

Alberto Felisberto Cupane

# F8

Física 8.ª Classe



**Programa  
Actualizado**



Texto Editores

## f i c h a t é c n i c a

---

titulo	F8 • Física 8.ª Classe
autor	Alberto Felisberto Cupane
coordenação	João Paulo Menezes
editor	Texto Editores, Lda. - Moçambique
capa	Belmiro Fernando
ilustrações	Belmiro Fernando e Darlene Mavale
arranjo gráfico	Texto Editores, Lda. - Moçambique
paginação	Belmiro Fernando e Darlene Mavale
pré-impressão	Leya, S.A.
impressão e acabamentos	Mirandela - Artes Gráficas, S.A.

---



Avenida Julius Nyerere, 46 • Bairro Polana • Cimento B • Maputo • Moçambique

Telex. (+258) 21 49 86 48 • 21 49 90 71 Fax: 21 49 86 48

Texto Editores E-mail: info@TE.co.mz

---

© 2009, 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, Novembro de 2010 • 1.ª EDIÇÃO • 2.ª TIRAGEM • REGISTADO NO INLD SOB O NÚMERO: 5899/RLINLD/09

**Alberto Felisberto Cupane**

*Carlos Nogueira João 2016/02/29*

# F 8

**Física 8.<sup>a</sup> Classe**



Texto Editores

## Ao Aluno e ao Professor

Este livro destina-se a ajudá-lo a compreender o que é a Física e o seu objecto de estudo auxiliando-o, deste modo, a fazer parte do mundo dos físicos e, em particular, a cumprir com êxito o programa da 8.ª Classe estabelecido pelo Sistema Nacional de Educação no ano de 2008 tendo como referência os actuais programas do Ensino Secundário Geral que procuram assegurar uma formação integral do indivíduo em quatro vertentes: saber ser, saber conhecer, saber fazer e saber viver juntos e com os outros.

Este livro compreende 4 unidades: Estrutura da Matéria, Cinemática, Dinâmica e Trabalho e Energia.

O Autor sugere um ensaio baseado em experiências simples ou a partir dos conhecimentos do aluno. Isto significa que o livro explora situações em que o aluno possa, por si só, chegar ao conhecimento, o que torna o processo de aprendizagem mais independente e criativo. Encorajo o trabalho em grupo, dentro e fora da sala de aulas, pois, ele permite, também, desenvolver habilidades de se relacionar com os outros e cooperação para a resolução de problemas visado o relacionamento através da medição de algumas grandezas físicas como o comprimento, o tempo, o volume, a massa e a realização de experiências.

Na Cinemática, na Dinâmica e no Trabalho e Energia, há uma grande relação com a Matemática, especialmente: na interpretação das fórmulas físicas, isto é, nas relações de proporcionalidade directa e inversa; na construção e interpretação de gráficos; nos cálculos algébricos; na medição de grandezas físicas e na conversão de unidades, por isso, é necessário trabalhar em conexão com a disciplina de Matemática.

Em relação à Química há uma estreita ligação: na estrutura da matéria; nos estados físicos da matéria e nas forças entre as partículas.

Este é o primeiro ano em que o aluno tem contacto com a Física, por isso, é importante motivar o aluno através de: aulas experimentais, círculos de interesse e visitas a indústrias, fábricas e instituições, de forma a prepará-los para a continuação dos estudos e para a vida laboral.

