João Paulo de Menezes

F10

Física 10.ª Classe



$R = \frac{U}{I}$

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

$\Delta S = \frac{at^2}{2}$

$v = \lambda \cdot f$

Pelo ADOPTADO MINEDH

Texto Editores

Scanned by CamScanner

f i c h a t é c n i c a

título	**F10 • Física 10.ª Classe**
autor	**João Paulo de Menezes**
coordenação	**Stella Morgadinho**
editor	**Texto Editores, Lda. – Moçambique**
capa	**DércioSimango**
ilustrações	**Imídio Mahumane**
arranjo gráfico	**Texto Editores, Lda. – Moçambique**
paginação	**Arlindo Pais Uamusse e Belmiro Fernando**
pré-impressão	**Texto Editores, Lda. – Moçambique**
impressão e acabamentos	**Texto Editores**

Texto Editores

Av. Para o Palmar Q. 35, n.º 141A • Sommerchield II • Maputo • Moçambique
Tel: (+258) 21 49 73 04
Fax: (+258) 21 49 73 05
Cels: (+258) 82 326 1460 • (+258) 84 326 1460
E-mail: info@me.co.mz

© 2008, Texto Editores, Lda.

Reservados todos os direitos. É proibida a reprodução desta obra por qualquer meio (fotocópia, offset, fotografia, etc.) sem o consentimento escrito da Editora, abrangendo esta proibição o texto, a ilustração e o arranjo gráfico. A violação destas regras será passível de procedimento judicial, de acordo com o estipulado no Código do Direito de Autor. D.L. 4 de 27 de Fevereiro de 2001.

MAPUTO, JANEIRO DE 2017 • 2.ª EDIÇÃO • 2.ª TIRAGEM • REGISTADO NO INLD SOB O NÚMERO: 5875/RLINLD/08

Scanned by CamScanner

João Paulo Menezes



Física 10.ª Classe

ESCOLA SECUNDÁRIA DE NAMPULA

Texto Editores

Scanned by CamScanner

Prefácio

Ao aceitar escrever este livro, o meu único objectivo foi o de contribuir de forma directa na melhoria do processo Ensino-Aprendizagem no nosso país.

Ensinar não é uma tarefa fácil e, ensinar Física com qualidade, torna-se um desiderato muito mais árduo, pois a Ciência «Física», requer um enorme conjunto de pressupostos para que os professores possam levar a bom porto a sua nobre tarefa.

Foi com a consciência dessas dificuldades que decidi escrever esta obra virada para os alunos, tentando de maneira simples e com uma linguagem acessível, incutir-lhes o gosto pela ciência e pela investigação científica.

Este livro é composto pelas quatro unidades didácticas previstas no programa de ensino da disciplina, nomeadamente:

Unidade 1 – Corrente eléctrica

Unidade 2 – Oscilações e Ondas Mecânicas

Unidade 3 – Electromagnetismo

Unidade 4 – Movimento Uniformemente Acelerado

Ao longo de todo o livro poderão encontrar exemplos do dia a dia que ilustram alguns dos mais importantes fenómenos físicos que ocorrem na Natureza, bem como, actividades experimentais realizáveis com materiais de fácil acesso e baixo custo, que permitirão ao aluno ganhar a motivação necessária para o auto-estudo, uma das permissas para garantir o sucesso do processo «ensino aprendizagem».

Há medida que a matéria a estudar é exposta, intercalam-se vários exercícios resolvidos, para serem analisados de forma a facilitar a compreensão dos temas em destaque, permitindo assim, que o aluno possa resolver de forma independente ou com o auxílio do seu professor, uma enorme panóplia de exercícios, escalonados por grau de dificuldade. No fim do livro, são apresentadas as soluções de todos os exercícios.

Na parte reservada aos anexos, dei prioridade ao Sistema Internacional de Unidades, pois os meus quase 30 anos de experiência como professor de Física, dizem-me que aí reside um dos grandes «calca-nhar de Aquiles» dos alunos.

É evidente que esta não é, nem pretende ser uma obra acabada, pois ao contrário do que muitos pensam, a Física não é uma ciência acabada, mas sim, uma ciência dinâmica e excitante, pelo que qualquer sugestão para a sua melhoria será sempre bem-vinda.

O autor

Scanned by CamScanner

EduSkills
MOÇAMBIQUE

Biblioteca Digital EduSkills

Livros, exames e materiais de apoio para estudar melhor



100% Gratuito

Livros Escolares	Exames Escolares	Exames de Admissão	Exames Resolvidos
CLIQUE AQUI	CLIQUE AQUI	CLIQUE AQUI	CLIQUE AQUI

Estude onde estiver.
Aprenda no seu ritmo.
Construa o seu futuro.

A Biblioteca Digital **EduSkills** é o seu companheiro de estudo para alcançar melhores resultados e realizar sonhos.

ACEDER À BIBLIOTECA

www.eduskills.co.mz

CONFIANÇA
Segurança, credibilidade e compromisso.

EDUCAÇÃO
Conhecimento que transforma vidas.

MOÇAMBIQUE
Orgulho de ser moçambicano, foco no nosso país.

INOVAÇÃO
Tecnologia e educação caminhando juntas.

Índice

Unidade 1: Corrente eléctrica

Corrente eléctrica 6
Noção de carga eléctrica 6
Como um corpo neutro fica electrizado 8
Leis qualitativas das interacções eléctricas 8
Processos de electrização de um corpo neutro 9
Pêndulo eléctrico 12
Electroscópio de Folha 13
Exercícios propostos 16
Campo eléctrico 18
Noção de corrente eléctrica 20
Exercícios propostos 30
Factores de que depende a resistência de um condutor metálico 31
Exercícios propostos 34
Lei de Ohm 35
Trabalho realizado pela corrente eléctrica: lei de Joule/Lenz 36
Exercícios propostos 39
Associação de resistências 40
Exercícios propostos 46

Unidade 2: Ondas mecânicas

Oscilações mecânicas 50
Características das oscilações mecânicas 50
Transformações de energia numa oscilação mecânica 52
Gráfico de uma oscilação 53
Pêndulo gravítico simples 53
Pêndulo elástico 55
Tipos de oscilações 56
Exercícios propostos 59
Ondas mecânicas 64
Produção de ondas mecânicas 64
Classificação das ondas 66
Características das ondas 67
Exercícios propostos 70

Unidade 3: Electromagnetismo

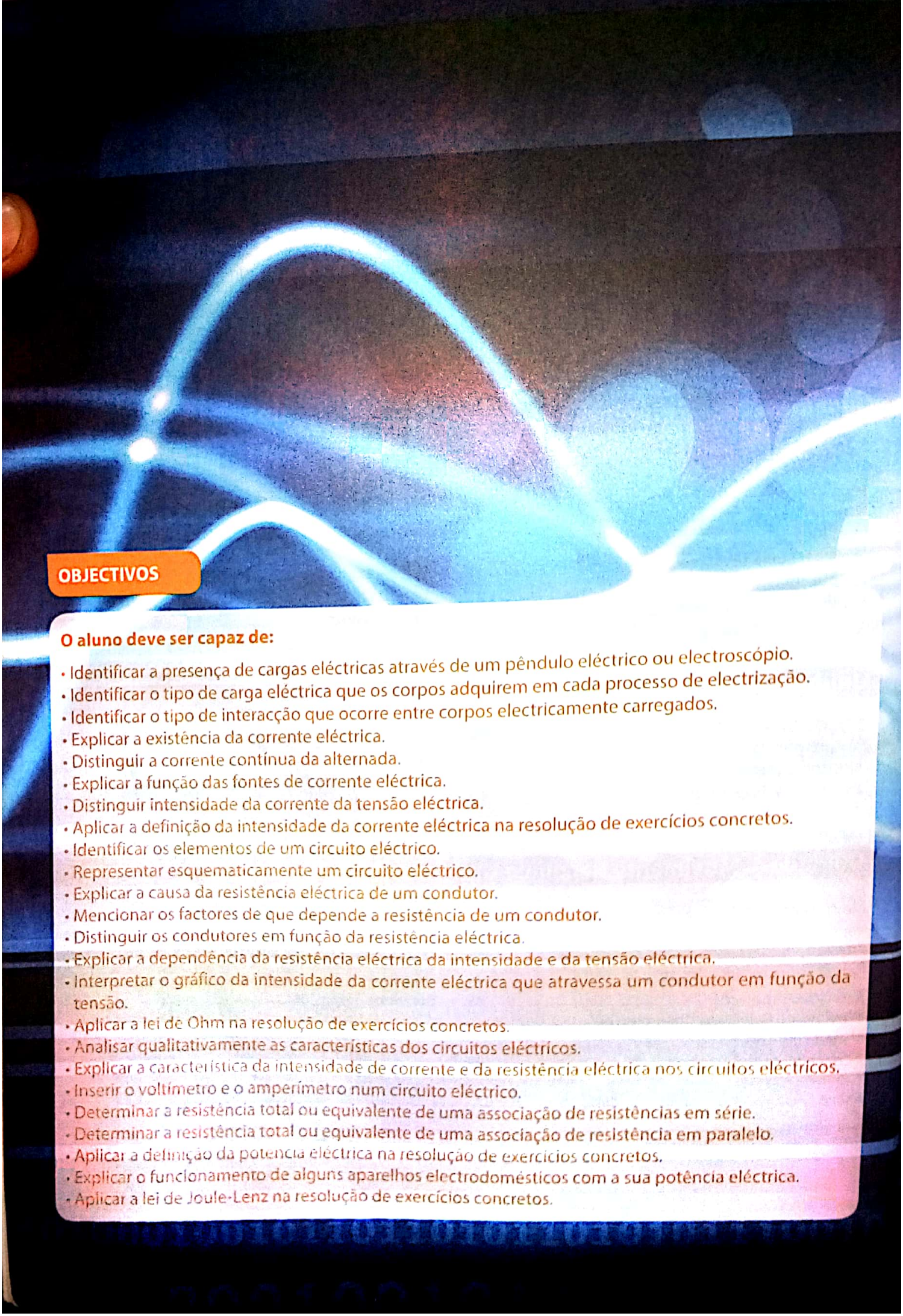
Magnetismo: ímanes naturais e artificiais 76
Magnetismo terrestre 78
Electromagnetismo 82
Experiência de Oersted 82
Sentido do desvio da agulha magnética 83
Electroíman 84
Exercícios propostos 86

Unidade 4: Movimento Rectilínio Uniformemente Variado

Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV) 92
Revisão de alguns conceitos cinemáticos 92
Movimento Rectilíneo Uniforme (MRU) 94
Exercícios propostos 96
Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV) 97
Conceito de aceleração (*a*) 98
Lei e gráfico da aceleração do MRUV 98
Lei e gráfico da velocidade do MRUV 99
Lei e gráfico do espaço do MRUV 99
Movimento de queda livre 100
Exercícios propostos 102

Anexo 106
Soluções 109
Bibliografia 112

Scanned by CamScanner



OBJECTIVOS

O aluno deve ser capaz de:

- Identificar a presença de cargas eléctricas através de um pêndulo eléctrico ou electroscópio.
- Identificar o tipo de carga eléctrica que os corpos adquirem em cada processo de electrização.
- Identificar o tipo de interacção que ocorre entre corpos electricamente carregados.
- Explicar a existência da corrente eléctrica.
- Distinguir a corrente contínua da alternada.
- Explicar a função das fontes de corrente eléctrica.
- Distinguir intensidade da corrente da tensão eléctrica.
- Aplicar a definição da intensidade da corrente eléctrica na resolução de exercícios concretos.
- Identificar os elementos de um circuito eléctrico.
- Representar esquematicamente um circuito eléctrico.
- Explicar a causa da resistência eléctrica de um condutor.
- Mencionar os factores de que depende a resistência de um condutor.
- Distinguir os condutores em função da resistência eléctrica.
- Explicar a dependência da resistência eléctrica da intensidade e da tensão eléctrica.
- Interpretar o gráfico da intensidade da corrente eléctrica que atravessa um condutor em função da tensão.
- Aplicar a lei de Ohm na resolução de exercícios concretos.
- Analisar qualitativamente as características dos circuitos eléctricos.
- Explicar a característica da intensidade de corrente e da resistência eléctrica nos circuitos eléctricos.
- Inserir o voltímetro e o amperímetro num circuito eléctrico.
- Determinar a resistência total ou equivalente de uma associação de resistências em série.
- Determinar a resistência total ou equivalente de uma associação de resistência em paralelo.
- Aplicar a definição da potencia eléctrica na resolução de exercícios concretos.
- Explicar o funcionamento de alguns aparelhos electrodomésticos com a sua potência eléctrica.
- Aplicar a lei de Joule-Lenz na resolução de exercícios concretos.

Scanned by CamScanner

Corrente Eléctrica

UNIDADE 1

CONTEÚDOS

- Carga eléctrica
- O pêndulo eléctrico e o electroscópio
- Lei qualitativa das interacções eléctricas
- Noção de campo eléctrico
- Corrente eléctrica contínua e alternada e sua detecção
- Características da corrente alternada
- Fontes de corrente/de tensão
- Intensidade da corrente eléctrica
- Unidade da intensidade da corrente eléctrica
- Tensão eléctrica
- Noção de circuito de corrente eléctrica
- Noção de resistência eléctrica de um condutor
- Unidade da resistência eléctrica
- Factores de que depende a resistência eléctrica de um condutor
- Lei de Ohm
- Gráfico da intensidade da corrente eléctrica em função da tensão
- Exercícios de aplicação
- Associação de resistências eléctricas em série e em paralelo
- Aparelhos de medição: voltímetro e o amperímetro
- Noção de potência eléctrica
- Unidade da potência eléctrica
- Lei de Joule-Lenz

Págs. 4 a 47

Scanned by CamScanner

Corrente eléctrica

Noção de carga eléctrica

O átomo e os seus constituintes



Fig 1.1 Demócrito de Abdera (460 aC-370 aC): filósofo grego da antiguidade, que considerava a matéria constituída por partículas invisíveis e indivisíveis os átomos.

A curiosidade levou o Homem, desde os tempos mais remotos, a querer saber como era constituída a matéria. Demócrito, um filósofo grego da antiguidade, acreditava que a matéria era constituída por minúsculas partículas invisíveis e indivisíveis, os átomos (do grego *A-tomo* que significa «sem divisão»).

Para Demócrito, a grande variedade de materiais na Natureza provinha dos movimentos dos diferentes tipos de átomos que, ao colidirem, formavam conjuntos maiores, gerando diferentes corpos com características próprias.

Contudo, naquela época, predominavam as ideias de um outro grande filósofo grego chamado Aristóteles, que acreditava que a matéria era constituída de elementos da Natureza como fogo, água, terra e ar que, misturados em diferentes proporções, resultariam em propriedades físico-químicas diferentes.

Em 1808 o físico-químico inglês, John Dalton, após realizar inúmeros ensaios experimentais, retomou as ideias básicas de Demócrito e propôs a **Teoria Atómica da Matéria**, afirmando que:

A matéria é constituída por partículas minúsculas chamadas átomos.
O átomo é uma minúscula esfera maciça, impenetrável, indestrutível, indivisível e sem carga.
O átomo é a menor partícula de um elemento que participa numa reacção química.
Os átomos são indivisíveis e não podem ser criados ou destruídos.
Os átomos de um mesmo elemento são idênticos em todos os aspectos.



Fig 1.2 John Dalton (1766-1844): lançou as bases da Teoria Atómica.

Algumas décadas mais tarde, em 1897, o químico Joseph John Thomson descobre que o átomo é constituído por pelo menos uma partícula, à qual deu o nome de **electrão**, atribuindo a essa partícula uma nova propriedade – o electrão possui carga eléctrica negativa. Portanto, para Thomson, o átomo era divisível e tinha a forma de uma esfera de carga positiva que continha corpúsculos (os electrões) de carga negativa distribuídos uniformemente. Tal modelo ficou conhecido como **pudim de passas**.

Em 1900 o químico Goldstein descobre uma nova partícula constituinte do átomo – **o protão**, com carga positiva.

Continuando a investigação sobre a forma e a constituição do átomo, o cientista Ernest Rutherford, descobre, em 1911, o **núcleo do átomo**, estrutura essa carregada com carga eléctrica positiva. Rutherford propõe então um novo modelo atómico, afirmando que o átomo tinha **forma esférica** e que era formado por um núcleo central constituído por protões e que à volta do núcleo giravam os electrões, como se fossem planetas girando em torno do Sol. Nascia assim o **modelo planetário do átomo**.

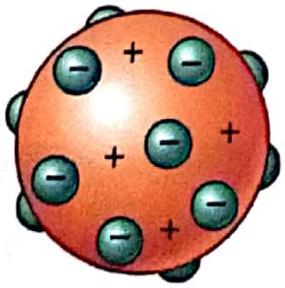


Fig. 1.3 Átomo de Thomson

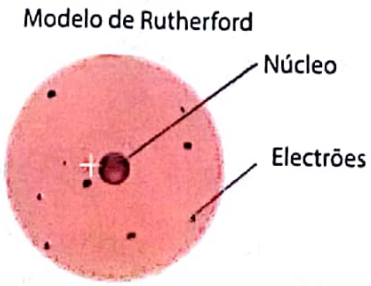


Fig. 1.4 Átomo de Rutherford

Scanned by CamScanner

Alguns anos mais tarde, em 1932, James Chadwick descobre os **neutrões**, partículas sem carga eléctrica. Para Chadwick, os átomos contêm partículas neutras, chamadas neutrões, nos seus núcleos.

Finalmente, em 1940, o físico-químico dinamarquês Niels Bohr, reunindo toda a informação disponível e, baseando-se em experiências cada vez mais precisas, propôs o moderno modelo atómico, segundo o qual o átomo é constituído por um núcleo central contendo protões (com carga positiva) e neutrões (sem carga). Os electrões (com carga negativa) revolvem ao redor do núcleo em diferentes trajectórias imaginárias chamadas órbitas.

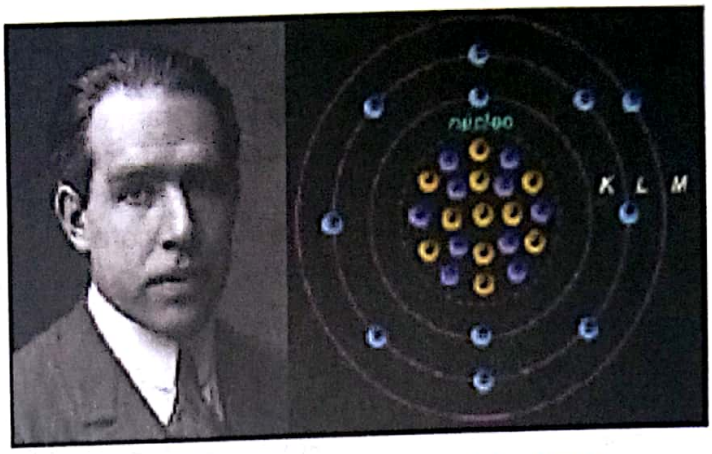


Fig. 1.5 Niels Bohr (1885-1962) e o seu modelo atómico

As partículas constituintes do átomo são chamadas **«partículas elementares»**. Sendo assim:

- Os protões são partículas elementares com carga eléctrica positiva.
- Os neutrões são partículas elementares sem carga, isto é, são neutros.
- Os electrões são partículas elementares com carga eléctrica negativa.

Unidade de carga eléctrica e a carga das partículas elementares

Em homenagem ao físico francês do séc. XVIII, Charles Augustin de Coulomb, que entre outras coisas, se dedicou ao estudo da interacção entre os corpos electrizados, a unidade de carga eléctrica, no Sistema Internacional, é o **Coulomb (C)**.

O electrão, como partícula elementar, possui carga negativa – chamada carga elementar – cujo módulo, no Sistema Internacional de Unidades é de $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

O protão, partícula elementar positiva, possui uma carga eléctrica de módulo igual à carga do electrão, mas de sinal contrário, isto é, $|p^+| = |e^-| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

Como o próprio nome indica, o neutrão, é uma partícula elementar sem carga eléctrica.

Conclusões

1. A matéria é constituída por átomos que, por sua vez, são constituídos por um núcleo central com protões e neutrões e por uma electrosfera contendo electrões que giram em redor do núcleo em órbitas definidas.
2. Os electrões são partículas elementares com carga eléctrica negativa, os protões são partículas elementares com carga eléctrica positiva e os neutrões são partículas elementares sem carga.
3. A carga do electrão – carga elementar – é, em módulo, igual à carga do protão, mas com sinal contrário.

$$e^- = p^+ = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C$$

Scanned by CamScanner

Como um corpo neutro fica electrizado

Os resultados experimentais mostram que, no seu estado natural, a matéria é neutra, isto é, um átomo neutro possui o mesmo número de cargas positivas (protões, no núcleo) e de cargas negativas (electrões, na electrosfera).

Contudo, é possível transformar um corpo electricamente neutro, num corpo electricamente carregado. Para tal, basta fazer o corpo «perder» ou «ganhar» electrões:

- Se um corpo neutro perder electrões, o número de protões (cargas positivas) será maior que o número de electrões, isto é, o corpo ficará com deficiência de cargas negativas e, por isso, ficará electrizado positivamente;
- Se um corpo neutro ganhar electrões, o número de protões (cargas positivas) será menor que o número de electrões, isto é, o corpo ficará com excesso de cargas negativas e, por isso, ficará electrizado negativamente.

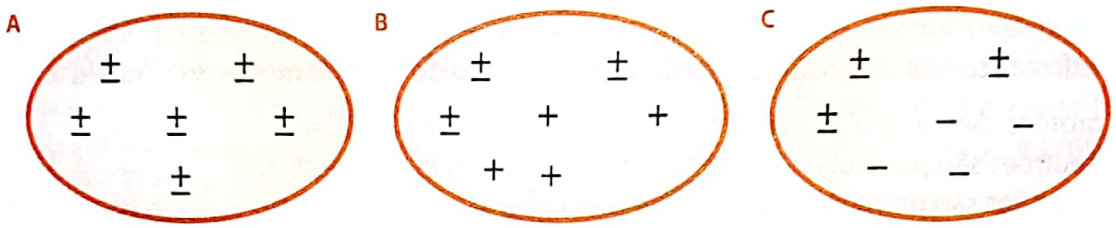


Fig. 1.6 A – Corpo neutro; **B** – Corpo electrizado positivamente; **C** – Corpo electrizado negativamente

Electrizar um corpo significa basicamente tornar diferente o número de protões e de electrões (adicionando ou reduzindo o número de electrões). Sendo assim, um corpo electrizado adquire uma carga eléctrica igual ao número (n) de electrões adquiridos ou cedidos, isto é, a carga de um corpo electrizado é dada pela relação:

$$Q = n \cdot e$$

Onde:

Q – é a carga eléctrica que electriza o corpo, medida em Coulomb (C), no Sistema Internacional de Unidades. (Consulte a pág. 108 para conhecer os múltiplos e submúltiplos de Coulomb).
n – número de electrões perdidos ou ganhos pelo corpo ($n = 1, 2, 3, 4 \ldots$)
e – carga eléctrica elementar (carga do electrão $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C)

Leis qualitativas das interacções eléctricas

A prática experimental mostra que entre dois corpos electrizados desenvolvem-se forças de interacção. Estas forças podem ser de repulsão ou de atracção, dependendo dos sinais das cargas que electrizam os corpos, Assim:

- Corpos electrizados com cargas do mesmo sinal, repelem-se.

- Corpos electrizados com cargas de sinais contrários, atraem-se.

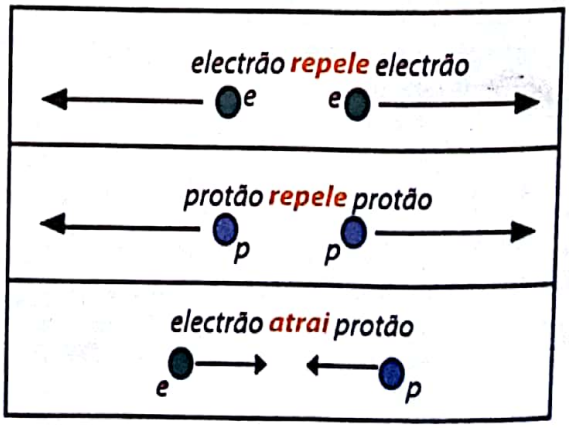


Fig. 1.7 Interacção entre corpos electrizados

Scanned by CamScanner

Processos de electrização de um corpo neutro

O processo pelo qual um corpo fica electrizado, recebe o nome de Electrização. Existem três processos de electrização de um corpo neutro, isto é, três formas pelas quais um corpo neutro pode perder ou ganhar electrões e assim ficar electrizado «positiva» ou «negativamente».

Electrização por atrito ou fricção

Experiência

Electrização por atrito ou fricção

Objectivo: mostrar que alguns materiais se electrizam, quando friccionados entre si.

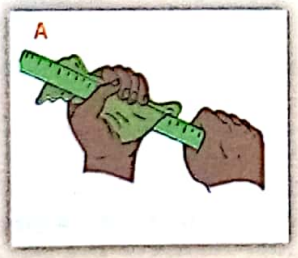
Material

- Uma régua de plástico, neutra (ou um tubo plástico de esferográfica ou um tubo de vidro)
- Um pedaço de pano de lã (seda ou flanela) também neutro
- Pequenos pedaços de papel leve, neutros (pedacinhos cortados de uma folha de jornal, por exemplo)

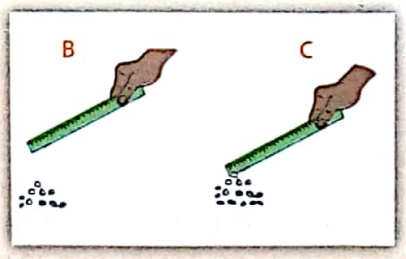
Procedimento

1. Friccione vigorosamente a régua de plástico e o pano de lã (A).
2. Aproxime a régua de pequenos pedaços de papel (B).

   Observará que, os pedacinhos de papel «ganham vida» e são fortemente atraídos pela régua (C).



A – Friccionar a régua com o pano de lã.



B – Aproximar a régua dos pedaços de papel. C – Os pedacitos de papel são atraídos pela régua.

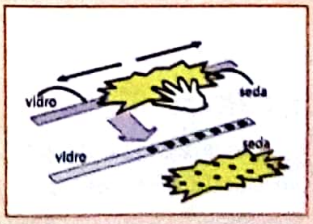
Explicação do fenómeno

Quando friccionamos a régua de plástico com o pano de lã, alguns electrões existentes na régua foram transferidos para o pano de lã. Ao perder electrões para a lã, a régua ficou electrizada positivamente e, a lã, ao ganhar electrões da régua, ficou electrizada negativamente.

Conclusão

Quando friccionamos dois corpos neutros, há uma transferência de electrões de um corpo para o outro, de modo que:

- O corpo que perde electrões, fica electrizado positivamente.
- O corpo que ganha electrões, fica electrizado negativamente.

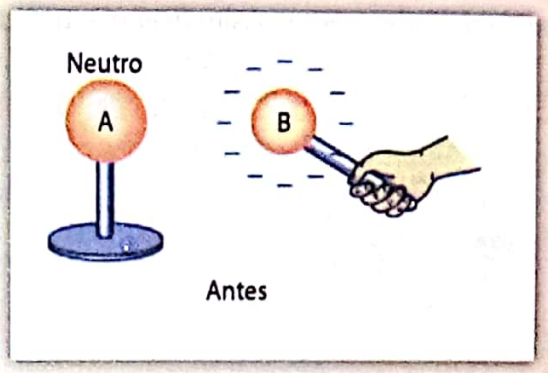


Scanned by CamScanner

Experiência

Electrização dos corpos por contacto

Objectivo: mostrar como um corpo neutro pode ser electrizado por contacto com um corpo previamente electrizado.



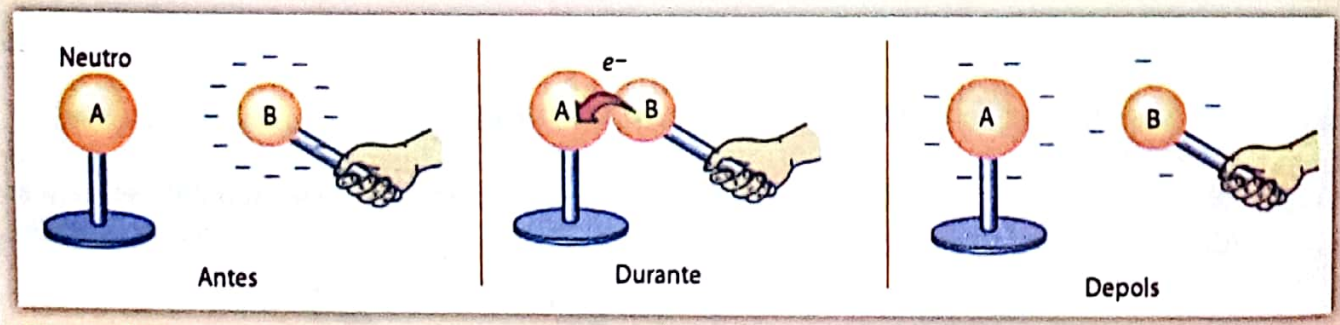
Material necessário

Material

- Um corpo metálico neutro e apoiado em material isolante (corpo A).
- Um corpo metálico electrizado, munido de uma pega isolante (corpo B).

Procedimento

1. Aproxime o corpo electrizado (B) do corpo neutro, até que haja contacto entre ambos.
2. Passado algum tempo (alguns segundos), separe os corpos e aproxime do corpo A (inicialmente neutro), pequenos pedaços de papel. Verificará que, agora, o corpo A, atrai os pedacitos de papel, facto que indica que ele está electrizado.

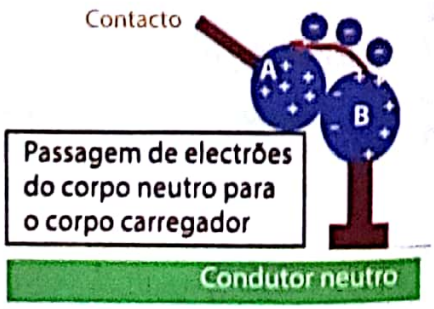


Processo de electrização de um corpo neutro, por contacto com um corpo carregador electrizado negativamente

Explicação do fenómeno

Quando os dois corpos se tocam (contacto), ocorre uma transferência de electrões do corpo B, electrizado negativamente, para o corpo neutro (A), que ao receber electrões, fica electrizado negativamente. Daí, a repulsão entre os dois corpos, agora electrizados, com cargas do mesmo sinal.

Nota: se o corpo B estiver electrizado positivamente, durante o contacto, ocorre uma transferência de electrões do corpo neutro (A) para o B, atraídos pelas cargas positivas do corpo carregado (B). Assim, o corpo neutro, ao perder electrões, ficará electrizado positivamente.



Conclusão

A electrizacão por contacto consiste em tocar, com um corpo electrizado, num corpo neutro, de modo que haja uma transferência de electrões de um corpo para o outro, ficando o corpo neutro electrizado com carga do mesmo sinal.

Scanned by CamScanner

Electrização por indução ou influência

A **electrização por indução** ou **influência**, consiste em electrizar um corpo neutro, com o auxílio de um corpo carregado, sem que haja qualquer contacto entre os dois corpos.

Considere um corpo electrizado (C – indutor) e uma esfera condutora, neutra e isolada (AB – induzido) – (Fig. 1.8).

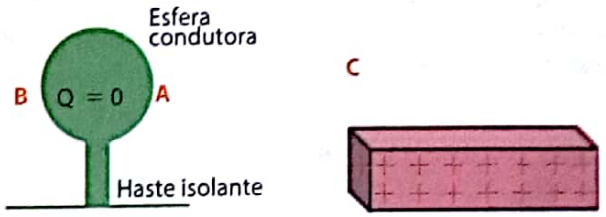


Fig. 1.8 AB Corpo induzido (neutro e isolado); **C** Corpo indutor (carregado).

- Aproxima-se o indutor, electrizado positivamente, do induzido, neutro. Por causa das cargas positivas do indutor, os electrões do induzido são atraídos e concentram-se nas proximidades do indutor, ficando a zona B com deficiência de electrões. A este processo de separação de cargas no induzido, devido à presença do indutor, designa-se por «**indução ou separação electrostática de cargas**» (Fig.1.9).

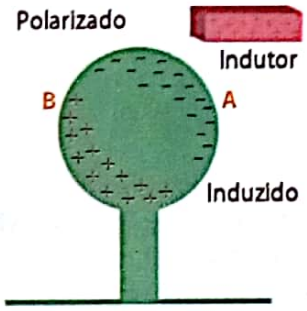


Fig. I.9 Aproxima-se o indutor

- Sem afastar o indutor, liga-se a zona mais afastada do induzido (B) à Terra, por meio de um fio condutor.

Os electrões da Terra, atraídos pelas cargas positivas (protões), sobem ao longo do fio condutor (Fig. 1.10).

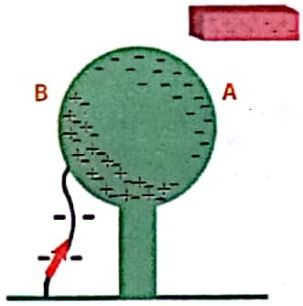


Fig. 1.10 Ligação à Terra

Ainda, sem afastar o indutor, corta-se a ligação à Terra (Fig. 1.11). Finalmente, afasta-se o corpo indutor do induzido. As cargas negativas, em excesso no induzido, distribuem-se por toda a sua superfície (Fig. 1.12).

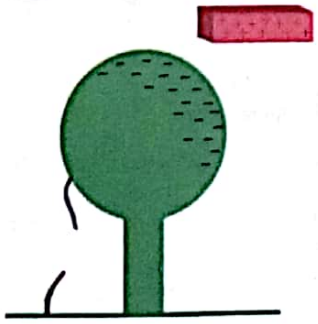


Fig. 1.11 Corte da ligação à Terra

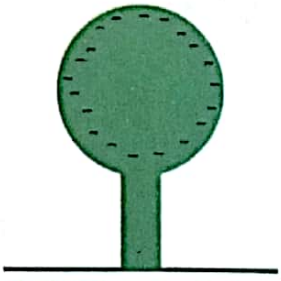


Fig. 1.12 O induzido fica electrizado negativamente.

Conclusão

Na electrização por indução, o corpo induzido fica electrizado de sinal contrário à carga do indutor.

Scanned by CamScanner

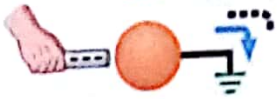
Exercícios de aplicação

Com o auxílio das figuras em baixo, explique como se electriza um corpo, por indução, quando o corpo indutor está electrizado negativamente.

(a)



(b)



(c)



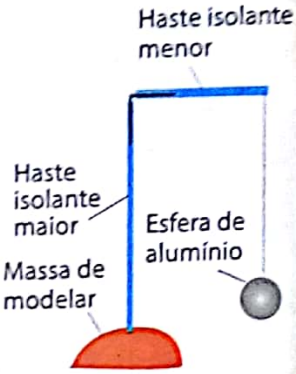
(d)



Pêndulo eléctrico

O **pêndulo eléctrico** é um dispositivo, muito simples, constituído por uma pequena esfera metálica suspensa na extremidade de um fio isolante e inextensível, que permite verificar se um corpo está, ou não, electrizado. Além disso, com o pêndulo eléctrico podemos comprovar as leis qualitativas das interacções eléctricas.

Para tal, vamos construir e verificar como funciona este dispositivo.



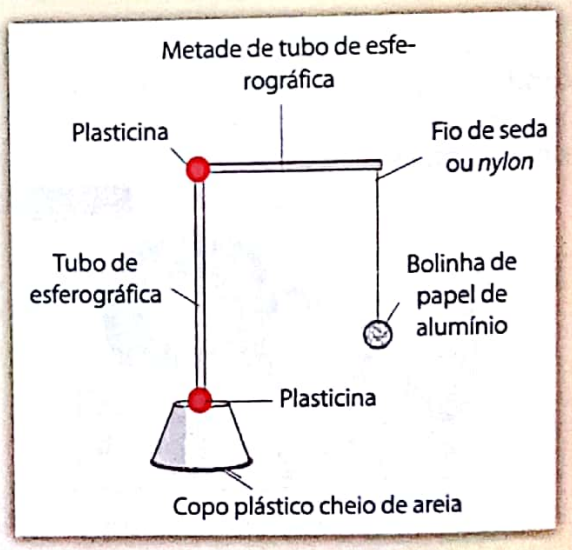
Experiência

Construção e funcionamento do pêndulo eléctrico

Objectivo: verificar experimentalmente como funciona o pêndulo elástico.

Material

- Um copo de plástico, descartável
- Areia
- Três tubos de plástico de esferográfica
- Um X-ato ou um canivete
- Um bocado de plasticina
- Fio de seda ou *nylon*
- Uma bolinha feita com papel de alumínio
- Um paninho de seda e outro de lã



Procedimento

1. Com o material disponível, construa o pêndulo eléctrico, conforme mostra a figura acima.
   Agora que o pêndulo está construído, vamos começar com as nossas experiências.
2. Pegue no tubo plástico de esferográfica (neutro) que sobrou e aproxime da bolinha (neutra) do pêndulo. Não notará nenhuma reacção do pêndulo.

Scanned by CamScanner

3. Em seguida, friccione, durante alguns segundos, o tubo de esferográfica com o pano de seda. Aproxime lentamente o tubo do pêndulo, sem, no entanto, deixar que se toquem. O pêndulo (neutro) é atraído pelo tubo (electrizado por fricção).
4. Com o tubo electrizado (por fricção) toque na bolinha do pêndulo. Aguarde alguns segundos. Observará que o pêndulo será repelido pelo tubo. Durante o contacto, o pêndulo electrizou-se com carga do mesmo sinal e, por isso, é repelido pelo tubo.
5. Neutralize o pêndulo (basta tocá-lo com um dedo). Friccione o tubo de esferográfica com o pano de seda e toque na bolinha do pêndulo (electrizando-a por contacto). Muito rapidamente, friccione o tubo de esferográfica com o pano de lã (o tubo ficará electrizado com carga de sinal contrário) e, aproxime-o do pêndulo. Verificará que o pêndulo electrizado, agora é atraído pelo tubo também electrizado, o que mostra que «cargas de sinais contrários se atraem».

Electroscópio de folhas

O electroscópio é um dispositivo que nos permite verificar se um corpo está, ou não, electrizado.

Este aparelho consiste essencialmente de uma haste condutora tendo, na sua extremidade superior, uma esfera metálica, na extremidade inferior, duas folhas metálicas leves, sustentadas de modo que possam abrir-se (repelir-se) ou fechar-se (atrair-se), livremente.

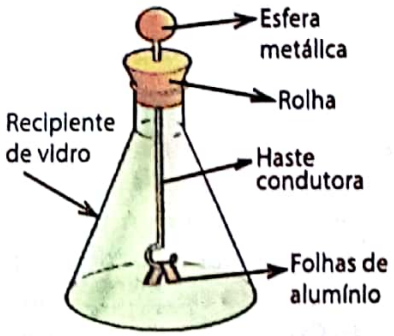


Fig. 1.13 Electroscópio de folhas

Como funciona?

Vamos investigar o funcionamento do electroscópio, construindo um e realizando algumas experiências com ele.

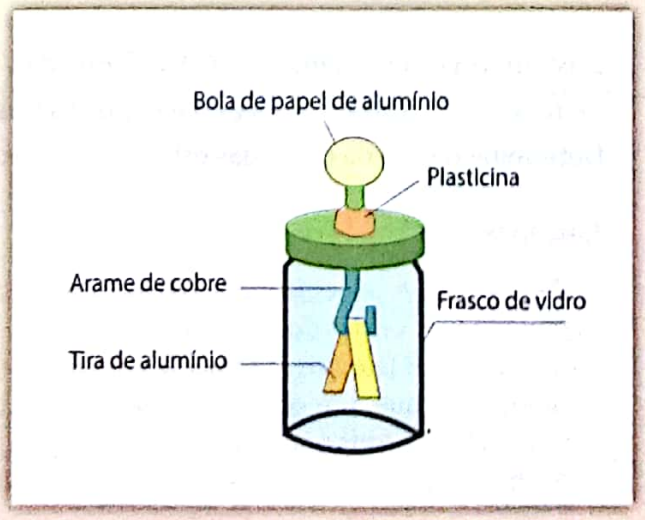
Experiência

Construção e funcionamento do electroscópio de folhas

Objectivo: verificar o funcionamento do electroscópio de folhas.

Material necessário

- Um frasco de vidro vazio, bem limpo e seco
- Arame de cobre grosso (10/20 cm de comprimento)
- Plasticina
- Uma bolinha feita com papel de alumínio
- Uma tira de papel de alumínio dobrada ao meio (as folhas)
- Vareta metálica com cabo isolante
- Pano de lã, seda ou *nylon*



Scanned by CamScanner

Procedimento

1. Com o material disponível, construa o seu electroscópio de folhas. Agora, está pronto a iniciar o estudo do funcionamento deste aparelho.
2. Electrize, por fricção com o pano de lã, a vareta metálica com cabo isolante. Aproxime-a da bola metálica do electroscópio. Observará que as folhas de alumínio se abrem, indicando que a vareta está electrizada.

   Ao aproximar, a vareta electrizada da esfera, as cargas eléctricas do electroscópio separaram-se, por indução, ficando as folhas electrizadas com cargas do mesmo sinal da vareta.
3. Toque com um dedo na bolinha, para neutralizar o electroscópio. Em seguida, encoste a vareta electrizada, na esfera do electroscópio neutro. Este ficará electrizado por contacto, com carga do mesmo sinal e, por isso, as folhas irão repelir-se.
4. Com o electroscópio electrizado (as folhas estão abertas porque se repelem), aproxime a vareta, também electrizada, da esfera de alumínio. Poderá observar duas situações:
   a) A abertura das folhas aumentou: significa que o electroscópio e a vareta estão electrizados com cargas do mesmo sinal.
   b) A abertura das folhas diminuiu: o electroscópio está electrizado com carga de sinal contrário.

Exercícios resolvidos

1. Um corpo neutro, A, possui $2 \cdot 10^{25}$ protões e um outro corpo, B, também neutro, possui $5 \cdot 10^{20}$ electrões. Ao friccionarmos os dois corpos, verifica-se que o corpo A fica electrizado com uma carga de $+ 0{,}4\ \mu C$.
   a) Quantos electrões o corpo A possuía antes da fricção?
   b) Quantos protões o corpo B possuía antes da fricção?
   c) Durante a fricção, o corpo A perdeu ou ganhou electrões? Quantos?

Resolução:

a) $2 \cdot 10^{25}$ electrões porque, um corpo neutro possui o mesmo número de protões e de electrões.
b) $5 \cdot 10^{20}$ protões porque, um corpo neutro possui o mesmo número de protões e de electrões.
c) Se o corpo A ficou electrizado positivamente, então perdeu electrões e o corpo B ganhou.

$$\begin{array}{l} 1e^- \text{ ——— } 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C \\ x \text{ ——— } 4 \cdot 10^{-7}\ C \end{array} \Leftrightarrow x = \frac{4 \cdot 10^{-7}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \Leftrightarrow x = 2{,}5 \cdot 10^{12}\ e^-$$

O corpo A perdeu $2{,}5 \cdot 10^{12}$ electrões.

2. Existem três esferas metálicas, A, B e C, isoladas. Sabe-se ainda que:
   • A repele B • B atrai C • A está electrizada positivamente.
   Determine o sinal da carga das esferas B e C. Justifique a resposta.

Resolução:

Se a esfera A (electrizada positivamente) repele B, então esta só pode estar carregada positivamente porque, cargas do mesmo sinal repelem-se.

Se a esfera B (electrizada positivamente) atrai C, então esta pode estar carregada negativamente ou neutra porque, um corpo electrizado atrai corpos electrizados com cargas de sinal contrário e, também atrai corpos neutros.

