coleção Educação Transforma** foi desenvolvida para auxiliar os estudantes do cursinho popular da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) na compreensão dos conceitos fundamentais da Física, preparando-os para vestibulares e exames como o ENEM e o PAES. Com uma abordagem didática e acessível, este material combina teoria, exercícios práticos e simulações interativas PhET, tornando o aprendizado mais dinâmico e envolvente.