O Autor

<b>Unidade 0: Introdução ao Estudo da Física</b> .....	4	Uniforme .....	38
Introdução .....	4	Movimento Uniformemente Variado .....	41
Método científico .....	6	Aceleração do movimento	
Grandezas físicas .....	7	rectilíneo uniformemente variado .....	42
Sistema de Unidades .....	9	Lei e gráfico da aceleração no MRUV ..	43
Corpo e matéria .....	10	Queda livre dos corpos .....	47
Exercícios propostos .....	13	Movimento Rectilíneo Uniformemente	
<b>Unidade 1: Estrutura da Matéria</b> .....	14	Acelerado (MRUA) .....	43
Introdução .....	14	Exercícios propostos .....	49
Átomo e molécula .....	15	<b>Unidade 3: Dinâmica</b> .....	54
Espaços intermoleculares e dimensão		Conceito de força e a Primeira	
das moléculas .....	16	Lei de Newton .....	54
Propriedades gerais da matéria		Segunda Lei de Newton .....	56
e de coesão .....	17	Força de Gravitação Universal .....	58
Estados físicos da matéria e força		Força da gravidade e peso de um corpo	60
de coesão .....	18	Força elástica .....	61
Mudanças no estado da matéria .....	19	Terceira Lei de Newton .....	62
Movimento Browniano, força de adesão,		Aplicação das leis de Newton .....	63
coesão e capilaridade .....	20	Força de atrito .....	64
Exercícios propostos .....	25	Exercícios propostos .....	67
<b>Unidade 2: Cinemática</b> .....	26	<b>Unidade 4: Trabalho e Energia</b> .....	70
Introdução .....	26	Trabalho mecânico .....	70
Repouso e movimento .....	26	Potência .....	72
Classificação dos movimentos .....	27	Energia e tipos de energia .....	74
Ponto material, sentido do movimento,		Energia cinética .....	74
movimento progressivo e retrógrado ...	29	Energia potencial .....	76
Posições, espaços e deslocamentos		Princípio de conservação da energia ...	79
percorridos por um móvel .....	30	Rendimento .....	81
Velocidade e suas unidades .....	31	Exercícios propostos .....	84
Movimento Rectilíneo Uniforme (MRU) .	35	<b>Tabela de unidades</b> .....	87
Lei dos espaços – Função horária		<b>Soluções</b> .....	88
do MRU .....	37	<b>Bibliografia</b> .....	96
Características do Movimento			

## Introdução

Vivemos num mundo material designado por Natureza. O nosso mundo é constituído por pessoas, carros, utensílios domésticos, carteiras, planetas, água, ar, terra, só para mencionar alguns elementos. A Natureza é dinâmica: os planetas, as estrelas e os homens estão em constante movimento, os rios mudam os seus leitos, as plantas e os animais crescem e desenvolvem-se, as estações do ano sucedem-se resultando, muitas vezes, em cheias e secas em Moçambique. O Homem participa neste dinamismo de forma consciente, construindo casas, aldeias, vilas e cidades, por um lado. Por outro lado, construindo instrumentos de trabalho, meios de transporte e outras infra-estruturas de que necessita. Assim, na Natureza ocorrem constantemente transformações (veja os exemplos de transformações sugeridas pelas fotos abaixo).

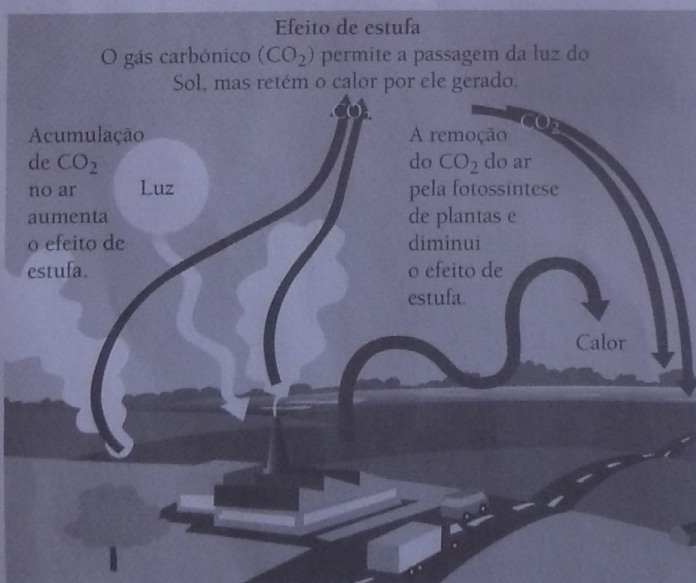
1. Defina Natureza.
2. Porque é que se diz que a Natureza é dinâmica?
3. Em que medida e como é que o Homem contribui para o dinamismo da Natureza?



Vista parcial da capital do nosso país – Maputo – cidade rica em aspectos da vida natural.



A Natureza fornece-nos materiais para melhorarmos as nossas condições de vida.



Infelizmente, nem sempre tem sido fácil apelar à consciência do Homem e ao seu bom senso, no sentido de preservar a Natureza. Muitas vezes, na busca do lucro fácil, a sua actividade tem destruído a Natureza. Referimo-nos, por exemplo, ao efeito de estufa, ao alargamento do buraco de ozono e às mudanças bruscas do clima provocadas pela acção impensada e gananciosa do Homem, que causa sérios danos ao meio ambiente e ao nosso planeta.