A – positiva B – positiva C – negativa ou neutra

Scanned by CamScanner

3. Faça corresponder as frases do grupo A, com as do grupo B, de maneira a obter afirmações correctas:

Grupo A	Grupo B
1. A electrização por atrito consiste em friccionar...	X. ...dois corpos, um electrizado e outro neutro de modo a haver transferência de electrões de um corpo para o outro.
2. A electrização por contacto consiste em pôr em contacto...	Y. ...dois corpos, um electrizado e outro neutro para que, ligando-se o corpo neutro à Terra, haja descida ou subida de electrões.
3. A electrização por indução consiste em aproximar...	Z. ...dois corpos neutros de modo a que haja transferência de electrões entre eles.

Resolução:

1. —— Z. 2. —— X. 3. —— Y.

4. Das afirmações que se seguem indique com «V» as verdadeiras e com «F» as falsas.

a) Durante a electrização por fricção de dois corpos neutros, um deles perde electrões ficando electrizado positivamente.

b) Suponha que o tubo da sua esferográfica esteja neutro. Então ele não possui protões nem electrões.

c) Friccionou-se um tubo de plástico de esferográfica com um pano de lã e, aproximou-se o tubo de um fio de água que saía de uma torneira. Verificou-se que o fio de água sofreu um desvio sendo:

c.1) Repelido pelo tubo.

c. 2) Atraído pelo tubo.

Resolução:

a) V

b) F

c)

c.1) F

c.2) V

EduSkills MOÇAMBIQUE
Livros Escolares | Exames Escolares | Exames de Admissão | Exames Resolvidos
ACEDER À BIBLIOTECA
www.eduskills.co.mz

Scanned by CamScanner

1. Um átomo neutro possui no seu núcleo 25 protões.
a) Qual é o número de electrões que este átomo possui? Justifique a resposta.
b) Em Coulomb, qual é a carga total do núcleo?

2. Um corpo neutro foi electrizado com uma carga negativa de 32 μC. Então, esse corpo:
a) Recebeu $1{,}6 \cdot 10^{19}$ electrões
b) Recebeu $2 \cdot 10^{14}$ electrões
c) Perdeu $2 \cdot 10^{14}$ electrões
d) Recebeu $2 \cdot 10^{14}$ protões

3. Friccionou-se um bastão de vidro, neutro, com um pano de lã também neutro. Em seguida, tocou-se com o bastão de vidro numa esfera metálica (E), neutra e isolada. Indique as afirmações verdadeiras:
A. Durante a fricção do bastão de vidro com o pano de lã, o vidro perdeu electrões para a lã e, por isso, electrizou-se negativamente.
B. Durante a fricção do bastão de vidro com a lã, o vidro perdeu electrões para a lã e, por isso, electrizou-se positivamente.
C. Ao ser tocada pelo bastão de vidro electrizado, a esfera A perdeu alguns electrões e, consequentemente, ficou positivamente carregada.
D. Ao ser tocada pelo bastão de vidro electrizado, a esfera A perdeu alguns electrões e, consequentemente, ficou negativamente carregada.

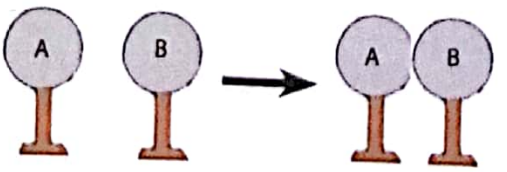
4. É possível atrairmos pedacinhos de papel com uma palhinha de plástico de refrigerante, previamente friccionada com um pano de flanela. Explique os fenómenos eléctricos que permitem tal experiência se os pedacinhos de papel estivessem electricamente neutros.

5. No contacto entre um condutor A, electrizado positivamente e outro B, neutro, haverá passagem de:
A. Protões de A para B
B. Electrões de A para B
C. Electrões de B para A
D. Protões de B para A

6. No contacto entre um condutor A, electrizado negativamente e outro B, neutro, haverá passagem de:
A. Protões de A para B
B. Electrões de A para B
C. Protões de B para A
D. Electrões de B para A

7. O fenómeno da indução electrostática consiste:
A. Na passagem de cargas do indutor para o induzido.
B. Na passagem de cargas do induzido para o indutor.
C. Na separação de cargas no induzido, devido à presença do indutor electrizado.
D. Na passagem de cargas do indutor para o induzido, se o primeiro estiver negativamente electrizado.

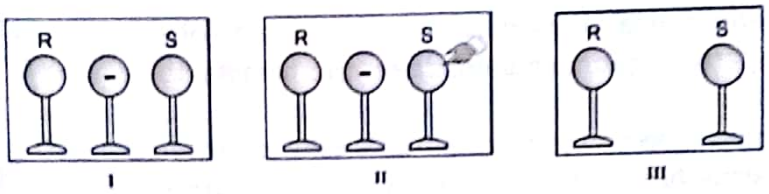
8. Uma esfera metálica A, inicialmente neutra e apoiada em material isolante, foi electrizada com uma carga $Q = +2 \cdot 10^{-8}$ C e, em seguida, foi posta em contacto com outra esfera idêntica B, neutra e também, assente em material isolante. Das afirmações que se seguem, indique as que forem verdadeiras:



A. Ao ser electrizada, a esfera A, recebeu $1{,}25 \cdot 10^{11}$ electrões.
B. Ao ser electrizada, a esfera A, perdeu $1{,}25 \cdot 10^{11}$ electrões.
C. A esfera B está neutra, o que significa que não possui nenhum tipo de cargas eléctricas.
D. Após o contacto entre as duas esferas, ambas ficaram electrizadas com uma carga positiva $Q' = 1 \cdot 10^{-8}$ C.

Scanned by CamScanner

9. Durante uma aula de Física, o professor fez a demonstração electrostática que se descreve a seguir:
Inicialmente, ele aproximou duas esferas metálicas R e S, electricamente neutras, de uma outra esfera isolante, electricamente carregada com carga negativa, como representado na Figura I. Cada uma dessas esferas está apoiada em um suporte isolante.
Em seguida, o professor tocou, rapidamente, com o dedo, na esfera S, como representado na Figura II.
Isso feito, ele afastou a esfera isolante das outras duas esferas, como representado na Figura III.



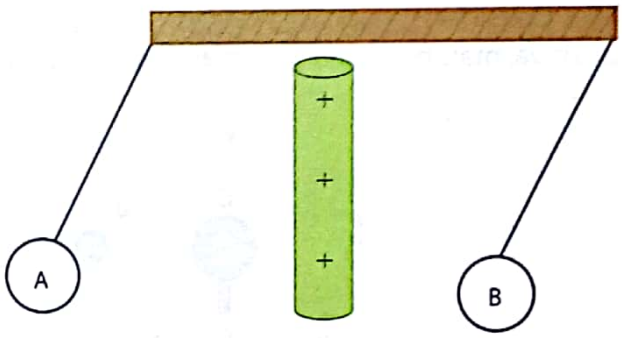
I II III

Considerando-se essas informações, é correcto afirmar que, na situação representada na Figura III:

A. A esfera R ficou com carga negativa e a S permanece neutra.
B. A esfera R ficou com carga positiva e a S permanece neutra.
C. A esfera R permaneceu neutra e a S fica com carga negativa.
D. A esfera R permaneceu neutra e a S fica com carga positiva.

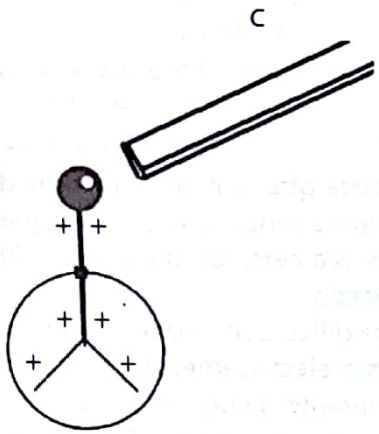
10. Dois pêndulos eléctricos, A e B, electrizados com cargas de sinais desconhecidos, ficaram na posição indicada na figura quando entre estes foi colocado um bastão de borracha electrizado positivamente.
Das afirmações que se seguem, indique as falsas?

A. O pêndulo A pode estar neutro e o B pode estar electrizado negativamente.
B. O pêndulo B pode estar neutro e o A está electrizado positivamente.
C. O pêndulo A está electrizado negativamente e o B positivamente.
D. O pêndulo A está electrizado positivamente e o B negativamente.



11. Numa experiência de laboratório, um aluno da 10.ª classe electrizou positivamente um electroscópio de folhas. Em seguida, aproximou do botão do electroscópio uma régua C.
Identifique o sinal da carga da régua C, justificando a resposta, se:

a) A divergência das folhas do electroscópio aumentar.
b) A divergência das folhas do electroscópio não se alterar.
c) A divergência das folhas do electroscópio diminuir.



Scanned by CamScanner

Campo eléctrico

Analogia com o campo gravitacional

Qualquer corpo de massa *m*, quando está nas proximidades da Terra, é atraído em direcção ao centro do nosso planeta, devido à acção de uma força chamada **força gravítica**. Esta força surge porque a Terra, com a sua grande massa M, modifica o espaço à sua volta, criando uma região de perturbação, denominada **campo gravitacional**.

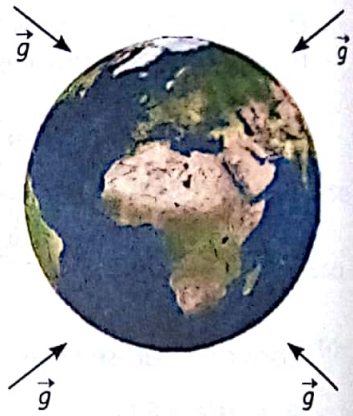


Fig. 1.14 Campo gravitacional

Assim, podemos dizer que o **campo gravitacional é o campo produzido pela força gravitacional presente em todos os corpos que possuem massa**. Como a sua intensidade é diminuta, o campo gravitacional só é percebido em grandes aglomerações de matéria, como o Sol, a Terra, a Lua, etc. Este campo é o responsável pela manutenção da Terra no sistema solar, da Lua em órbita em redor da Terra, dos satélites artificiais permanecerem na vizinhança da Terra e por nos manter «colados» à superfície do nosso planeta. Sem ele, nós flutuaríamos no ar, a Lua sairia da órbita da Terra e a Terra abandonaria a sua órbita em torno Sol. Sem gravitação, o Sol não existiria, pois é a força gravitacional que faz a matéria solar aglomerar-se no centro do nosso astro-rei.

Tal como a Terra, **as cargas eléctricas também criam ao seu redor uma região de perturbação electrostática**, denominada **campo eléctrico**.

Considere uma carga pontual *Q*, fixa num ponto. Se à volta desta carga *Q*, colocarmos uma carga positiva, mais pequena, *q*, esta será repelida ou atraída pela carga pontual. (Fig. 1.15)

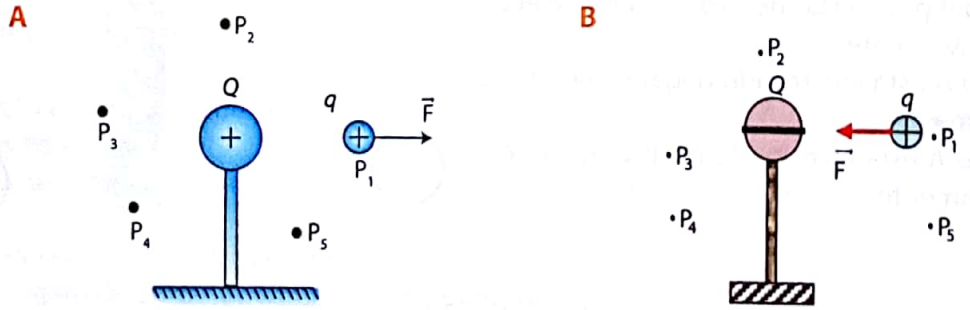


Fig. 1.15 Força à distância exercida por uma carga pontual positiva **(A)** e por uma carga pontual negativa **(B)** sobre uma carga de teste positiva.

A força que se manifesta entre dois corpos electricamente carregados é uma força que age à distância. Ela faz-se sentir sem que haja qualquer ligação material entre os dois corpos que interagem.

Provoca certa perplexidade a ideia de que uma força se faça sentir à distância, mesmo através do espaço vazio.

Essa dificuldade pode ser superada pensando-se da seguinte maneira: vamos dizer que, quando um corpo está electricamente carregado com carga *Q*, cria-se em todo o espaço circundante uma situação nova, diferente da que existia quando o corpo estava descarregado. O facto de electrizarmos esse corpo, modifica as propriedades do espaço que o circunda. Outro corpo electricamente carregado (*q*), colocado num ponto P do espaço, começará a «sentir» uma força eléctrica causada por *Q*. Dizemos que **a carga do corpo *Q* gera no espaço circundante um campo eléctrico.**

O campo eléctrico gerado pela carga *Q* num ponto P existe, independentemente de haver em P um corpo carregado. Quando colocamos nesse ponto P um corpo carregado com carga *q*, a força que passa a

Scanned by CamScanner

agir sobre ele é devida ao campo eléctrico que já existia nesse ponto. A carga q que é colocada no ponto P, para verificar se nesse ponto, existe ou não, um campo eléctrico, é denominada **carga de prova** (ou carga de teste) por convenção é sempre positiva.

Direcção e sentido do vector campo eléctrico: o campo eléctrico é, tal como a força, uma grandeza vectorial e, por isso, possui módulo, direcção e sentido que, por definição, coincidem com a direcção e o sentido da força que actua numa carga de prova positiva colocada num dado ponto.

Por exemplo: consideremos o ponto P_1 mostrado na figura 1.15. Se uma carga de prova positiva fosse colocada em P_1 ela seria, evidentemente, repelida por Q com uma força horizontal para a direita. Portando, em virtude do exposto, o vector campo eléctrico $\vec{E}_1$, naquele ponto, seria também horizontal e dirigido para a direita. De modo análogo, podemos concluir que em P_2 temos um vector $\vec{E}_2$ dirigido verticalmente para cima; pois, se uma carga de prova positiva fosse colocada neste ponto, ela ficaria sob a acção de uma força com aquela direcção e naquele sentido. Então, podemos verificar que, em P_3 e P_4, os vectores $\vec{E}_3$ e $\vec{E}_4$ têm as direcções e os sentidos indicados na figura 1.16 A.

De modo análogo, se a carga que cria o campo eléctrico for negativa, como mostra a figura 1.16. B, facilmente se constata que, em cada ponto P_1, P_2, P_3, P_4, o vector campo eléctrico tem o sentido indicado.

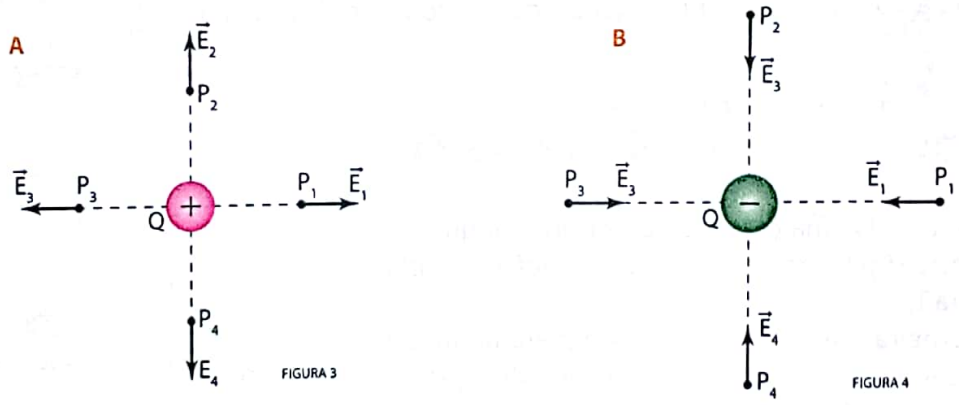


Fig. 1.16 (A) O vector campo eléctrico de uma carga positiva é divergente; **(B)** O vector campo eléctrico de uma carga negativa é convergente.

Podemos dizer, então, que um corpo electrizado modifica o espaço à sua volta de modo a poder exercer as suas acções eléctricas de repulsão e de atracção sobre outros corpos electrizados que se encontrem ao seu redor. Dizemos que o corpo electrizado, criador do campo eléctrico tem um certo **potencial eléctrico**.

Módulo ou **intensidade do vector campo eléctrico**: a intensidade do campo eléctrico (E) é definida como o quociente entre o módulo da força que actua sobre a carga de prova (F) e a própria carga de prova (q).

$$E = \frac{F}{q}$$

Onde:

F – é o módulo da força com que a carga criadora do campo atrai ou repele a carga de teste, medida em Newton (N).

q – é a carga de teste colocada no ponto onde se pretende estudar o campo eléctrico. Ela é medida em Coulomb (C).

E – é o módulo do vector campo eléctrico, medido em Newton por Coulomb (N/C).

Scanned by CamScanner

Noção de corrente eléctrica

Analogia hidráulica

Actualmente, é praticamente impossível vivermos sem o recurso à corrente eléctrica, pois, sem ela, a maior parte dos dispositivos eléctricos, que tanto auxílio nos prestam, não funcionariam. Sem a existência da corrente eléctrica não teríamos computadores, geleiras, fogões eléctricos, lâmpadas eléctricas, etc. Sem a existência da corrente eléctrica as nossas fábricas e indústrias não funcionariam, impossibilitando o desenvolvimento económico do nosso país.

Todos os anos o nosso governo tem investido cerca de 200 milhões de dólares americanos com o objectivo de electrificar todos os distritos do país, como por exemplo, Funhalouro em Inhambane, Milange na Zambézia, Balama e Namuno em Cabo Delgado, etc. A electrificação dos distritos vai potenciar pólos de desenvolvimento nas diversas áreas, entre elas a Educação e a Saúde.

Para perceber bem a essência da corrente eléctrica, vamos estabelecer uma analogia com a pressão hidrostática, que já conhece das classes anteriores.



Fig. 1.17 Electrificação do nosso país

Mas, afinal, o que é «Corrente Eléctrica»?

Considere um sistema constituido por dois tanques, A e B, ligados entre si por um tubo de comunicação, munido de uma torneira T.

Com a torneira T fechada, encha completamente de água o tanque A e coloque apenas um bocado de água no tanque B (digamos, 1/4 da sua altura).

A água contida no tanque A encontra-se a uma pressão mais elevada do que no tanque B.

Dizemos que o **potencial hidrostático da água em A é maior do que em B**. Isto significa que, entre os dois tanques, há uma **diferença de potencial hidrostático**, derivado da diferença de níveis da água nos tanques (Δh).

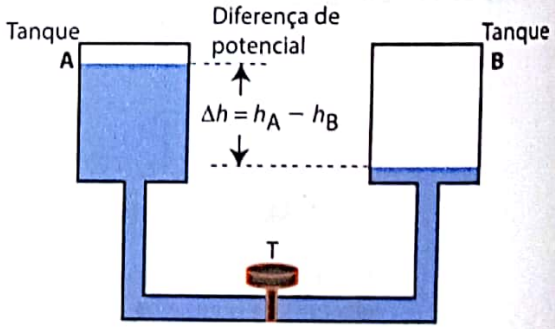


Fig. 1.18 Diferença de potencial hidrostático entre dois vasos comunicantes

Abrindo-se a torneira de comunicação T, haverá um fluxo de líquido do tanque A (que se encontra a um potencial mais elevado) para o tanque B (a um potencial mais baixo) estabelecendo-se, assim, uma corrente líquida entre os dois tanques.

Esta corrente líquida termina, assim que a água estiver ao mesmo nível nos dois tanques, quer dizer, quando os dois tanques estiverem ao mesmo potencial hidrostático, ou quando a diferença de potencial entre eles for nula, deixa de existir corrente de líquido.

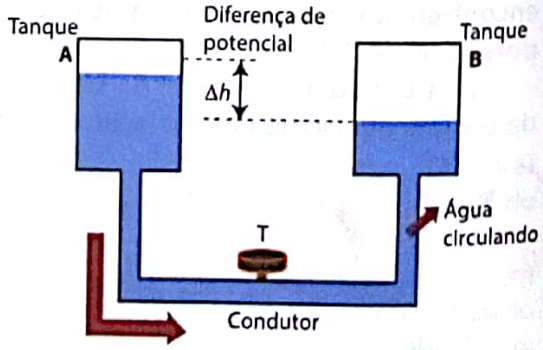


Fig. 1.19 Corrente líquida

Se quisermos manter a corrente líquida entre os dois tanques, é necessário colocarmos um dispositivo que mantenha a diferença entre os níveis de água nesses tanques, pois é esta diferença de níveis (diferença de potencial hidrostático) que irá provocar o movimento da água dos pontos que se encontram a

Scanned by CamScanner

um potencial mais elevado para os pontos que se encontram a um potencial mais baixo. A este dispositivo, responsável por manter uma diferença de potencial hidrostático entre os tanques e, assim, manter um fluxo orientado de líquido, dá-se o nome de **bomba de água** (bomba de pressão).

Em electricidade, acontece algo semelhante com as cargas eléctricas:

Quando um corpo fica electrizado é porque captou ou cedeu electrões. Se captou electrões, ficou carregado negativamente e se, pelo contrário, perdeu electrões, ficou carregado positivamente. Diz-se, então, que **cada um desses corpos se encontra a um dado potencial eléctrico**.

Assim, se tivermos dois corpos que não estejam igualmente carregados, isto é, que não estejam ao mesmo potencial eléctrico, dizemos que entre eles existe uma dada diferença de potencial (*ddp*), também chamada de «tensão eléctrica». Como consequência, se ligarmos esses dois corpos através de um fio de material bom condutor, haverá um fluxo ordenado de cargas eléctricas, no sentido do corpo que possui mais electrões (potencial negativo) para o que possui menos electrões (potencial positivo). Essa corrente só existirá enquanto houver diferença de potencial entre os corpos.

Para que continue a existir corrente eléctrica é necessário haver um dispositivo que mantenha uma **diferença de potencial** (ou tensão eléctrica) entre os dois corpos, de modo a provocar um movimento ordenado das cargas eléctricas. Esses dispositivos são chamados «**geradores de corrente eléctrica**».

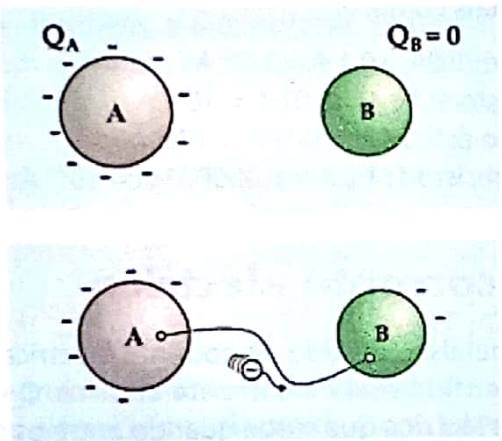
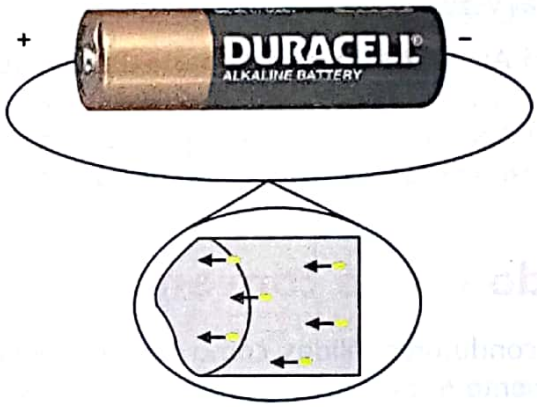


Fig. 1.20 A *ddp* entre dois pontos gera uma corrente eléctrica.



Movimento dos electrões através do condutor

Fig. 1.21 A pilha, mantém uma *ddp* entre os extremos do condutor, obrigando as cargas a moverem-se.

Corrente eléctrica: é o movimento ordenado das cargas eléctricas numa substância.

Este movimento ordenado das cargas eléctricas, surge quando elas são submetidas a uma diferença de potencial, a qual é criada e mantida por dispositivos especiais chamados geradores de corrente eléctrica.

Intensidade da corrente eléctrica e sua unidade

Num fio metálico condutor, os electrões livres não estão em repouso e, os seus movimentos são totalmente desordenados. Para orientá-los estabelece-se entre dois pontos desse condutor uma diferença de potencial (*ddp*), que origina um campo eléctrico ($\vec{E}$), responsável pela orientação do movimento desses electrões livres.

Considerando uma secção recta do condutor, por ela passa uma determinada quantidade de carga (Q) por unidade de tempo (Δt). Essa quantidade de carga Q, é constituída pelo número total de electrões (n) que nesse intervalo de tempo (Δt) atravessam a secção recta do condutor. Sendo assim, designamos por:

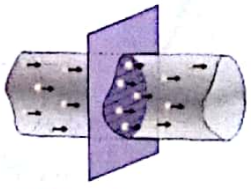


Fig. 1.22 Electrões atravessando a secção recta de um fio.

Scanned by CamScanner

Intensidade da corrente eléctrica (I) à quantidade de carga (Q) que atravessa uma secção recta do condutor em cada unidade de tempo (Δt).

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \quad \text{onde} \quad Q = n \cdot e$$

$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

n – número de electrões que passam pela secção recta do condutor.

Onde:

Q – quantidade de carga, que passa pela secção do condutor em cada intervalo de tempo, medida em Coulomb (C).

Δt – intervalo de tempo durante o qual a carga Q passa pela secção recta do condutor, medido em segundos (s).

I – intensidade da corrente eléctrica, medida em Coulomb por segundo (C/s). Esta unidade (C/s) recebe o nome de Ampere (A), em homenagem ao físico francês André-Marie Ampere.

Muitas vezes, usamos os submúltiplos do ampere, tais como:

- **deci-Ampere** (dA): décima parte do ampere, isto é: 1 dA = 0,1 A = 10^{-1} A
- **centi-Ampere** (cA): centésima parte do ampere, isto é: 1 cA = 0,01 A = 10^{-2} A
- **mili-Ampere** (mA): milésima parte do ampere, isto é: 1 mA = 0,001 A = 10^{-3} A
- **micro-Ampere** (μA): milionésima parte do ampere, isto é: 1 μA = 0,000001 A = 10^{-6} A

Sentido real e convencional da corrente eléctrica

Nos condutores sólidos, como por exemplo nos metais, o sentido da corrente eléctrica é o sentido do movimento dos electrões no seu interior. Esse é **o sentido real da corrente elétrica**. O **sentido real da corrente é contrário ao sentido do vector campo eléctrico** que surge quando entre os extremos do condutor se estabelece uma diferença de potencial.

No estudo da Electricidade, entretanto, adopta-se um **sentido convencional**, que é o sentido que teria o movimento das cargas positivas, se elas se deslocassem. Esse **sentido convencional da corrente corresponde ao sentido do campo eléctrico $\vec{E}$ no interior do condutor**.

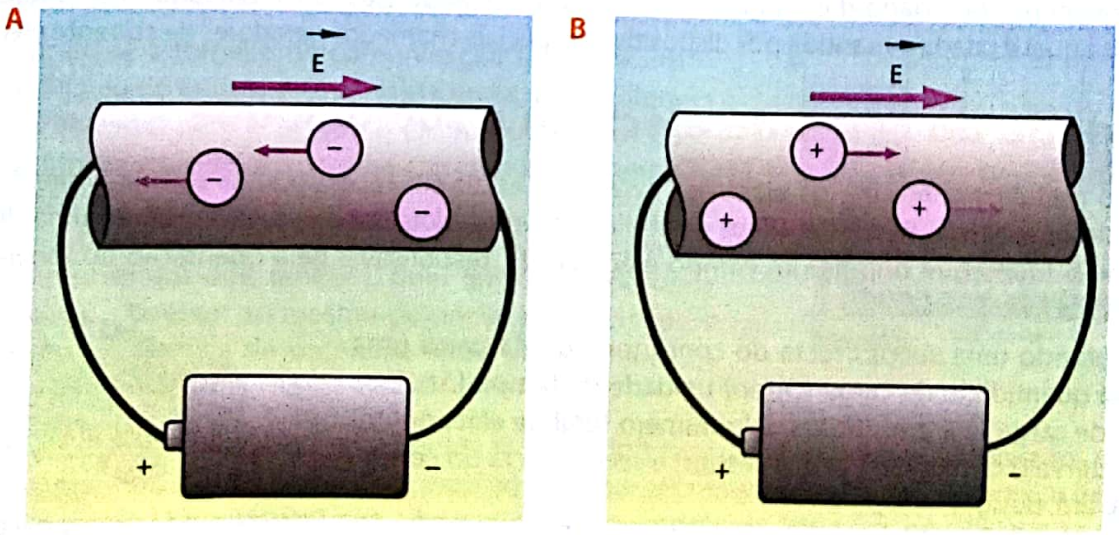


Fig. 1.23 A Sentido real da corrente; **B** Sentido convencional

Scanned by CamScanner

Corrente eléctrica contínua e alternada

Uma corrente é considerada contínua quando não altera o seu sentido, ou seja, é sempre positiva ou sempre negativa.

Para além disso, o valor numérico da corrente contínua não varia. Por isso, podemos dizer que **a corrente contínua é constante em módulo, direcção e sentido.**

O gráfico da intensidade da corrente contínua em função do tempo é uma recta não variável, paralela ao eixo das abcissas (eixo onde se representa o tempo). Este tipo de corrente é geralmente encontrado em pilhas e baterias.

A área limitada pelo gráfico (área do rectângulo) é numericamente igual à quantidade de carga (Q) que num certo intervalo de tempo (Δt) atravessa o condutor.

Se, pelo contrário, durante o seu movimento, as cargas eléctricas se deslocarem, ora num sentido ora no sentido oposto, configurando um movimento tipo «vai-vém», onde a intensidade da corrente e, também, a diferença de potencial, variam periodicamente com o tempo, então, a corrente eléctrica diz-se alternada. Quer dizer, a **corrente alternada** é um tipo de corrente que **muda periodicamente de sentido**. No nosso país, a corrente alternada muda 120 vezes de sentido por segundo: dizemos que a corrente alternada em Moçambique, tem a frequência de 60 Hz.

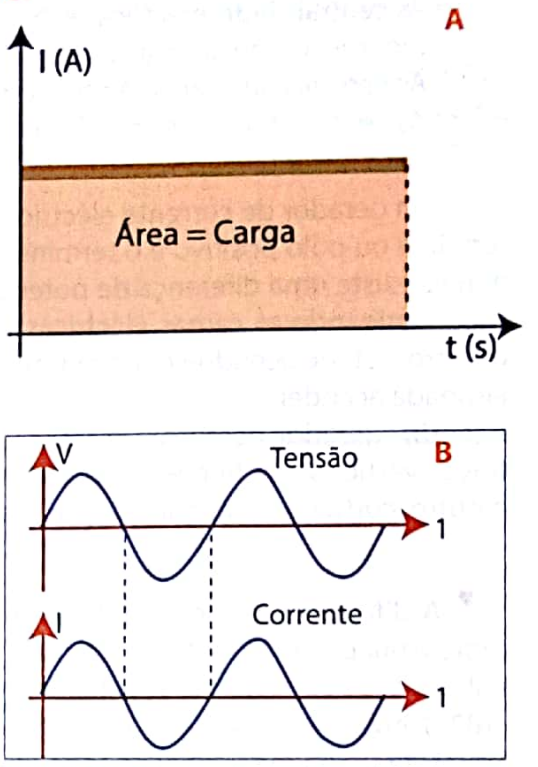


Fig. 1.24. **A** Corrente contínua; **B** Corrente alternada

Gerador de corrente eléctrica – tensão eléctrica

Nos parágrafos anteriores, já fizemos referência ao gerador de corrente eléctrica e à diferença de potencial (ou tensão eléctrica) que ele cria de modo a permitir o movimento ordenado das cargas eléctricas.

Gerador de corrente eléctrica: é um dispositivo que transforma qualquer forma de energia em energia eléctrica.

- O gerador mais simples é o dínamo da bicicleta que transforma a energia mecânica do movimento da roda (energia cinética) em energia eléctrica.
- As pilhas e as baterias são chamados geradores electroquímicos, porque transformam a energia química em energia eléctrica.

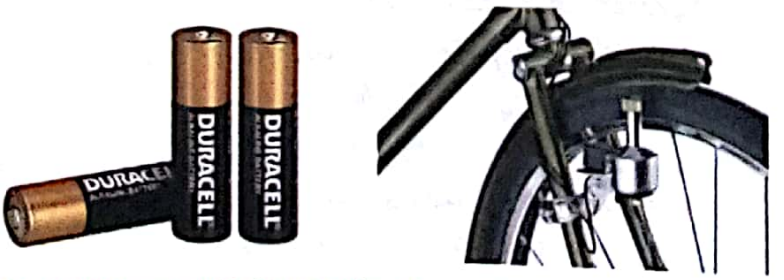


Fig. 1.25 Dínamo de bicicleta e pilhas, são geradores eléctricos.

Scanned by CamScanner

As centrais térmicas, transformam a energia térmica em energia eléctrica.

- As centrais hidroeléctricas são geradores que transformam a energia mecânica das quedas de água (energia potencial gravitacional) em energia eléctrica.
- As centrais nucleares são geradores que transformam a energia nuclear em energia eléctrica.
- As centrais térmicas, transformam a energia térmica em energia eléctrica.

Um gerador de corrente eléctrica possui dois terminais ou pólos: o terminal ou pólo positivo e o terminal ou pólo negativo. Entre estes terminais existe uma diferença de potencial que vai gerar um campo eléctrico, obrigando as cargas eléctricas a deslocarem-se de um pólo para o outro, estabelecendo-se assim uma corrente eléctrica que vai fazer a lâmpada acender.

Um gerador de corrente representa-se simbolicamente por dois traços verticais: um fino e comprido que simboliza o terminal positivo e o outro, curto e grosso que simboliza o terminal negativo.

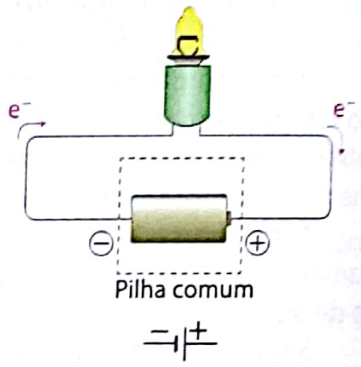


Fig. 1.26 Símbolo do gerador

A diferença de potencial (ou tensão) é uma grandeza física que se representa pelas letras ΔU, U, ΔV ou V. A sua unidade, no Sistema Internacional, é o **volt** (V), em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta (1745--1827), inventor da primeira pilha que recebeu o seu nome – pilha de Volta.

Esta unidade é relativamente pequena, isto é, vulgarmente trabalha-se com diferenças de potencial muito maiores que 1 V. Assim, é necessário ter em atenção alguns múltiplos dessa unidade, como por exemplo:

- **kilo-Volt** (1 kV = 1 000 V = 10^3 V)
- **Mega-Volt** (1 MV = 1 000 000 V = 10^6 V).



Fig. 1.27 Alessandro Volta, inventor da pilha

Noção de resistência eléctrica de um condutor

Todos os corpos são constituídos por átomos e moléculas. Os átomos, por sua vez, são constituídos por protões e neutrões (no núcleo) e por electrões (na electrosfera). Nos condutores metálicos, existe um grande número de electrões livres que, **submetidos a uma diferença de potencial (ΔU) se deslocam ordenadamente, estabelecendo-se no condutor uma corrente eléctrica de intensidade *I*.**

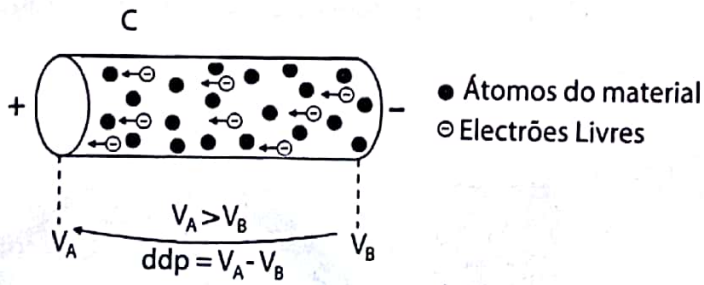


Fig. 1.28 Durante o seu movimento os electrões chocam com as particulas do condutor, surgindo assim uma resistência ao seu movimento.

Scanned by CamScanner

Contudo, durante o movimento dos electrões, estes enfrentam uma certa oposição por parte das outras partículas do condutor, que dificultam a sua passagem. Esta oposição resulta dos choques entre as cargas eléctricas em movimento ordenado e as outras partículas do condutor.

A esta oposição, que as outras partículas do condutor, oferecem à passagem das cargas eléctricas, dá-se o nome de **resistência eléctrica** (R) do condutor. A resistência eléctrica de um condutor calcula-se, dividindo a diferença de potencial (ΔU) nos seus extremos, pela intensidade (I) da corrente que o percorre.

$$R = \frac{\Delta U}{I}$$

Onde:

ΔU – diferença de potencial ou tensão, nos extremos do condutor, medida em **volt** (V).

I – intensidade da corrente, que passa pelo condutor, medida em **amperes** (A).

R – resistência eléctrica do condutor, medida em Volt por Ampere (V/A), unidade esta que recebeu o nome de **ohm** (Ω) em homenagem ao fisico alemão George Simon Ohm.

Circuito eléctrico e seus elementos

Um **circuito eléctrico** é um conjunto de aparelhos interligados electricamente de forma apropriada. É constituído, pelo menos, por um gerador eléctrico, que fornece a energia, por um receptor, que recebe energia e por fios condutores que interligam os aparelhos.

Um circuito eléctrico, muito simples, é constituido por um gerador de corrente (pilha) e uma lâmpada. O gerador e a lâmpada são ligados entre si por fios condutores. Para ligar e desligar o circuito usa-se um interruptor.

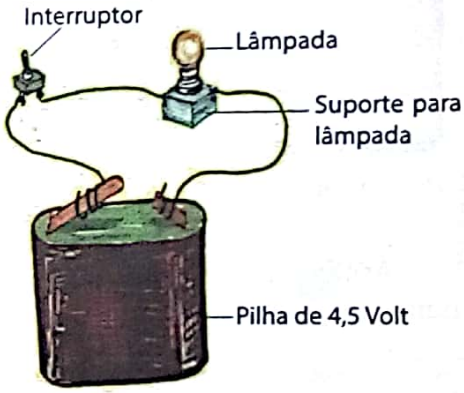


Fig. I.29 Um circuito eléctrico simples

Os principais elementos que podem constituir um circuito eléctrico são os seguintes:

- **Gerador de corrente eléctrica** (pilha, bateria) – fornece energia às cargas permitindo que se desloquem.
- **Resistência eléctrica** (R) – receptor ou consumidor de energia eléctrica.
- **Lâmpada eléctrica** (L) – é também um receptor ou consumidor de energia eléctrica que recebe das cargas.
- **Interruptor de corrente** (K) – liga e desliga o circuito, estabelecendo ou interrompendo a corrente.
- **Fio condutor** – liga entre si os diferentes elementos do circuito, permitindo a circulação das cargas

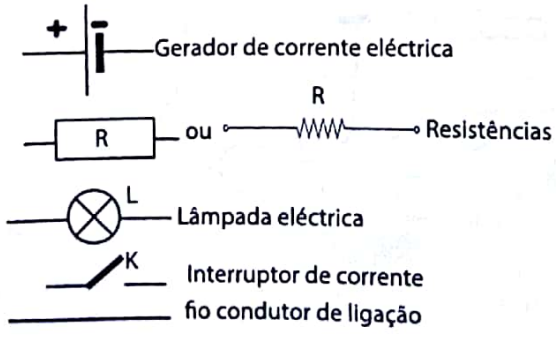


Fig. 1.30 Símbolos dos elementos que constituem um circuito eléctrico.

Scanned by CamScanner

Para além destes elementos de um circuito eléctrico, existem aparelhos de medida que podem ser intercalados de modo a serem feitas medições de diversas grandezas eléctricas. Os mais conhecidos são:

- **Voltímetro** – um aparelho que realiza medições de tensão eléctrica num circuito e exibe essas medições por meio de um ponteiro móvel (voltímetro analógico) ou num mostrador digital (voltímetro digital). A unidade de medida apresentada é o volt (V). Para aferir a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito, o voltímetro deve ser ligado em paralelo com a secção do circuito compreendida entre estes dois pontos. Por isso, para as medições serem precisas, o voltímetro deve ter uma resistência muito grande comparada às do circuito.
- **Amperímetro** – um aparelho utilizado para medir a intensidade de corrente eléctrica que passa por uma determinada região do circuito. Pode medir tanto corrente contínua como corrente alternada. A unidade utilizada é o ampere (A). O amperímetro deve ser ligado sempre em série, para aferir a corrente que passa pela região do circuito onde se pretende medir a intensidade da corrente. Para isso o amperímetro deve ter uma resistência muito pequena.

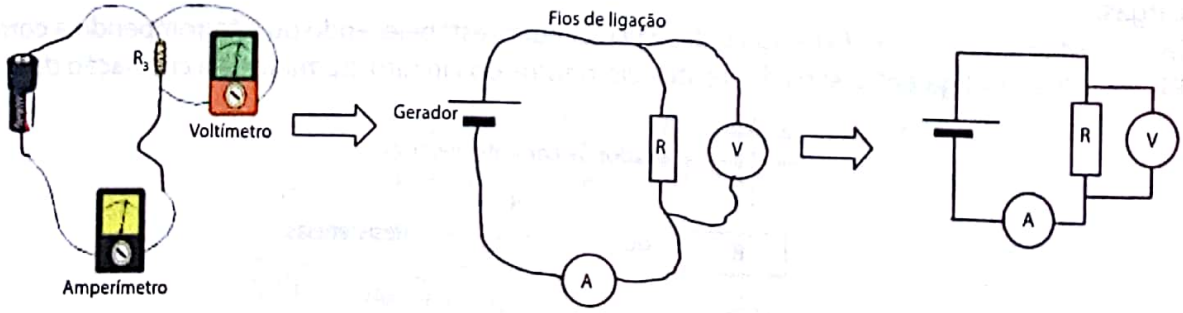


Fig. 1.31 Aparelhos de medição da *ddp* (voltímetros) e da intensidade da corrente (amperímetros)

As figuras abaixo mostram como devem ser intercalados o voltímetro e o amperímetro num circuito, bem como a representação esquemática desse circuito:

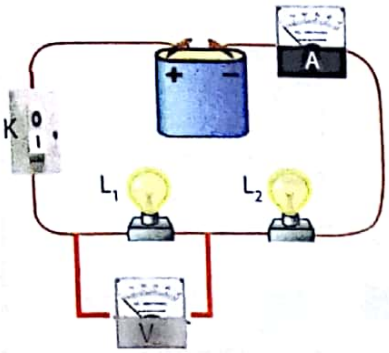
Exemplos

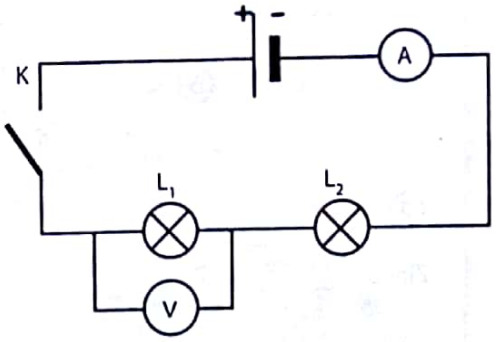
1. Circuito constituído por uma fonte de tensão, uma resistência, um voltímetro e um amperímetro.



Scanned by CamScanner

2. Circuito constituído por uma fonte de tensão, um interruptor (K), duas lâmpadas em série (L_1 e L_2), um voltímetro (ligado à lampada L_1) e um amperímetro.