A curiosidade e a vontade natural do Homem, em conhecer e transformar a Natureza, tem contribuído para que acumule conhecimentos, que ao longo do tempo

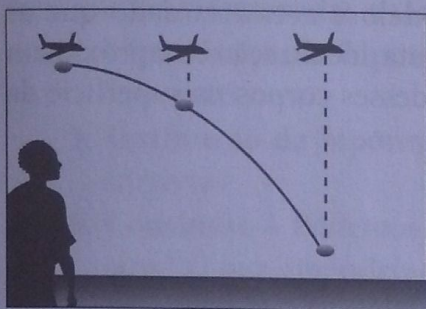
foram constituindo as várias ciências actualmente existentes, dentre elas a Física que, por si só, aglutina grande parte desses conhecimentos.

A Física é uma ciência moderna que procura desvendar alguns dos mistérios da Natureza, muitos dos quais são regulados por um determinado conjunto de leis. Isto é, para cada evento há pelo menos uma causa possível de determinar. Os eventos que caracterizam o dinamismo da Natureza são designados por **fenómenos**.

A Física preocupa-se em desvendar os chamados «fenómenos físicos» – aqueles que ocorrem sem que haja mudanças nas propriedades dos corpos, isto é, aqueles que não originam o surgimento de novas substâncias.

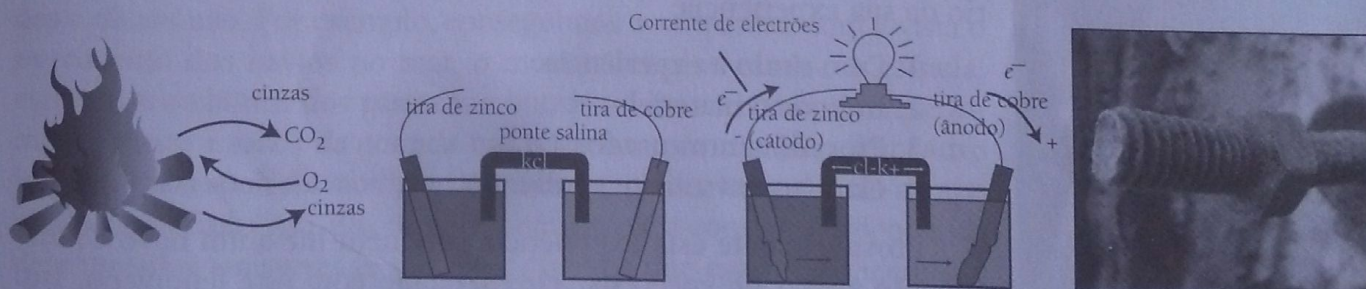
As figuras que se seguem dão-nos uma indicação de alguns destes fenómenos:

4. A contribuição do Homem no dinamismo da Natureza tem sido sempre em proveito próprio, isto é, tem sido em benefício da Humanidade. Discuta esta afirmação indicando 3 argumentos que sustentam a afirmação e outros 3 que põem em causa a veracidade da mesma.



O movimento de um avião, a queda de um corpo, a formação do arco-íris, o movimento dos planetas em torno do Sol são fenómenos físicos.

A Química, por exemplo, estuda os fenómenos que ocorrem com mudança nas propriedades dos corpos, isto é, aqueles fenómenos que dão origem a novas substâncias – são os chamados «fenómenos químicos».



A combustão da madeira, a produção de energia eléctrica através das soluções aquosas, a formação da ferrugem são fenómenos químicos.

O estudo de fenómenos físicos tem contribuído para a explicação dos eventos que ocorrem na Natureza e, também, para melhorar a vida do Homem. Isto é ilustrado pelo uso de máquinas simples, como, por exemplo, o machado, a alavanca, a faca, as roldanas, os planos inclinados, etc., e outras mais complexas, como o camião, a bicicleta, o carro, o avião, o barco, o navio, etc.



Infelizmente, muitos dos conhecimentos produzidos na disciplina de Física também têm sido usados para perigar a vida do Homem. São exemplos disto o fabrico de bombas, aviões militares e outros artefactos de guerra.



Em geral, não é possível estudar ou compreender um fenómeno tal como ele se nos apresenta na vida real. Esta dificuldade é resolvida com a criação dos modelos físicos. Um modelo é a simplificação da realidade, de tal sorte que as conclusões tiradas a partir do modelo sejam explicações aproximadas do que acontece na realidade. Um modelo muito usado é considerar que os corpos são **pontos materiais**. Na realidade não são porque têm dimensões próprias e, em alguns casos, bem assinaláveis. Não obstante, o modelo é aceitável dado que as conclusões a que chegamos a partir desta idealização se aproximam muito do que acontece no movimento desses corpos na superfície da Terra.