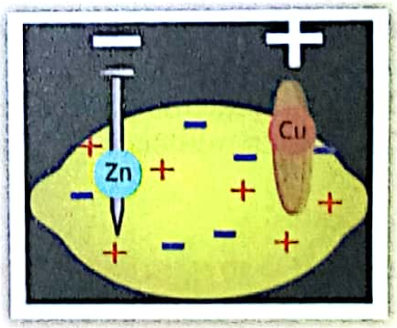
Experiência

Pilha de limão (gerador de corrente eléctrica)

Objectivo: Construir uma pilha de limão e verificar o seu funcionamento.

Material

- 1 ou 2 limões
- 1 placa de cobre (pode ser uma moeda)
- 1 placa de zinco (pode ser um prego)
- 1 voltímetro muito sensível
- Três fios eléctricos com «crocodilos» nas extremidades

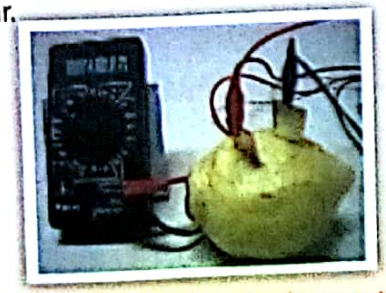


Procedimento

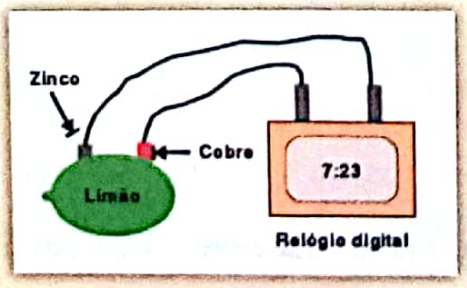
1. Ligue uma das extremidades de um dos fios eléctricos com «crocodilos» a uma das entradas do voltímetro e a outra extremidade à placa de cobre.
2. Com outro fio eléctrico una o outro pólo do voltímetro à placa de zinco.
3. Espete as placas de cobre e zinco (eléctrodos) no limão tendo em conta que estes não se devem tocar.

Pode verificar que o ponteiro do voltímetro se desvia do zero indicando uma certa diferença de potencial (cerca de 1 V).

Pode utilizar esta fonte de energia eléctrica para alimentar um relógio digital ou uma pequena máquina de calcular.

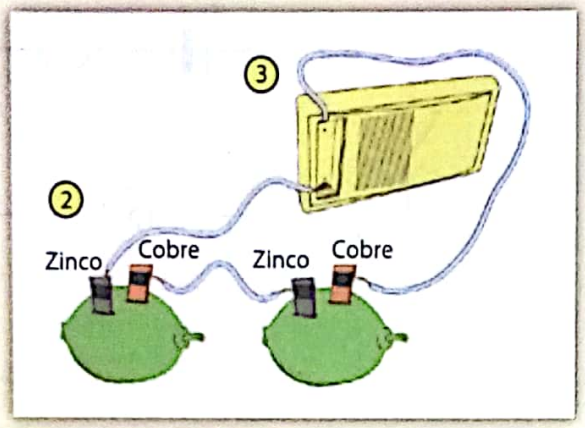


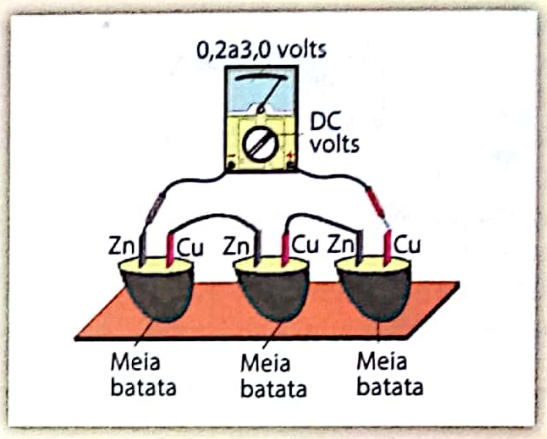
Pilha de limão (Gerador de corrente eléctrica)



Scanned by CamScanner

Para obter uma voltagem maior, pode associar, em série, várias pilhas feitas de limão ou, no lugar dos limões, usar batatas, como mostram as figuras abaixo.





Gerador limão e de batata

Exercícios resolvidos

1. Estabelecendo-se uma *ddp* de 12 V nos extremos de um condutor metálico, ele é atravessado, por minuto, por uma carga de 30 C.
   a) Determine a intensidade da corrente que percorre o condutor.
   b) Calcule a sua resistência eléctrica.

Resolução:

Dados: $\Delta U = 12\,V$; $\Delta t = 1$ minuto $= 60\,s$; $Q = 30\,C$

a) Usando a definição de intensidade da corrente: $I = \frac{Q}{\Delta t} \Leftrightarrow I = \frac{30\,C}{60\,s} \Leftrightarrow I = 0{,}5\,A$

b) Pela definição de resistência eléctrica: $R = \frac{\Delta U}{I} \Leftrightarrow R = \frac{12\,V}{0{,}5\,A} \Leftrightarrow R = 24\,\Omega$

2. Pela secção transversal de um condutor passam $1{,}25 \cdot 10^{19}$ electrões durante 5 segundos, quando nele se estabelece uma diferença de potencial de 8 V. Determine:
   a) A intensidade da corrente que percorre o condutor.
   b) A resistência eléctrica do condutor.

Resolução:

Dados: $n = 1{,}25 \cdot 10^{19}$ electrões; $\Delta t = 5\,s$; $\Delta U = 8\,V$

a) Primeiro devemos converter a quantidade de electrões que atravessam o condutor, para Coulomb (unidade de carga no SI)

$Q = n \cdot e = 1{,}25 \cdot 10^{19} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} = 2\,C$

Depois, usando a definição de intensidade da corrente:

$I = \frac{Q}{\Delta t} \Leftrightarrow I = \frac{2\,C}{5\,s} \Leftrightarrow I = 0{,}4\,A$

Scanned by CamScanner

b) Pela definição de resistência eléctrica:

$$R = \frac{\Delta U}{I} \Leftrightarrow R = \frac{8\,V}{0{,}4\,A} \Leftrightarrow R = 20\,\Omega$$

3. A diferença de potencial entre dois pontos de um condutor é 16 V, e a resistência é 10 Ω.

a) Qual a intensidade da corrente que circula?

b) Quantos electrões passam, por minuto, por uma secção recta deste condutor?

Resolução:

Dados: $\Delta U = 16\,V$; $R = 10\,\Omega$; $\Delta t = 1$ minuto $= 60\,s$

a) Usando a equação de definição da resistência:

$$R = \frac{\Delta U}{I} \Leftrightarrow I = \frac{\Delta U}{R} = \frac{16V}{10\,\Omega} \Leftrightarrow I = 1{,}6\,\Omega$$

b) Da definição de intensidade da corrente:

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \Leftrightarrow Q = I \cdot \Delta t = 1{,}6\,A \cdot 60\,s = 96\,C$$

Usando o conceito de carga eléctrica

$$Q = n \cdot e \Leftrightarrow n = \frac{Q}{e} = \frac{96}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} = 6 \cdot 10^{20} \text{ electrões}$$

4. Um condutor com resistência de 20 Ω é atravessado durante 2 minutos pela carga de 60 C. Determine:

a) A intensidade da corrente que percorre o condutor.

b) A *ddp* estabelecida nos seus extremos.

Resolução:

Dados: $R = 20\,\Omega$; $\Delta t = 2$ min $= 120$ s; $Q = 60$ C

a) $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{60\,C}{120\,s} = 0{,}5\,A$

b) $\Delta U = R \cdot I \Rightarrow \Delta U = 20\,\Omega \cdot 0{,}5\,A = 10\,V$

Scanned by CamScanner

12. Em 1 minuto e 20 segundos a secção transversal de um condutor foi atravessada pela carga de 40 C. Determine:

a) A intensidade da corrente que percorreu esse condutor.
b) O número de electrões que, naquele intervalo de tempo, passou pela secção do condutor.

13. Pela secção recta de um condutor de electricidade, passam 12 C a cada minuto. Nesse condutor, a intensidade da corrente eléctrica, em unidades do sistema internacional, é igual a:

a) 0,08 **b)** 0,20 **c)** 5,0 **d)** 7,2

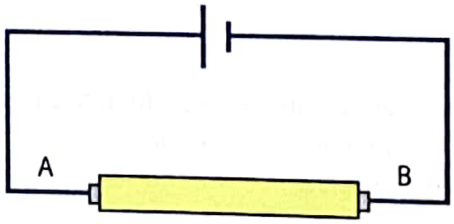
14. Pela secção recta de um fio, passam $5{,}0 \cdot 10^{18}$ electrões a cada 2,0 s. Sabendo-se que a carga eléctrica elementar vale $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, pode-se afirmar que a corrente eléctrica que percorre o fio tem a intensidade de:

a) 500 mA **b)** 800 mA **c)** 160 mA **d)** 400 mA

15. A corrente eléctrica nos condutores metálicos é constituída por:

a) Electrões livres no sentido convencional da corrente.
b) Cargas positivas no sentido convencional da corrente.
c) Electrões livres no sentido oposto ao convencional da corrente.
d) Cargas positivas no sentido oposto ao convencional da corrente.

16. Uma lâmpada fluorescente contém no seu interior um gás que se ioniza após a aplicação de alta tensão entre seus terminais. Após a ionização, uma corrente eléctrica é estabelecida e os iões negativos deslocam-se a uma taxa de $1 \cdot 10^{18}$ iões/segundo para o pólo A. Os iões positivos deslocam-se, à mesma taxa, para o pólo B.



Sabendo-se que a carga de cada ião positivo é de $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, a corrente eléctrica na lâmpada será de:

a) 0,16 A **b)** 0,32 A **c)** $1 \cdot 10^{18}$ A **d)** Nula

17. Quando nos extremos de um condutor metálico se estabelece uma diferença de potencial de 12 V, ele é atravessado por uma corrente eléctrica de 400 mA. Determine:

a) A resistência eléctrica desse condutor.
b) A quantidade de carga eléctrica que passa, por minuto, numa secção recta desse condutor.

18. Durante 2 horas, um condutor metálico com a resistência de 0,75 kΩ, foi percorrido por uma corrente eléctrica de intensidade igual a 1,2 A. Determine:

a) A tensão eléctrica estabelecida nos extremos desse condutor.
b) A quantidade de carga que naquele tempo, atravessou uma secção recta do condutor.

19. Em 30 s a secção recta de um condutor foi atravessada por $4 \cdot 10^{18}$ electrões. Calcule a intensidade da corrente que atravessou o condutor.

Scanned by CamScanner

Factores de que depende a resistência de um condutor metálico

A resistência eléctrica de um condutor metálico depende de vários factores, tais como, as suas dimensões e o material de que ele é feito. De entre os factores que influenciam na resistência dos condutores metálicos, destacam-se:

- **Comprimento (l) do condutor**: se dois condutores, A e B, feitos do mesmo material, tiverem a mesma área da secção transversal, terá maior resistência o condutor que tiver maior comprimento porque, «a resistência de um condutor metálico é directamente proporcional ao comprimento do condutor».

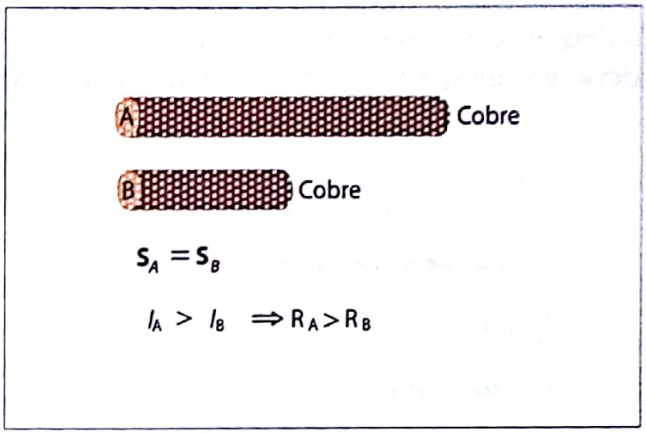


Fig. 1.32 Como os condutores são feitos do mesmo material e têm a mesma área da secção transversal, o condutor A, de maior comprimento, tem uma resistência eléctrica maior que a resistência do condutor B.

- **Área (S) da secção transversal do condutor**: se dois condutores, C e D, feitos do mesmo material e, com o mesmo comprimento, tiverem áreas das secções transversais diferentes, terá maior resistência o que tiver menor área da secção transversal porque, «a resistência é inversamente proporcional à área da secção transversal do condutor».

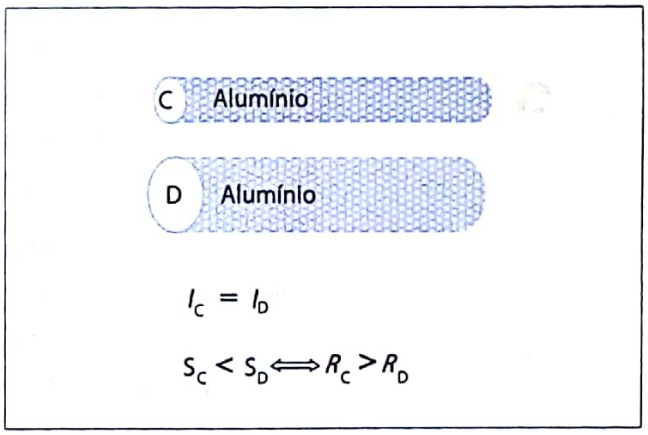


Fig. 1.33 Como os condutores são feitos do mesmo material e têm o mesmo comprimento, o condutor C, com menor área da secção, tem uma resistência eléctrica maior que a resistência do condutor D.

- **Material de que o condutor é feito**: dois condutores com as mesmas dimensões (mesmo comprimento e mesma área da secção transversal), mas de materiais diferentes têm, necessariamente, resistências diferentes. Por exemplo, um condutor de alumínio não pode ter a mesma resistência que um condutor de cobre pois os dois metais têm algumas propriedades físicas e químicas diferentes. A maior ou menor resistência que cada material oferece à passagem da corrente eléctrica é determinada por meio de uma grandeza chamada **resistividade** ou **resistência específica** e representa-se pela letra grega ρ (rhó). A resistividade é uma característica natural de cada material e exprime a oposição que cada material oferece à passagem da corrente eléctrica. Quanto maior for a resistividade de um material, pior condutor ele será. O cobre possui baixa resistividade, sendo desta forma muito usado como condutor de electricidade.

Conclusão: a resistência de um condutor metálico é directamente proporcional ao seu comprimento e, inversamente proporcional à área da sua secção transversal.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

Scanned by CamScanner

Unidades da resistência específica: no SI de unidades a resistência específica é expressa em «ohm vezes metro» ($\Omega \cdot m$). Contudo, também são muito usadas outras unidades tais como «ohm vezes centímetro» ($\Omega \cdot cm$) e o «ohm vezes milímetro quadrado por metro» $\Omega \cdot mm^2/m$). Esta grande variedade de unidades para a resistência específica tem como causa a área da secção transversal dos condutores que, na maior parte das vezes é medida em cm^2 e em mm^2. O quadro que se segue mostra em que unidades deve ser expressa cada uma das grandezas envolvidas.

	Resistividade (ρ)	Comprimento (l)	Área da Secção (S)	Resistência eléctrica (R)
Sistema Internacional (S.I.)	$\Omega \cdot m$	m	m^2	Ω
Sistema C.G.S.	$\Omega \cdot cm$	cm	cm^2	Ω
Unidade mais usada	$\Omega \cdot mm^2/m$	m	mm^2	Ω

A tabela abaixo mostra os valores da resistividade de alguns metais:

Material	Resistência específica		
	SI ($\Omega \cdot m$)	($\Omega \cdot cm$)	($\Omega \cdot mm^2/m$)
Prata	$1{,}5 \cdot 10^{-8}$	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$	$1{,}5 \cdot 10^{-2}$
Cobre	$1{,}7 \cdot 10^{-8}$	$1{,}7 \cdot 10^{-4}$	$1{,}7 \cdot 10^{-2}$
Ouro	$2{,}4 \cdot 10^{-8}$	$2{,}4 \cdot 10^{-4}$	$2{,}4 \cdot 10^{-2}$
Alumínio	$2{,}6 \cdot 10^{-8}$	$2{,}6 \cdot 10^{-4}$	$2{,}6 \cdot 10^{-2}$
Ferro	$10 \cdot 10^{-8}$	$10 \cdot 10^{-4}$	$10 \cdot 10^{-2}$
Tungsténio	$5{,}5 \cdot 10^{-8}$	$5{,}5 \cdot 10^{-4}$	$5{,}5 \cdot 10^{-2}$

$$1\ \Omega \cdot m = 10^4\ \Omega \cdot cm = 10^6\ \Omega \cdot mm^2/m$$

Exercícios resolvidos

1. Um condutor A com 100 metros de comprimento tem 4 mm^2 de área da secção transversal. Sabendo que a resistividade do cobre é igual a $1{,}7 \cdot 10^{-2}\ \Omega \cdot mm^2/m$, determine:

a) A resistência do condutor.

b) Qual será a resistência de um outro condutor B de cobre, com a mesma área da secção transversal, mas com 200 m de comprimento? Justifique a resposta.

c) Qual será a resistência de um condutor C, também de cobre, com 100 metros de comprimento, mas com 8 mm^2 de área da secção transversal? Justifique a resposta.

Resolução:

Dados: $l_A = 100\ m = 10^2\ m$; $S_A = 4\ mm^2$; $\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-2}\ \Omega \cdot mm^2/m$

a) Usando a expressão que determina a resistência de um condutor, em função do seu comprimento e da área da secção transversal: $R = \frac{\rho \cdot l}{S} \Leftrightarrow R = \frac{1{,}7 \cdot 10^{-2} \cdot 10^2}{4} \cdot \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \cdot \frac{m}{mm^2} = 0{,}425\ \Omega$

Scanned by CamScanner

b) O condutor B, também de cobre, tem a mesma área da secção transversal, mas tem o dobro do comprimento do condutor A. Como a resistência é directamente proporcional ao comprimento do condutor, a resistência do condutor B é duas vezes maior que a do condutor A.

c) O condutor C, também de cobre, tem o mesmo comprimento do condutor A, mas tem uma área da secção transversal duas vezes maior que a do condutor A. Como a resistência é inversamente proporcional à área da secção, a resistência do condutor C é duas vezes menor que a do condutor A.

2. Quando nos extremos de um cabo condutor de alumíno se estabelece uma diferença de potencial de 220 V, este é atravessado pela corrente de 10 A. O cabo tem a forma cilíndrica com 2 mm de diâmetro. Sendo 0,03 $\Omega \cdot mm^2/m$, a resistência específica do alumínio:



a) Qual deve ser o comprimento do cabo?

b) Como deve ser alterada a área da secção para que a resistência do fio duplique?

Resolução:

Dados: $\rho \cdot = 0{,}03\ \Omega \cdot mm^2/m = 3 \cdot 10^{-2}\ \Omega \cdot mm^2/m$; $\Delta U = 220\ V$; $I = 10\ A$; $d = 2\ mm \Leftrightarrow r = 1\ mm$

Primeiro vamos determinar a resistência do condutor e a sua área da secção. Pela definição de resistência eléctrica teremos: $R = \frac{\Delta U}{I} = \frac{220\ V}{10\ A} = 22\ \Omega$

Como o fio é cilíndrico, a sua área da secção é igual à área de um círculo com 1 mm de raio.

$S = \pi \cdot r^2 = 3{,}14 \cdot (1\ mm)^2 = 3{,}14\ mm^2$

Finalmente, podemos determinar o comprimento do cabo:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \Leftrightarrow l = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{22\ \Omega \cdot 3{,}14\ mm^2}{0{,}03\ \Omega \cdot mm^2/m} \approx 2302{,}67\ m$$

b) Para que a resistência da linha duplique, a área da secção transversal do fio que a constitui deve ser reduzida a metade porque a resistência é inversamente proporcional à área da secção transversal do condutor.

Exercício de aplicação

Complete a tabela:

Condutor	$R\ (\Omega)$	$l\ (m)$	$s\ (mm^2)$	$\rho\left(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}\right)$
A		40 000	50	0,025
B	60		20	0,04
C	20	60 000		0,05
D	30	75 000	25	

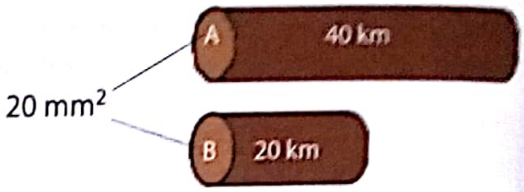
Scanned by CamScanner

20. A figura representa dois condutores de cobre, cuja resistência específica é igual a 0,017 Ω · mm²/m.

a) Qual dos condutores, A ou B, tem maior resistência? Justifique a resposta.

b) Calcule a resistência do condutor A.

c) Qual é a resistência do condutor B? Justifique a resposta.

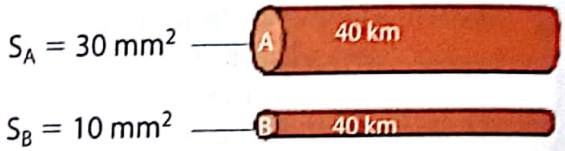


21. Os condutores representados na figura, são de constantan (uma liga metálica de cobre e níquel), cuja resistividade é igual a 0,5 Ω · mm²/m.

a) Qual deles, A ou B, tem maior resistência eléctrica? Justifique a resposta.

b) Calcule a resistência do condutor B.

c) Qual é a resistência do condutor A? Justifique a resposta.



22. Para a montagem de uma linha de alta tensão, entre duas cidades distantes a 60 km uma da outra, foi usado fio de cobre (resistividade igual 0,017 Ω · mm²/m) , com 54 mm² de secção.

a) Calcule a resistência dessa linha.

b) Suponha que o engenheiro de construção pretenda reduzir para metade a resistência da linha. Como ele não pode alterar a distância entre as duas cidades, explique que procedimento ele deverá adoptar.

23. Nos extremos de um fio de alumínio com a resistência de 0,12 Ω e 5 mm² de secção foi aplicada uma *ddp* de 6 V. Sendo $3 \cdot 10^{-8}$ Ω · m a resistividade do alumínio, determine:

a) O comprimento do fio.

b) A intensidade da corrente que percorre o fio.

24. Um cabo metálico com 2,5 km de comprimento tem a resistência de 5 Ω. Sendo 0,02 Ω · mm²/m a resistência específica do metal, determine:

a) A área da secção transversal do cabo.

b) Qual deve ser o comprimento de um cabo, feito do mesmo metal com o dobro da área da secção transversal, para que tenha a mesma resistência? Justifique a resposta.

25. Um condutor metálico com 2 km de comprimento e 4 mm² de secção tem a resistência de 1 Ω. Qual é a resistência de um outro condutor, feito do mesmo metal, com 8 km de comprimento e 2 mm² de secção?

26. Um condutor, A, tem 20 km comprimento e 15 Ω de resistência. A resistência de um condutor, B, feito do mesmo material e com a mesma área da secção transversal, mas com 60 km de comprimento, é igual a:

a) 30 Ω **b)** 45 Ω **c)** 60 Ω **d)** 90 Ω

27. Um condutor de alumínio, A, tem 7,5 mm² de secção transversal e 40 Ω de resistência. Um outro condutor, B, também de alumínio com o mesmo comprimento e 30 mm², tem a resistência de:

a) 10 Ω **b)** 20 Ω **c)** 80 Ω **d)** 160 Ω

Scanned by CamScanner

Lei de Ohm

As primeiras investigações sobre a condução da corrente eléctrica ficaram a dever-se ao físico alemão Georg Simon Ohm, que em 1827, após pesquisas experimentais, formulou uma lei que estabelece a relação entre a diferença de potencial aplicada nos extremos de um condutor e a intensidade da corrente eléctrica que o percorre.

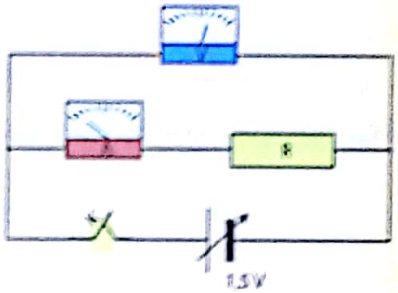
Experiência

Verificação experimental da Lei de Ohm

Objectivo: Comprovar a relação de proporcionalidade entre a *ddp* nos extremos de um condutor e a intensidade da corrente que o percorre.

Material

- Uma fonte de tensão variável (4 pilhas de 1,5 V cada)
- Uma resistência de constantan (R)
- Um amperímetro muito sensível (A)
- Um voltímetro muito sensível (V)
- Um interruptor
- Fios de ligação



fonte de tensão variável

Procedimento

1. Faça a montagem do circuito eléctrico esquematizado na figura (o amperímetro deve estar em série com a resistência e o voltímetro em paralelo), mantendo o interruptor K desligado.
2. Ligue o interruptor K e faça leituras da intensidade da corrente (no amperímetro) e da diferença de potencial (no voltímetro). Anote os resultados na tabela abaixo (veja os exemplos indicados na tabela) e, calcule o valor da resistência R.

Voltímetro	ΔU (V)	0	1,5	3,0	4,5	6,0
Amperímetro	I (A)	0	0,02	0,04	0,06	0,08
Resistência $R = \frac{\Delta U}{I}$	R (Ω)	-	7,5	7,5	7,5	7,5

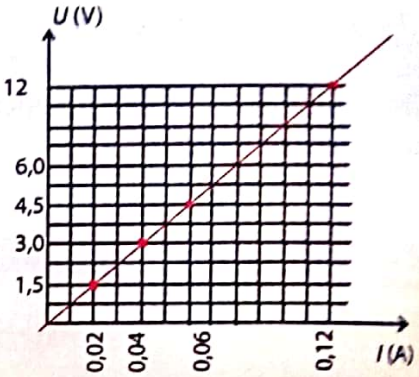
3. Desligue o interruptor e acrescente uma pilha ao circuito (fazendo duplicar a diferença de potencial). Ligue o interruptor e volte a fazer as leituras da tensão (no voltímetro) e da corrente (no amperímetro). Anote os resultados na tabela.
4. Repita o procedimento anterior usando, três e quatro pilhas (para triplicar e quadruplicar a *ddp*).
5. Construa o gráfico que mostra a dependência entre a intensidade da corrente e a *ddp* nos extremos da resistência.

Scanned by CamScanner

Conclusão

Lei de Ohm: é constante a razão entre a diferença de potencial nos extremos de um condutor e a intensidade da corrente que o percorre.

$$R = \frac{\Delta U}{I} = \text{const.}$$



Onde:

R – Resistência do condutor, medida em ohm (Ω)

ΔU – *ddp* nos extremos de um condutor, medida em volt (V)

I – intensidade de corrente que percorre o condutor, medida em ampere (A)

Trabalho realizado pela corrente eléctrica: lei de Joule/Lenz

Quando um condutor é percorrido por uma corrente eléctrica, ocorre a transformação de energia eléctrica em energia térmica, facto perceptível pelo aquecimento do condutor. Este fenómeno é conhecido como Efeito Joule, em homenagem ao físico britânico James Prescott Joule (1818-1889).

Os portadores de carga eléctrica ao atravessarem o condutor, sofrerão choques (interacções) com as outras partículas do próprio condutor. Por causa desses choques, parte da energia eléctrica associada aos portadores transfere-se para as partículas do meio condutor, as quais passam a vibrar mais intensamente – o que caracteriza, em parte, o aquecimento do condutor. As observações que demonstram este fenómeno são numerosas, por exemplo:



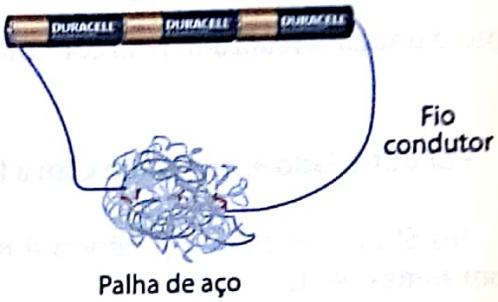
Fig. 1.34 O Efeito Joule pode ser observado no filamento de uma lâmpada (A), na placa de um fogão eléctrico (B) ou num chuveiro eléctrico (C).

Scanned by CamScanner

Experiência

Verificação experimental do Efeito Joule/Lenz

Objectivo: Comprovar o aquecimento de um condutor percorrido por uma corrente eléctrica.



Material

- 3 ou 4 pilhas de 1,5 V cada
- Fios condutores de ligação
- Um interruptor
- Palha-de-aço fina e bem seca

Procedimento

1. Coloque as três pilhas em série e ligue uma extremidade de cada fio nas extremidades da série de pilhas.
2. Coloque palha-de-aço num local onde não possa ocorrer a propagação de chamas (superfície não inflamável).
3. Ligue as duas extremidades dos fios na palha-de-aço. Feche o circuito, estabelecendo nele uma corrente eléctrica.

A corrente eléctrica aquece os fios da palha-de-aço por Efeito Joule. Os fios por serem muito finos, tornam-se incandescentes e pegam fogo.

Lei de Joule/Lenz: a quantidade de calor libertada numa resistência, pela passagem da corrente, é directamente proporcional ao quadrado da intensidade da corrente e ao tempo durante o qual essa corrente passa.

$$W = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

Onde:

R – resistência do condutor medida em ohm (Ω)
I – intensidade da corrente, medida em ampere (A)
Δt – intervalo de tempo durante o qual a corrente passa, medido em segundos (s)
W – quantidade de energia eléctrica transformada em calor, por Efeito Joule/Lenz, medida em joule (J)

Potência dissipada numa resistência

A potência caracteriza a rapidez com que um dispositivo transforma uma determinada quantidade de energia numa outra forma de energia. No caso dos aparelhos eléctricos, a potência mede a rapidez com que um dispositivo eléctrico transforma a energia eléctrica em trabalho, isto é, a potência dissipada numa resistência por efeito Joule, mede a rapidez com que essa resistência transforma a energia eléctrica, que recebe das cargas eléctricas, em calor.

Scanned by CamScanner

Potência (P) é o trabalho (W) realizado na unidade de tempo

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

Como o trabalho realizado pela corrente é dado pela expressão $W = R \cdot I^2 \, \Delta t \Leftrightarrow \boxed{P = R \cdot I^2}$

Por outro lado e, de acordo com a Lei de Ohm, $R = \frac{\Delta U}{I} \Leftrightarrow \boxed{P = \Delta U \cdot I}$ e como $I = \frac{\Delta U}{R} \Leftrightarrow \boxed{P = \frac{\Delta U^2}{R}}$

No SI de unidades a potência é medida em **watt (W)** em homenagem ao inventor da máquina a vapor James Watt.

Exercícios resolvidos

1. Quando uma lâmpada de incandescência é ligada a uma tensão de 120 V, a corrente que flui pelo seu filamento é igual a 1 A. Determine:

a) A potência da lâmpada.

b) A quantidade de energia eléctrica que, por minuto, é transformada em calor pelo filamento da lâmpada.

Resolução:

Dados: $\Delta U = 120\,V$; $I = 1\,A$

a) A potência é calculada pelo produto da *ddp* nos extremos da lâmpada e a intensidade da corrente que a percorre. Assim:

$$P = \Delta U \cdot I \Leftrightarrow P = 120\,V \cdot 1\,A = 120\,W$$

b) Pela Lei de Joule/Lenz:

$$W = R \cdot I^2 \cdot \Delta t; \text{como } P = R \cdot I^2 \Leftrightarrow W = P \cdot \Delta t = 120\,W \cdot 60\,s = 7\,200\,J$$

2. Num resistor, de resistência igual a 15 Ω, passa uma corrente com intensidade de 2 A. Calcule:

a) A potência dissipada no resistor.

b) A quantidade de calor libertada por esse resistor em 30 minutos.

Resolução:

Dados: $R = 15\,\Omega$; $I = 2\,A$

a) A potência é calculada pelo produto entre a resistência (R) e o quadrado da intensidade da corrente. Assim:

$$P = R \cdot I^2 \Leftrightarrow P = 15\,\Omega \cdot (2\,A)^2 = 60\,W$$

b) Pela Lei de Joule/Lenz:

$$W = R \cdot I^2 \cdot \Delta t \Leftrightarrow W = 15\,\Omega \cdot (2\,A)^2 \cdot 1\,800\,s = 108\,000\,J$$

Scanned by CamScanner

28. Num certo carro, o motor que acciona os vidros eléctricos tem potência de 100 W. A *ddp* do sistema eléctrico desse carro é 12 V.

a) Qual é a intensidade da corrente que percorre o referido motor?
b) Qual é o valor da resistência do motor?
c) Que quantidade de energia eléctrica o motor transforma em calor se, para elevar um dos vidros, forem necessários 20 segundos?

29. Um resistor de 5 Ω é submetida a uma *ddp* de 10 V. Determine:

a) A intensidade da corrente que atravessa o referido resistor.
b) A potência dissipada por esse resistor.
c) A quantidade de calor que esse resistor produz em 2,5 minutos de funcionamento.

30. Numa aula experimental, um aluno da 10.ª classe, tentando verificar a validade da lei de Ohm sobre dois condutores metálicos, A e B, mediu a intensidade da corrente que percorria cada condutor à medida que fazia variar a diferença de potencial nos seus extremos. A tabela ilustra os dados recolhidos pelo aluno:

U (V)		0,00	3,00	6,00	9,00	12,00
I (A)	Condutor A	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80
	Condutor B	0,00	0,10	0,15	0,20	0,25

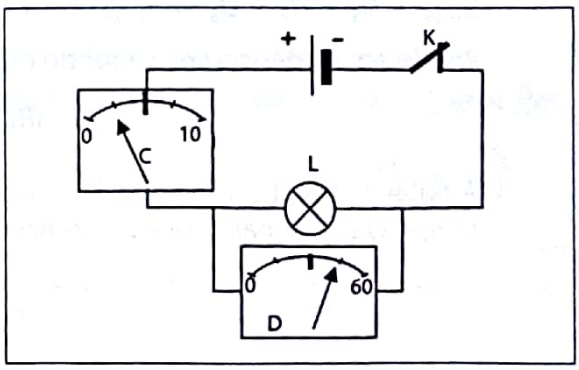
a) Qual dos condutores, A ou B, é óhmico? Justifique.
b) Calcule a resistência do condutor óhmico.
c) Represente graficamente os dados da tabela, para o condutor óhmico.

31. Na placa de um fogão eléctrico pode ler-se a seguinte inscrição: 1,1 kW/220 V.

a) Explique o significado físico de tal inscrição.
b) Determine a intensidade da corrente que deve percorrer a resistência do referido fogão.
c) Que quantidade de energia, medida em kW · h o fogão dissipa, se funcionar durante 3 horas?

32. Observe o circuito eléctrico constituído por uma fonte de tensão, uma lâmpada L, um interruptor K e dois aparelhos de medida.

a) Qual dos aparelhos, C ou D, é o amperímetro? Justifique a resposta.
b) E qual deles é o voltímetro? Justifique a resposta.
c) Qual é a intensidade da corrente que percorre a lâmpada? E, qual é a *ddp* nos extremos dessa lâmpada?
d) Calcule a resistência da lâmpada.
e) Determine a potência da lâmpada.
f) Que quantidade de calor a lâmpada liberta em 1 hora de funcionamento?



33. No casquilho de uma lâmpada vem impressa a seguinte inscrição 60 W/120 V.

a) Qual é a intensidade da corrente que deve percorrer o filamento da lâmpada?
b) Calcule a resistência da lâmpada.

Scanned by CamScanner

Associação de resistências

Em muitas situações práticas, há a necessidade de se obter uma resistência maior ou menor do que a resistência fornecida por um só resistor. Noutros casos, um resistor não suporta a corrente que deve atravessá-lo. Nestas circunstâncias, é preciso associar vários resistores. As resistências podem ser associadas em série, em paralelo ou, numa combinação entre as duas a que se chama associação mista.

Associação de resistências em série

Dois ou mais componentes de um circuito encontram-se associados em série quando um dos seus terminais é comum, isto é, o terminal positivo de um deles liga ao terminal negativo do outro e ambos são percorridos pela mesma corrente eléctrica (Fig. 1.34).

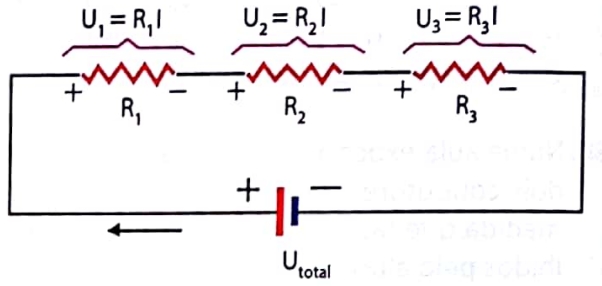


Fig. 1.35 Três resistências associadas em série

Uma análise cuidadosa da figura permite-nos concluir que:

a) As cargas eléctricas, que constituem a corrente, movem-se por um único «caminho» e, por isso, a intensidade da corrente (I) é constante para todas as resistências associadas.

$$I_1 = I_2 = I_3 = I = \text{const.}$$

b) A diferença de potencial do gerador (U_{total}) é igual à soma das quedas de tensão nos extremos de cada resistência.

$$U_{total} = U_1 + U_2 + U_3$$

c) Como $U_{total} = R_{total} \cdot I$; $U_1 = R_1 \cdot I$; $U_2 = R_2 \cdot I$ e $U_3 = R_3 \cdot I$, a resistência total ou equivalente da associação é igual à soma das resistências envolvidas.

$U_{total} = U_1 + U_2 + U_3 \Leftrightarrow R_{total} \cdot I = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I$

Pondo em evidência I no segundo membro e simplificando, obtemos:

$$R_{total} \cdot I = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3) \Leftrightarrow R_{total} = (R_1 + R_2 + R_3)$$

d) A potência total dissipada pela associação é igual à soma das potências dissipadas por cada resistência. Quanto maior for a resistência de um resistor associado, maior a potência dissipada.

$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3$$

Vantagens de uma associação em série: simplicidade da montagem da ligação, porque existe apenas um percurso para a energia. Apenas é necessário um único interruptor.

Desvantagens de uma ligação em série: se um receptor for desligado ou avariar, todos os outros receptores deixam de funcionar. A corrente tem de ser igual em todos os receptores, para poderem funcionar.

Scanned by CamScanner

Associação de resistências em paralelo

Nessa associação, os pólos positivos são ligados a um único ponto e os pólos negativos a outro. Repare que a corrente total que atravessa o circuito (I_{total}) ramifica-se ao chegar ao nó de entrada (fig. 1.36). Verifica-se que:

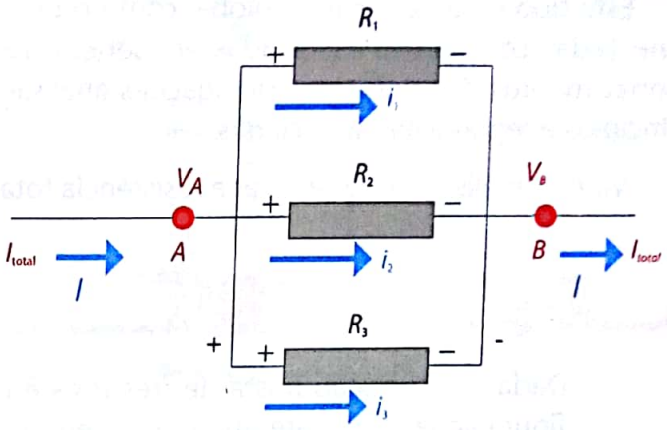


Fig. 1.36 Associação em paralelo

a) A queda de tensão nos extremos de cada resistência é constante e igual para toda a associação:

$$U_{total} = U_{AB} = U_1 = U_2 = U_3 = \text{const.}$$

b) A intensidade total da corrente da associação é igual à soma das correntes que atravessam as resistências:

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3$$

c) Como $I_{total} = \frac{U_{total}}{R_{total}}$; $I_1 = \frac{U_{total}}{R_1}$; $I_2 = \frac{U_{total}}{R_2}$ e $I_3 = \frac{U_{total}}{R_3}$,

$$\frac{U_{total}}{R_{total}} = \frac{U_{total}}{R_1} + \frac{U_{total}}{R_2} + \frac{U_{total}}{R_3}$$

Pondo em evidência U_{total} no segundo membro e simplificando, obtemos:

$$\frac{U_{total}}{R_{total}} = U_{total} \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \Leftrightarrow \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3},$$

O inverso da resistência total ou equivalente da associação é igual à soma dos inversos das resistências envolvidas.

Na associação de resistências em paralelo, devemos observar que:

- Na maior resistência passará a menor corrente e na menor resistência passará a maior corrente. Por exemplo, se duas resistências estiverem associadas em paralelo sendo $R_1 = n \cdot R_2$, então $I_1 = \frac{I_2}{n}$.

Vantagens de uma ligação em paralelo: cada receptor funciona de maneira independente de modo a que se um receptor for desligado ou avariar, não impede os outros de funcionar. A energia eléctrica proveniente da fonte é praticamente a mesma.

Desvantagens de uma ligação em paralelo: são mais complexas exigindo mais sistemas de ligação. São necessários mais interruptores para controlar os receptores do circuito.

Scanned by CamScanner

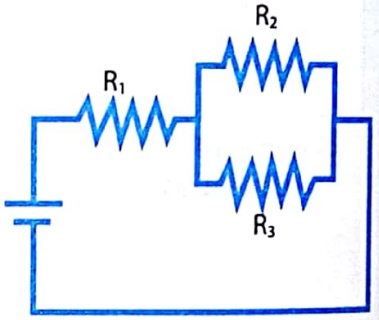
Associação mista de resistências

Este tipo de associação engloba, como o próprio nome sugere, resistências associadas em paralelo conectadas com outras associadas em série. A resolução deste tipo de associação requer profundos conhecimentos dos dois tipos de ligações analisadas anteriormente, uma vez que são válidos todos os princípios e regras a elas associadas.

Vamos analisar como calcular a resistência total de algumas associações mistas de resistências:

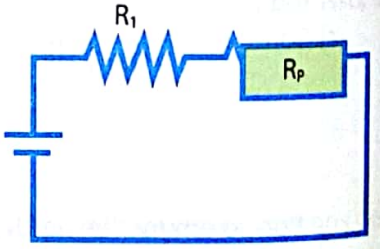
Exemplos

1. Dada a associação mista de três resistências, representada na figura ao lado. Repare que as resistências R_2 e R_3 estão associadas em paralelo, constituindo um grupo. Por sua vez, o grupo de resistências em paralelo, está em série com a resistência R_1. Para determinar a resistência total deste circuito:



   1.º Calcula-se a resistência equivalente do grupo de resistências que está em paralelo (R_2 e R_3), de modo a que o circuito fique simplificado (reduzido a uma associação em série de duas resistências R_1 e a resistência equivalente do grupo em paralelo (R_P) .

   2.º Finalmente, calcula-se a resistência total ou equivalente do circuito entre as duas resistências associadas em série (R_1 e R_P).

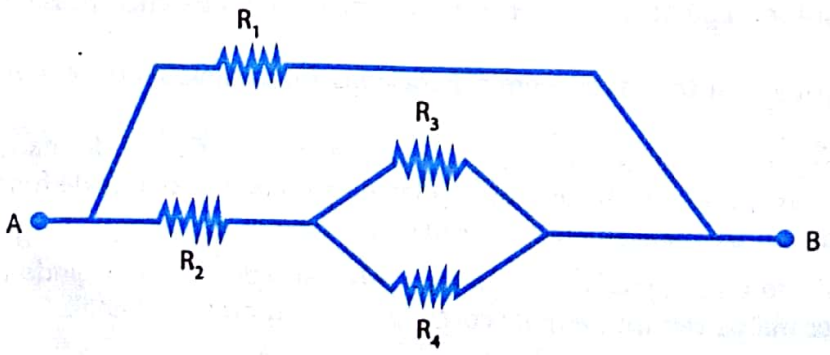


2. No circuito esquematizado abaixo, vamos calcular a resistência total, procedendo do seguinte modo:

   1.º Calcula-se a resistência equivalente (R_A) entre as resistências de R_3 e R_4, que estão em paralelo. R_A ficará em série com a resistência R_2.

   2.º Calcula-se a resistência equivalente (R_B) entre as resistências R_2 e R_A que estão em série.

   3.º Finalmente, calcula-se a resistência total, entre R_B e R_1 que estão em paralelo.

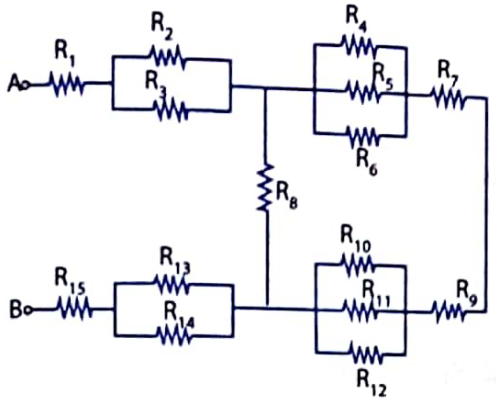


Scanned by CamScanner

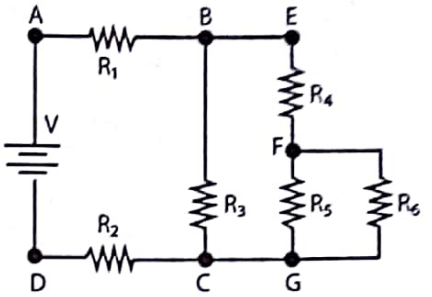
Exercício de aplicação

Explique como determinar a resistência total de cada um dos circuitos eléctricos seguintes.

I



II



Exercícios resolvidos

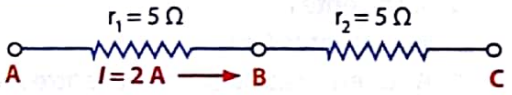
1. Um condutor AB de resistência $R_1 = 5\ \Omega$ foi ligado em série com um condutor BC de resistência $R_2 = 5\Omega$. A intensidade da corrente que passa por R_1 é de 2 A. Determine:

a) A intensidade da corrente que passa por R_2. Justifique a resposta.

b) A diferença de potencial entre A e B, e entre B e C.

c) A resistência total.

d) A diferença de potencial entre A e C.



Resolução:

a) Como os condutores estão associados em série, a intensidade da corrente que os percorre é a mesma, isto é, $I_1 = I_2 = I = 2\ A$

b) $U_{AB} = R_{AB} \cdot I \Leftrightarrow U_{AB} = 5\ \Omega \cdot 2\ A \Leftrightarrow U_{AB} = 10\ V$

$U_{BC} = R_{BC} \cdot I \Leftrightarrow U_{BC} = 5\ \Omega \cdot 2\ A \Leftrightarrow U_{BC} = 10\ V$

c) $R_T = R_1 + R_2 \Leftrightarrow R_T = 5\ \Omega + 5\ \Omega \Leftrightarrow R_T = 10\ \Omega$

d) 1.º método: $U_{AC} = R_{AC} \cdot I \Leftrightarrow U_{AC} = R_T \cdot I \Leftrightarrow U_{AC} = 10\ \Omega \cdot 2\ A \Leftrightarrow U_{AC} = 20\ V$

2.º método: $U_{AC} = U_T = U_{AB} + U_{BC} \Leftrightarrow U_{AC} = 10\ V + 10\ V \Leftrightarrow U_{AC} = 20\ V$

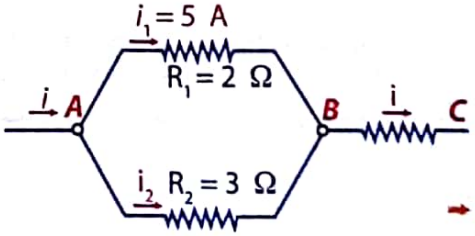
2. São associados em paralelo dois condutores cujas resistências valem respectivamente 2 Ω e 3 Ω. Pelo primeiro passa uma corrente eléctrica de intensidade constante de 5 A. Calcule:

a) A diferença de potencial entre os extremos de cada condutor.

b) A intensidade da corrente que passa pelo outro condutor.

c) A intensidade da corrente fora da associação.

d) A resistência total da associação.



Scanned by CamScanner

Resolução:

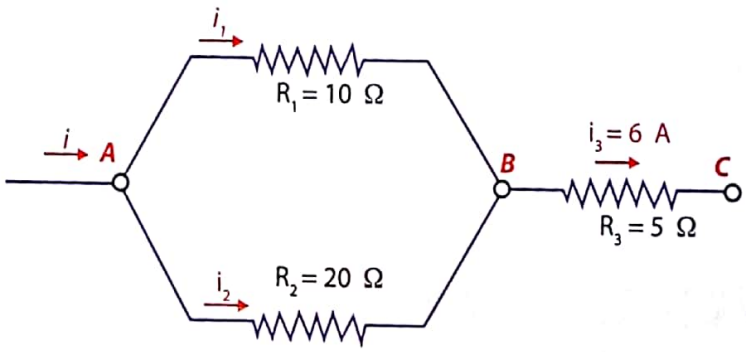
a) $U_1 = U_2 = U_{AB} \Leftrightarrow U_1 = R_1 \cdot I_1 \Leftrightarrow U_1 = 2\,\Omega \cdot 5 \Leftrightarrow U_1 = 10\,V$

b) $I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} \Leftrightarrow I_2 = \frac{10\,V}{3\,\Omega} \Leftrightarrow I_2 = \frac{10}{3}\,A$

c) $I_T = I_1 + I_2 \Leftrightarrow I_T = 5 + \frac{10}{3} \Leftrightarrow I_T = \frac{25}{3}\,A \Leftrightarrow I_T \approx 8{,}3A$

d) $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Leftrightarrow \frac{1}{R_P} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \Leftrightarrow \frac{1}{R_P} = \frac{3+2}{6} \Leftrightarrow \frac{1}{R_P} = \frac{5}{6} \Leftrightarrow R_P = \frac{6}{5}\,\Omega = 1{,}2\Omega$

3. Na figura a seguir são conhecidos: $R_1 = 10\,\Omega$, $R_2 = 20\,\Omega$, $R_3 = 5\,\Omega$, $I_3 = 6\,A$. Calcule:



a) A resistência total entre A e C.
b) A corrente *I*.
c) As correntes *I*, e I_2.
d) As diferenças de potencial entre A e B, entre B e C, entre A e C.

Resolução:

a) Esta é uma associação mista de três resistências compostas por um grupo de duas em paralelo (R_1 e R_2) associado em série com uma terceira resistência (R_3). Para calcular a resistência total do circuito, vamos começar por calcular a resistência equivalente do grupo de duas resistências em paralelo. A resistência equivalente do grupo que está em paralelo (R_P) estará ligada em série com a R_3, permitindo, assim, que facilmente se determine a resistência total do circuito:

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Leftrightarrow \frac{1}{R_P} = \underset{(2)}{\frac{1}{10}} + \underset{(1)}{\frac{1}{20}} \Leftrightarrow \frac{1}{R_P} = \frac{2+1}{20} \Leftrightarrow R_P = \frac{20}{3}\,\Omega$$

$$R_T = R_P + R_3 \Leftrightarrow R_T = \frac{20}{3} + 5 \Leftrightarrow R_T = \frac{20+15}{3} \Leftrightarrow R_T = \frac{35}{3}\,\Omega$$

b) A corrente *I* é a corrente total que passa na associação mista. Esta corrente é igual à corrente I_3 que passa na resistência R_3. Quer dizer, $I = I_3 = I_T = 6A$

Scanned by CamScanner

c) Antes de calcularmos I_1 e I_2, vamos calcular a queda de tensão entre os pontos A e B.

$U_{AB} = U_P = R_P \cdot I_T$

$U_p = \frac{20}{3}\,\Omega \cdot 6\text{A} \Leftrightarrow U_p = 40\,\text{V}$

Em seguida calculamos: $I_1 = \frac{U_p}{R_1} = \frac{40\,\text{V}}{10\,\Omega} = 4\,\text{A}$ e calculamos $I_2 = \frac{U_p}{R_{12}} = \frac{40\,\text{V}}{20\,\Omega} = 2\,\text{A}$

Repare que $I_1 + I_2 = I_T$

d) $U_{AB} = U_p = 40\,\text{V}$ (ver alínea anterior)

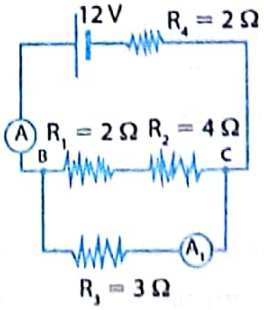
$U_{BC} = R_{BC} \cdot I_{BC} \Leftrightarrow U_{BC} = 5\,\Omega \cdot 6\,\text{A} = 30\,\text{V}$

$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = 40 + 30 = 70\ \text{V}$ ou $U_{AC} = U_T = R_T \cdot I_T \Leftrightarrow U_{AC} = \frac{35}{3}\,\Omega \cdot 6\,\text{A} = 70\ \text{V}$

4. Dado o circuito eléctrico da figura, calcule:

a) A resistência equivalente.

b) Os valores indicados pelos amperímetros A e A_1.



Resolução:

a) Calculemos a resistência total começando pelas duas resistências que estão em série, para simplificar o circuito:

$R_A = R_1 + R_2 = 2 + 4 = 6\,\Omega$

Em seguida:

$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_3} = \underset{(1)}{\frac{1}{6}} + \underset{(2)}{\frac{1}{3}} = \frac{1+2}{6} \Rightarrow R_p = 2\,\Omega$

Finalmente:

$R_T = R_P + R_4 = 2 + 2 = 4\,\Omega$

b) Amperímetro A $\Rightarrow I_{Total} = \frac{\Delta U_T}{R_T} = \frac{12\,V}{4\,\Omega} = 3\,\text{A}$

Amperímetro $A_1 \Rightarrow U_{BC} = R_p \cdot I_T = 2 \cdot 3 = 6\,\text{V}$

$I_1 = \frac{U_{BC}}{R_3} = \frac{6\,\text{V}}{3\,\Omega} = 2\,\text{A}$

Scanned by CamScanner

34. Estão associados em série três condutores cujas resistências valem $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$ e $R_3 = 3\ \Omega$. A diferença de potencial entre os extremos da associação é 60 V.

a) Represente esquematicamente a associação e calcule a sua resistência equivalente.
b) Determine a intensidade da corrente que percorre o circuito.
c) Calcule a diferença de potencial entre os extremos de cada condutor.
d) Determine a potência dissipada por Efeito Joule no condutor de 1 Ω.

35. Estão associados em série três condutores cujas resistências valem 5 Ω, 12 Ω e 15 Ω. A diferença de potencial entre os extremos da primeira resistência é 12 V. Calcule:

a) A intensidade da corrente eléctrica que passa pela associação.
b) A diferença de potencial entre os extremos dos condutores de 12 Ω e 15 Ω, respectivamente.
c) A diferença de potencial entre os extremos da associação.
d) A quantidade de energia que, por minuto, cada condutor transforma em calor.

36. Estão associadas em série três resistências: uma de 2 kΩ, outra de 0,5 kΩ e outra desconhecida. A diferença de potencial entre os extremos da associação é de 3 kV. Quanto deve valer a terceira resistência para que a corrente seja de 0,75 A?

37. As dez lâmpadas de uma árvore de Natal estão ligadas em série. Numerando estas lâmpadas de 1 a 10 e supondo que a nona lâmpada queime:

a) As outras nove lâmpadas apagam.
b) Somente a nona lâmpada apaga.
c) Ficam acesas apenas as lâmpadas de 1 a 8.
d) Fica acesa somente a décima lâmpada.

38. Estão associados em paralelo três condutores cujas resistências valem respectivamente 2 Ω, 5 Ω e 6 Ω. A intensidade total da corrente é $\frac{39}{15}$ A. Calcule:

a) A resistência total da associação.
b) A diferença de potencial entre os extremos da associação.
c) A intensidade da corrente em cada derivação.

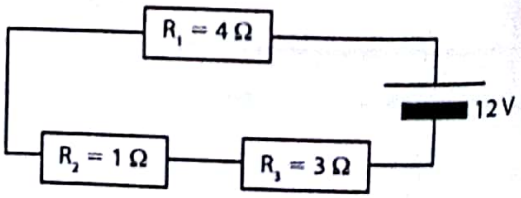
39. Um resistor de resistência $R_1 = 20\ \Omega$ está associado em paralelo a outro resistor de resistência R_2 desconhecida. A intensidade da corrente fora da associação é 6 A. A diferença de potencial entre os extremos da associação é 12 V. Calcule o valor de R_2.

40. Três resistências foram ligadas em paralelo a uma fonte de tensão constante. Sabendo que a resistência total da associação é igual a 3 Ω e que, $R_1 = 6\ \Omega$ e $R_3 = 18\ \Omega$, Determine:

a) O valor da resistência R_2.
b) As correntes que percorrem as resistências R_1 e R_2, se a resistência R_3 for percorrida pela corrente de 0,5 A.
c) Nas circunstâncias da alínea b), qual é a diferença de potencial nos extremos da fonte de tensão?

41. Observe a associação de resistências representada na figura e determine:

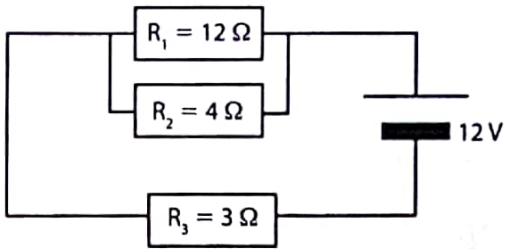
a) A resistência equivalente da associação.
b) A intensidade da corrente que percorre o circuito.
c) A quantidade de carga que, por minuto, atravessa o circuito.
d) A *ddp* nos extremos de cada resistência.



Scanned by CamScanner

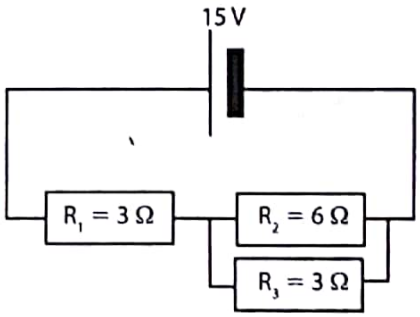
42. Dado o circuito eléctrico representado na figura, determine:

a) A resistência equivalente da associação.
b) A intensidade da corrente que percorre o circuito.
c) A quantidade de carga que, por minuto, atravessa o circuito.
d) A *ddp* nos extremos de cada resistência.



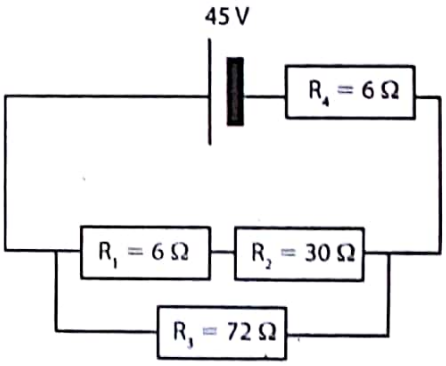
43. Observe o circuito eléctrico esquematizado na figura e determine:

a) A sua resistência total.
b) A intensidade da corrente que percorre o circuito.
c) As correntes que percorrem as resistências R_2 e R_3.

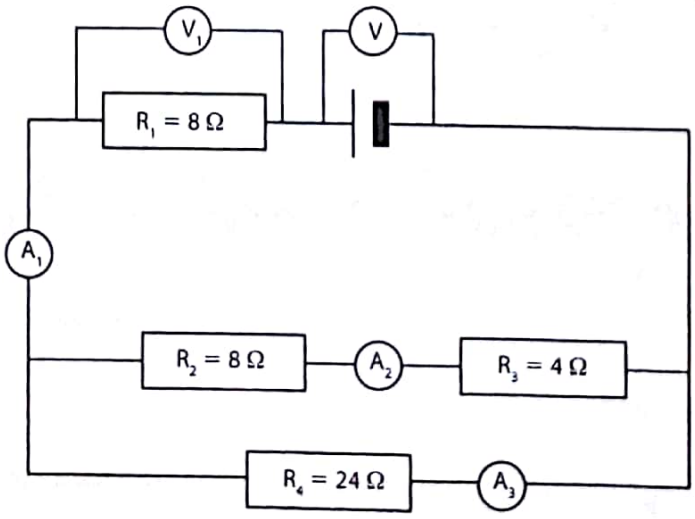


44. Observe o circuito eléctrico esquematizado na figura e determine:

a) A sua resistência total.
b) A intensidade da corrente que percorre o circuito.
c) As correntes que percorrem as resistências R_2 e R_3.
d) A potência dissipada na resistência R_1.



45. Analise o circuito eléctrico da figura e determine:



a) A sua resistência equivalente.
b) Os valores indicados pelos amperímetros.
c) Os valores indicados pelos voltímetros.

Scanned by CamScanner

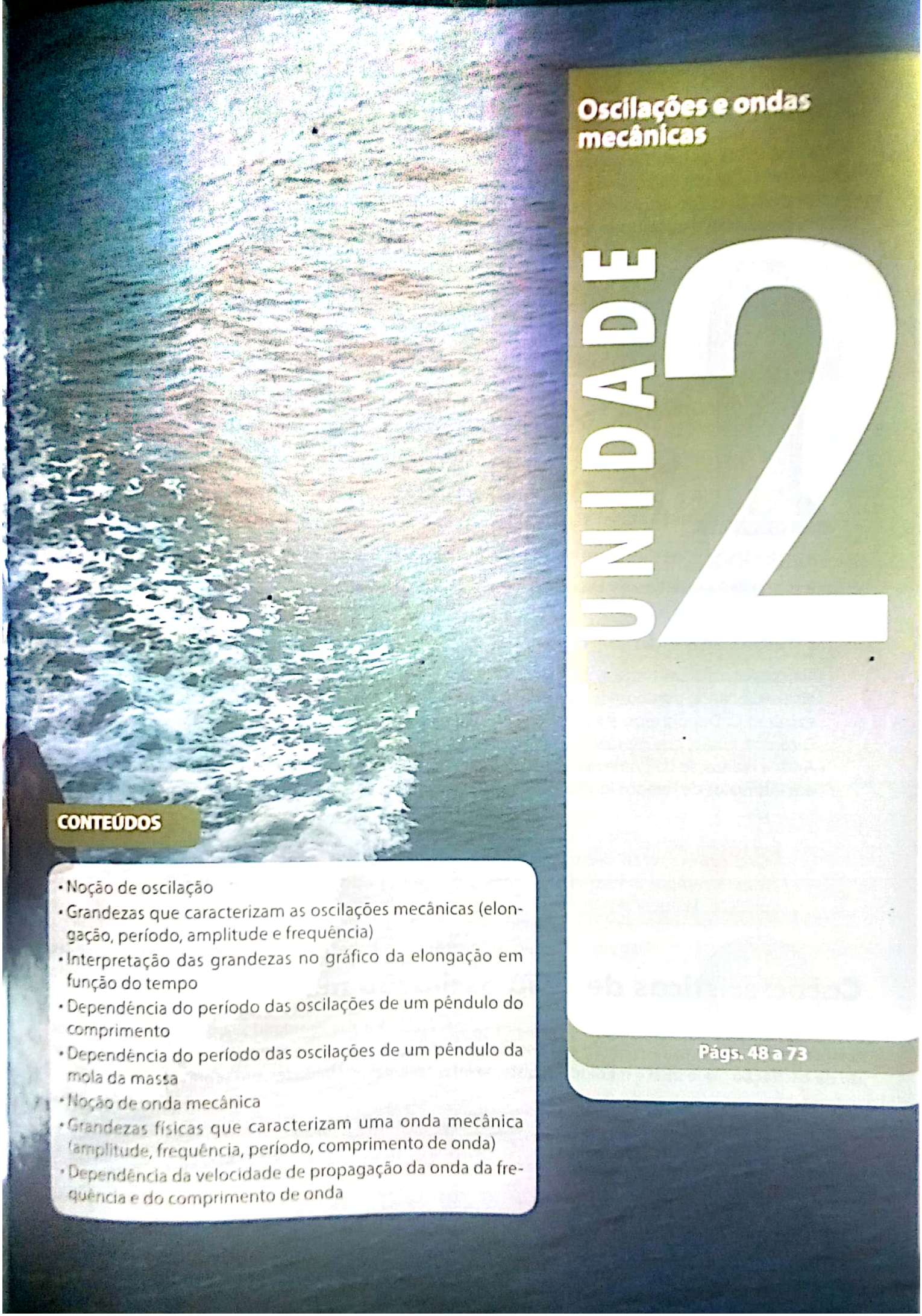


OBJECTIVOS

O aluno deve ser capaz de:

- Dar exemplos de movimento oscilatório.
- Caracterizar o movimento oscilatório.
- Identificar as grandezas fundamentais que caracterizam o movimento oscilatório.
- Construir o gráfico duma oscilação experimentalmente.
- Explicar a relação de proporcionalidade entre o período e o comprimento de um pêndulo simples.
- Explicar a relação de proporcionalidade entre o período e a massa de um oscilador de mola.
- Explicar o conceito de onda mecânica.
- Caracterizar o movimento ondulatório.
- Explicar fenómenos relacionados com ondas mecânicas.
- Explicar a dependência da velocidade de propagação com a frequência e o comprimento de onda.

Scanned by CamScanner



Oscilações e ondas mecânicas

UNIDADE 2

CONTEÚDOS

- Noção de oscilação
- Grandezas que caracterizam as oscilações mecânicas (elongação, período, amplitude e frequência)
- Interpretação das grandezas no gráfico da elongação em função do tempo
- Dependência do período das oscilações de um pêndulo do comprimento
- Dependência do período das oscilações de um pêndulo da mola da massa
- Noção de onda mecânica
- Grandezas físicas que caracterizam uma onda mecânica (amplitude, frequência, período, comprimento de onda)
- Dependência da velocidade de propagação da onda da frequência e do comprimento de onda

Págs. 48 a 73

Scanned by CamScanner

Oscilações mecânicas

Na vida diária, os movimentos oscilatórios são bastante frequentes. São exemplos disso os movimentos de «vaivém» de um corpo preso na extremidade de um fio, constituindo um pêndulo de relógio, também chamado de «pêndulo gravítico simples» (Fig. 2.1) ou o movimento de «sobe-e-desce» de um corpo de massa *m*, preso na extremidade de uma mola elástica, constituindo um pêndulo elástico (Fig. 2.2).

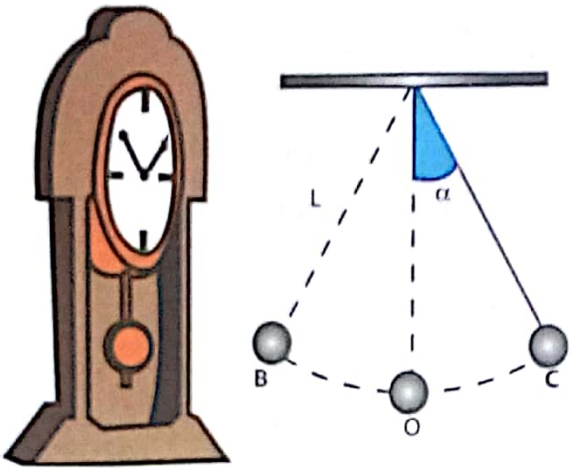


Fig. 2.1 Oscilações do pêndulo de um relógio

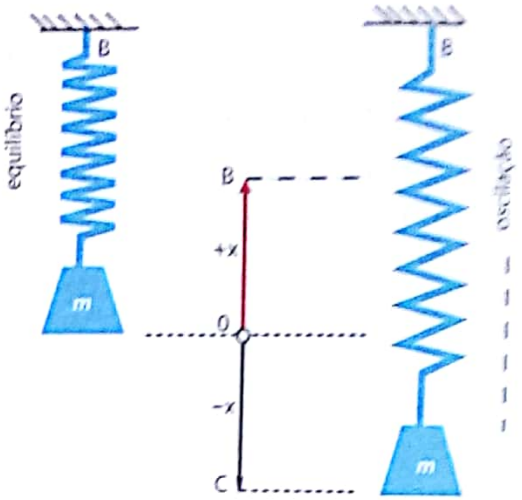


Fig. 2.2 Oscilações do pêndulo elástico

Se analisar com atenção estes dois movimentos oscilatórios, poderá verificar que:

- Os corpos oscilam entre duas posições extremas, passando pela posição de equilíbrio, isto é, o corpo oscilante, partindo do extremo B, passa pela posição de equilíbrio O, e segue em direcção ao extremo C. Depois repete a mesma trajectória, em sentido oposto, fazendo o trajecto C → O → B. Dizemos, então, que o oscilador realizou uma **oscilação completa** (movimento de vai-vem).
- Após a realização da primeira oscilação, todos os parâmetros do **Movimento Oscilatório** repetem-se em intervalos de tempos iguais. Por isso, o Movimento Oscilatório é um movimento periódico.

Oscilações mecânicas: são movimentos periódicos de um ponto material, que repete sempre a mesma trajectória em sentidos opostos, em torno de uma posição de equilíbrio, em intervalos de tempos iguais.

Características de uma oscilação mecânica

A característica principal de uma oscilação mecânica é a sua regularidade, isto é, o intervalo de tempo em que todos os seus parâmetros se repetem. A este intervalo de tempo, dá-se o nome de **período da oscilação** (T), o qual é medido, no Sistema Internacional de Unidades, em segundos (s). Assim:

Período (T) de uma oscilação: é o intervalo de tempo necessário para o corpo oscilante realizar uma oscilação completa. A sua unidade, no Sistema Internacional, é o segundo (s).

Scanned by CamScanner

A análise detalhada do movimento destes osciladores, permite escrever as equações para o cálculo do período.

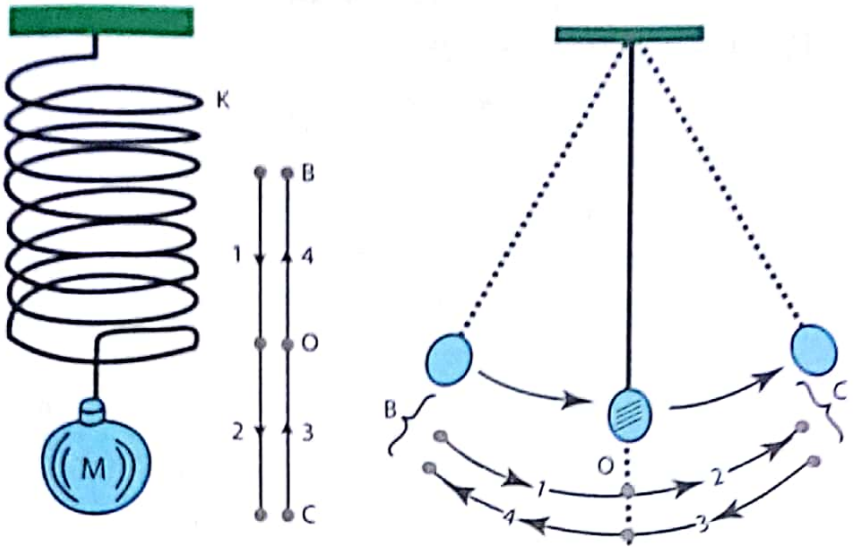


Fig. 2.3

$$T = 4 \cdot t_{BO}$$

ou

$$T = 2 \cdot t_{BC}$$

Muitas vezes, encontramos dificuldades para medir directamente o período das oscilações, principalmente, quando são muito rápidas. O que se faz, nessas ocasiões, é medir o número (n) de oscilações que o corpo realiza num determinado intervalo de tempo (Δt), isto é, mede-se a **frequência das oscilações**. No Sistema Internacional de Unidades a frequência é medida em **Hertz (Hz)**, em homenagem ao físico alemão do século XVIII, Heinrich Rudolf Hertz que em 1888 provou a existência das ondas electromagnéticas.

Frequência (f) de uma oscilação: é a grandeza física que nos indica quantas oscilações o corpo oscilante realiza na unidade de tempo. A sua unidade, no Sistema Internacional, é o Hertz (Hz).

$f = \frac{n}{\Delta t}$ Se considerarmos $n = 1$ oscilação, então $\Delta t = T$ (período) $\Leftrightarrow$ $f = \frac{1}{T}$ e $T = \frac{1}{f}$

O estudo do movimento oscilatório faz-se, muitas vezes, com o auxílio do Movimento Circular Uniforme. A **frequência angular** ou **cíclica** é a grandeza física que caracteriza a rapidez com que varia o ângulo de fase (φ) do movimento circular uniforme, por isso, ela é igual à velocidade angular deste movimento. No Sistema Internacional de Unidades a frequência angular é medida em **radiano por segundo (rad/s)** e, representa-se pela letra grega óhmega (ω).

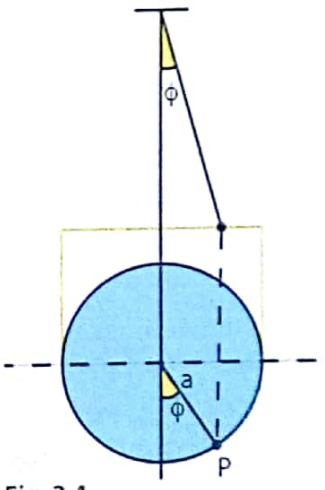


Fig. 2.4

$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$ Como $T = \frac{1}{f}$ $\Leftrightarrow$ $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

Frequência angular ou cíclica (ω): é a grandeza que caracteriza a rapidez com que varia o ângulo formado pelo raio que une o centro da circunferência ao ponto, P, em movimento circular uniforme e um dos diâmetros das circunferências onde se projecta o ponto P.

Scanned by CamScanner

Para além do período (T), da frequência (f) e da frequência angular (ω), há mais duas grandezas que caracterizam o movimento oscilatório. Essas grandezas indicam a posição do oscilador relativamente ao ponto de equilíbrio em torno do qual as oscilações ocorrem.

Elongação: é a grandeza que nos dá a posição do oscilador, num instante qualquer, t, isto é, é o desvio momentâneo do oscilador.

Amplitude (A): é a grandeza que nos dá a distância máxima do oscilador, em relação à posição de equilíbrio, isto é, a amplitude é o valor da elongação máxima.

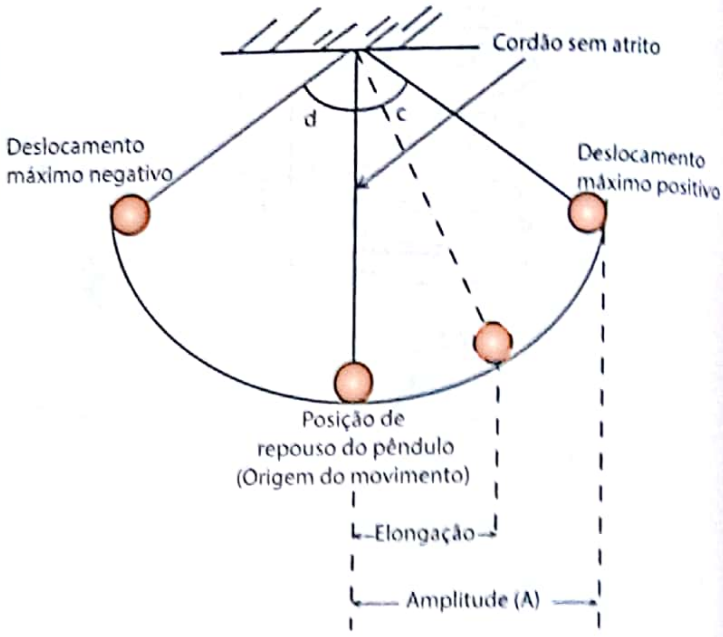


Fig. 2.5 Elongação e amplitude

Transformações de energia numa oscilação mecânica

Analisemos o que ocorre, do ponto de vista energético, com as oscilações de um pêndulo gravítico simples.

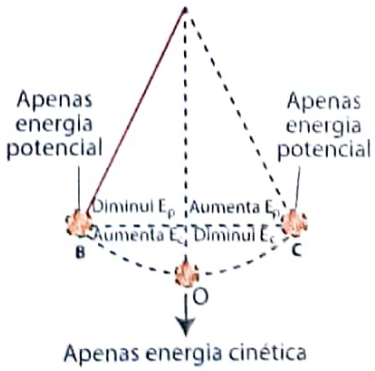


Fig. 2.6 Oscilação de um pêndulo gravítico

Para que o pêndulo comece a oscilar devemos transportá-lo até uma das posições extremas (B ou C). Ao elevarmos o pêndulo estamos a fornecer-lhe uma certa quantidade de energia potencial, relativamente à que ele possuía na posição de equilíbrio (O).

Largando o oscilador, este inicia um movimento de queda desde a posição extrema B, até à posição de equilíbrio O, quer dizer, a energia potencial fornecida em B vai sendo transformada em energia cinética do movimento do corpo oscilante que, ao passar pela posição de equilíbrio, terá a máxima velocidade possível e, consequentemente, a **máxima energia cinética** possível (e a **mínima energia potencial**).

Ao deslocar-se da posição de equilíbrio O para a posição extrema C, o sistema oscilante vai ganhando altura e perdendo velocidade. Sendo assim, o oscilador **vai transformando energia cinética em energia potencial**.

Atingida a posição extrema C, a energia cinética terá sido totalmente transformada em energia potencial. O oscilador realizou, então, meia oscilação.

Ao regressar para a posição de partida B, o corpo irá realizar as mesmas transformações de energia só que no sentido inverso.

Numa oscilação mecânica há uma permanente transformação de energia potencial em energia cinética e vice-versa.

Scanned by CamScanner

Gráfico de uma oscilação

O gráfico que nos dá a posição do oscilador, em função do tempo, é uma curva ondulante, que vamos encontrar a partir de uma experiência simples.

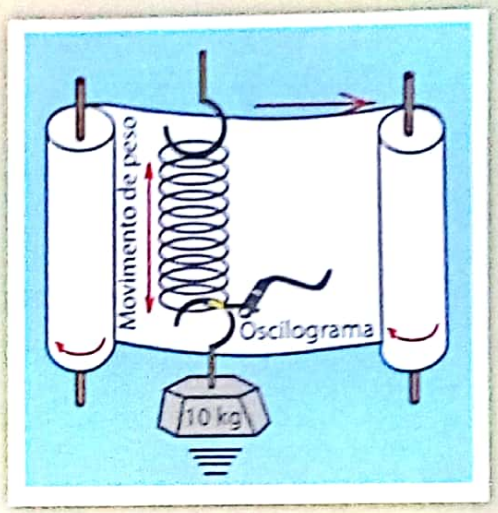
Experiência

Determinação do gráfico de uma oscilação

Objectivo: Estudar a forma do gráfico de uma oscilação.

Material

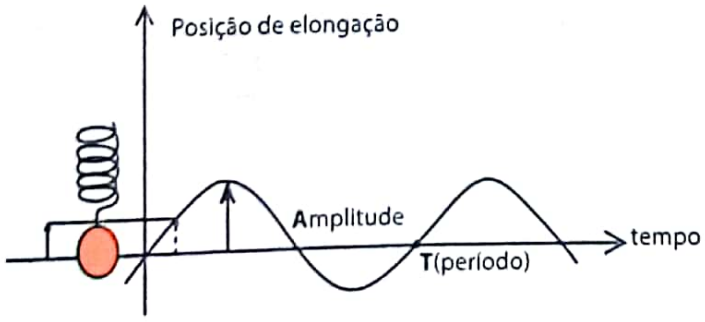
- Um pêndulo elástico
- Um lápis
- Fita cola
- Um rolo de papel de máquina registadora
- Dois suportes cilíndricos de madeira (20 cm)

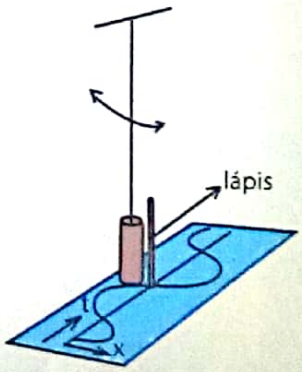


Procedimento

- Observe como o rolo de papel foi colocado nos suportes cilíndricos de madeira, de modo a poder ser enrolado pelo suporte da direita.
- Fixe, com fita cola, o lápis ao pêndulo, como ilustrado na figura.
- Coloque o rolo de papel por trás do pêndulo de modo que o lápis lhe toque levemente.
- Faça o pêndulo oscilar verticalmente e, enquanto isso, peça a um colega que, muito lentamente, vá enrolando o papel, fazendo girar o suporte da direita.

O lápis preso ao pêndulo que sobe e desce, irá deixar no papel o gráfico que mostra a posição do corpo oscilante, em função do tempo. Poderá verificar que, esse gráfico tem a forma representada abaixo.





Nota: se não dispuser de um pêndulo elástico, pode realizar a mesma experiência usando um pêndulo gravítico simples, como ilustra a figura ao lado.

Pêndulo gravítico simples

É constituído por uma pequena partícula material que pode oscilar livremente presa na extremidade de um fio inextensível e de massa desprezável. Como analisámos anteriormente, as oscilações deste pêndulo

Scanned by CamScanner

transformam, permanentemente, energia potencial gravitacional em energia cinética e vice-versa. Mas de que factores depende o período deste pêndulo? Para respondermos a esta questão vamos realizar a seguinte experiência:

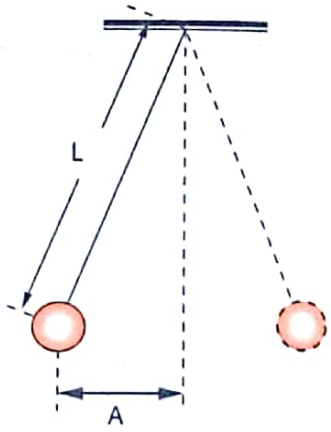
Experiência

Determinação experimental da lei de pêndulo gravítico

Objectivo: Verificar de que factores depende o período de um pêndulo gravítico.

Material

- Fio inextensível de *nylon* ou *crochet*
- Jogo de massas diferentes
- Suporte para o pêndulo
- Fita métrica ou régua
- Cronómetro conta-segundos



Procedimento

Faça a montagem da aparelhagem de acordo com a figura ao lado.

- Com a fita métrica meça o comprimento do fio que constitui o pêndulo.
- Coloque o pêndulo em oscilação e meça, com o cronómetro, o tempo necessário para o corpo realizar 10 oscilações (t_{10}).
- Divida o tempo medido anteriormente (t_{10}) por 10 para encontrar o período (T) das oscilações do pêndulo.
- Repita os ensaios anteriores, primeiro usando fio do mesmo comprimento e fazendo variar a massa do oscilador e, em seguida, usando a mesma massa, mas fazendo variar o comprimento do fio.
- Preencha as tabelas, como se explifica abaixo:

Tabela 1: Variação do período com a massa – mantendo *l*

N.º	*l* (m)	*m* (kg)	t_{10} (s)	T (s) $t_{10}/10$	$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$ (calcular)
1	0,4	0,1	12,5	1,25	1,256
2	0,4	0,2	12,6	1,26	1,256
3	0,4	0,3	12,5	1,25	1,256
4	0,4	0,4	12,5	1,25	1,256

Tabela 2: Variação do período com o comprimento – mantendo *m*

N.º	*l* (m)	*m* (kg)	t_{10} (s)	T (s) $t_{10}/10$	$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$ (calcular)
1	0,4	0,4	12,5	1,25	1,256
2	0,8	0,4	17,8	1,8	1,77
3	1,2	0,4	21,8	2,2	2,17
4	1,6	0,4	25,1	2,5	2,51

A análise dos resultados constantes nas duas tabelas permite concluir que:

a) **O período de um pêndulo gravítico simples não depende da massa do oscilador:** se dois pêndulos tiverem o mesmo comprimento e oscilarem no mesmo lugar, terão o mesmo período de oscilação, independentemente da massa do corpo oscilante.

Scanned by CamScanner

b) **O período de um pêndulo gravítico simples é directamente proporcional à raiz quadrada do seu comprimento**: se dois pêndulos tiverem comprimentos diferentes e oscilarem no mesmo lugar, terá maior período de oscilação o pêndulo de maior comprimento.

c) **O período de um pêndulo gravítico simples é inversamente proporcional à raiz quadrada da aceleração da gravidade do local onde se realizam as oscilações**: nos lugares de maior aceleração da gravidade o período de oscilação é menor. Assim, por exemplo, na Terra um pêndulo oscila mais rapidamente do que na Lua porque na Terra a aceleração da gravidade é maior do que no nosso satélite.

Lei do pêndulo gravítico: para oscilações de pequena amplitude, o período de oscilação é directamente proporcional à raiz quadrada do comprimento e inversamente proporcional à raiz quadrada da aceleração da gravidade.

$$T \propto \sqrt{l} \qquad T \propto \frac{1}{\sqrt{g}} \qquad T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Onde:
g – aceleração da gravidade local em m/s^2
$\pi = 3{,}14$
l – comprimento do pêndulo em metros (m)
T – período de oscilação em segundos (s)

Pêndulo elástico

É constituído por uma partícula material de massa m, que oscila livremente presa na extremidade de uma mola elástica de constante k. Observando e analisando as oscilações de um pêndulo elástico, concluiremos que:

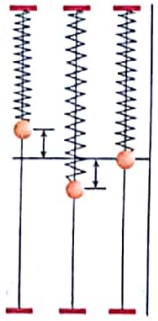


Fig. 2.7 Pêndulo elástico

a) **O período de oscilação do pêndulo elástico é directamente proporcional à raiz quadrada da massa do oscilador**: se dois pêndulos de mola tiverem a mesma constante de elasticidade K, o pêndulo que tiver maior massa terá maior período de oscilação, isto é, realizará mais lentamente as suas oscilações.

b) **O período de oscilação do pêndulo elástico é inversamente proporcional à raiz quadrada da constante de elasticidade da mola**: se dois pêndulos de mola tiverem a mesma massa, o pêndulo que tiver maior constante elástica terá menor período de oscilação, isto é, realizará mais rapidamente as suas oscilações.

Lei do pêndulo elástico: para oscilações de pequena amplitude, o período de oscilação é directamente proporcional à raiz quadrada da massa do oscilador e inversamente proporcional à raiz quadrada da constante elástica da mola.

$$T \propto \sqrt{m} \qquad T \propto \frac{1}{\sqrt{K}} \qquad T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K}}$$

Onde:
m – massa do oscilador em quilogramas (kg)
K – constante elástica da mola em N/m
$\pi = 3{,}14$
T – período de oscilação em segundos (s)

Scanned by CamScanner

Tipos de oscilações

- **Oscilação harmónica**: é a oscilação que ocorre sem que haja perdas de energia. Neste caso, a amplitude e o período não se alteram. Exemplo: a oscilação do pêndulo de um relógio pode ser considerada harmónica. O corpo oscilante alcança sempre os mesmos pontos extremos no mesmo intervalo de tempo, isto é, a amplitude e o período das oscilações mantêm-se constantes. (Fig. 2.8).