## Método científico

Os métodos mais usados para a construção do conhecimento em Física são a **observação directa**, a **experimentação** e a **construção de modelos**, com o objectivo de determinar as regularidades e leis que podem ser aplicadas à Natureza. Estes métodos têm em comum a experimentação. Ilustremos o método experimental.

Dissolva uma porção de açúcar na água tendo em vista provar a existência de espaços intermoleculares e em seguida faça um relatório da sua experiência:



Laboratório da Universidade Lurio.

1. Dê o título à experiência.
2. Indique o material.
3. Procedimentos usados.
4. Conclusão (solicite ajuda).

Provavelmente esta experiência conduziu-lhe a um novo conhecimento apesar de você estar familiarizado com este fenómeno. Isto porque em geral construímos conhecimento quando analisamos o que nos é familiar. Por exemplo, qualquer um de nós sabe que largando um corpo nas proximidades da Terra ele cai em direcção à Terra mas, quantos de nós, associa esta queda à actuação de uma força? É graças, em parte, à análise do que observamos que obtivemos aquele conhecimento. Além de analisar o que observamos, os cientistas fazem experiências parecidas com a que acabou de realizar. As experiências científicas têm sempre como objectivo principal verificar uma dada hipótese e por isso a sua realização é precedida de uma ponderação rigorosa.

Por exemplo, o cientista italiano Galileu Galilei descobriu as leis da queda dos corpos deixando cair diversas esferas da Torre de Pisa, medindo e comparando o tempo da sua queda. Assim, podemos concluir que as observações e as experiências são fontes de conhecimentos científicos. Estes conhecimentos obtêm-se quando determinamos as causas do que observamos.

O método experimental é composto pelas fases que a seguir enumeramos e descrevemos de uma forma resumida:

1. **Determinação do fenómeno a estudar** — Nem sempre é fácil. Determina-se nesta fase o que pretendemos explicar.
2. **Recolha de dados relativos ao fenómeno determinado em 1** — O que é que influencia o nosso fenómeno?
3. **Análise dos dados recolhidos no número anterior** — Como estão relacionados os factores do número anterior?
4. **Formulação da hipótese** — Tentamos responder à pergunta feita em 3.
5. **Verificação da hipótese** — Em que medida a nossa resposta é correcta?
6. **Conclusão** — Podemos encerrar o estudo? De onde recomeçamos? O que aprendemos ao longo do processo?

As fases acima enumeradas do método experimental vão ficar cada vez mais perceptíveis à medida que for progredindo no estudo da Física.

## Grandezas físicas

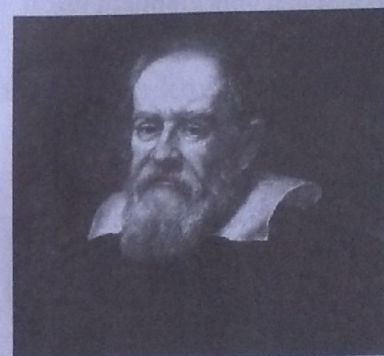
Alguns fenómenos são captados directamente pelos nossos sentidos e outros não. Por exemplo, conseguimos acompanhar com a vista o movimento dos navios no mar, o movimento dos carros na estrada, escutamos o chilrear dos pássaros e outros ruídos ao nosso redor, sentimos o cheiro e sabor da comida nas refeições, por um lado. Por outro lado, não nos apercebemos, sem a ajuda de um instrumento, do campo magnético criado por um íman e nem de ultra-sons provenientes de determinados emissores e, por isso, dizemos que estes fenómenos são captados indirectamente pelos nossos sentidos.

Em ambos os casos (fenómenos captados directamente ou indirectamente pelos nossos sentidos) precisamos de associar números a determinadas propriedades físicas, isto é, necessitamos de realizar medições. Por exemplo, nos casos acima mencionados, precisamos de associar um número à velocidade do navio, à visibilidade do observador, à intensidade do som emitido pelos passáros e à intensidade do campo magnético.

O processo de associar números a propriedades físicas chama-se medição.



A famosa Torre de Pisa, onde Galileu realizou as suas experiências sobre a queda dos corpos.



Galileu Galilei (1564-1642) cientista italiano que estabeleceu o método experimental.