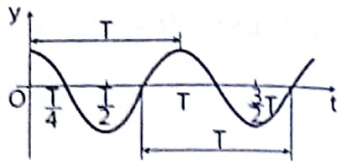


Fig. 2.8 Oscilação harmónica

- **Oscilações amortecidas**: ocorrem quando o oscilador é amortecido, ou seja, quando há atrito entre o corpo preso à mola e o plano, ou quando se considera a força de atrito com o péndulo. Nestas circunstâncias a amplitude das oscilações vai diminuindo com o tempo, até que as oscilações cessem, mas o período não se altera. Quer dizer, apesar do atrito e da diminuição da amplitude das oscilações, o corpo oscilante gasta o mesmo tempo para realizar uma oscilação. Existem vários tipos de oscilações amortecidas:
  - **Oscilação sub-amortecida**: a oscilação repete-se durante vários ciclos e a amplitude das oscilações diminui gradualmente com o tempo. A amplitude decrescente da oscilação é chamada de **envelope** (Fig. 2.9).
  - **Oscilação criticamente amortecida**: não há oscilação completa, pois antes da oscilação se completar a massa pára. Vemos isto na figura 2.10, onde a massa começa da posição de equilíbrio, alcança uma distância máxima e volta, parando na posição de equilíbrio depois de um certo tempo.
  - **Oscilação sub-crítica ou sobre-amortecida**: neste caso, a massa nem alcança a posição de equilíbrio num tempo finito. A distância diminui exponencialmente no tempo (Fig. 2.11).

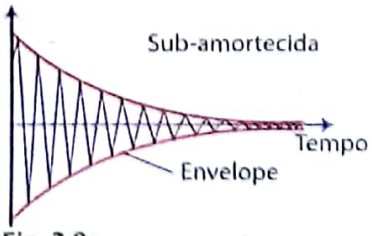


Fig. 2.9

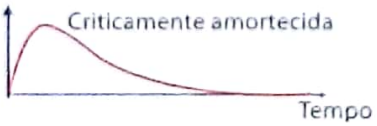


Fig. 2.10

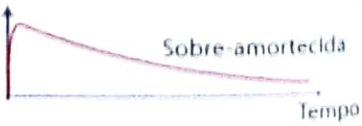
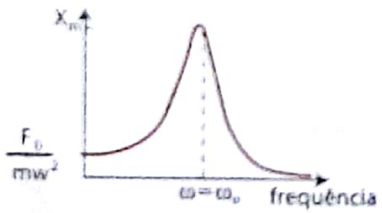


Fig. 2.11

- **Oscilador forçado e ressonância**: um oscilador pode também ser forçado a oscilar. Por exemplo, aplicamos uma força periódica a uma criança num baloiço quando queremos que as oscilações continuem. Quando a frequência própria das oscilações do baloiço for igual à frequência da força externa que provoca as oscilações do baloiço, ocorre o fenómeno da ressonância mecânica que consiste no aumento brusco da amplitude das oscilações em virtude da igualdade das frequências próprias do oscilador e da força externa aplicada ao oscilador.



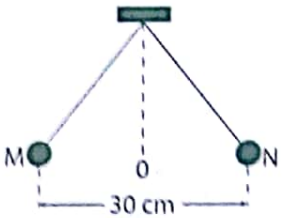
Fig. 2.12



Scanned by CamScanner

Exercícios resolvidos

1. O pêndulo da figura oscila harmonicamente entre as posições M e N gastando 0,5 s para ir de M até O.



a) Determine o período e a amplitude das oscilações do pêndulo.
b) Calcule o comprimento do pêndulo. Use $g = 10\ m/s^2$.
c) Quantas oscilações completas o oscilador realiza por minuto?
d) Transportando o pêndulo para a Lua ($g_L = 1{,}6\ m/s^2$), o seu período aumenta, diminui ou não se altera? Justifique a resposta.

Resolução:

a) $T = 4 \cdot t_{MO} \Leftrightarrow T = 4 \cdot 0{,}5\ s \Leftrightarrow T = 2\ s$

$$A = |MO| = \frac{30\ cm}{2} = 15\ cm \Leftrightarrow A = 0{,}15\ m$$

b) $$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} \Leftrightarrow T^2 = \left(2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}\right)^2 \Leftrightarrow T^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{l}{g} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow l = \frac{T^2 \cdot g}{4 \cdot \pi^2} \Leftrightarrow l = \frac{2^2 \cdot 10}{4 \cdot (3{,}14)^2} \Leftrightarrow l \approx 1\ m$$

c) $$f = \frac{n}{\Delta t} \Leftrightarrow \frac{1}{T} = \frac{n}{\Delta t} \Leftrightarrow \frac{\Delta t}{T} = n = \frac{60\ s}{2\ s} \Leftrightarrow n = 30\ osc$$

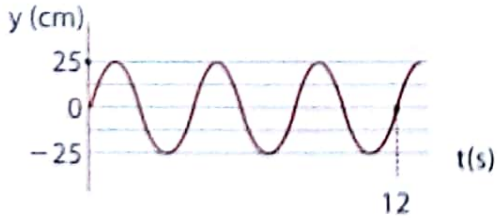
d) Como a aceleração da gravidade na Lua é menor do que na Terra, e o período é inversamente proporcional à raiz quadrada da aceleração da gravidade, no nosso satélite o pêndulo levará mais tempo para fazer uma oscilação, isto é, o seu período irá aumentar. Matematicamente teremos:

$$T_L = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} \Leftrightarrow T_L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot \sqrt{\frac{1}{1{,}6}} \Leftrightarrow T_L = 5\ s$$

2. Dado o gráfico da elongação em função do tempo de uma partícula em movimento harmónico simples.

a) Determine a amplitude e o período das oscilações.
b) Quantas oscilações completas a partícula realiza por minuto?
c) Calcule a frequência e a frequência angular.

Resolução:



a) $A = 25\ cm = 0{,}25\ m$

$$T = \frac{\Delta t}{n} \Leftrightarrow \frac{12\ s}{3} \Leftrightarrow T = 4\ s$$

b) $$f = \frac{\Delta t}{n} \Leftrightarrow \frac{1}{T} = \frac{n}{\Delta t} \Leftrightarrow n = \frac{\Delta t}{T} \Leftrightarrow n = \frac{60\ s}{4\ s} = 15\ osc$$

c) $$f = \frac{1}{T} \Leftrightarrow f = \frac{1}{4\ s} = 0{,}25\ Hz \qquad \omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} \Leftrightarrow \omega = \frac{2 \cdot \pi}{4\ s} = \frac{\pi}{2}\ rad/s$$

Scanned by CamScanner

3. Um pêndulo gravítico simples realiza 12 oscilações por minuto, num lugar onde a aceleração da gravidade é igual a 10 m/s².

a) Determine a frequência e o período das oscilações do pêndulo.

b) Determine o comprimento do pêndulo.

Resolução

a) Dados: $n = 12$; $\Delta t = 1\ \text{min} = 60\ \text{s}$

Pedidos: $f = ?$ e $T = ?$

$$f = \frac{n}{\Delta t} \Leftrightarrow f = \frac{12}{60} \Leftrightarrow f = 0{,}2\ \text{Hz}$$

$$T = \frac{1}{f} \Leftrightarrow T = \frac{1}{0{,}2} \Leftrightarrow T = 5\ \text{s}$$

b) Dados: $T = 0{,}5\ \text{s}$; $g = 10\ \text{m/s}^2$

Pedidos: $l = ?$

$$(T)^2 = \left(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}\right)^2 \Leftrightarrow T^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{l}{g} \Leftrightarrow l = \frac{T^2 \cdot g}{4 \cdot \pi^2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow l = \frac{5^2 \cdot 10}{4 \cdot (3{,}14)^2} \Leftrightarrow l \approx 6{,}3\ \text{m}$$

4. Um corpo de 1kg oscila preso na extremidade de uma mola de constante elástico igual a 100 N/m. Determine:

a) O período das oscilações do pêndulo.

b) O número de oscilações que o corpo realiza em 1,5 minutos.

Resolução

a) Dados: $m = 1\ \text{kg}$; $K = 20\ \text{N/m}$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K}} = 2 \cdot 3{,}14 \sqrt{\frac{1{,}0}{100}} = 6{,}28 \cdot \sqrt{0{,}01} = 6{,}28 \cdot 0{,}1 = 3{,}14$$

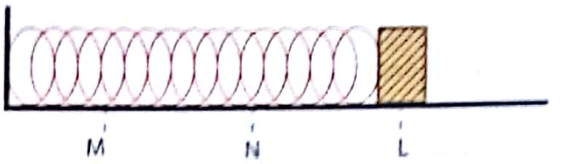
$$T = 3{,}14\ \text{s}$$

b) $n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{90\ \text{s}}{3{,}14\ \text{s}} \approx 28{,}7$ oscilações

Scanned by CamScanner

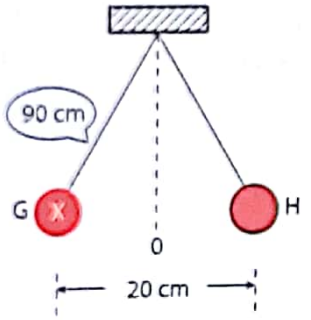
Exercícios propostos

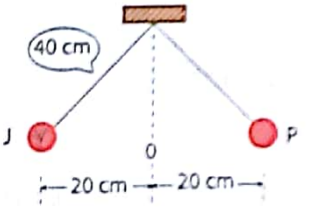
1. Um corpo com a massa de 1 kg oscila harmonicamente preso na extremidade de uma mola elástica gastando 0,3 s para ir de M a L. A distância MN = 8 cm. Determine:

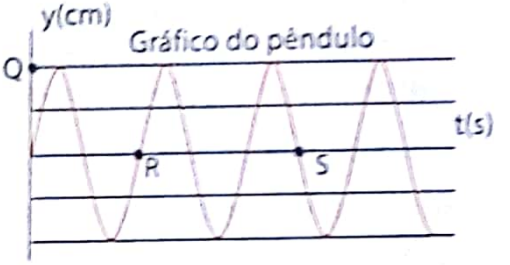


a) A amplitude e o período das oscilações.
b) Quantas vezes por minuto o corpo passa pela posição N?
c) A constante elástica da mola.
d) A frequência das oscilações e a pulsação.

2. Na figura, o pêndulo X oscila harmonicamente entre as posições G e H e o pêndulo Y oscila harmonicamente entre as posições J e P, num lugar onde a aceleração da gravidade vale 10 m/s². O gráfico dado é referente às oscilações do pêndulo X.

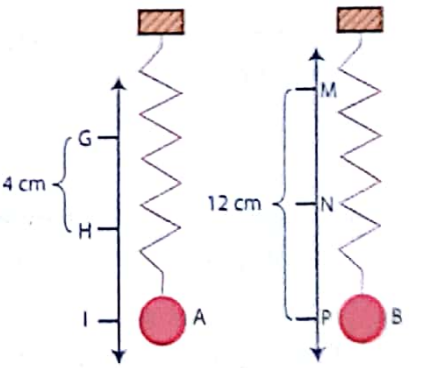






a) Qual dos dois pêndulos, X ou Y, tem maior período de oscilação? Justifique a resposta.
b) Determine a amplitude e o período de oscilação de cada pêndulo.
c) Quais são os valores correspondentes às letras «Q», «R» e «S», do gráfico dado, para o pêndulo X?
d) Pretende-se transportar o pêndulo Y para um planeta de modo que, nesse planeta, o seu período seja igual ao período do pêndulo X na Terra. A aceleração da gravidade desse planeta deve ser maior ou menor do que a da Terra? Justifique.

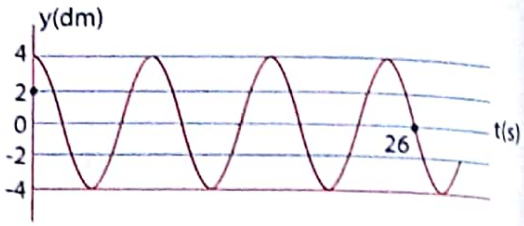
3. Na figura, os corpos A e B, possuem massas respectivamente iguais a 200 g e 800 g. As duas molas, onde oscilam os corpos são iguais, isto é, têm a mesma constante de elasticidade K = 20 N/m.



a) Compare, justificando a resposta, os períodos de oscilação dos dois pêndulos.
b) Determine a amplitude e o período de oscilação de cada pêndulo.
c) Se o pêndulo A for transportado para a Lua onde $g_L < g_T$, o seu período será maior, menor ou igual ao período do pêndulo B que permanece na Terra? Justifique a resposta.
d) Calcule a frequência das oscilações do pêndulo A.
e) Determine quantas oscilações o pêndulo B realiza em 2 minutos.

Scanned by CamScanner

4. Dado o gráfico referente ao movimento harmónico de uma partícula.



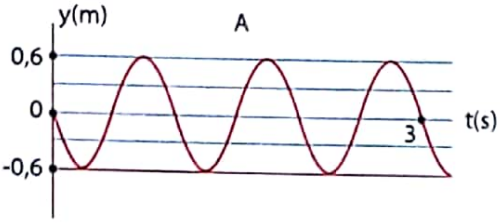
a) Determine a amplitude e o período de oscilação da partícula.

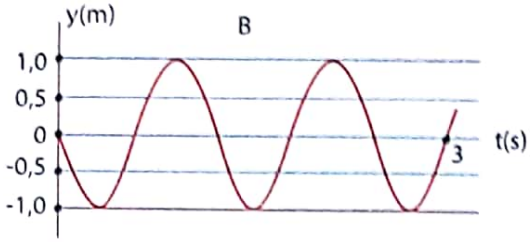
b) Calcule a frequência das oscilações.

c) Determine a frequência angular.

d) Quantas vezes por minuto a partícula passa pela posição de equilíbrio?

5. Os gráficos que se seguem são referentes às oscilações harmónicas de duas partículas, A e B.





a) Qual das partículas oscila com maior frequência? Justifique a resposta.

b) Qual das partículas tem maior período de oscilação? Justifique a resposta.

c) Determine a amplitude das oscilações de cada partícula.

d) Calcule o período de oscilação de cada partícula.

Escolha a alternativa correcta.

6. Um pêndulo gravítico simples oscila harmonicamente entre dois pontos extremos MN = 50 cm, gastando 0,5 s para ir de um extremo ao outro. Considere $g = 10\ m \cdot s^{-2}$.

a) A amplitude e o período das oscilações do pêndulo valem, respectivamente:

A. 0,25 m e 1 s **B.** 2,5 m e 1 s **C.** 0,25 m e 2 s **D.** 2,5 m e 2 s

b) O comprimento do pêndulo é aproximadamente igual a:

A. 1,00 m **B.** 2,00 m **C.** 0,25 m **D.** 0,40 m

c) Em 1,5 minuto o pêndulo realiza:

A. 22,5 oscilações **B.** 90 oscilações **C.** 45 oscilações **D.** 180 oscilações

7. Dois corpos, com massas $m_A = 4\ m_B$, oscilam harmonicamente presos nas extremidades de duas molas de constantes elásticas $K_A = K_B$.

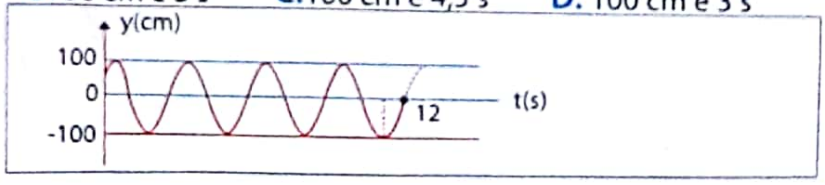
A. $T_A = 2 \cdot T_B$ **B.** $T_A = T_B \cdot \sqrt{2}$ **C.** $T_A = \frac{T_B \cdot \sqrt{2}}{2}$ **D.** $T_A = \frac{T_B}{2}$

8. Um pêndulo matemático oscila na Terra com um período T. Num planeta P onde $g_P = \frac{g_T}{4}$ a frequência das oscilações desse pêndulo seria:

A. Duas vezes maior que na Terra **B.** Quatro vezes maior que na Terra
C. Duas vezes menor que na Terra **D.** Quatro vezes menor que na Terra

9. A figura ao lado representa o gráfico das oscilações de uma partícula em função do tempo. A amplitude e o período das oscilações da partícula valem, respectivamente, estando as unidades no SI:

A. 100 cm e 1,5 s **B.** 50 cm e 3 s **C.** 100 cm e 4,5 s **D.** 100 cm e 3 s



Scanned by CamScanner

10. Indica como verdadeiras (V) ou falsas (F), as seguintes afirmações:

a) O período das oscilações de um corpo com 1 kg oscilando preso a uma mola de constante elástica 80 N/m, é de 0,628 s.

b) O período das oscilações de um pêndulo gravítico simples com 90 cm de comprimento ($g = 10\ m/s^2$) é de 1,884 s.

c) Um pêndulo gravítico (A) com comprimento L_1, oscila harmonicamente com um período de 1 s. Um pêndulo (B), com um comprimento quatro vezes maior, oscilará com um período de 2 s.

d) Na Terra, um pêndulo gravítico oscila com um período T. Na Lua ($g_{LUA} < g_{TERRA}$) o período deste pêndulo irá aumentar.

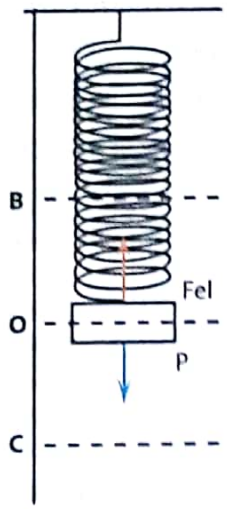
11. O bloco de 2 kg oscila harmonicamente na extremidade da mola, gastando 1,25 segundos para ir da posição de equilíbrio «O», até um dos extremos «B» ou «C». A distância $\overline{BC}$ = 20 cm. Determine:

a) A amplitude e o período das oscilações.

b) A frequência e a frequência angular.

c) O número de oscilações que o bloco realiza por minuto.

d) A constante elástica da mola.



12. Um pêndulo simples saindo de B, desloca-se até B' e retoma a B, 20 vezes em 10 s. Assinale o que for correcto.

a) O período deste pêndulo é 2,0 s.

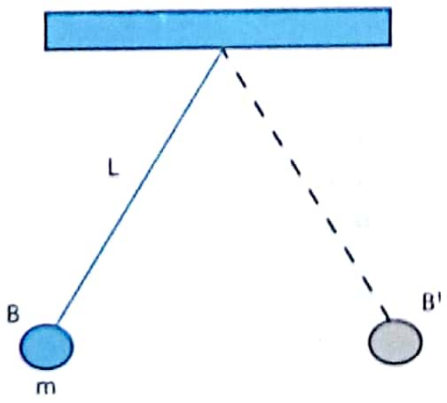
b) A frequência de oscilação do pêndulo é 0,5 Hz.

c) Se o comprimento do fio L for 4 vezes maior, o período do pêndulo irá duplicar.

d) Se a massa do corpo suspenso for triplicada, o seu período aumentará 3 vezes.

e) Se o valor local da aceleração da gravidade for 4 vezes maior, a frequência do pêndulo será duas vezes menor.

f) Se a amplitude do pêndulo for reduzida à metade, seu período não modificará.



13. A figura ao lado representa seis pêndulos simples, que estão oscilando num mesmo local. Indica, justificando:

a) Qual dos pêndulos tem maior período de oscilação?

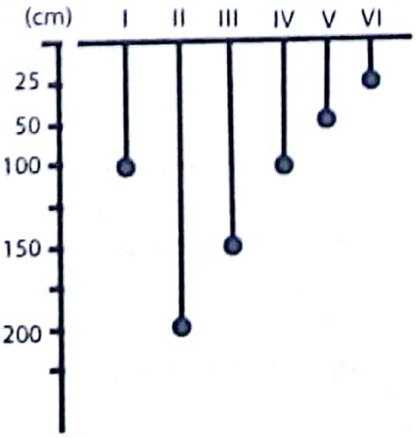
b) Qual dos pêndulos oscila com maior frequência?

c) Que pêndulos têm o mesmo período de oscilação?

d) Um dos pêndulos tem metade do período do pêndulo II. Qual é?

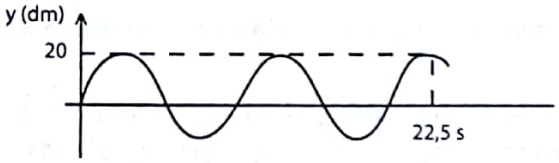
e) Calcula o período de oscilação do pêndulo III.

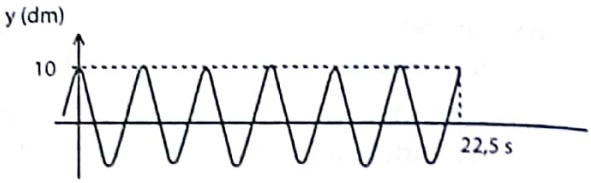
f) Se a massa da esfera do pêndulo I for menor que a do pêndulo IV, qual dos dois pêndulos oscilará com maior período?



Scanned by CamScanner

14. Analise com atenção o gráfico da elongação, em função do tempo, das oscilações de dois pêndulos de relógio.

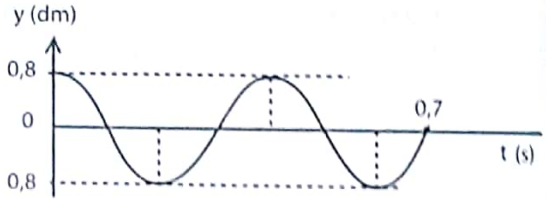




a) Determine a amplitude o o período das oscilações.
b) Quantas oscilações o pêndulo A realiza em 3 minutos?
c) Calcule a frequência linear e a frequência cíclica.
d) Calcule o comprimento do pêndulo B (usa $g = 9{,}8\ m/s^2$).
e) Qual dos pêndulos tem maior frequência? Justifique.
f) Qual dos pêndulos têm maior comprimento? Justifique.

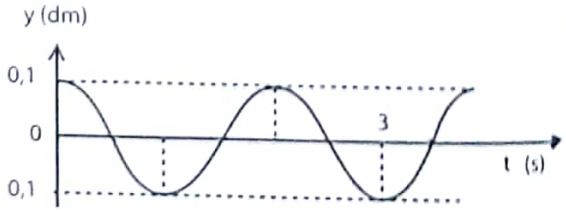
15. Analise o oscilograma referente às oscilações de uma partícula.

a) Determine a amplitude e o período das oscilações da partícula.
b) Calcule a frequência das oscilações.
c) Calcule a frequência angular.
d) Quantas oscilações a partícula realiza por minuto?



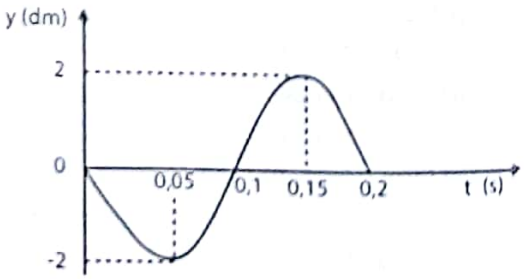
16. Um pêndulo gravítico simples com 60 centímetros de comprimento realiza oscilações de pequena amplitude, num planeta desconhecido, que estão de acordo com o gráfico. Determine:

a) A amplitude e o período das oscilações do pêndulo.
b) O valor da aceleração da gravidade do planeta.
c) A frequência e a frequência angular.
d) Quantas vezes, por minuto, o oscilador passa pela posição de equilíbrio?



17. Um corpo harmonicamente oscila, de acordo com o gráfico, na extremidade de uma mola elástica de constante K = 100 N/m, constituindo um pêndulo elástico.

a) Determine a amplitude e o período das oscilações, em unidades do SI.
b) Calcule a massa do corpo oscilante.
c) Quantas oscilações o pêndulo realiza em 1,5 minutos?
d) Calcule a pulsação das oscilações do pêndulo.



Scanned by CamScanner



18. Um pêndulo simples de comprimento L é transportado para um planeta desconhecido. Verifica-se que nesse planeta o período do pêndulo é 2 vezes menor que na Terra. Sendo 10 m/s² a aceleração gravítica no nosso planeta, qual será a aceleração da gravidade no tal planeta?

19. Um relógio foi transportado para um planeta desconhecido. Para que nesse planeta o relógio marcasse as horas da Terra, o seu comprimento foi aumentado 9 vezes. Qual será o peso de uma pessoa de 70 kg, nesse planeta? Use $g_T = 10$ m/s².

20. Um sistema «massa-mola» oscila harmonicamente com uma frequência cíclica de 2π rad/s. Sabendo que a massa do oscilador é de 1 kg, determine:

a) O período das oscilações.

b) A constante elástica da mola.

21. Um relógio de parede (A) bate segundos, enquanto que no mesmo intervalo de tempo, um relógio de parede (B), realiza o dobro das oscilações de A.

a) Qual é o comprimento do pêndulo do relógio A?

b) Compare as frequências de oscilação dos dois relógios.

c) Se o relógio B indicar a hora certa, o relógio A, estará adiantado ou atrasado? Justifique a resposta.

22. Um astronauta transportou um relógio de parede para a Lua onde $g_L = 1{,}6$ m/s². Considere $g_T = 9{,}8$ m/s².

a) Na Lua, o relógio irá adiantar ou atrasar? Justifique a resposta.

b) Para que na Lua o relógio indicasse horas certas, o comprimento do seu pêndulo deveria ser aumentado ou diminuído? Justifique a resposta.

23. Mediu-se o tempo de 20 oscilações de um pêndulo simples, num planeta desconhecido, tendo-se obtido os resultados inseridos na tabela.

Comprimento	Tempo de 20 oscilações
1,125 m	37,68 s

a) Determine o período das oscilações do pêndulo.

b) Calcule a aceleração da gravidade do planeta onde a experiência foi realizada.

24. Um corpo com a massa de 1 kg oscila harmonicamente, preso na extremidade de uma mola elástica, realiza 30 oscilações por minuto. Determine:

a) A frequência das oscilações.

b) O período das oscilações.

c) Quantas vezes por minuto o pêndulo passa pela posição de equilíbrio?

d) A constante elástica da mola.

Scanned by CamScanner

Ondas mecânicas

Quem nunca sentiu a dupla sensação de fascínio e medo diante do vasto oceano, com as suas ondas fantásticas, ao mesmo tempo belas e tenebrosas? A vontade de dominar esta força da Natureza faz os Homens desafiarem os perigos ocultos nas ondas do mar. Não raras vezes, os pescadores fazem-se ao mar, enfrentando grandes ondas, para conseguirem o alimento para o seu sustento. Sem a existência das ondas, muitas maravilhas dos tempos modernos, como a televisão, a internet, a rádio, os telefones celulares, não seriam possíveis.



Fig. 2.13 Bazaruto: a ondulação das águas do mar faz o barco deslocar-se



Fig. 2.14 Praia do Tofo – Inhambane: as ondas ao chegarem à costa espraiam-se languidamente pela areia

Produção de ondas mecânicas

O que é uma onda?

Quando colocamos uma fila de dominós e derrubamos o primeiro, podemos dizer que causamos uma perturbação somente no primeiro dominó. Contudo, todas as outras peças irão cair em seguida. Este é o famoso «**efeito dominó**», que nos permite ver o que é uma perturbação propagar-se de um lugar para o outro. A perturbação causada no primeiro dominó chegou até ao último, derrubando-o, apesar de cada dominó não ter saído da sua posição inicial.

Repare que somente a energia aplicada ao primeiro dominó chegou até à última peça. A perturbação somente transportou energia.

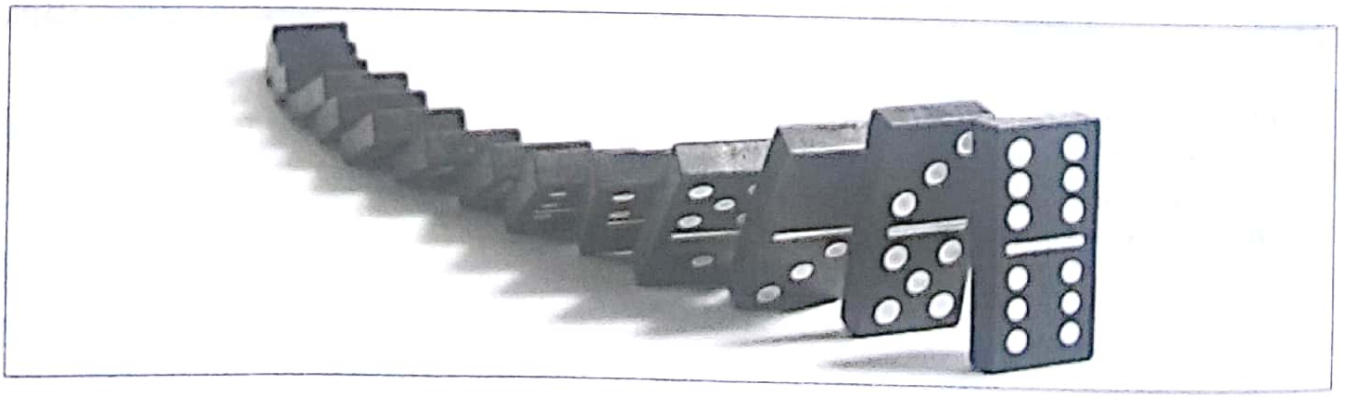


Fig. 2.3 Efeito dominó: a perturbação causada no primeiro dominó chega até ao último, contudo nenhuma peça sai da sua posição inicial, isto é, no efeito dominó, a perturbação apenas transporta energia e não transporta matéria.

Scanned by CamScanner

Com uma onda ocorre algo semelhante: uma perturbação é causada, por alguém, ou por alguma fonte, propagando-se de um ponto para o outro sob a forma de impulsos. Por exemplo:

Quando uma gotinha de água cai num lago de águas tranquilas, a partir do ponto de impacto, formam-se ondas circulares, de raios cada vez maiores, que se propagam em todas as direcções, na superfície do lago. A pequena gota, ao cair, perturbou a superfície da água do lago, levando à formação de pequenas ondulações que têm origem no local onde a gota caiu (Fig. 2.16).

Uma pessoa prende uma das extremidades de uma corda a uma parede e, aplicando à outra extremidade impulsos verticais, provoca uma perturbação que se propaga através da corda até à parede (Fig. 2. 17).



Fig. 2.16 Ondas circulares produzidas na água de um lago

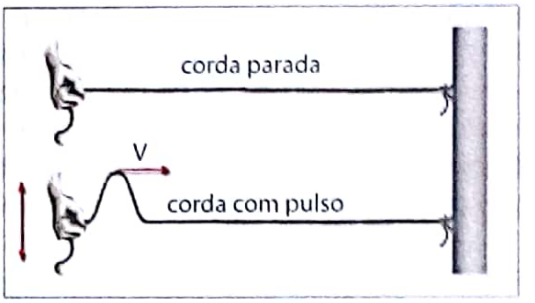


Fig. 2.17 Produção de ondas numa corda

- Numa mola helicoidal produz-se uma onda mecânica que se propaga ao longo do eixo da mola se comprimirmos e descomprimirmos as suas espiras (Fig. 2.18).
- O **som** também é uma onda que transfere energia por variações de pressão no meio em que se propaga. O som, para se propagar, necessita de um meio material, seja ele, sólido, líquido ou gasoso. Em condições normais de temperatura e pressão (a 0 °C e à pressão de 1 atmosfera), o som propaga-se, no ar, com a velocidade de 340 m/s. Na água, a sua velocidade sobe para cerca de 1 500 m/s e, no aço a velocidade do som chega a alcançar os 5 000 m/s (Fig. 2.19).

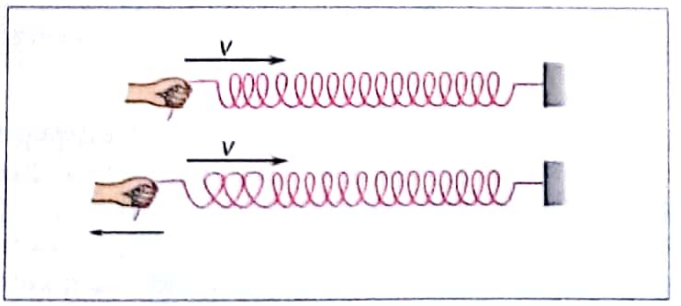


Fig. 2.18 Produção de ondas numa mola



Fig. 2.19 Xidimiguane, o músico moçambicano faz ouvir a sua arte.

Todas estas ondas transferem energia de um ponto para outro num determinado meio (água, corda, mola, ar), quer dizer, elas necessitam de um suporte material para se propagarem, porque resultam da vibração das partículas do meio. São, por isso, chamadas «**Ondas Mecânicas**».

Onda mecânica: é uma perturbação oscilante, que se propaga através dum meio material.

Repare que, em qualquer dos exemplos dados, não houve transferência de matéria. Houve, isso sim, transferência de energia de um ponto para outro do meio: as peças de dominó não saíram da sua posição inicial. A energia comunicada à primeira peça, foi sendo transferida para a segunda e, desta para a terceira e,

Scanned by CamScanner

assim, sucessivamente, até à última peça. A gotinha de água comunicou energia à água do lago, no ponto de impacto. Esta energia foi sendo transferida, partícula a partícula, a toda a água do lago.

Durante a propagação de uma onda não há transferência de matéria, mas sim, ocorre uma transferência de energia de um lugar para outro, em virtude da perturbação das partículas do meio onde a onda se propaga.

Classificação das ondas

Quanto à sua natureza podem ser:

- **Ondas mecânicas**: são aquelas que precisam de um meio material para se poderem propagar. A perturbação causada no dominó somente se moveu por causa dos dominós, sem eles, ela nem existiria. Como exemplo, temos as ondas no oceano, o som, as ondas produzidas numa corda ou numa mola, etc. Todas são perturbações causadas em meios materiais, sólidos, líquidos ou gasosos.
- **Ondas electromagnéticas**: não precisam de meios materiais para se propagarem de um lugar para outro. A perturbação é causada por campos eléctricos e magnéticos oscilantes e propaga-se através deles, seja nos meios materiais como no vácuo. A luz é um bom exemplo deste tipo de onda. Note que a luz do Sol chega até nós mesmo existindo vácuo no espaço. Outros exemplos de ondas electromagnéticas são as microondas, as ondas de rádio e TV, os raios infra-vermelhos, os raios ultra-violeta, os raios X e os raios gama.



Fig. 2.20 Maputo à noite: a luz é uma onda electromagnética.



Fig. 2.21 Raios X: também são ondas electromagnéticas.

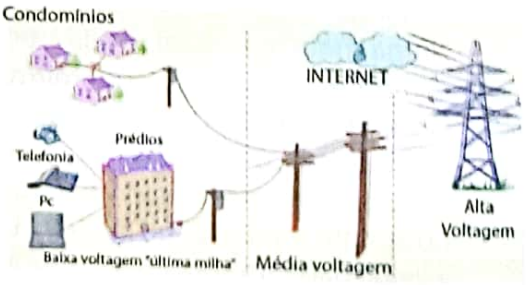


Fig. 2.22 Internet: o seu sinal é transportado por ondas electromagnéticas.

Quanto à direcção de vibração classificam-se em:

- **Ondas transversais**: consideremos um meio contínuo, por exemplo, uma corda que esteja esticada, ou mesmo, uma mola elástica. A seguir, vamos aplicar impulsos num dos seus pontos. Quando fazemos com que um dos extremos da corda ou da mola vibre para cima e para baixo, perpendicularmente à direcção em que está estendida, observa-se o avanço de uma onda progressiva transversal. O impulso aplicado é comunicado aos pontos vizinhos, que vibram perpendicularmente em relação à velocidade com que a onda se propaga.

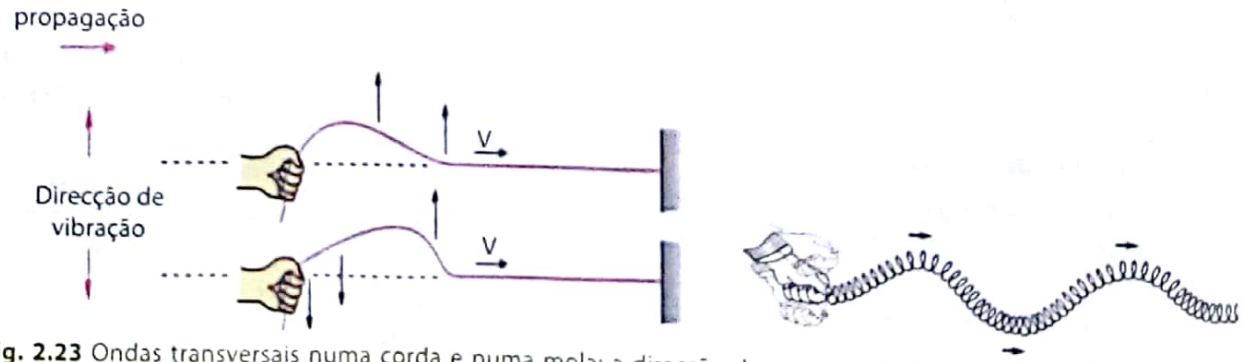


Fig. 2.23 Ondas transversais numa corda e numa mola: a direcção de propagação é perpendicular à direcção de vibração das partículas do meio.

Scanned by CamScanner

- **Ondas longitudinais:** consideremos novamente uma mola que está esticada. Ao comprimirmos a mola e depois a largarmos forma-se uma onda. A descompreensão vai propagar-se atingindo pouco depois a outra extremidade da mola. Se aplicarmos à mola uma sequência de impulsos ritmados na direcção do seu comprimento, observamos a propagação das ondas que consistem numa série de zonas alternadamente comprimidas e distendidas. São ondas longitudinais.

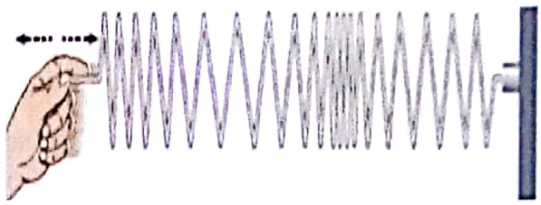


Fig. 2.24 Ondas longitudinais numa mola: a direcção de propagação coincide com a direcção de vibração das partículas do meio.

Quanto à direcção de propagação podem ser:

- **Unidimensionais:** são aquelas que se propagam numa só direcção. Exemplo: ondas em cordas.
- **Bidimensionais:** são aquelas que se propagam num plano. Exemplo: ondas na superfície de um lago.
- **Tridimensionais:** são aquelas que se propagam em todas as direcções. Exemplo: ondas sonoras propagando-se no ar atmosférico ou em metais.

Características das ondas

- **Amplitude (A):** considere um barco no oceano e, imagine que uma onda passe por ele. O barco irá subir e descer (figura 2.25).

A amplitude da onda que passou pelo barco é dada pelo quanto ele subiu ou desceu. Se, por exemplo, o barco subiu 2 metros, dizemos que a **amplitude** da onda que passou por ele é de 2 metros.

A amplitude é representada pela letra «**A**» e, no Sistema Internacional, a sua unidade é o **metro** (m).

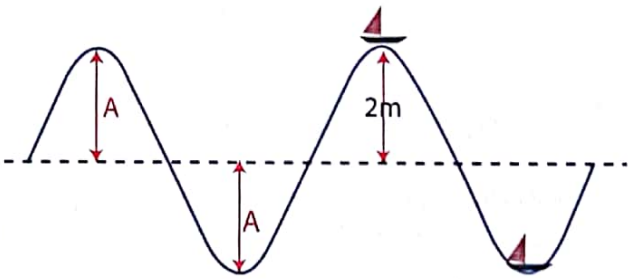


Fig. 2.25 Amplitude de uma onda

Amplitude: é o desvio máximo do oscilador em relação a posição de equilíbrio.

Na bela ilha do Ibo, localizada no Arquipélago das Quirimbas, na província de Cabo Delgado, os pescadores dedicam-se à pesca, enquanto os turistas se deliciam com as suas belas paisagens e águas cristalinas.

Em dias calmos, quando a amplitude das ondas é pequena, pescadores e turistas aventuram-se no mar para pescar e gozarem dos prazeres da leve ondulação do mar, mas em dias de tempestade, quando o mar está bravo, a amplitude das ondas aumenta, tornando-se perigosa a navegação, pois o barco pode virar, provocando acidentes que podem trazer perdas materiais e humanas irreparáveis.



Fig. 2.26 Pescadores do Ibo, num dia de mar calmo

Para poderem programar o seu dia de pesca, os pescadores devem conhecer o comportamento das marés, isto é, devem saber a que horas ocorrerá a

Scanned by CamScanner

«baixa-mar» e a «preia-mar», bem como os seus níveis, para poderem saber qual a amplitude (diferença entre a baixa-mar e a preia-mar). O gráfico abaixo mostra o comportamento das marés da Ilha do Ibo, no dia 18 de Janeiro de 2013, podendo verificar-se que as baixa-mar (marés mais baixas) ocorreram às 0:45 horas e às 13:00 horas, enquanto que a preia-mar (marés mais altas) ocorreram às 6:45 horas e às 19:20 horas respectivamente.

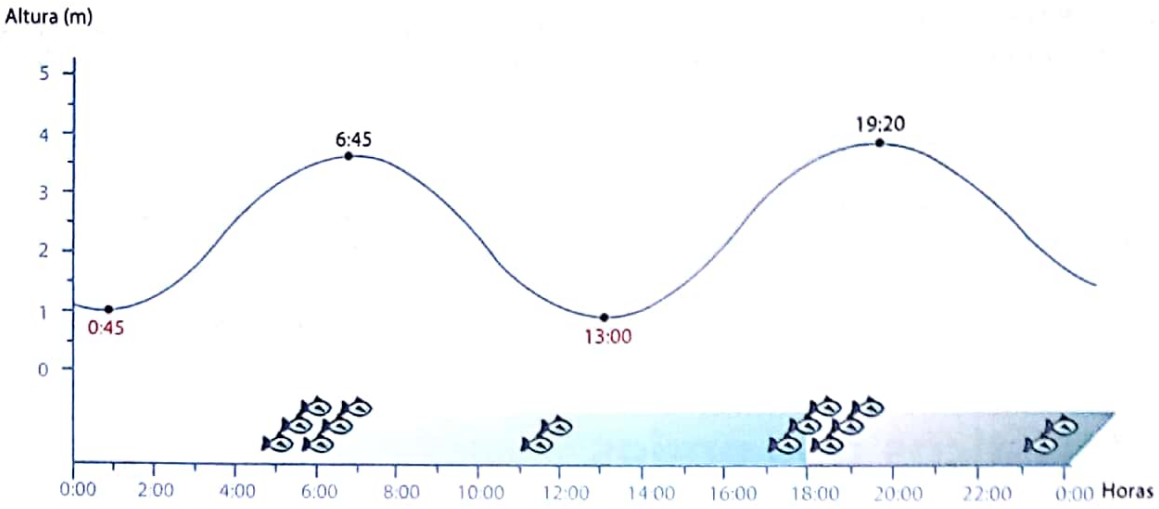


Fig. 2.27 Gráfico das marés da Ilha do Ibo, no Arquipélago das Quirimbas, no dia 13 de Janeiro de 2013

- **Período (T)**: vamos supor que uma pessoa segura uma das extremidades de uma corda, e que essa pessoa passa a fazer movimentos para cima e para baixo com a sua mão.

Suponhamos que o intervalo de tempo decorrido de um sobe-desce da mão dessa pessoa seja constante, onde a altura da posição mais alta da mão com relação à posição mais baixa não varie.

Os movimentos da mão da pessoa irão provocar uma sucessão de ondas que irão passar pela corda com velocidade de intensidade *v*, conforme podemos ver na ilustração abaixo (Fig. 2.26).

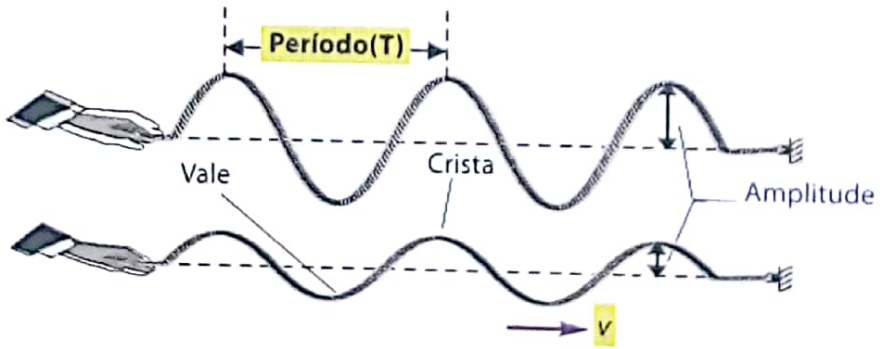


Fig. 2.28 O intervalo de tempo necessário para que um ponto vibrante efectue um ciclo completo é denominado período (T).