As descobertas com base no método experimental permitem a exploração do universo.



Um fotógrafo usa o Teodolito para medir o ângulo e fazer alinhamentos.

Uma propriedade física que nós medimos, isto é, à qual nós associamos um número através de um processo bem definido, chama-se **grandeza física**.

A medição é fundamental para se obter conhecimento na ciência e uma grandeza física pode sempre ser medida. Medir uma grandeza é comparar essa grandeza com outra tomada como unidade. Assim, dizer que o comprimento de uma mesa é de 5 m significa que o comprimento medido é 5 vezes maior do que o comprimento de 1 m. Isto também mostra que o resultado de uma medição é um número e uma unidade.

Em resumo, podemos dizer que o processo de *medir consiste em comparar duas grandezas físicas da mesma espécie*. Neste processo, a grandeza a ser medida é comparada com outra tomada como padrão, designada por unidade de medida ou simplesmente unidade, verificando-se quantas vezes a unidade está contida na grandeza a ser medida.

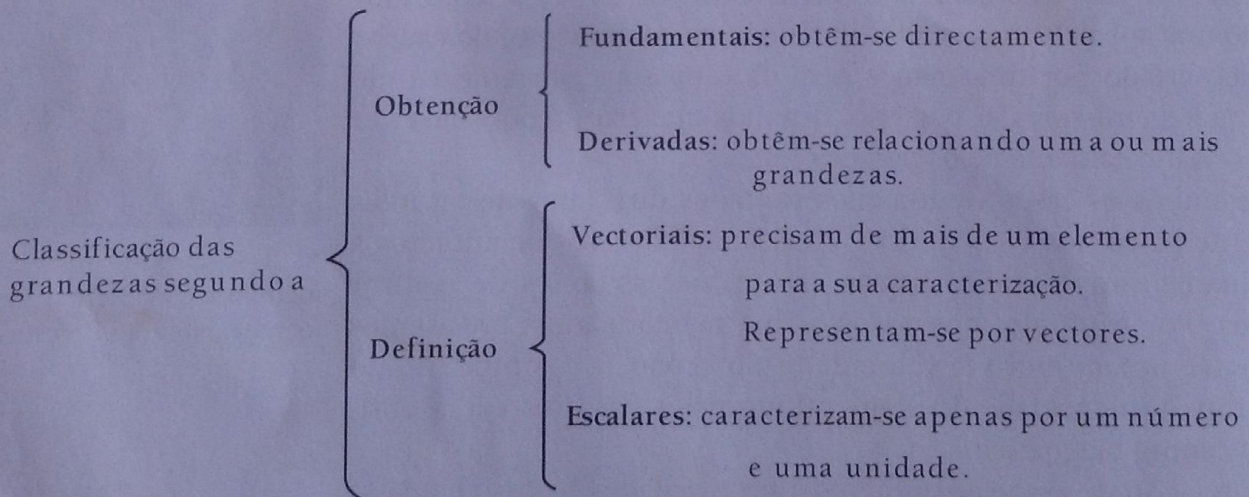
Indique, das grandezas que se seguem, as físicas:

- 5. O que é uma grandeza física?
- 6. O que significa «medir uma grandeza»?

Grandeza	Física	Não Física	Grandeza	Física	Não Física
Velocidade			Utilidade		
Carácter			Massa		
Volume			Estado de conservação		
Valor de estimação			Beleza		
Amor			Comprimento		

É possível concluir do quadro acima que em geral as grandezas podem ser divididas em físicas e não físicas. São exemplos de grandezas não físicas as «palavras» investigadas no estudo de línguas, factos e eventos históricos usados no estudo da História, beleza, emoção, alegria, amor, cortesia, e outros valores da nossa cultura.

As grandezas físicas classificam-se de dois modos: segundo a obtenção e segundo a definição.



## Exemplos

### 1. Grandezas e unidades:

**Fundamentais:** comprimento (metro – m); massa (quilograma – kg); tempo (segundo – s).

**Derivadas:** força (Newton – N); velocidade (metro por segundo – m/s).

**Volume:** (metro cúbico – m<sup>3</sup>).

**Vectoriais:** força; velocidade; aceleração (metro por segundo ao quadrado – m/s<sup>2</sup>).

**Escalares:** massa – volume – tempo.

2. Na natação a velocidade de um nadador pode chegar até 7,2 km/h. Aqui a grandeza física em questão é a velocidade que mede a rapidez do nadador. A unidade usada foi o km/h (quilómetro por hora).