Scanned by CamScanner

Se pensarmos no exemplo dado acima, veremos que o período da onda é igual ao tempo gasto pela mão da pessoa para realizar uma oscilação, ou seja, um sobe-desce completo.

No Sistema Internacional de Unidades o período é medido em **segundos** (s).

Período (T): é o tempo necessário para se produzir uma vibração completa.

- **Frequência (*f*):** é o número de oscilações que a onda executa num determinado intervalo de tempo.

A frequência de uma onda é igual à frequência da fonte que a originou.

$f = \frac{n}{\Delta t}$ Se $n = 1$ oscilação, então $\Delta t = T$ (período) $\Leftrightarrow$ $f = \frac{1}{T}$ $\Leftrightarrow$ $T = \frac{1}{f}$

A unidade de frequência, no Sistema Internacional é o **Hertz** (Hz) em homenagem ao físico alemão Heinrich Hertz que provou experimentalmente a existência de ondas electromagnéticas.

- **Comprimento de onda (λ):** é a distância entre duas cristas consecutivas ou ainda, a distância entre dois vales consecutivos da onda.

Quanto maior for o comprimento de onda, menor será a frequência, isto é, a frequência e o comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais.

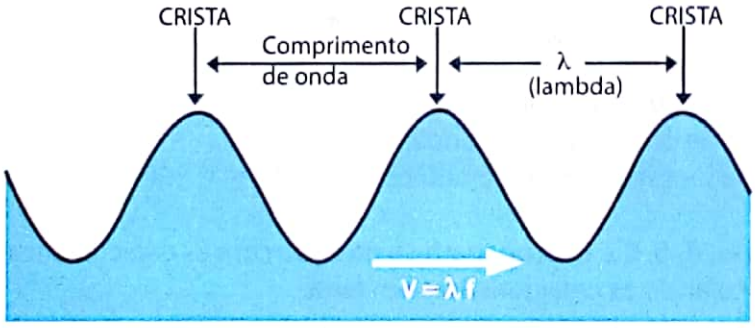


Fig. 2.29 Comprimento de onda e velocidade de propagação

- **Velocidade (*v*):** toda a onda possui uma determinada velocidade. Só assim a energia pode ser transferida de um ponto para o outro. A velocidade da onda depende muito do meio material onde ela se move, podendo ser determinada pelo produto da frequência (*f*) pelo comprimento da onda λ.

$v = \lambda \cdot f$ como $f = \frac{1}{T}$ podemos escrever: $v = \frac{\lambda}{T}$

onde:

λ – é o comprimento de onda. No Sistema Internacional de Unidades é medido em metros (m).
T – é o período de propagação da onda. No SI é medido em segundos (s).
f – é a frequência de propagação da onda, medida em Hertz (Hz), no SI.
v – é a velocidade de propagação da onda. No SI mede-se em metro por segundo (m/s).

1 m/s = 3,6 km/h = 100 cm/s

Scanned by CamScanner

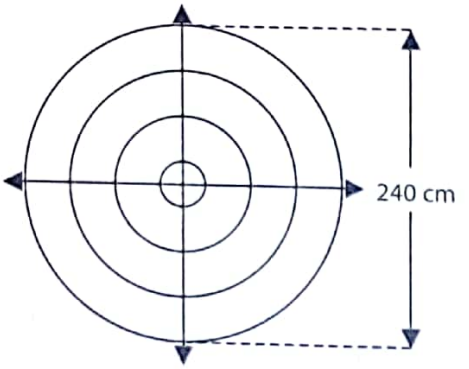
25. Qual é a principal diferença entre uma «Onda Mecânica» e uma «Onda Electromagnética»?

26. Verifique quais das proposições a seguir são correctas.

a) O som é constituído por ondas mecânicas longitudinais.
b) As ondas mecânicas propagam-se nos meios sólidos, líquidos e gasosos.
c) Uma onda sonora não se propaga no vácuo.
d) A luz e o som são ondas electromagnéticas.

27. Uma onda mecânica propaga-se na água com uma frequência de 0,002 kHz e uma velocidade de 36 km/h.
a) Determine o comprimento de onda.
b) Calcule o período de propagação da onda.

28. Observe a figura abaixo que representa várias cristas de uma onda circular, cuja amplitude é de 30 cm, produzida na água e que se propaga com uma velocidade de 9 km/h.



a) Determine, a partir da figura, o comprimento de onda.
b) Calcule a frequência de propagação da onda.
c) Determine o período de propagação da onda.

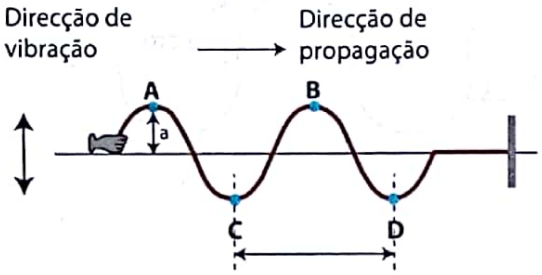
29. Quatro ondas mecânicas, A, B, C e D, propagam-se na água com as características indicadas na tabela. Completa a tabela, calculando as características em falta.

Onda	λ (m)	f (Hz)	v (m/s)	T (s)
A	25		5	
B	16			2
C		40	10	
D			5,4	0,2

30. No dia 22 de Maio de 1960 um terramoto no Chile provocou uma onda gigante no Oceano Pacífico que se propagou com uma velocidade de 750 km/h e um período de 30 minutos. (Este foi, até agora, um dos maiores terramotos de que se tem conhecimento com uma amplitude de 9,5 na escala de Richter, tendo causado mais de 3 000 mortos).
a) Calcule em m/s a velocidade de propagação da referida onda gigante.
b) Determine o comprimento desta onda.

Scanned by CamScanner

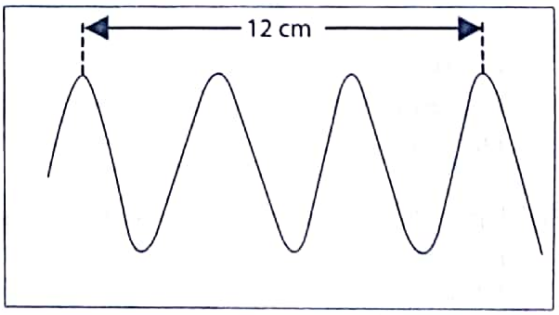
31. Um aluno, segurando a extremidade de uma corda tensa e flexível, produz uma perturbação que se propaga ao longo da corda. A mão do aluno «sobe e desce» em 0,4 s e a distância horizontal entre os pontos A e B da corda é de 15 cm e, a distância vertical entre os pontos B e D é de 10 cm.



Determine:

a) A amplitude e o período da onda produzida.
b) O comprimento de onda.
c) A velocidade de propagação da onda.
d) O número de ciclos realizados, por minuto.

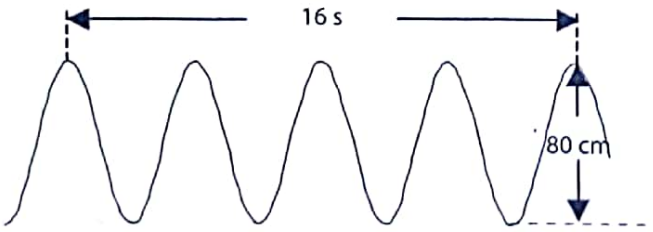
32. A forma de uma corda, por onde uma onda se propaga, num determinado instante, está representada ao lado. A velocidade de propagação da onda na corda é de 10 cm/s.



Determine:

a) O comprimento de onda.
b) A frequência de propagação da onda.

33. A onda da figura, produzida numa corda, propaga-se com uma velocidade de 1,2 m/s.

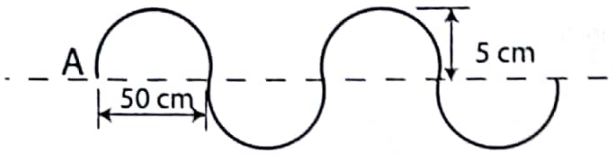


a) Determine a amplitude e o período de propagação da onda.
b) Calcule o comprimento de onda.
c) Determine a frequência desta onda.
d) Calcule a distância entre 5 cristas consecutivas desta onda.

34. A distância entre três cristas consecutivas de uma onda mecânica, com frequência de 8 Hz, é de 90 cm.
a) Determine o comprimento de onda.
b) Calcule a velocidade e o período de propagação da onda.

Scanned by CamScanner

35. Uma onda é estabelecida numa corda, fazendo-se o ponto A oscilar com uma frequência de 1 kHz, conforme a figura. Indique as afirmações verdadeiras:



a) O comprimento de onda é de 5 cm.
b) O período da onda é $1 \cdot 10^{-3}$ s.
c) A velocidade de propagação da onda é de $1 \cdot 10^{3}$ m/s.

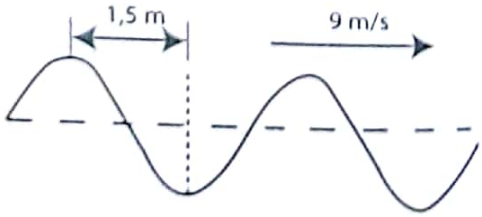
Escolha a opção correcta.

36. Um conta-gotas situado a uma certa altura acima da superfície de um lago deixa cair sobre ele uma gota de água a cada três segundos. Se as gotas passarem a cair na razão de uma gota a cada dois segundos, as ondas produzidas na água terão menor:
A. Amplitude
B. Comprimento de onda
C. Frequência
D. Velocidade

37. Uma rolha flutua na superfície da água de um lago. Uma onda passa pela rolha e esta executa, então, um movimento de sobe e desce. O tempo que a rolha leva para ir do ponto mais alto ao ponto mais baixo do seu movimento é de 2 segundos. O período do movimento da rolha é:
A. 0,5 s **B.** 1,0 s **C.** 2,0 s **D.** 4,0 s

38. Uma bóia encontra-se no meio de uma piscina. Uma pessoa provoca ondas na água, tentando deslocar a bóia para a borda. A chegada da bóia à borda da piscina:
A. Jamais ocorrerá.
B. Depende da amplitude da onda.
C. Depende da frequência da onda.
D. Depende da razão frequência/amplitude da onda.

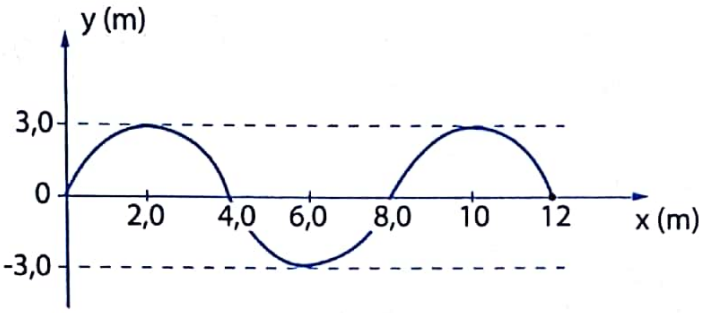
39. Uma onda propaga-se numa corda, conforme figura.
Com base nos dados apresentados, conclui-se que a frequência dessa onda é:
A. 2 Hz **B.** 3 Hz
C. 6 Hz **D.** 9 Hz



40. Um menino caminha pela praia arrastando uma vareta. Uma das pontas da vareta encosta na areia e oscila, no sentido transversal à direcção do movimento do menino, traçando no chão uma curva na forma de uma onda. Uma pessoa observa o menino e percebe que a frequência de oscilação da ponta da vareta encostada na areia é de 1,2 Hz e que a distância entre três máximos consecutivos da onda formada na areia é de 1,6 m. A pessoa conclui então que a velocidade do menino é:
A. 0,67 m/s **B.** 0,96 m/s **C.** 1,5 m/s **D.** 0,80 m/s

Scanned by CamScanner

41. Numa corda, uma fonte de ondas realiza um movimento vibratório com frequência de 10 Hz. O diagrama mostra, num determinado instante, a forma da corda.



A velocidade de propagação da onda, em cm/s, é de:

A. 8,0 **B.** 20 **C.** 40 **D.** 80

42. No mesmo Sistema Cartesiano Ortogonal desenhe duas ondas, A e B, tal que a corda A tenha metade da amplitude e o dobro da frequência da onda B.

43. Uma onda propaga-se ao longo de uma corda. O intervalo de tempo mínimo para que um ponto qualquer da mesma passe da posição de deslocamento máximo à posição de deslocamento nulo é 0,25 s. Sabendo-se que a velocidade de propagação da onda é de 100 m/s, determine:

a) A frequência

b) O período

c) O comprimento de onda dessa onda.

44. Desenhe uma onda mecânica com 2 cm de amplitude e onde a distância entre 4 cristas consecutivas seja de 12 cm.

a) Determine o comprimento de onda representada.

b) Se a frequência de propagação dessa onda for de 0,0002 kHz, qual será a sua velocidade de propagação?

45. Uma torneira pinga regularmente para um tanque, debitando 240 gotas por minuto e produzindo ondas circulares cuja distância entre duas cristas consecutivas é de 5 cm.

a) Calcule a frequência e o período de propagação da onda.

b) Calcule a velocidade de propagação em m/s.

Scanned by CamScanner

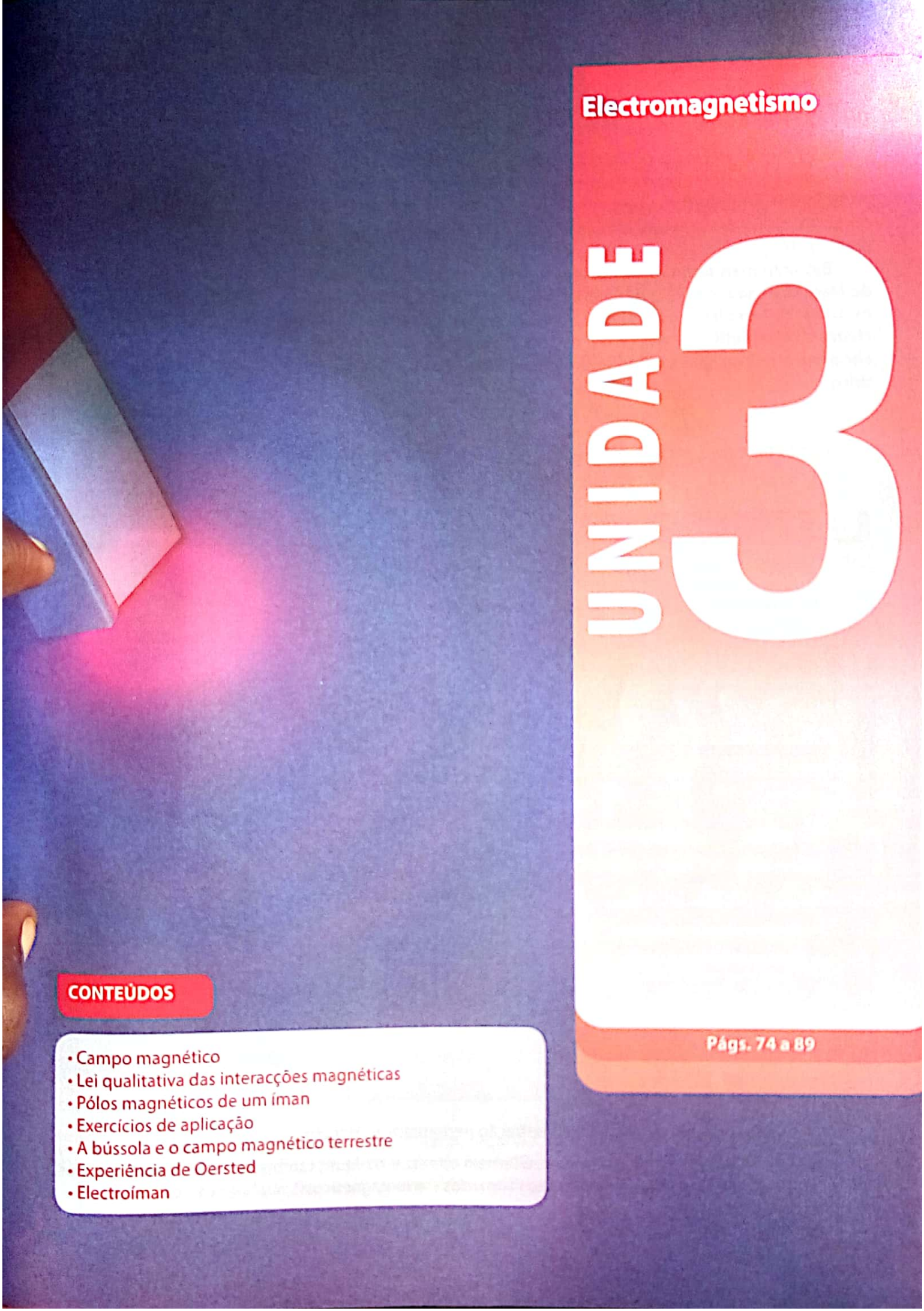


OBJECTIVOS

O aluno deve ser capaz de:

- Identificar a presença de um campo magnético.
- Explicar as interacções magnéticas.
- Aplicar a Lei Qualitativa das Interacções Magnéticas na resolução de exercícios concretos.
- Explicar a utilização da bússola para orientação geográfica.
- Explicar o funcionamento do electroíman.
- Identificar aplicações do electroíman.

Scanned by CamScanner



Electromagnetismo

UNIDADE 3

CONTEÚDOS

- Campo magnético
- Lei qualitativa das interacções magnéticas
- Pólos magnéticos de um íman
- Exercícios de aplicação
- A bússola e o campo magnético terrestre
- Experiência de Oersted
- Electroíman

Págs. 74 a 89

Scanned by CamScanner

Magnetismo: ímanes naturais e artificiais

A primeira referência conhecida sobre uma substância capaz de atrair outras vem da região de Magnésia, na Ásia Menor (actual Turquia) onde foram descobertas **«pequenas pedras» com a propriedade de atrair objectos de ferro**. A essas **«pedras de Magnésia»** deu-se o nome de Magnetes ou Ímanes naturais.

Bastante mais tarde, já na nossa era, descobriu-se que as «pedras de Magnésia» são minerais (não pedras), em cuja constituição figuram os óxidos de Ferro II e III (FeO e Fe_2O_3). A fórmula química desse mineral, chamado **Magnetita** é Fe_3O_4. É um mineral fortemente magnético, de cor preta e brilho metálico que se dissolve lentamente em ácido clorídrico.



Fig. 3.1 Magnetita, íman natural

Vamos descobrir, experimentalmente, as propriedades dos imanes:

Experiência

Magnetização do ferro

Objectivos: Analisar os diferentes processos de magnetização.

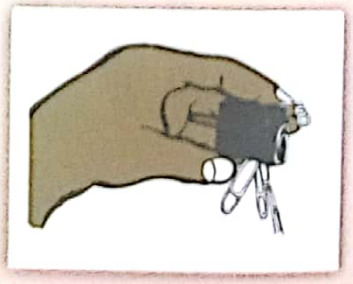
Material

- Um íman
- Dois pregos de ferro
- *Clips* e alfinetes (de ferro)



Procedimento

1. Aproxime um dos pregos de ferro dos *clips* e alfinetes. Verificará que nada acontece, porque o prego não está magnetizado e, por isso não tem poder atractivo.
2. Encoste o prego no íman. Aproxime o prego dos *clips* e alfinetes. Estes são atraídos pelo prego porque, ao estabelecer contacto com o íman, o prego magnetiza-se adquirindo as mesmas propriedades. O prego foi magnetizado por contacto.
3. Friccione várias vezes, sempre no mesmo sentido, o outro prego com o íman.



Ao aproximar o prego dos *clips* e alfinetes, estes serão atraídos, porque o prego foi magnetizado por fricção.

A descoberta dos processos de magnetização permitiram ao Homem:

- Perceber que outros materiais como, o ferro, o cobalto e o níquel, também podem adquirir propriedades magnéticas. Estes materiais são chamados «ferromagnéticos».

Scanned by CamScanner

- Produzir artificialmente novos ímanes com diversas formas e tamanhos. Assim, por exemplo, foi possível construir barras magnéticas, ímanes com a forma de ferradura de cavalo (ou em U), agulhas magnéticas, aneis magnéticos, etc.

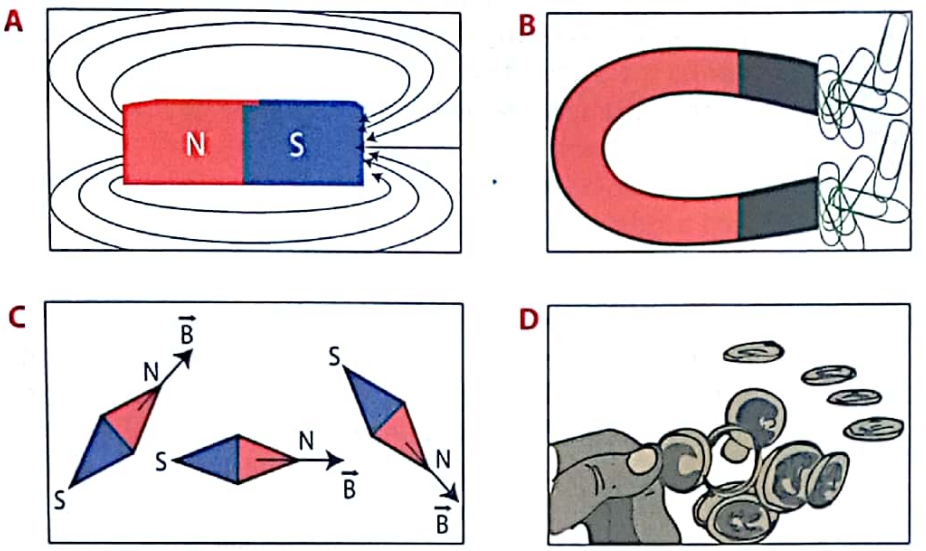


Fig. 3.2. ímanes artificiais: A – Barra magnética; B – Ferradura de cavalo; C – Agulhas magnéticas e D – Anel magnético

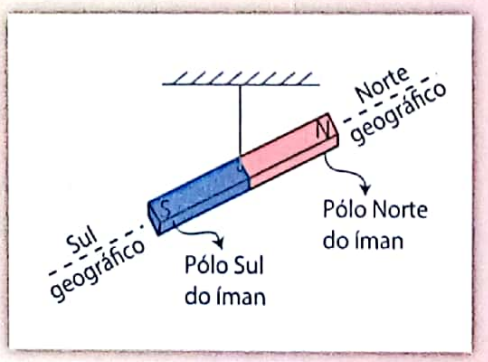
Experiência

Pólos de um íman

Objectivos: Analisar como um íman se orienta.

Material

- Um íman em forma de barra
- Tinta azul e vermelha (pode ser guache ou aguarela)
- Um fio inextensível de *nylon* ou croché
- Um suporte para suspender o íman



Procedimento

1. Pinte uma das extremidades do íman de azul e a outra de vermelho.
2. Suspenda o íman pelo seu centro, como ilustra a figura. Deixe o íman ficar em repouso e, observe a sua orientação. Verificará que uma das extremidades do íman aponta o Pólo Norte Geográfico da Terra e, a outra, aponta para o Pólo Sul Geográfico.
3. Faça o íman girar e espere, novamente, que ele atinja o estado de repouso. Observe a sua orientação. Curiosamente, o íman orienta-se da mesma forma, isto é, a mesma extremidade aponta para o Norte Geográfico e a outra, para o Sul.

Um **íman suspenso**, orienta-se, naturalmente, segundo a linha Norte-Sul geográfica, isto é, uma das extremidades do íman fica virada para o Pólo Norte Geográfico – chama-se **«Pólo Norte (N) do íman»** e, a outra extremidade, fica virada para o Sul Geográfico – chama-se **«Pólo Sul do íman»**.

Scanned by CamScanner

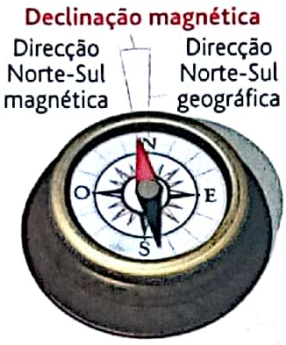


Fig. 3.3 A bússola é um instrumento de orientação

Esta importante propriedade que acabamos de descobrir, permitiu aos chineses a invenção da **bússola**, por volta do Séc. VI d.c.

A **bússola** é um instrumento de navegação e orientação baseado nas propriedades magnéticas dos materiais ferromagnéticos e do campo magnético terrestre. As bússolas são, geralmente, compostas por uma agulha magnetizada colocada num plano horizontal e suspensa pelo seu centro de gravidade de forma que possa girar livremente. Deste modo, a agulha magnética **orienta-se sempre** na **direcção norte-sul geográfica**. Para tal, associada à agulha magnética coloca-se uma «rosa-dos-ventos», com a indicação dos pontos cardeais.

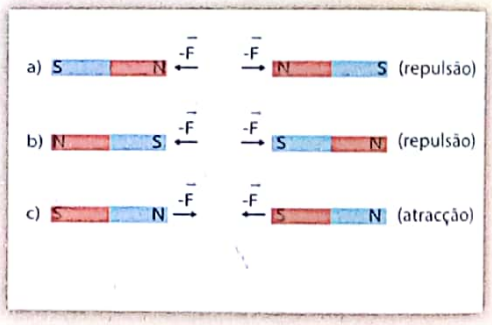
A bússola é sem dúvida o instrumento mais conhecido da Era dos Descobrimentos, pois foi, provavelmente, o mais importante. Indicando sempre o Norte geográfico, ela permite a orientação do seu utilizador, pois, uma vez conhecida a posição «Norte», é possível descobrir todos os outros pontos cardeais. A bússola é um instrumento indispensável a todo e qualquer navegador.

Experiência

Leis qualitativas das interacções magnéticas

Material

- Dois ímanes em forma de barra, com os pólos devidamente identificados.



Procedimento

1. Aproxime do Pólo Norte de um dos ímanes, o Pólo Norte do outro íman. Sentirá que uma força tende a repelir os ímanes, não permitindo que os dois pólos «norte» se juntem.
2. Aproxime do Pólo Sul de um dos ímanes, o Pólo Sul do outro íman. De modo semelhante, surgirá uma força de repulsão, que não permite que os dois pólos «Sul» se juntem.
3. Aproxime o Pólo Sul de um íman do Pólo Norte do outro íman. Entre eles surge uma força de atracção.

- Pólos magnéticos do mesmo nome, **repelem-se**.
- Pólos magnéticos de nomes contrários **atraem-se**.

Magnetismo terrestre

Porque é que a orientação natural de um íman segue a linha «norte-sul» geográfica? Isto é, porque é que o Pólo Norte de um íman tende a apontar o Norte geográfico?

O nosso planeta age como se fosse um íman com os pólos magnéticos trocados, relativamente aos pólos geográficos: próximo do Pólo Norte geográfico localiza-se o Pólo Sul magnético (responsável pela atracção do pólo norte do íman que se vira, não para o Norte geográfico, mas sim para o Sul magnético da Terra), próximo do Pólo Sul geográfico situa-se o Pólo Norte magnético da Terra.



Fig. 3.4 Magnetismo terrestre

Scanned by CamScanner

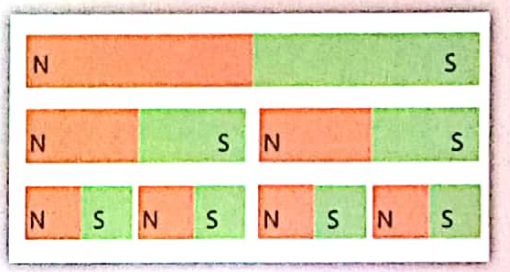
É graças ao **magnetismo terrestre** que a agulha da bússola se orienta na direcção «norte-sul» geográfica: na verdade, o Pólo Norte da agulha magnética é atraído pelo Pólo Sul magnético da Terra que se localiza nas proximidades do Pólo Norte geográfico.

Experiência

Indivisibilidade dos pólos de um íman

Material

- Um íman em forma de barra
- Uma serra de ferro ou um martelo



Procedimento

1. Com a serra de ferro (cuidado ao manuseá-la), corte o íman ao meio, tentando isolar os seus pólos.
2. Aproximando as extremidades das duas metades do íman inicial verificará que não é possível isolar os pólos magnéticos do íman, ou seja, cada uma das metades obtidas, é um novo íman com dois pólos bem distintos (Norte e Sul).
3. Com o martelo parta em vários pedaços um dos ímanes. Ao aproximar estes pedaços, uns dos outros, verificará que, cada um deles é um novo íman, com as mesmas propriedades dos ímanes originais.

É **impossível separar** os **pólos de um íman**: cada pedaço do íman transforma-se num novo íman com as mesmas propriedades do íman original.

Experiência

Espectro magnético de um íman

Objectivos: Observar o espectro magnético de diferentes imanes.

Material

- Ímanes com várias formas (barra magnética, íman em ferradura de cavalo, etc.)
- Limalha de ferro (pó de ferro)
- Folha de papel

Procedimento

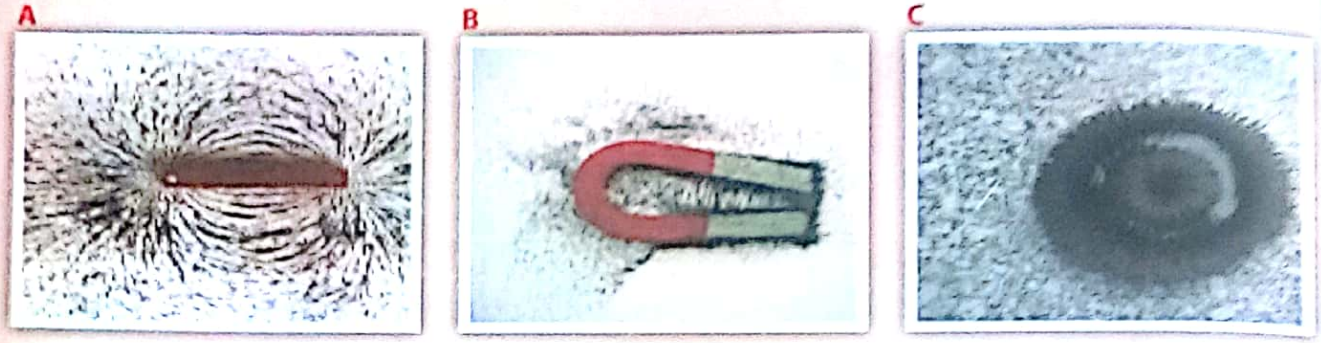
1. Coloque a folha de papel sobre um dos ímanes (em forma de barra, por exemplo), e espalhe a limalha de ferro sobre a folha. Verá que a limalha de ferro adquire uma configuração própria. Em seguida, proceda da mesma forma para com os outros ímanes e observe as configurações

➡

Scanned by CamScanner

que a limalha de ferro faz, em cada caso. Essas configurações recebem o nome de «espectro magnético».

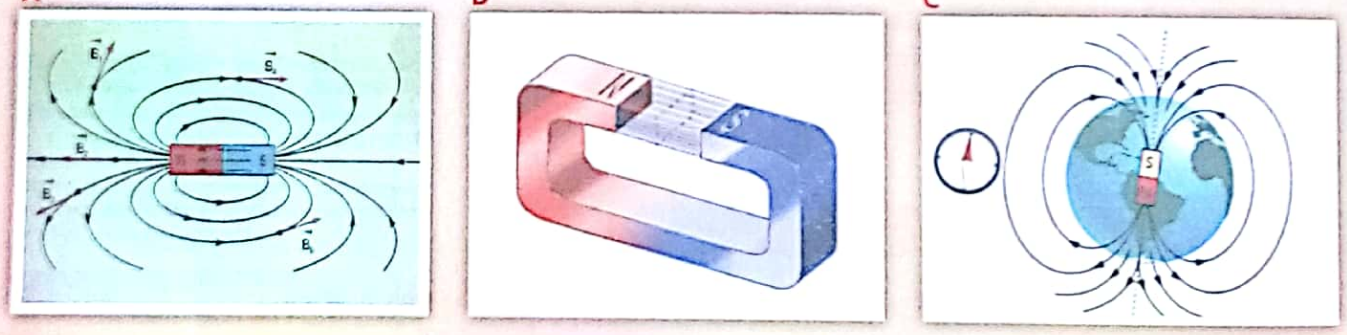
A B C



Espectro magnético de um íman: A – em forma de barra; B – de um íman em ferradura de cavalo e C – de um íman circular

Para melhor entendimento do espectro magnético o físico inglês, Michael Faraday, introduziu o conceito de linha de força do campo magnético, como sendo a linha segundo a qual a limalha de ferro se orienta para constituir o espectro magnético de um íman. De acordo com Faraday, as linhas de força do campo magnético de um íman, orientam-se, no exterior do íman, do Pólo Norte para o Pólo Sul do íman.

A B C

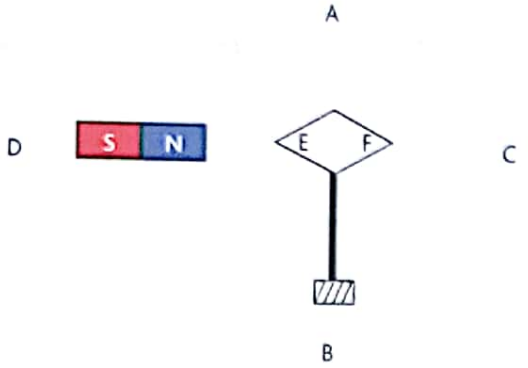


Linhas de força do campo magnético: A – de uma barra magnética; B – de um íman em ferradura e C – do campo magnético da Terra – O vector campo magnético $\vec{B}$ é sempre tangente à linha de força em cada ponto, orientando-se no sentido «Norte-Sul».

Scanned by CamScanner

Exercícios resolvidos

1. Uma pequena agulha magnética, que pode girar livremente em torno do seu eixo, foi colocada nas proximidades de um íman, como mostra a figura.
Os pontos, A, B, C e D, representam as posições geográficas, Norte, Sul, Este e Oeste, respectivamente.
a) Identifique os pólos magnéticos, E e F, da agulha. Justifique a resposta.
b) Explique o que irá acontecer à agulha magnética se o íman for afastado.



Resolução:

a) E – Pólo Sul F – Pólo Norte
Porque, a extremidade E da agulha foi atraída pelo Pólo Norte do íman, por isso, essa extremidade deve ser um pólo de nome contrário, isto é, Sul.
b) Afastando-se o íman, a agulha magnética orientar-se-á segundo a linha «Norte-Sul» geográfica, de tal modo que o seu Pólo Norte (F) fique virado para o Pólo Norte geográfico (A).

2. Um íman permanente foi colocado entre dois pedaços iguais, A e B, de prata e de ferro, respectivamente, como mostra a figura.
Explique qual será a acção do íman sobre cada um dos pedaços.



Resolução:

O íman exercerá sobre o pedaço de ferro uma força de atracção. Já sobre o pedaço de prata, não exercerá nenhuma acção. Isto ocorre porque, o íman apenas atrai objectos que na sua constituição contenham ferro, níquel ou cobalto. São os chamados «materiais ferromagnéticos».

3. Uma criança, descuidadamente, deixou cair uma caixa de alfinetes de ferro dentro de uma vasilha contendo feijão. Dispondo apenas de um íman e, sem tocar no conteúdo da vasilha, como pode retirar os alfinetes?

Resolução:

Passa-se o íman sobre a vasilha. Os alfinetes serão atraídos pelo íman, enquanto que os grãos de feijão permanecerão na vasilha.

Scanned by CamScanner

Electromagnetismo

Experiência de Oersted

Durante muitos séculos, pouco ou nada se avançou no estudo dos fenómenos magnéticos, até que em 1820, o físico dinamarquês Hans Cristian Oersted (Fig. 3.5), durante uma aula, realizou uma experiência que ficou conhecida mundialmente como «Experiência de Oersted» e que uniu definitivamente os fenómenos eléctricos aos fenómenos magnéticos, nascendo assim o **Electromagnetismo**.

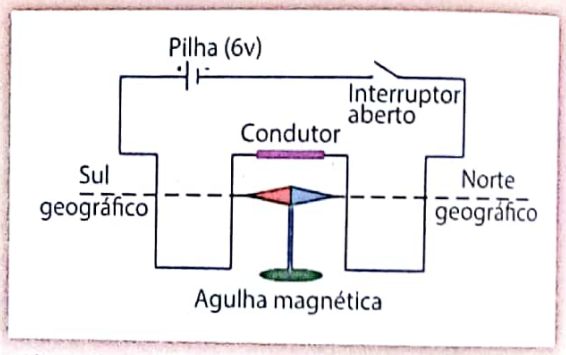


Fig. 3.5 Hans Oersted (1777-1851)

Experiência

Experiência de Oersted

Objectivos: Verificar que uma corrente eléctrica cria um campo magnético.



Material

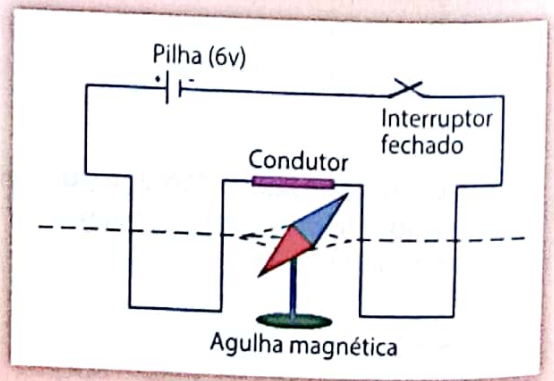
- Uma pilha de 6 V ou de 9 V
- Fio condutor rígido de cobre (uns 40 cm)
- Fios eléctricos (maleáveis) de ligação
- Um interruptor
- Uma agulha magnética no seu suporte de modo que possa girar livremente em torno do seu eixo (os pólos da agulha magnéticos devem estar devidamente identificados).

Procedimento

1. Coloque a agulha magnética no seu suporte e deixe que ela se oriente de acordo com o campo magnético da Terra (orientação natural da agulha, segundo a linha Norte-Sul geográfica).
2. Monte o circuito conforme o esquema acima, mantendo o interruptor aberto, de modo que o fio condutor rígido de cobre fique paralelo à agulha magnética.

Observe que, com o interruptor desligado, não há corrente no circuito. A agulha magnética mantém a sua orientação natural, segundo a linha Norte-Sul geográfica.

3. Ligue o interruptor.
   Observe, agora que, a agulha magnética sofre um desvio, deixando a sua orientação natural, passando a ficar cruzada com o condutor.
4. Desligue, novamente, o interruptor.
   A agulha volta a orientar-se de acordo com a linha «Norte-Sul».
5. Troque a polaridade da pilha, fazendo mudar o sentido da corrente no circuito.



Observe que, com a inversão do sentido da corrente, o sentido do desvio da agulha magnética também se inverte.

Scanned by CamScanner

Conclusões

1. Quando a corrente eléctrica passa pelo condutor, a agulha magnética desvia-se da sua orientação natural porque, ao passar pelo condutor, a corrente eléctrica cria à sua volta um campo magnético que vai interferir com os campos magnéticos da Terra e da própria agulha, provocando o seu desvio.
2. O sentido do desvio da agulha é invertido quando se inverte o sentido da corrente.

Sentido do desvio da agulha magnética

Regras de Ampere e da mão direita

Depois da descoberta experimental feita por Oersted, de que a corrente eléctrica ao percorrer um condutor cria à sua volta um campo magnético, os cientistas e pesquisadores começaram a estudar com mais afinco a relação entre os fenómenos eléctricos e os fenómenos magnéticos. Ao analizarem a experiência de Oersted, importava saber se o sentido do desvio da agulha era arbitrário, ou se, pelo contrário, obedecia a alguma regra e, neste caso, de que factores dependia esse desvio.

Várias regras foram surgindo com o objectivo de facilitar a determinação do sentido do desvio da agulha magnética, isto é, o sentido das linhas de força do campo magnético criado pela corrente eléctrica. Destacam-se as seguintes:

Regra do observador, de Ampere: um observador imaginário, deitado ao longo do fio eléctrico com a face virada para a agulha, de modo que a corrente lhe entre pelos pés e saia pela cabeça, verá o Pólo Norte da agulha desviar-se para a sua esquerda (Fig. 3.7).
Imagine um observador olhando para um ponto A, colocado paralelamente à corrente, de tal maneira que a corrente entre pelos pés e saia pela cabeça. Um pólo norte, colocado nesse ponto A, gira para a esquerda do observador. Esse é o sentido do campo no ponto A.

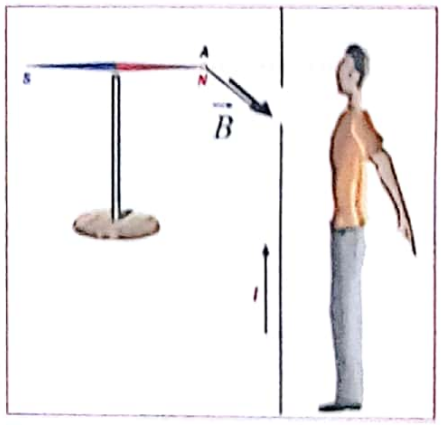


Fig. 3.6 Regra do observador de Ampere

Regra dos dedos curvos da mão direita: segurando o condutor com a mão direita, de modo que o dedo polegar aponte no sentido da corrente, os restantes quatro dedos recurvados indicam o sentido das linhas de força do campo magnético.

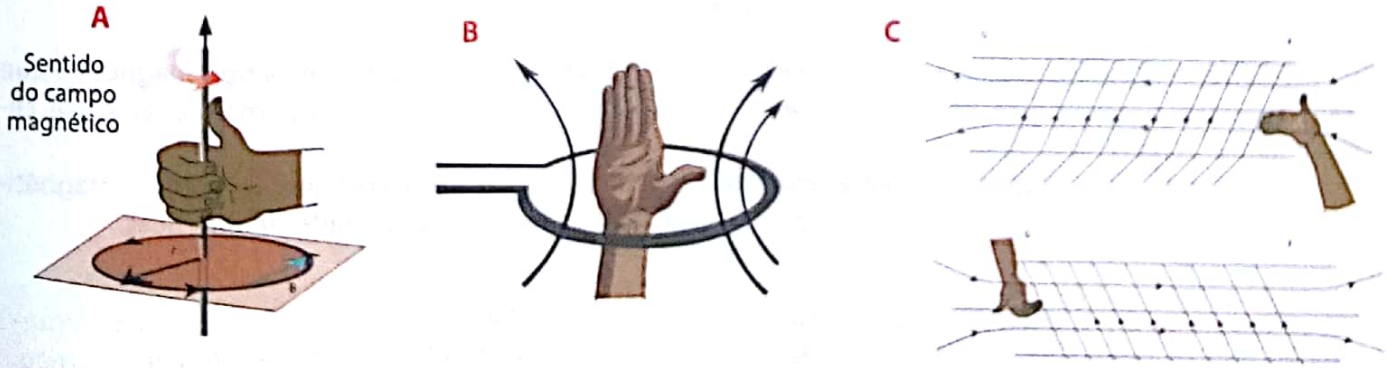


Fig. 3.7 Regra da mão direita para determinar o sentido do campo magnético criado por uma corrente: A – rectilínea; B – circular e C – por uma bobina.

Scanned by CamScanner

Electroíman

Magnetização temporária do ferro

O eletroíman é um dispositivo que utiliza corrente eléctrica para gerar um campo magnético, semelhante ao campo magnético dos ímanes naturais. É geralmente construído enrolando-se um fio eléctrico em volta de uma peça de ferro, aço, níquel ou cobalto ou de outro material ferromagnético. Para melhor perceber o que é e, como funciona, nada melhor do que construir o seu próprio electroíman:

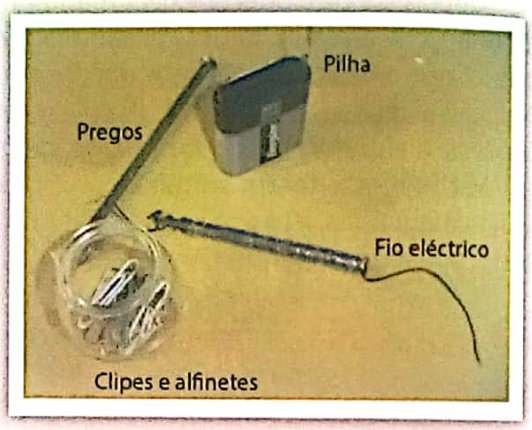
Experiência

Construção e funcionamento de um electroíman

Objectivos: Construir um electroíman e verificar o seu funcionamento.

Material

- Uma pilha
- 1 metro de fio condutor eléctrico isolado (fio maleável)
- Um prego grande de ferro
- Alfinetes e clipes de ferro

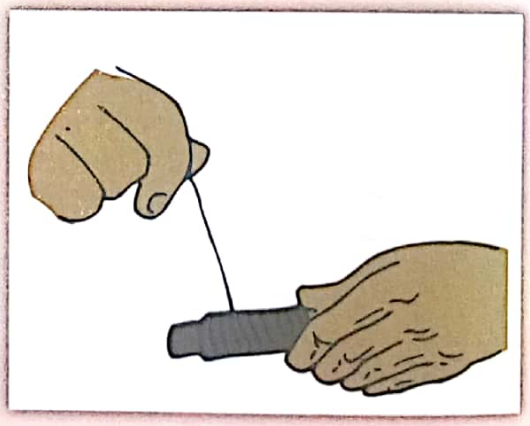


Procedimento

1. Enrole, bem justo e apertado, o fio eléctrico em torno do prego, tendo o cuidado de deixar 10 cm de cada extremidade do fio, livre.
2. Ligue as extremidades livres do fio aos terminais de uma pilha.
3. Aproxime o prego dos *clips* e alfinetes de ferro e observe.

   Os clipes e alfinetes são atraídos pelo prego.
4. Desligue uma das extremidades do fio e observe.

   Os clipes e alfinetes deixam de ser atraídos e caem.



Explicação dos fenómenos observados

Quando a corrente eléctrica passa através do fio eléctrico, cria à sua volta um campo magnético que irá magnetizar o prego. Este, ao ficar magnetizado, adquire as propriedades de um íman, atraindo os clipes e alfinetes de ferro.

Desligando-se o circuito, a corrente deixa de circular e, por isso, deixa de haver um campo magnético, facto que faz com que o prego se desmagnetize, perdendo as suas propriedades magnéticas.

O **electroíman** é um dispositivo que utiliza corrente eléctrica para gerar um campo magnético, semelhante àquele produzido pelos ímanes naturais. É geralmente construído enrolando-se um fio eléctrico, ao redor de um núcleo de ferro.

Scanned by CamScanner

O electroíman tem muitas aplicações práticas, sendo utilizado na construção de campainhas eléctricas, telefones, telégrafos, guindastes electromagnéticos, etc.

Vamos analisar o funcionamento da campainha, dispositivo que produz um som característico com o objectivo de chamar a atenção das pessoas.

Campainha eléctrica

Uma campainha eléctrica é um dispositivo constituído por um um electroíman, uma armadura, um parafuso de contacto, um pequeno martelo e uma campânula (Fig. 3.8).

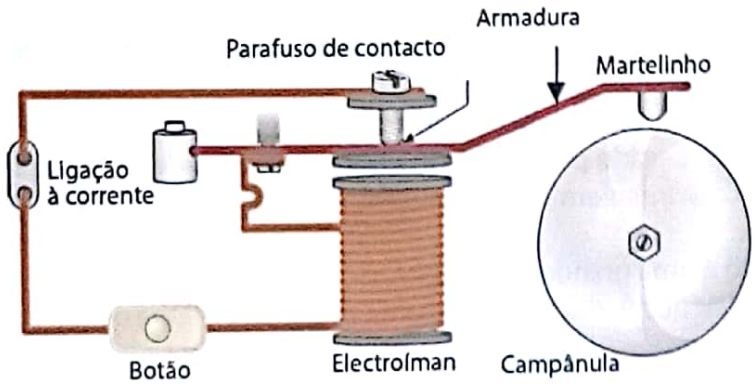


Fig. 3.8 Esquema de uma campainha eléctrica

O funcionamento da campainha baseia-se numa peça fundamental: o eletroíman.

Ao ligar-se o interruptor (botão de campainha), a corrente que passa no circuito faz com que o eletroíman adquira propriedades magnéticas atraindo a armadura que arrasta com ela um martelo de mola que bate numa caixa metálica em forma de sino ou semiesfera (campânula), fazendo-a ressoar.

No momento em que a armadura é atraída pelo electroíman, deixa de haver contacto entre o parafuso e a armadura, facto que obriga o circuito a ficar desligado. O electroíman perde as suas propriedades magnéticas e a armadura deixa de ser por ele atraída, voltando à posição inicial, provocando o restabelecimento da corrente porque o parafuso e a armadura voltam a estabelecer contacto. Este processo de «liga-desliga» repete-se tão rapidamente, fazendo com que as batidas do martelo na campânula produzam o som característico da campainha... trrrrriiiiiimmmm.

Scanned by CamScanner

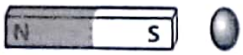
1. Complete as seguintes frases:

a) Qualquer íman tem_____pólos que são, o Pólo_____e o Pólo_____. A zona central do íman é chamada «zona_____», porque, nessa zona as acções magnéticas do íman não se fazem sentir.
b) Quando aproximamos o Pólo Sul de um íman do Pólo Norte de outro íman, surge uma força de _____entre eles e, se aproximarmos o Pólo Norte de um íman do Pólo Norte de outro íman, então eles_____.
c) Uma agulha magnética que possa girar livremente em torno do seu eixo, longe de outros ímans, orienta-se sempre segundo a linha _____ geográfica, de tal modo que o seu Pólo Norte fica virado para o Pólo _____ geográfico.

2. São verdadeiras ou falsas as seguintes afirmações:

a) Um íman pode ser dividido em tantas partes quantas quisermos, mantendo sempre as mesmas propriedades em todas elas.
b) Ao dividirmos um íman em quatro partes, só as partes externas é que ficam magnetizadas.
c) Um íman não pode ser partido porque perde as suas propriedades.
d) Só podemos dividir um íman em forma de barra, sem que as propriedades magnéticas dos pedaços obtidos se alterem.
e) O campo magnético é uma grandeza vectorial.
f) O vector campo magnético $\vec{B}$, é sempre tangente à respectiva linha de força, em cada ponto.

3. Aproximando-se uma barra magnética de uma pequena esfera de aço, observa-se que a esfera:



a) É atraída pelo Pólo Norte e repelida pelo Pólo Sul.
b) É atraída pelo Pólo Sul e repelida pelo Pólo Norte.
c) É atraída por qualquer dos pólos.
d) É repelida por qualquer dos pólos.

4. Três barras, PQ, RS e TU, são aparentemente idênticas. Verifica-se experimentalmente que P atrai S e repele T; Q repele U e atrai S. Então, é possível concluir que:



a) PQ e TU são ímanes.
b) PQ e RS são ímanes.
c) RS e TU são ímanes.
d) As três são ímanes.
e) Apenas PQ é íman.

5. O Pólo Sul de um íman natural:

a) Atrai o Pólo Sul de outro íman, desde que ele seja artificial.
b) Repele o Pólo Norte de um íman também natural.
c) Atrai o Pólo Norte de todos os ímanes, sejam naturais ou artificiais.
d) Atrai o Pólo Sul de outro íman, sejam naturais ou artificiais.
e) Não interage com um electroíman em nenhuma hipótese.

Scanned by CamScanner

6. Uma bússola aponta aproximadamente para o Norte geográfico porque:
I. O Norte geográfico é aproximadamente o Norte magnético.
II. O Norte geográfico é aproximadamente o Sul magnético.
III. O Sul geográfico é aproximadamente o Norte magnético.
IV. O Sul geográfico é aproximadamente o Sul magnético.

Está(ão) correcta(s):

a) II e III **b)** I e IV **c)** Somente II **d)** Somente III **e)** Somente IV

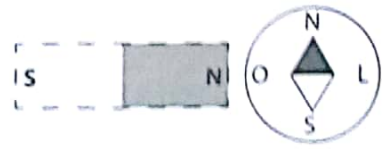
7. Por mais que cortemos um íman, nunca conseguiremos separar os seus pólos. Esta propriedade é:
a) Desintegrabilidade dos pólos.
b) Compressibilidade dos pólos.
c) Inseparabilidade dos pólos.
d) Magnetibilidade dos pólos.

8. Um pedaço de ferro é posto nas proximidades de um íman, conforme o esquema ao lado. Qual é a única afirmação correcta relativa à situação em apreço?



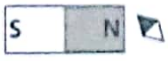
a) É o íman que atrai o ferro.
b) É o ferro que atrai o íman.
c) A atracção do ferro pelo íman é mais intensa do que a atracção do íman pelo ferro.
d) A atracção do íman pelo ferro é mais intensa do que a atracção do ferro pelo íman.
e) A atracção do ferro pelo íman é igual à atracção do íman pelo ferro.

9. A bússola representada na figura repousa sobre a sua mesa de trabalho. O rectângulo tracejado representa a posição em que vai ser colocado um íman de barra. Na presença do íman, a agulha da bússola permanecerá como em:



a) 

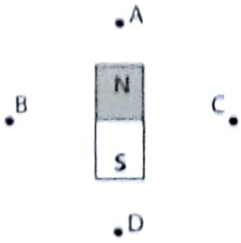
b) 

c) 

d) 

e) 

10. Uma pequena bússola é colocada próxima de um íman permanente. Em quais das posições assinaladas na figura a extremidade norte da agulha apontará para o alto da página?



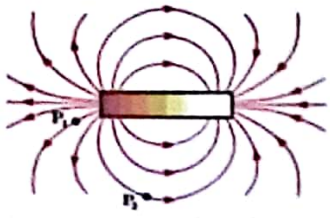
a) Somente em A ou D **b)** Somente em B ou C
c) Somente em A, B ou D **d)** Somente em B, C ou D

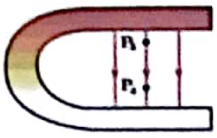
11. As linhas de indução de um campo magnético são:
a) O lugar geométrico dos pontos, onde a intensidade do campo magnético é constante.
b) As trajectórias descritas por cargas eléctricas num campo magnético.
c) Aquelas que em cada ponto são tangentes ao vector indução magnética, orientadas no seu sentido.
d) Aquelas que partem do Pólo Norte de um íman e vão até o infinito.

12. Quando magnetizamos uma barra de ferro estamos:
a) Retirando electrões da barra.
b) Acrescentando electrões à barra.
c) Retirando ímanes elementares da barra.
d) Acrescentando ímanes elementares da barra.
e) Orientando os ímanes elementares da barra.

Scanned by CamScanner

13. A figura representa linhas de campo magnético de um íman em barra e de um íman em U. Seleccione a única opção que permite obter uma afirmação correcta. O módulo do campo magnético é:

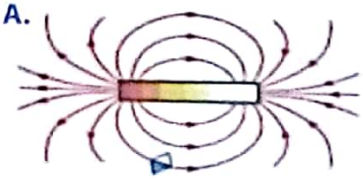




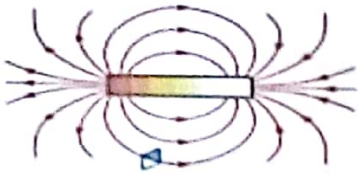
a) Maior em P_4 do que em P_3.
b) Igual em P_4 e em P_3.
c) Maior em P_2 do que em P_1.
d) Igual em P_2 e em P_1.

14. Seleccione a única opção que apresenta correctamente a orientação da agulha magnética de uma bússola, cujo Pólo Norte está assinalado em azul, colocada na proximidade do íman representado nos esquemas seguintes.

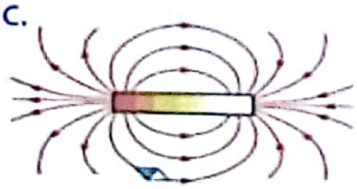
A.



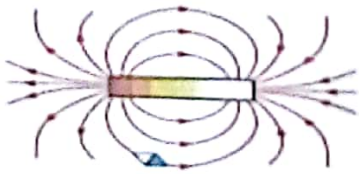
B.



C.

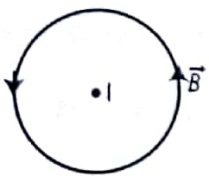


D.

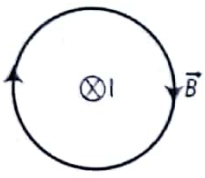


15. Um fio condutor rectilíneo está disposto verticalmente de tal modo que a corrente que o percorre perfura esta folha de papel, entrando nela. Qual das alternativas seguintes melhor representa as linhas de força do campo magnético criado pela corrente eléctrica?

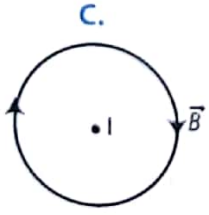
A.



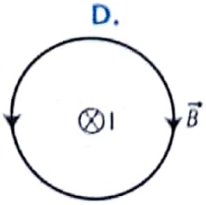
B.



C.

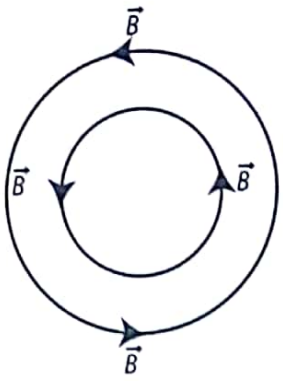


D.



Scanned by CamScanner

16. A figura representa algumas linhas de indução do campo magnético criado por uma corrente eléctrica ao percorrer um condutor.



Com base na figura podemos afirmar que:

a) O condutor é circular e a corrente tem sentido horário.

b) O condutor é circular e a corrente tem sentido anti-horário.

c) O condutor é rectilíneo e a corrente é perpendicular a esta folha de papel saindo dela.

d) O condutor é rectilíneo e a corrente é perpendicular a esta folha de papel entrando nela.

17. Sabe-se que, ao contrário do que ocorre na Terra, não existe um campo magnético na superfície da Lua. Pode-se, então, concluir que, se uma agulha magnética, usada como bússola na Terra, for levada para a Lua:

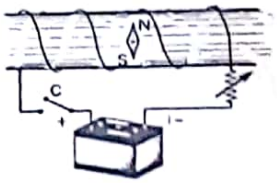
a) Fornecerá leituras mais precisas do que na Terra.

b) Indicará a direcção norte-sul lunar.

c) Perderá sua magnetização.

d) Não poderá ser usada como bússola magnética.

18. A figura representa uma pequena agulha magnética no interior de uma bobina. Quando o interruptor C está desligado a orientação da agulha é a indicada. Ligando-se a chave C, a posição da agulha será:



A



B



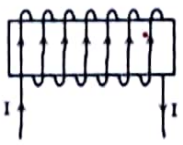
C



D



19. A bobina da figura está a ser percorrida por corrente eléctrica no sentido indicado.



a) Identifique os pólos magnéticos da bobina.

b) Enuncie a regra aplicada para responder à alínea anterior.

c) Desenhe, na figura, as linhas de força do campo magnético da bobina.

EduSkills MOÇAMBIQUE
BIBLIOTECA EDUSKILLS
Acesse mais conteúdos agora
Encontre Aqui:
Livros Escolares (1ª à 12ª Classe)
Exames Escolares (1ª à 12ª Classe)
Exames de Admissão (Todas Universidades)
Exames Resolvidos
Trabalhos Feitos
www.eduskills.co.mz
CLIQUE AQUI
Qual livro ou exame procuras? | 861003535

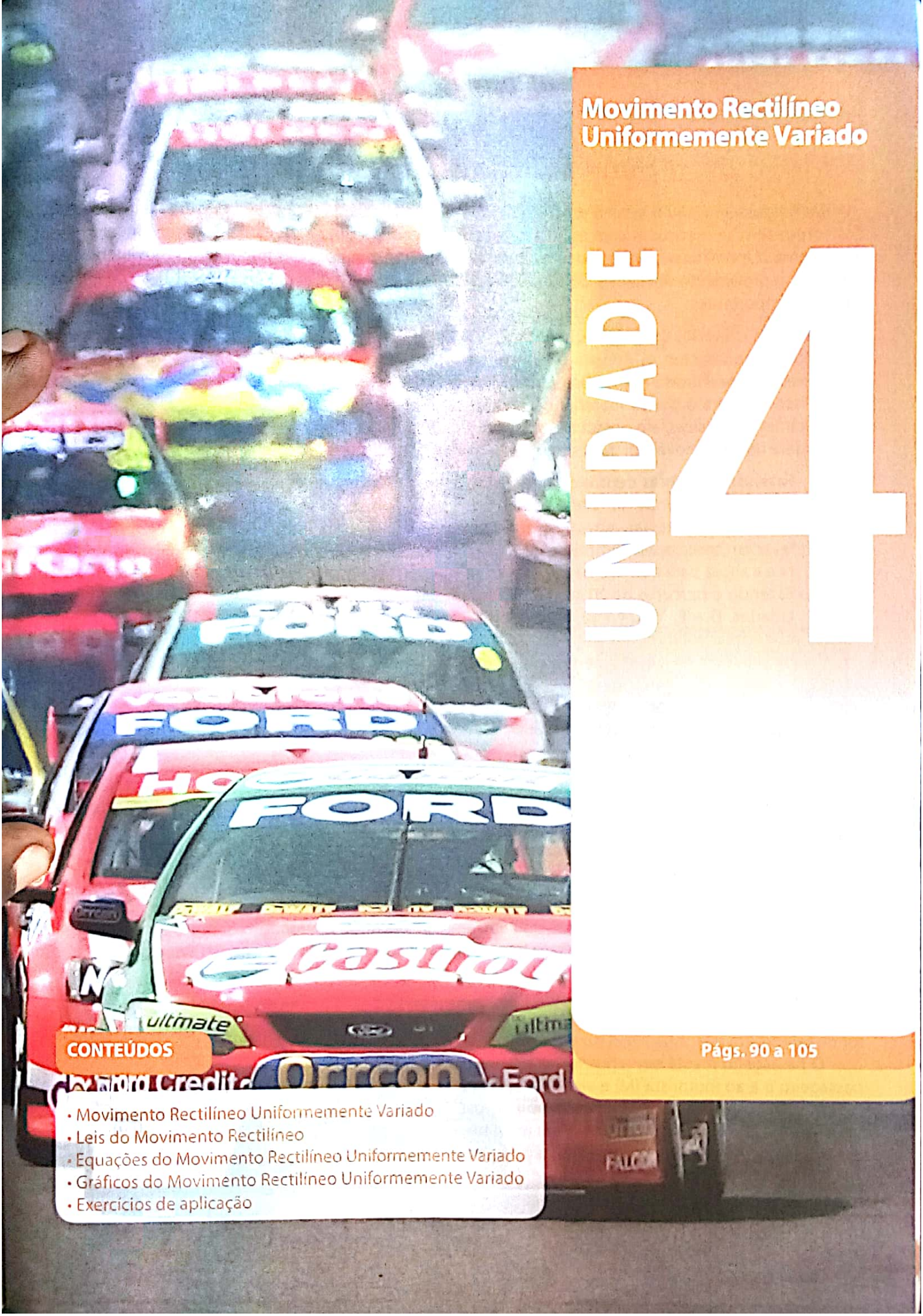



OBJECTIVO

O aluno deve ser capaz de:

- Caracterizar o Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado.
- Explicar as leis do Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado.
- Identificar as equações do Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado.
- Construir gráficos do Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado.
- Interpretar gráficos do Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado.
- Aplicar as equações do Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado na resolução de exercícios concretos.
- Representar graficamente o Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado.

Scanned by CamScanner



UNIDADE 4

Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado

CONTEÚDOS

- Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado
- Leis do Movimento Rectilíneo
- Equações do Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado
- Gráficos do Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado
- Exercícios de aplicação

Págs. 90 a 105

Scanned by CamScanner

Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado

Revisão de alguns conceitos cinemáticos

Na 8.ª classe, iniciou o estudo da **Cinemática** que é o ramo da Mecânica que estuda o movimento dos corpos sem se preocupar com as suas causas. Agora, ao terminar a 10.ª classe, vai novamente retomar o tema «Cinemática», para estudar, mais detalhadamente, um dos mais importantes movimentos da Natureza, o Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV), mas para isso, recorde-se de alguns conceitos importantes:

a) **Ponto material ou partícula**: é um corpo cujas dimensões podem ser desprezadas quando comparadas com as demais dimensões envolvidas. É como se toda a massa do corpo estivesse concentrada num único ponto, por isso, embora o ponto material não tenha dimensões físicas, ele possui massa. Considere um automóvel em duas situações:

- Fazendo manobras dentro de uma garagem, ele não pode ser encarado como um ponto material, porque devemos levar em conta o seu comprimento, largura e a altura para que não haja colisão.
- Fazendo o percurso de 20 km entre duas cidades, D e E, (Fig. 4.1 B), ele pode ser considerado um ponto material, porque os seus 4 m de comprimento tornam-se desprezíveis se comparados aos 20 000 m de percurso. Ao ponto material também é costume chamar-se «partícula» ou «móvel».

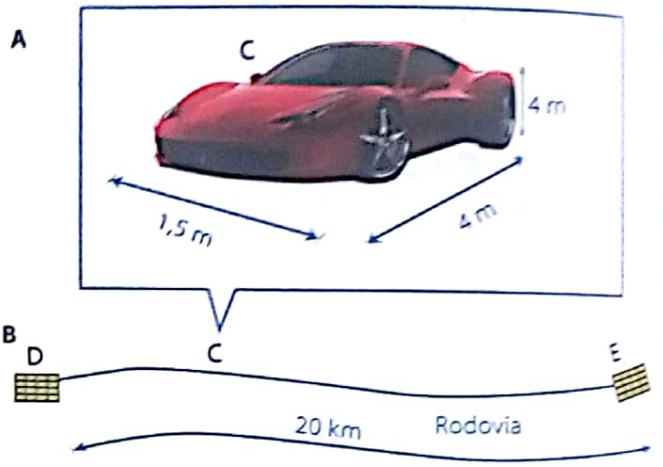


Fig. 4.1 A – Automóvel como corpo extensor, B – Automóvel como ponto material

Ponto material é uma idealização física que despreza as dimensões do corpo, por serem muito pequenas em relação às distâncias que ele percorre. O ponto material não possui dimensões, mas possui massa.

b) **Movimento e repouso**: dizemos que um corpo se encontra em repouso, sempre que a sua posição não se modifica no decorrer do tempo, em relação a um certo referencial.

Dizemos que um corpo se encontra em movimento, sempre que a sua posição se alterar no decorrer do tempo, em relação a um certo referencial.

O passageiro A está em repouso em relação ao passageiro B e ao motorista (M) e vice-versa, porque a distância entre eles não se altera, contudo, os passageiros, A e B, e o motorista M, estão em movimento em relação à pessoa P, porque a distância entre eles varia com o tempo.

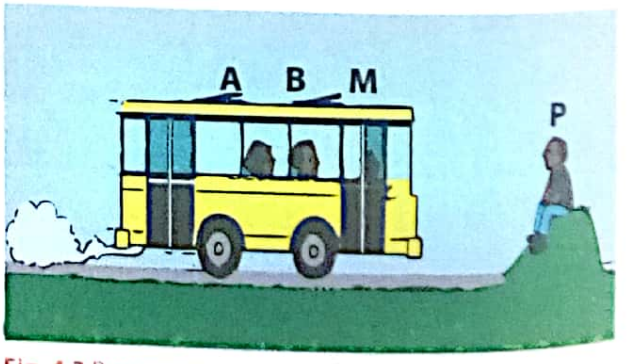


Fig. 4.2 Repouso e movimento

Scanned by CamScanner

Um corpo está em **movimento**, se a distância entre ele e um outro corpo que se toma como referência, variar com o tempo.
Um corpo está em **repouso**, se a distância entre ele e um outro que se toma como referência, não varia com o tempo.
Os conceitos de repouso e de movimento são **relativos**, pois dependem do referencial adoptado para se fazer a observação.

c) Trajectória: considere um móvel que esteja em movimento para um dado referencial.

Portanto, a posição desse móvel, em relação ao referencial, altera-se no decorrer do tempo.

Se unirmos as sucessivas posições do móvel por uma linha contínua, obteremos a trajectória descrita pelo móvel.

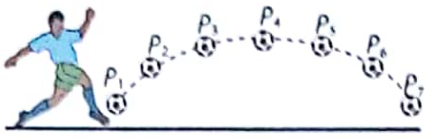


Fig. 4.3 A união das sucessivas posições de um corpo em movimento, dá-nos a sua trajectória. A trajectória da bola é parabólica.

Trajectória é a linha imaginária descrita por um móvel durante o seu movimento. Ela pode ser rectilínea ou curvilínea. As trajectórias curvilíneas podem ser, por exemplo, circulares, parabólicas, elípticas, dependendo da sua forma.

A



B



C

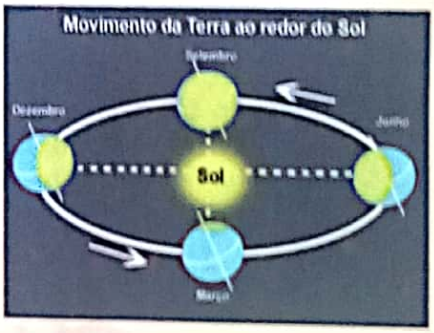


Fig. 4.4 Diferentes tipos de trajectórias: **A** – Rectilínea (carros deslocando-se na Av. Eduardo Mondlane em Maputo); **B** – Circular (movimento dos carros na praça dos CFM, na baixa da cidade de Maputo e **C** – Elíptica (órbita dos planetas em torno do Sol).

d) Posição, espaço percorrido e tempo: considere um carro deslocando-se em linha recta numa estrada. No estudo do movimento do automóvel devemos ter em conta os seguintes elementos:

- **Origem da estrada (0)**: é o ponto (zero) onde tem início a estrada por onde o carro se vai deslocar.

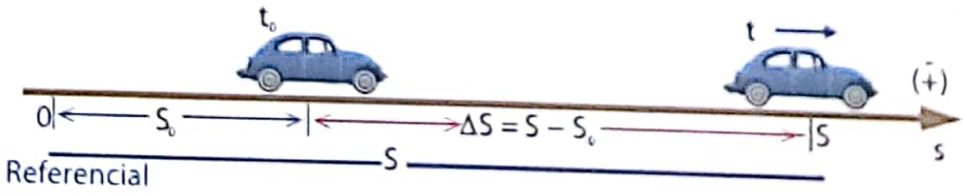


Fig. 4.5 Posição e distância percorrida por um corpo.

- **Tempo inicial (t_0)**: é o instante em que começa a contagem do tempo, isto é, o momento em que inicia o estudo do movimento.

Scanned by CamScanner

- **Posição inicial** (S_0): é o ponto que nos indica onde o automóvel estava, em relação à origem, no instante em que começou o estudo do movimento. A posição inicial indica-nos a distância entre a origem da estrada e o ponto de partida.
- **Tempo final** (t): é o instante em que termina o estudo do movimento.
- **Posição final** (S): é a posição em que o carro se encontrava, em relação à origem da estrada, quando o estudo do movimento terminou.
- **Tempo de percurso (intervalo de tempo,** Δt): indica-nos durante quanto tempo o automóvel se deslocou enquanto era observado.

$$\Delta t = t - t_0$$

- **Espaço percorrido** (ΔS): indica-nos a distância que o carro efectivamente percorreu entre os instantes inicial (t_0) e final (t).

$$\Delta S = S - S_0$$

Movimento Rectilíneo Uniforme (MRU)

Considere um corpo que, deslocando-se em linha recta, percorre sempre a mesma distância no mesmo intervalo de tempo, por exemplo, 10 metros a cada 2 segundos, como mostra a figura 4.6. Nestas condições dizemos que o corpo está animado de **Movimento Rectilíneo Uniforme**.

Um móvel está animado de Movimento Rectilíneo Uniforme (MRU), quando:

- Deslocando-se em linha recta, percorre distâncias iguais em intervalos de tempos iguais.
- **A sua velocidade** é **constante**, **em módulo**, **direcção** e **sentido** (lei da velocidade), isto é, o móvel mantém sempre a mesma velocidade;

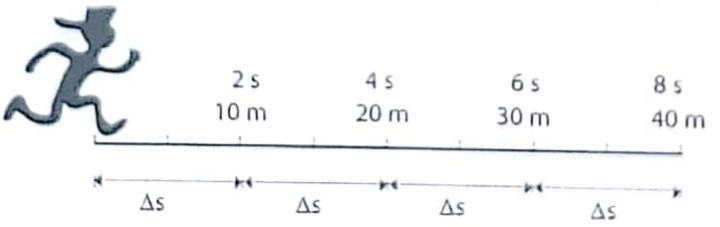
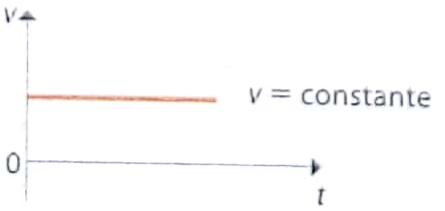


Fig. 4.6 Movimento rectilíneo uniforme

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Leftrightarrow v = \frac{S - S_0}{t - t_0}$$

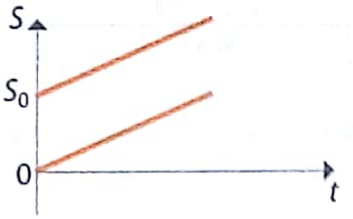


Como no MRU a velocidade não varia, em módulo, direcção e sentido, o seu gráfico, em função do tempo, é uma linha recta paralela ao eixo do tempo.

Scanned by CamScanner

• Os **espaços percorridos** são **directamente proporcionais** aos **tempos gastos** (lei dos espaços).

$$S(t) = S_0 + v \cdot t \Leftrightarrow \frac{S_1}{S_2} = \frac{t_1}{t_2}$$



Sendo o espaço percorrido directamente proporcional ao tempo, o seu gráfico é uma recta inclinada que mostra a proporcionalidade directa entre o espaço e o tempo.

Por outro lado, o espaço percorrido pelo móvel é igual à área da figura subentendida pelo gráfico da velocidade.

No caso do MRU o gráfico da velocidade em função do tempo é uma **linha recta paralela** ao eixo do tempo, por isso, a figura que este gráfico delimita é um rectângulo, cujo comprimento é a velocidade (v) e cuja largura é o intervalo de tempo considerado (t). Assim:

$$\Delta S = \text{Área do rectângulo} \Leftrightarrow \Delta S = v \cdot t$$

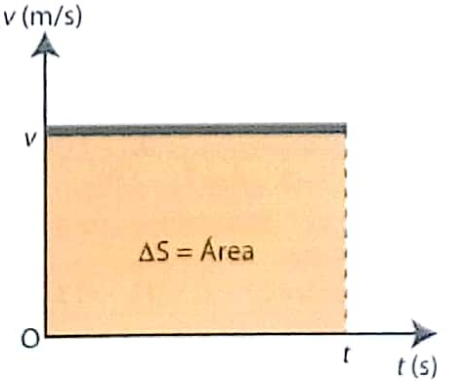


Fig. 4.7 O espaço percorrido é igual à área da figura limitada pelo gráfico da velocidade.

Scanned by CamScanner

1. A esfera da figura, animada de MRU, passou pelo ponto A com velocidade de 2,5 m/s.



a) Qual será a velocidade da esfera ao passar pelo ponto B? E pelo ponto C? Justifique a resposta.
b) Quanto tempo a esfera levará para ir de A até B? E de A até C?
c) Que distância a esfera percorrerá em 1 minuto de movimento?

2. Analise as tabelas «*S*-*t*» do movimento de duas partículas.

A

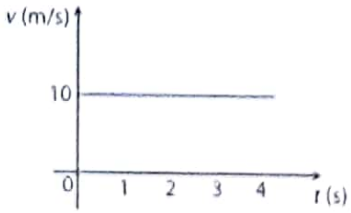
S(m)	0,0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0
t(s)	0	2	4	6	8	10

B

S(m)	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0
t(s)	0	2	4	6	8	10

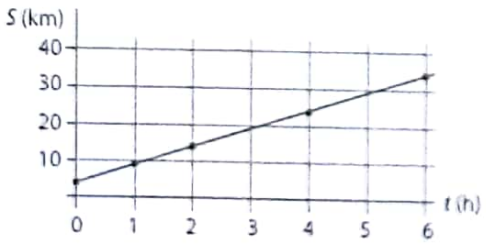
a) Qual das partículas está animada de MRU? Justifique a resposta.
b) Calcule a velocidade das partículas.

3. Dado o gráfico «velocidade-tempo» de um corpo que se desloca em linha recta.



a) Classifique o movimento. Justifique a resposta.
b) Calcule a distância percorrida pelo corpo entre (0 – 2) s ; (1 – 4) s e entre (0 – 4) s.
c) Passe a velocidade para km/h.

4. Dado o gráfico «posição-tempo» do movimento de uma partícula que se desloca em linha recta.



a) Classifique o movimento. Justifique a resposta.
b) Calcule a velocidade da partícula e desenhe o seu gráfico *v*(*t*).
c) Escreva a equação horária *S*(*t*) para o movimento da partícula.

Scanned by CamScanner

Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

Quando viajamos de automóvel percebemos que nas curvas e nas subidas o carro vai mais devagar do que nas partes rectas e horizontais da estrada. Isto significa que o **carro não percorre distâncias iguais em intervalos de tempos iguais**, ou seja, a sua **velocidade não é constante**. De igual modo, quando uma pedra cai de uma certa altura, a sua velocidade também não se mantém inalterada. Dizemos que estes corpos estão animados de movimento variados.

Um caso especial de movimentos em que a velocidade varia com o tempo, é o **movimento rectilíneo uniformemente variado**, que passaremos a abordar.

- Um automóvel está parado num semáforo ($v = 0$ quando $t = 0$). Quando o sinal luminoso muda para verde, o automobilista pisa no acelerador de modo a colocar o carro em movimento. Pouco a pouco **a velocidade do carro vai aumentando quantidades iguais em intervalos de tempos iguais**, por exemplo, 5 m/s em cada segundo, como mostra a figura 4.8. Neste caso, dizemos que o carro está animado de **movimento uniformemente acelerado (MUA)**.

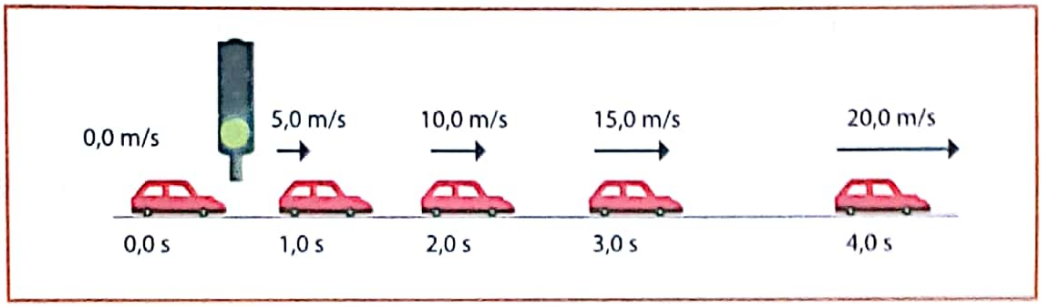


Fig. 4.8 Movimento uniformemente acelerado

- Entretanto, no próximo cruzamento, o semáforo fecha, isto é, muda de verde para vermelho. O motorista do automóvel para não ultrapassar o sinal vermelho, pisa no travão, fazendo o **automóvel reduzir gradualmente a sua velocidade** de modo a parar no sinal. Por exemplo, o automóvel, durante a travagem, diminui a sua velocidade 5 m/s em cada segundo. Neste caso, dizemos que **o carro está animado de movimento uniformemente retardado (MUR)**, como ilustra a figura 4.9.

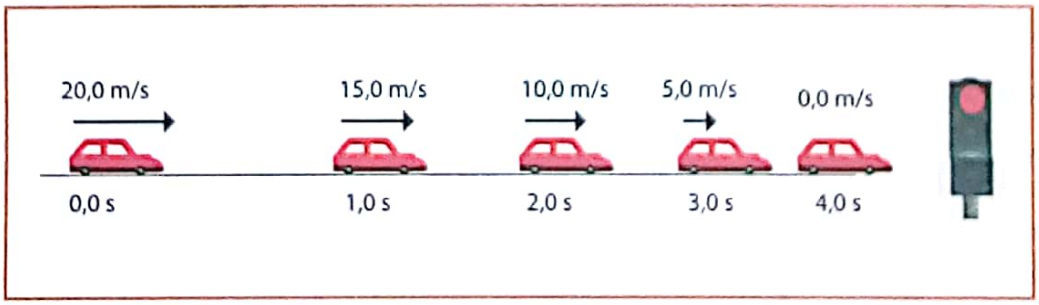


Fig. 4.9 Movimento uniformemente retardado

Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV) é aquele em que o móvel, deslocando-se em linha recta, varia a sua velocidade em quantidades iguais e em intervalos de tempos iguais. Se a velocidade aumentar gradualmente com o tempo, o movimento é **uniformemente acelerado (MUA)**, mas se a velocidade diminuir gradualmente com o tempo, o movimento é **uniformemente retardado (MUR)**.

Scanned by CamScanner

Conceito de aceleração (a)

Sempre que a velocidade de um móvel variar com o tempo, dizemos que este possui **aceleração**.

A aceleração é uma grandeza física que mede a rapidez com que a velocidade varia ao longo do tempo. Assim, se um corpo sofrer grandes variações da velocidade, a sua aceleração também será grande, mas se as variações da velocidade ao longo do tempo forem pequenas, a aceleração também será pequena.

Aceleração é a variação da velocidade em função do tempo.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Leftrightarrow a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

No Sistema Internacional de Unidades, a aceleração é medida em m/s^2.

Dizer que a aceleração de um corpo é de 1 m/s^2, significa dizer que, em cada segundo, a velocidade do corpo varia 1 m/s (se o movimento for uniformemente acelerado a velocidade aumenta 1 m/s em cada segundo e, se for uniformemente retardado, a velocidade diminui 1 m/s em cada segundo. Por isso se diz que a aceleração mede a rapidez com que a velocidade varia ao longo do tempo.

Lei e gráfico da aceleração do MRUV

Se calcularmos a aceleração do automóvel, nas duas situações analisadas, chegaremos à conclusão que ela não varia, isto é, tem sempre o mesmo valor.

- Cálculo da aceleração do automóvel em MUA:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{(20 - 0)\ m/s}{(4 - 0)\ s} = \frac{(15 - 5)\ m/s}{(3 - 1)\ s} = \frac{(15 - 10)\ m/s}{(3 - 2)\ s} = 5\ m/s^2$$

A velocidade aumenta 5 m/s em cada segundo.

- No caso do MUR, teremos:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{(15 - 20)\ m/s}{(1 - 0)\ s} = \frac{(10 - 15)\ m/s}{(2 - 1)\ s} = \frac{(0 - 20)\ m/s}{(4 - 0)\ s} = -5\ m/s^2$$

A velocidade diminui 5 m/s em cada segundo.

No **MRUV**, a **aceleração** é **constante**.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Leftrightarrow a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

O seu gráfico em função do tempo, é uma recta paralela ao eixo do tempo.

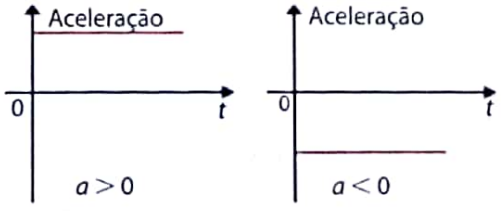
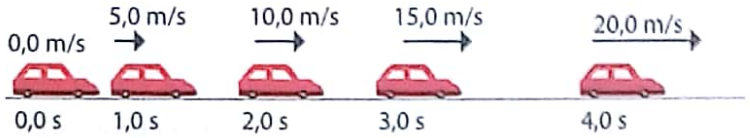


Fig. 4.10 Gráficos da aceleração do MRUV

Scanned by CamScanner

Lei e gráfico da velocidade do MRUV

Vamos retornar ao exemplo do automóvel animado de movimento uniformemente acelerado, para estabelecermos a regra que regula a variação da velocidade ao longo do tempo.



A velocidade inicial do automóvel é $v_0 = 0$ e, a sua aceleração $a = 5\ m/s^2$.

Vamos calcular a velocidade do automóvel em cada instante $t = 1\ s$; $t = 2\ s$; .... ; $t = 4\ s$, como mostra a tabela seguinte:

Tempo (s)	1	2	3	4
Velocidade (m/s)	$v_1 = 0 + 5 \cdot 1 = 5$	$v_2 = v_0 + 5 \cdot 2 = 10$	$v_3 = v_0 + 5 \cdot 3 = 15$	$v_4 = v_0 + 5 \cdot 4 = 20$
Regra matemática	$v_1 = v_0 + a \cdot t_1$	$v_2 = v_0 + a \cdot t_2$	$v_3 = v_0 + a \cdot t_3$	$v_4 = v_0 + a \cdot t_4$

No MRUV a velocidade é directamente proporcional ao tempo.

O gráfico da velocidade do MRUV é uma recta inclinada:

- Crescente, no caso do MUA.
- Decrescente, no caso do MUR.

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

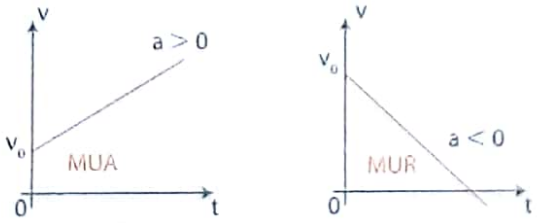


Fig. 4.11 Gráficos da velocidade do MRUV

Lei e gráfico do espaço do MRUV

A análise de qualquer movimento permite-nos afirmar que o espaço percorrido pelo móvel pode ser determinado, calculando-se a área da figura limitada pelo gráfico da velocidade, dentro do intervalo de tempo considerado.

Vamos tomar como exemplo o gráfico da velocidade do MUA. A figura que este gráfico delimita é um trapézio, ou melhor, um rectângulo de largura v_0 e comprimento t e, um triângulo de base t e altura $(v = v_0)$. Como sabemos que $v = v_0 + at$.

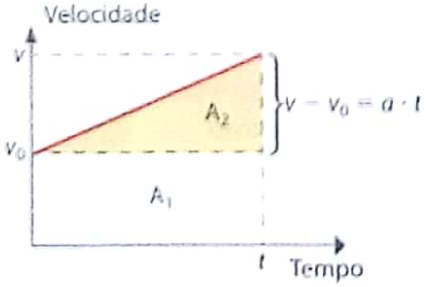


Fig. 4.12 O espaço percorrido é igual à área limitada pelo gráfico da velocidade.

Scanned by CamScanner

Podemos escrever:

$$\Delta S = A_1 + A_2 \Leftrightarrow \Delta S = c \cdot l + \frac{b \cdot h}{2} \Leftrightarrow \Delta S = v_0 \cdot t + \frac{(v - v_0) \cdot t}{2} \Leftrightarrow \Delta S = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t \cdot t}{2} \Leftrightarrow$$

$$\Delta S = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Equação que permite calcular a distância ΔS percorrida pelo corpo num determinado intervalo de tempo. Como $\Delta S = S - S_0$, obtemos a equação da **posição** em **função do tempo**.

$$S(t) = S_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Analisando esta última equação da posição de um corpo animado de MRUV, podemos verificar que ela é uma equação do 2.º grau, que já teve a possibilidade de estudar durante as aulas de matemática. Como sabe, o gráfico da função quadrática é uma parábola.

Assim, o gráfico da posição em função do tempo para um corpo em MRUV é o ramo de uma parábola.

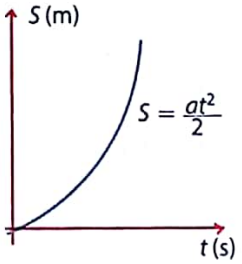


Fig. 4.13 Gráfico do espaço de um MRUV

Movimento de queda livre

Uma folha de papel cai mais lentamente do que uma pedra. Isto acontece porque, a folha de papel é sustentada pelo ar, enquanto que a pedra cai livremente, sem que o ar ofereça resistência.

Galileu Galilei, físico italiano, observando a queda de várias esferas do alto da Torre de Pisa concluiu que:

- Corpos em queda, sob acção exclusiva da gravidade, terão a mesma aceleração independentemente das suas massas: **dois corpos de massas diferentes abandonados ($v_0 = 0$) da mesma altura, chegarão ao solo ao mesmo tempo**, desde que a resistência do ar seja desprezível.
- A aceleração dos corpos em queda é a aceleração da gravidade local, que nas proximidades da Terra tem um valor constante de aproximadamente 9,8 m/s^2: isto significa que **a velocidade de um corpo em queda livre aumenta 9,8 m/s em cada segundo**. Sendo assim, o movimento da queda livre é uniformemente acelerado.

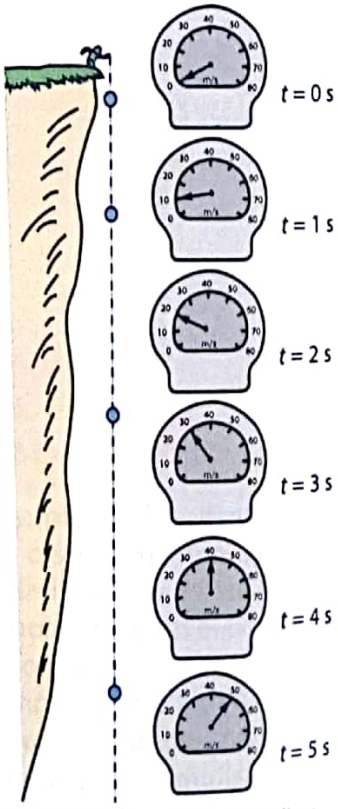


Fig. 4.14 Corpo em queda livre

Scanned by CamScanner

Se tivermos um corpo que é abandonado do repouso, ou seja, com velocidade inicial igual a zero, a função horária dos espaços pode ser reduzida seguinte equação:

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Assim, o tempo de queda de um corpo será calculada pela expressão:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Como movimento de queda livre é uniformimente acelerado, com velocidade inicial nula, a velocidade da queda será dada pela expressão:

$$v(t) = g \cdot t$$

Gráficos da queda livre

Sendo a queda livre um MUA, os seus gráficos são semelhantes aos deste movimento:

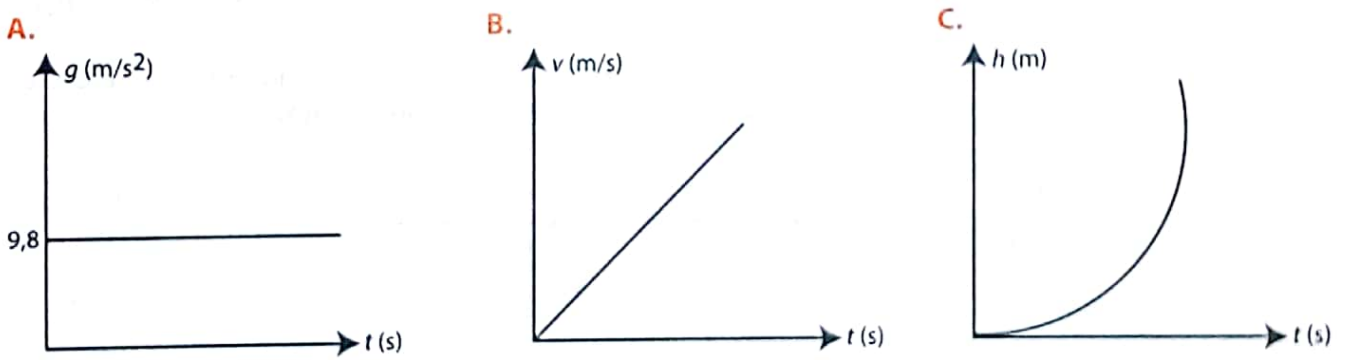


Fig. 4.14 Gráficos da queda livre: **A** – aceleração; **B** – velocidade; **C** – espaço

Scanned by CamScanner

5. Analise as tabelas que mostram como variam as velocidades de 4 partículas, A, B, C e D, que se deslocam em linha recta.

a) Classifique o movimento de cada partícula. Justifique.

b) Determine a aceleração de cada partícula.

c) Esboce o gráfico $a(t)$ para cada partícula, no mesmo S.C.O.

d) Esboce os gráficos $v(t)$ para cada partícula, em sistemas ortogonais diferentes.

e) Calcule a distância percorrida por cada partícula em 4 s.

v (m/s)	6	6	6	6	6
t (s)	0	0,75	1,5	2,25	3,0

A

v (m/s)	25	20	15	10	5
t (s)	0	2,5	5,0	7,5	10

B

v (m/s)	0	2,5	5,0	7,5	10,0
t (s)	0	1,25	2,5	3,75	5,0

C

v (m/s)	2	5	8	11	14
t (s)	0	1	2	3	5

D

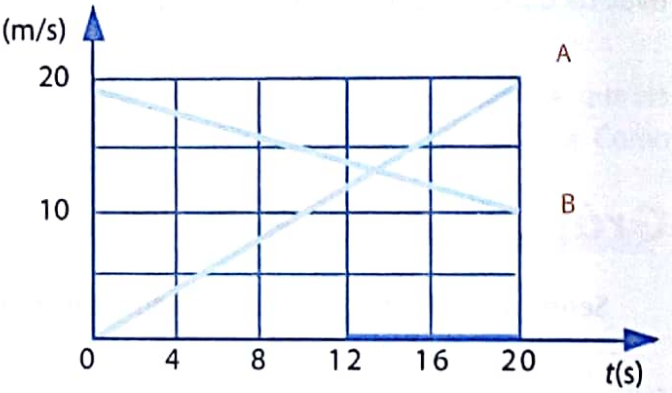
6. Dado o gráfico da velocidade em função do tempo, para o movimento de duas partículas que se deslocam em linha recta:

a) Qual era a velocidade inicial de cada partícula?

b) Classifique o movimento de cada partícula. Justifique as respostas.

c) Calcule a aceleração de cada partícula e represente-as graficamente.

d) Determine a distância percorrida pelas partículas, em 20 segundos.



7. A figura mostra as sucessivas posições de uma esfera que, partindo de repouso no ponto A, se deslocou em linha recta. A distância entre dois traços consecutivos da recta é de 1 metro.



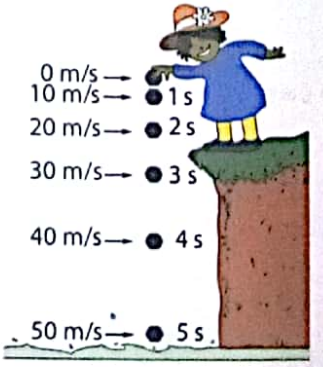
a) Classifique o movimento da esfera. Justifique a resposta.

b) Calcule a aceleração da esfera.

c) Determine a velocidade da esfera ao passar por cada um dos pontos representados na figura. Represente o gráfico $v(t)$.

8. Uma menina, na margem de um rio, deixa cair um objecto do alto de um penhasco.

A figura mostra como varia a velocidade do objecto em função do tempo, até chegar à superfície da água.



a) Classifique o movimento do objecto. Justifique a resposta

b) Calcule a aceleração da gravidade do local.

c) Calcule a altura do penhasco.

d) Se o objecto tivesse sido largado da mesma altura na Lua onde $g = 1{,}6\ m/s^2$, quanto tempo teria gasto na queda?

9. De uma altura de 80 metros deixou-se cair livremente um corpo, num lugar onde $g = 10\ m/s^2$:

a) Calcule o tempo de queda do corpo.

b) Calcule a velocidade do corpo nos instantes $t = 1$ s; $t = 2$ s; $t = 3$ s e $t = 4$ s.

Scanned by CamScanner

10. A tabela mostra como varia a velocidade de uma partícula que se desloca em linha recta. Complete as frases:

v (m/s)	0	3	6	9
t (s)	0	1,5	3,0	4,5

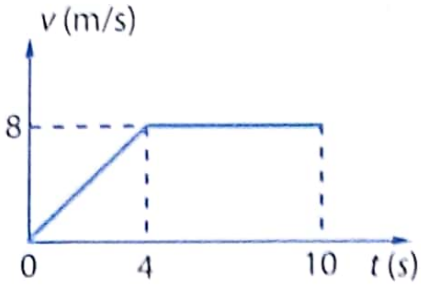
a) A partícula está animada de _____ porque a sua velocidade_____ _____

b) A aceleração da partícula é de _____ o que significa que em cada segundo a sua velocidade aumenta _____

c) A velocidade da partícula no instante $t = 5{,}5$ s era de _____

d) Em 5 s, a partícula percorreu a distância de _____

11. Dado o gráfico da velocidade de um corpo que se desloca em linha recta, indique apenas as afirmações verdadeiras.



A. O movimento do corpo é rectilíneo uniforme porque a velocidade não varia.

B. De (0 a 4) s o corpo está em MUA e de (4 a 10) s ele está em MRU

C. De (0 a 4) s a aceleração é de 2 m/s^2 e de (4 a 10) s é de 0 m/s^2.

D. A distância percorrida entre (4 a 10) s é de 48 metros.

E. A distância percorrida entre (0 a 4) s é de 16 metros.

12. Qual é a diferença entre o movimento uniforme (MU) e o movimento uniformemente variado (MUV)?

13. Qual é a diferença entre o movimento variado e o movimento uniformemente variado?

14. Imagine que está no interior de um automóvel em movimento. O automóvel é suficientemente silencioso e macio para que não tenha percepção nem da sua velocidade nem de possíveis variações dessa velocidade. Apenas olhando para o velocímetro do automóvel, sem olhar pelas janelas e pára-brisas, é possível classificar o movimento do automóvel? Explique.

15. Analise as tabelas referentes aos movimentos rectilíneos de dois móveis.

A

v (m/s)	0	2,5	5,0	7,5	10,0
t (s)	0	1	2	3	4

B

v (m/s)	5	5	5	5	5
t (s)	0	2	4	6	8

a) Classifique o movimento de cada móvel. Justifique as suas respostas.

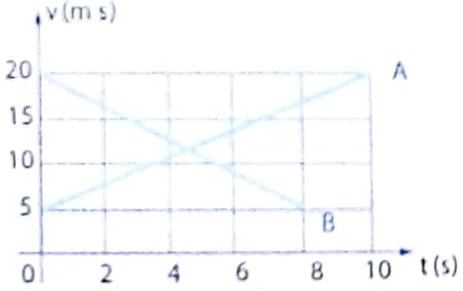
b) Calcule a aceleração de cada móvel.

c) Represente graficamente os dados das tabelas.

d) Determine as distâncias percorridas pelos móveis em 10 s.

16. A equação que representa a posição em função do tempo num Movimento Uniformemente Variado tem a seguinte forma: $S = S_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$. Sabendo disso, escreva a equação horária que representa o movimento de um carrinho que saia da posição 20 m a velocidade inicial de 8 m/s, e que possua uma aceleração de 2 m/s^2.

17. Dados os gráficos da velocidade, em função do tempo, referentes aos movimentos rectilíneos de duas partículas, A e B.



a) Classifique o movimento de cada partícula. Justifique as respostas.

b) Determine a aceleração de cada partícula.

c) Calcule a distância que cada partícula percorreu em 10 s.

d) Desenhe, no mesmo SCO, o gráfico da velocidade de um corpo C, que animado de Movimento Rectilíneo Uniforme percorre 240 m em 0,8 do minuto.

Scanned by CamScanner

18. Um veículo parte do repouso em Movimento Rectilíneo e acelera com aceleração constante e igual a 2,0 m/s². Pode-se dizer que a sua velocidade e a distância percorrida após 3,0 segundos valem, respectivamente:

A. 6,0 m/s e 9,0 m **B.** 6,0 m/s e 18 m **C.** 3,0 m/s e 12 m
D. 12 m/s e 35 m **E.** 2,0 m/s e 12 m

19. Sabe-se que a equação horária do movimento de um corpo é $S = 5 + 4 \cdot t + 0{,}6 \cdot t^2$ [SI]. Determine:

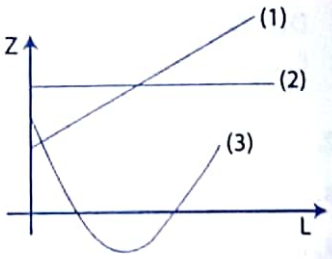
a) A posição inicial do corpo.
b) A velocidade inicial e a aceleração do corpo.
c) A posição no instante $t = 4$ s.

20. Uma partícula parte do repouso e, em 5 segundos, percorre 100 metros. Considerando o Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado, podemos afirmar que a aceleração da partícula é de:

A. 4 m/s² **B.** 8 m/s² **C.** 2 m/s² **D.** 4,5 m/s²

21. O gráfico ao lado apresenta a sobreposição de três gráficos de uma grandeza (Z) em função do tempo (t). A grandeza (Z) pode representar:

A. No caso (1), o espaço num Movimento Uniforme.
B. No caso (1), a velocidade num Movimento Uniformemente Variado.
C. No caso (2), a velocidade num Movimento Uniforme.
D. No caso (2), a aceleração num Movimento Uniformemente Variado.
E. No caso (3), o espaço num Movimento Uniformemente Variado.



22. Um corpo em queda livre, a partir do repouso, num lugar onde $g = 10$ m/s², gasta 4 s a chegar ao chão.

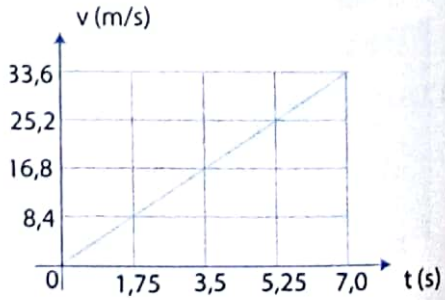
a) De que altura o corpo caiu?
b) Com que velocidade ele chegou ao chão?
c) Se a queda do corpo, da mesma altura, tivesse acontecido na Lua onde $g = 1{,}6$ m/s², o corpo teria gasto mais ou menos tempo para alcançar o solo lunar? Justifique a resposta usando cálculos.

23. A tabela mostra como varia a velocidade de uma esfera em queda livre num certo planeta, em função do tempo.

v (m/s)	0	7,85	15,70	23,55	31,4	39,25
t (s)	0	1	2	3	4	5

a) Determine a aceleração da gravidade nesse planeta.
b) Determine a altura da queda.
c) Represente graficamente os dados da tabela.

24. O gráfico mostra como varia a velocidade da queda de um corpo num determinado planeta.



a) Qual é a aceleração da gravidade nesse planeta?
b) A queda de um corpo nesse planeta é mais rápida ou mais lenta do que no nosso planeta? Justifique a resposta.
c) De que altura o corpo caiu?
d) Se a queda tivesse acontecido, da mesma altura, na Terra, quanto tempo o corpo gastaria para chegar ao solo?

25. Uma partícula desloca-se em linha recta de acordo com a seguinte expressão matemática, que traduz a variação da sua posição em função do tempo, em unidades do SI. $S(t) = 2 \cdot t + 0{,}8 \cdot t^2$.

a) Qual era a velocidade inicial da partícula?
b) Determine a aceleração da partícula.

Scanned by CamScanner

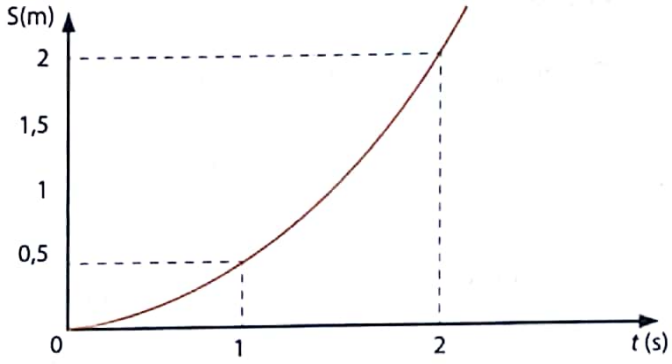
26. Segundo reza a história, Galileu Galilei descobriu as leis da queda livre deixando cair, simultaneamente, esferas de massas diferentes do alto da torre de Pisa que tem cerca de 57 metros de altura. Considere duas dessas esferas, uma (A) com a massa de 0,5 kg e a outra (B) com a massa de 1 kg. A aceleração da gravidade do local é igual a 9,81 m/s^2.

a) Qual das esferas de Galileu alcançou o chão mais rapidamente? Justifique a resposta.

b) Quanto tempo uma das esferas levou para alcançar o solo?

c) Determine a velocidade com que cada esfera tocou o solo.

27. O gráfico mostra como varia a posição de uma partícula que, partindo de repouso ($v_0 = 0$) se desloca em linha recta.



a) Classifique o movimento da partícula. Justifique.

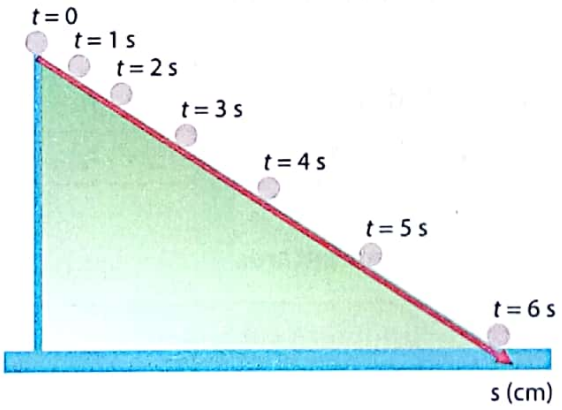
b) Calcule a aceleração da partícula.

c) Calcule a velocidade da partícula nos instantes $t = 1$ s e $t = 1{,}5$ s.

28. Uma pequena esfera desce um plano inclinado animada de MUA.

Na figura observamos as posições sucessivas da esfera de um em um segundo.

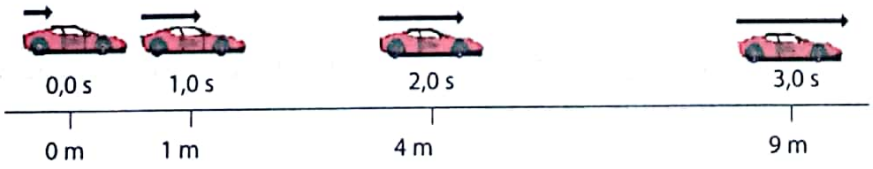
Os espaços nos instantes $t = 0$, $t = 1$ s e t = 2 s são, respectivamente, 0 (zero), 5 cm e 20 cm.



a) Calcule a aceleração da esfera.

b) Qual é a distância percorrida pela esfera entre os instantes $t = 5$ s e $t = 6$ s?

29. Numa pista rectilínea, um carrinho, partindo de repouso, percorre as distâncias indicadas nos tempos dados, de acordo com a figura.



a) Classifique o movimento.

b) Calcule a aceleração do carrinho.

c) Calcule a velocidade nos instantes $t = 1$ s; $t = 2$ s; $t = 3$ s.

d) Desenhe os gráficos $a(t)$; $v(t)$ e $S(t)$.

Scanned by CamScanner

Sistema de unidades

Sistema internacional (SI) ou sistema métrico

a) Estabelecido pela «Conferência Geral de Pesos e Medidas» em 1954, em Paris. A partir de 1960 passa a chamar-se Sistema Internacional de Unidades (SIU)

b) **Objectivo** – a cada grandeza física corresponde uma só unidade, com os seus múltiplos e sub-múltiplos.

c) **Organização do SI**

Grandezas de base (fundamentais) – são as grandezas independentes umas das outras.

Grandeza de base		Unidade SI	
Nome	Símbolo	Nome	Símbolo
Comprimento	*l*	Metro	m
Massa	*m*	Quilograma	kg
Tempo	*t*	Segundo	s
Intensidade de cor. eléctrica	I	Ampere	A
Temperatura	T	Kelvin	K
Quantidade de matéria	*n*	Mole	mol
Intensidade luminosa	I_v	Candella	cd

Grandezas suplementares

Grandeza suplementar		Unidade SI	
Nome	Símbolo	Nome	Símbolo
Ângulo plano	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \Phi$	Radiano	rad
Ângulo sólido	Ω, ω	Ester-radiano	sr

Grandezas derivadas: são as grandezas definidas como função das grandezas de base que com elas se relacionam. Obtêm-se através de equações de definição.

Nome	Símbolo	Unidade
Volume	V	m^3
Velocidade	*v*	$m/s = m \cdot s^{-1}$
Aceleração	*a*	$m/s^2 = m \cdot s^{-2}$
Força	F	$kg \cdot \frac{m}{s^2}$ = Newton (N)

Scanned by CamScanner

As grandezas derivadas mais complexas possuem nomes próprios, mais simples.

Exemplos:

- Força — newton (N)
- Potência — watt (W)

Múltiplos e submúltiplos decimais

Formam-se por meio de factores de conversão pelos quais as unidades SI são multiplicadas.

múltiplos		
deca	da	10^1
hecto	h	10^2
quilo	k	10^3
mega	M	10^6
giga	G	10^9
tera	T	10^{12}

submúltiplos		
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}

Os factores de conversão usam-se para converter medidas expressas numa unidade (ex. gramas) em outra unidade (ex. miligrama ou quilograma).

Exemplos:

- $500\ cm^3 = ?\ m^3$
  $1\ cm = 10^{-2}\ m$..... logo $500\ cm^3 = 500 \cdot (10^{-2})^3\ m^3 = 500 \cdot 10^{-6}\ m^3 = 5 \cdot 10^{-4}\ m^3$

- $536\ cm^3 = ?$ litros $1\ \ell = 1000\ cm^3 = 10^3\ cm^3$
  ou $1\ cm^3 = 10^{-3}\ \ell$ .....logo $536\ cm^3 = 536 \cdot 10^{-3}\ \ell = 0{,}536\ \ell$

- $1{,}03 \cdot 10^4\ cal = ?\ J$
  $1\ cal = 4{,}18\ J$ ..... logo $1{,}03 \cdot 10^4 \cdot 4{,}18 = 4{,}31 \cdot 10^4\ J$

Fracções decimais e múltiplas de unidades SI, com nomes especiais

Grandeza	Nome da unidade	Símbolo	Definição
Comprimento	Angstrom	A°	$10^{-10}\ m$
Volume	Litro	l	$10^{-3}\ m^3$
Massa	Tonelada	t	$10^3\ kg$
Pressão	Bar	bar	$10^5\ N \cdot m^{-2}$
Pressão	Pascal	Pa	$N \cdot m^{-2}$
Condutância eléctrica	Siemens	S	Ω^{-1}

Scanned by CamScanner

Quadro de unidades das grandezas físicas

Nome e símbolo da grandeza		Nome e símbolo da Unidade no SI	
Aceleração	a, g	Metro por segundo ao quadrado	m/s^2
Actividade	a	Becquerel	Bq
Calor específico	c	Joule por quilograma por Kelvin	$J/kg \cdot K$
Calor latente	L	Joule por quilograma	J/kg
Campo eléctrico	E	Newton por Coulomb; Volt por metro	N/C ; V/m
Campo magnético	B	Tesla	T
Capacidade eléctrica	C	Farad	F
Capacidade térmica	C	Joule por Kelvin	J/K
Carga eléctrica	Q, q	Coulomb	C
Comprimento	ℓ	Metro	m
Condutância eléctrica	S	Siemens	$S ; \Omega^{-1}$
Densidade	ρ	Quilograma por metro cúbico	kg/m^3
Diferença de potencial	$\Delta U, \Delta V, U, V$	Volt	V
Energia/ trabalho/calor	E, W, Q	Joule	J
Fluxo magnético	Φ	Weber	Wb
Força, Peso	F, P	Newton	N
Força electromotriz	ε	Volt	V
Frequência	f	Hertz	Hz
Indutância	L	Henry	H
Intensidade da corrente	I	Ampere	A
Intensidade luminosa	I_v	Candella	cd
Massa	m	Quilograma	kg
Potência	P	Watt	W
Potencial eléctrico	U, V	Volt	V
Pressão	P	Newton por metro quadrado / Pascal	$N/m^2 ; Pa$
Quantidade de substância	n	Mole	mol
Resistência eléctrica	R, r	Ohm	Ω
Resistividade	ρ	Ohm vezes metro	$\Omega \cdot m$
Superfície, área	S, A	Metro quadrado	m^2
Temperatura termodinâmica	T	Kelvin	K
Tempo, período	t, T	Segundo	s
Velocidade	v	Metro por segundo	m/s
Velocidade angular	ω	Radiano por segundo	rad/s
Volume	V	Metro cúbico	m^3

Scanned by CamScanner

Unidade 1: Corrente Eléctrica

Exercícios propostos pp. 16 e 17

1. a) 25 electrões, porque um átomo neutro possui o mesmo número de cargas negativas e positivas.
   b) $Q = n.e = 25.1{,}6.10^{-19}\,C = +\,4.10^{-18}\,C$

2. b) 3. b) e c)

4. A palhinha de plástico, ao ser friccionada com o pano de flanela, adquire carga eléctrica. Como um corpo electrizado atrai corpos neutros, os pedacitos de papel são atraídos pela palhinha.

5. c) 6. b) 7. c) 8. b) e d)

9. c) 10. a) e c)

11. a) Sinal positivo; b) Régua C está neutra; c) Sinal negativo

Exercícios propostos p. 30

12. a) 0,5 A b) $2{,}5 \cdot 10^{20}$ electrões

13. b) 14. d) 15. c) 16. b)

17. a) $R = 30\,\Omega$ b) $Q = 24$ C

18. c) $\Delta U = 900$ V d) $Q = 8\,640$ C

19. $I = 0{,}002$ A

Exercícios propostos p. 34

20. b) 34 Ω e c) 17 Ω 22. a) 18,9 Ω

23. a) L = 20 m b) I = 50 A

24. a) $S = 10\ mm^2$ b) L = 5 km

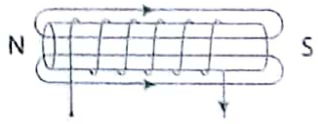
25. 8 Ω 26. b) 45 Ω 27. a) 10 Ω

Exercícios propostos p. 39

28. a) I = 8,33 A b) R = 1,44 Ω c) W = 2 000 J

29. a) I = 2 A b) P = 20 W c) W = 3000 J

30. a) O condutor A é óhmico porque U~ I.
   b) R = 15 Ω
   c)



31. b) I = 5 A c) W = 3,3 kWh

32. b) I = 2,5 A; U = 45 V c) R = 18 Ω
   d) P = 112,5 W e) W = 405 000 J

33. a) I = 0,5 A b) R = 240 Ω

Exercícios propostos pp. 46 e 47

34. a) 6 Ω b) I = 10 A
   c) $U_1 = 10$ V; $U_2 = 20$ V; $U_3 = 30$ V d) $P_1 = 100$ W

35. a) I = 2,4 A b) 28,8 V e 36 V c) 76,8 V
   d) 1 728 J; 4 147,2 J; 5 184 J

36. 1,5 kΩ 37. a)

38. a) 15/13 Ω b) 3 V c) 3/2 A; 3/5 A; ½ A

39. $\frac{20}{9}\,\Omega$

40. a) 9 Ω b) 1,5 A e 1 A c) 9 V

41. a) 8 Ω b) 1,5 A c) 90 C
   d) 6 V; 1,5 V e 4,5 V

42. a) 6 Ω b) 2 A c) 60 C d) 6 V

43. a) 5 Ω b) 3 A c) 1 A e 2 A

44. a) 30 Ω b) 1,5 A c) 1 A e 0,5 A d) 13,5 W

45. a) $R_T = 10\,\Omega$ b) 1,5 A; 1 A; 0,5 A
   c) 3 V; 15 V

Unidade 2: Oscilações e ondas mecânicas

Exercícios propostos pp. 59 a 63

1. A = 0,08 m; T = 0,6 s; n = 200 vezes;
   $f = 1{,}67$ Hz; $\omega = 10\pi/3$ rad/s

2. $T_X > T_Y$ porque $L_X > L_Y$; $A_X = 0{,}1$ m; $A_Y = 0{,}2$ m
   $T_X = 1{,}884$ s; $T_Y = 1{,}256$ s; Q = Amplitude = 0,1 m = =10 cm; R = Período = 1,884 s; S = 2,5 · T = 4,71 s = 0,2 m
   d) $g_{Planeta} > g_{Terra}$ porque nesse planeta o período deve diminuir.

3. a) $T_B = 2T_A$; b) $A_A = 0{,}04$ m;
   $A_B = 0{,}6$ m;
   $T_A = 0{,}628$ s; $T_B = 1{,}256$ s; igual; $f = 1{,}59$ Hz;
   $n = 95{,}5$ osc

4. A = 0,4 m; T = 8 s; $f = 0{,}125$ Hz;
   $\omega = \pi/4$ rad/s; $n = 15$

5. A – Porque no mesmo intervalo de tempo realiza mais oscilações.
   B – Porque leva mais tempo a fazer uma oscilação.
   $A_A = 0{,}6$ m; $A_B = 1$ m; $T_A = 1$ s; $T_B = 1{,}2$ s

6. A.; B. 7. A. 8. C. 9. D.

10. a) F b) V c) V d) V

11. a) A = 10 cm = 10,1 M $T = 2{,}5$ s
   b) f = 0,4 Hz $\omega = 2{,}512$ rad/s
   c) $n = 24$ oscilações b) K = 12,62 N/m

12. a) F b) F c) V d) F
   e) F f) V

13. a) II b) VI c) VI d) V
   e) $T_{III} = 2{,}4$ s
   f) Os dois pêndulos têm o mesmo período, porque o período não depende da massa. Sendo $l_A = l_B \Rightarrow T_A = T_B$

Scanned by CamScanner

14. a) $A_A = 20\ cm = 0{,}2\ M$;
$A_B = 10\ cm; = 0{,}1\ m;\quad T_B = 2{,}5\ s$
b) $n_A = 18$ osc. c) $f_A = 0{,}1\ Hz\ \omega_A = 0{,}628\ rad/s$
d) $l_B = 3{,}5\ m$ e) Pêndulo B f) f = Pêndulo A

15. a) $A = 20{,}8\ dm = 0{,}08\ m$ $T = 0{,}35\ s$
b) $f = 2{,}9\ Hz$ c) $\omega = 18{,}2\ rad/s$
d) $n = 171{,}4$ oscilações

16. a) $A = 0{,}1\ m$; $T = 2\ s$
b) $g = 5{,}9\ m/s^2$ c) $f = 0{,}5\ Hz\ \omega = \pi\ rad/s$
d) 60 vezes

17. a) $A = 2\ dm = 0{,}2\ m$; $T = 0{,}2\ s$
b) $m \simeq 0{,}1\ kg$ c) $n = 450$ oscilações
d) $\omega = 10\ \pi\ rad/s$

18. $g_P = 4 \cdot g_T$ 19. 2100 N

20. a) $T = 1\ s$ b) $k \simeq 39{,}44\ N/m$

21. a) 0,25 m
b) $f_B = 2 \cdot f_A$
c) Atrasado porque $f_A < f_B$

Exercícios propostos pp. 70 a 73

25. As ondas mecânicas não se propagam no vácuo. Elas necessitam de um meio material para se propagarem.
As ondas electromagnéticas propagam-se tanto nos meios materiais como no vácuo.

26. a) b) c)

27. a) 5 m b) 0,5 s

28. a) 0,4 m b) 12,5 Hz c) 0,08 s

29.

Onda	λ (m)	F (Hz)	v (m/s)	t (s)
A		0,2 Hz		5
B		0,5 Hz	8 m/s	
C	0,25 m			0,025 Hz
D	1,08 m	5 Hz		

30. a) 208,3 m/s b) 375 km = 375 000 m

31. a) $A = 0{,}1\ m$; $T = 0{,}4\ s$ b) $\lambda = 0{,}15\ m$
c) $v = 0{,}375\ m/s$ d) $n = 150$

32. a) $\lambda = 4\ cm$ b) $f = 2{,}5\ Hz$

33. a) $A = 40\ cm = 0{,}4\ m$ e $T = 4\ s$
b) 4,8 m c) 0,25 Hz d) 19,2 m

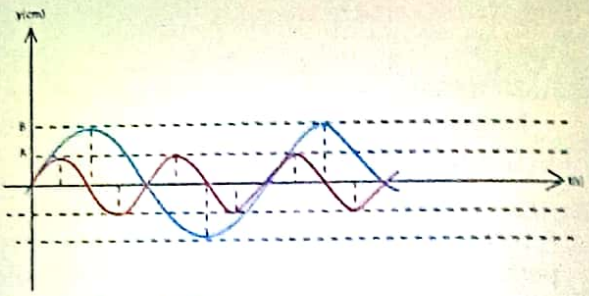
34. a) 0,45 m. b) $V = 3{,}6\ m/s$ e $T = 0{,}125\ s$

35. b) c)

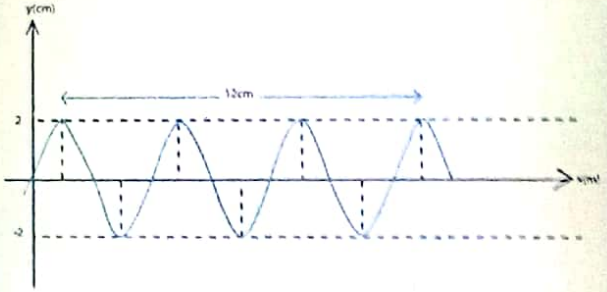
36. C. 37. D.

38. A. 39. B.

40. B. 41. D.

42. 

43. a) 1 Hz ; 1 s e 100 m

44. 

a) $\lambda = \frac{12\ cm}{3} = 4\ cm = 0{,}04\ m$
b) $v = 0{,}0002\ KHz = 0{,}2\ Hz \Rightarrow$
$v = \lambda \cdot f = 0{,}2 \cdot 0{,}04 = 0{,}008\ m/s$

45. a) $f = \frac{n}{\Delta t} = \frac{240}{60} = 4\ Hz\ T = 0{,}25\ s$
b) $v = \lambda \cdot f = 0{,}05 \cdot 4 = 0{,}2\ m/s$

Unidade 3: Electromagnetismo

Exercícios propostos pp. 86 a 89

1. a) Dois, Norte, Sul, neutra
b) Atracção, repelem-se c) Norte-Sul, Norte

2. Verdadeira: a), e) e f)
Falsa: b), c) e d)

3. c) 4. a) 5. c) 6. a) II e III 7. c)

8. e) A atracção do ferro pelo íman é igual à atracção do íman pelo ferro.

9. b) 10. a) Somente em A ou D.

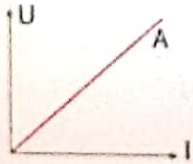
11. c) 12. e)

13. b) Igual em P_4 e em P_3.

14. D. 15. B. 16. c) 17. d)

18. A

19. a) N – S; b) Regra da mão direita

c) 

Scanned by CamScanner

Unidade 4: Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado

Exercícios propostos p. 96

1. a) $v_B = v_C = v_A = 2{,}5$ m/s, porque v = constante)
   b) 16 s e 21 s c) 150 m

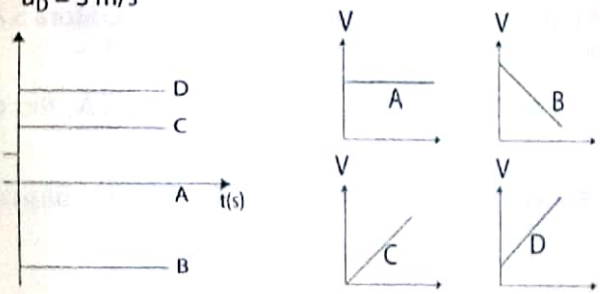
2. a) Ambas, porque percorrem distâncias iguais em intervalos de tempo iguais.
   b) 1,5 m/s e 1 m/s

3. a) MRU, porque a velocidade é constante.
   b) 20 m e 40 m
   c) 1 m/s = 3,6 km/h ⇔ 10 m/s = 36 km/h

4. a) MRU, porque o espaço é directamente proporcional ao tempo.
   b) 5 km/h
   c) $S(t) = 5 + 5 \cdot t$ onde S é dado em km e t em horas)

Exercícios propostos pp. 102 a 105

5. A – MRU B – MRUR C e D – MRUA
   $a_A = 0$ m/s² $a_B = -2{,}5$ m/s² $a_C = 2$ m/s²
   $a_D = 3$ m/s²



   e) $\Delta S = 24$ m; $\Delta S = 88$ m; $\Delta S = 16$ m; $\Delta S = 30$ m

6. $v_{0A} = 0$ m/s; $v_{0B} = 20$ m/s; MRUA; MRUR
   $a_A = 1$ m/s²; $a_B = -0{,}5$ m/s²;
   $\Delta s_A = 200$ m; $\Delta s_B = 300$ m

7. MUA; $a = 2$ m/s²; $v = 0$ m/s; 2 m/s; 4 m/s; 6 m/s; 8 m/s

8. MUA – queda livre; $g = 10$ m/s²;
   $h = 125$ m; $t = 12{,}5$ s

9. $t = 4$ s; $v = 10$ m/s; $v = 2$ m/s;
   $v = 3$ m/s; $v = 4$ m/s

10. MUA; 2 m/s²; 2 m/s; 11 m/s; 25 m

11. B., C., E.

12. e 13.

MU	MV	MUV
O módulo da velocidade não varia com o tempo.	O módulo da velocidade varia com o tempo.	O módulo da velocidade varia uniformemente com o tempo.

14. Se o ponteiro do velocímetro se mantiver sempre na mesma posição (diferente de zero) o movimento é uniforme.

    Se o ponteiro mostrar um aumento gradual da velocidade, o movimento é uniformemente acelerado.

    Se o ponteiro mostrar uma diminuição gradual da velocidade, o movimento é uniformemente retardado.

15. MRUA; MRU; $a = 2{,}5$ m/s²;
    $a = 0$ m/s²
    $\Delta S = 125$ m; $\Delta S = 50$ m;

16. $S(t) = 20 + 8 \cdot t + t^2$

17. MRUA; MRUR; $a = 1{,}5$ m/s²;
    $a = -1{,}875$ m/s²
    $\Delta S = 125$ m; $\Delta S = 106{,}25$ m;
    $v_C = 5$ m/s (constante)

14. A. 19. 5 m; 4 m/s; 30,6 m 20. B.

21. Todas são verdadeiras

22. 80 m; 40 m/s; 10 s

23. 7,85 m/s²; 98,125 m

24. 4,8 m/s²; mais lenta; 11,76 m; 1,53 s

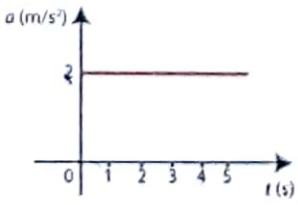
25. 2 m/s; 1,6 m/s²

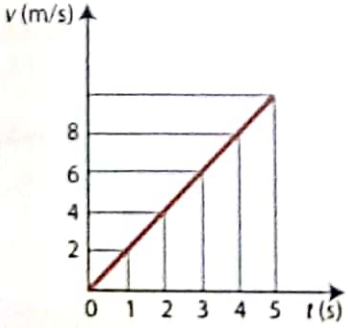
26. As duas esferas de Galileu caíram ao mesmo tempo.
    $t = 3{,}4$ s; $v = 33{,}4$ m/s

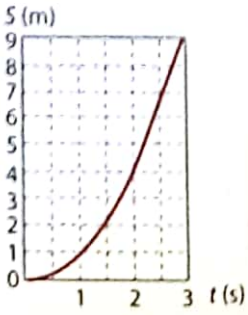
27. a) MUA, porque os espaços são directamente proporcionais aos quadrados dos tempos gastos em os percorrer.
    b) $a = 1$ m/s² c) 1 m/s e 1,5 m/s

28. a) $a = 10$ cm/s² b) 125 cm e 180 cm

29. b) $a = 2$ cm/s²
    d)







Scanned by CamScanner

Bibliografia

Alvarenga, Beatriz; Máximo, António. *Curso de Física* 1, 2 e 3, 2.ª Edição, Editora Harper & Row do Brasil, São Paulo, Brasil, 1986.

Bello, Adelaide; Portela, Carlos; Caldeira, Helena. *Ritmos e Mudanças, Física*, 12.º ano, 1.ª parte, Porto Editora, Portugal.

Bonjorno, Regina A.; Bonjorno, José R.; Bonjorno Valter; Ramos, Clinton M. 2.º *Grau Física*, Editora FTD, SA, São Paulo, Brasil, 1988.

Hurley, James P.; Garrod, Claud. *Principi di Física*, 1.ª Edição, Zanichelli Editore, Bologna, Itália, 1986.

Keller, Frederick J.; Gettys, W. Edward; Skove, Malcolm J. *Física* Volumes 1 e 2, Makron Books do Brasil Editora Lda.

Leuchin, Anatoli; Cindra, José Lourenço. *Problemas de Física – Partes I e II*, Faculdade de Educação, Departamento de Matemática e Física, UEM, Maputo, Moçambique.

Martinho, E. J. C.; Oliveira, J. da Costa; Fortes, M. A. *Matemática para o Estudo da Física*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1985.

Miakishev, G.; Bukhovtsev, B. *Física*, Volumes 1, 2, 3 e 4, Editora Mir Moskovo, Rússia, 1987.

Popova, Vália Aléxieva. *Sebenta de Física, 2001 a 2006*, ISCTEM, Maputo, Moçambique.

Popova, Vália Aléxieva. *Sebenta de Física-Química, 2000 a 2007*, ISCTEM, Maputo, Moçambique.

Resnick, R.; Halliday, D. *Física* Volumes 1, 2, 3 e 4, 4.ª Edição, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, Brasil, 1983.

Tipler, Paul. *Física*, Volumes 1, 2, 3 e 4, 3.ª Edição, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, Brasil, 1991.

Universidade Eduardo Mondlane. *Física Manuais Teóricos I e II*, Departamento de Ciências Básicas, UEM, Maputo, Moçambique.

Scanned by CamScanner







HINO NACIONAL

Pátria Amada

Na memória de África e do Mundo
Pátria bela dos que ousaram lutar
Moçambique o teu nome é liberdade
O sol de Junho para sempre brilhará.

Coro

Moçambique nossa terra gloriosa
Pedra a pedra construindo o novo dia
Milhões de braços, uma só força
Ó pátria amada vamos vencer.

Povo unido do Rovuma ao Maputo
Colhe os frutos do combate pela Paz
Cresce o sonho ondulado na Bandeira
E vai lavrando na certeza do amanhã.

Flores brotando do chão do teu suor
Pelos montes, pelos rios, pelo mar
Nós juramos por ti, ó Moçambique
Nenhum tirano nos irá escravizar.



LeYa Texto Editores
978-902-47-5469-4
9 789024 754694
www.leya.com
E-mail: info@me.com.mz
Ensino Secundário

Scanned by CamScanner