3. O organismo humano demora de 6 a 8 h para digerir uma refeição. A grandeza física medida foi o tempo e a unidade usada foi a hora.



É muito comum existir uma confusão entre o que é uma grandeza física e o que é uma unidade física.

**Grandeza física:** é tudo aquilo que pode ser medido, como, por exemplo, o comprimento, a massa, o tempo, a velocidade, a área, o volume, a força, etc.

## Sistema de Unidades

O objectivo de um Sistema de Unidades é escolher um número mínimo de grandezas (grandezas fundamentais) à custa das quais se podem exprimir todas as outras grandezas (grandezas derivadas) e definir as suas unidades.

Para tornar as medições mais cómodas, todos os países do mundo procuram utilizar o mesmo sistema de unidades designado «Sistema Internacional de Unidades». Veja o Anexo, página 87, para se familiarizar com as unidades usadas no Sistema Internacional e noutros sistemas.

As unidades do Sistema Internacional de Unidades formam um sistema absoluto de unidades, o que significa que as três unidades básicas escolhidas são independentes do local onde as medições são efectuadas.

Grandeza	Unidade S.I.
Comprimento	metro(m)
Massa	quilograma(kg)
Tempo	segundo(s)
Temperatura	Kelvin(K)
Velocidade	m/s
Aceleração	m/s <sup>2</sup>
Força	Newton(N)
Trabalho	Joule(J)

Os múltiplos e os submúltiplos das unidades e a notação científica evitam que se escrevam números muito grandes, oferecendo uma forma mais cômoda de representação:

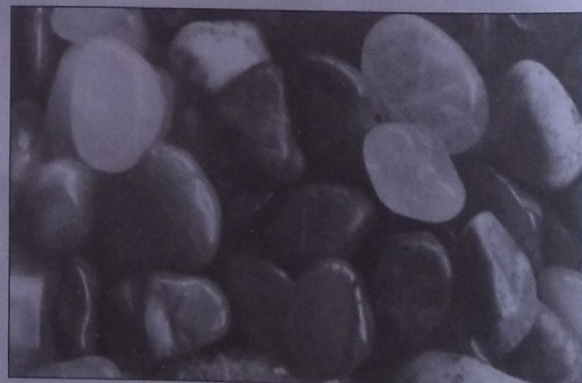
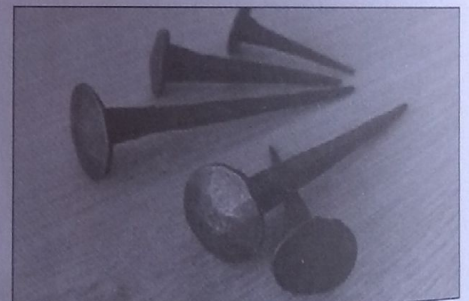
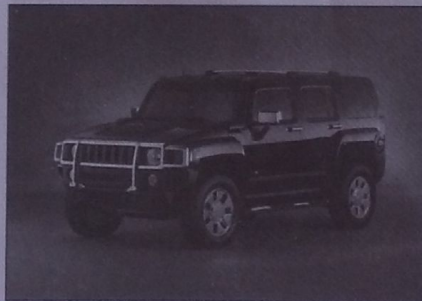
Prefixo	Símbolo	Factor de multiplicação	Prefixo	Símbolo	Factor de multiplicação
Tera	T	$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 1 \times 10^{12}$	centi	c	$0,01 = 1 \times 10^{-2}$
Giga	G	$1\ 000\ 000\ 000 = 1 \times 10^9$	mili	m	$0,001 = 1 \times 10^{-3}$
Mega	M	$1\ 000\ 000 = 1 \times 10^6$	micro	$\mu$	$0,000\ 001 = 1 \times 10^{-6}$
quilo	k	$1\ 000 = 1 \times 10^3$	nano	n	$0,000\ 000\ 001 = 1 \times 10^{-9}$
hecto	h	$100 = 1 \times 10^2$	pico	p	$0,000\ 000\ 000\ 001 = 1 \times 10^{-12}$
deca	da	$10 = 1 \times 10^1$	fento	f	$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 1 \times 10^{-15}$
deci	d	$0,1 = 1 \times 10^{-1}$	ato	A	$0,0000000000000000001 = 1 \times 10^{-18}$

## Corpo e matéria

A linguagem usada na ciência e no dia-a-dia tem termos comuns com significados que em geral não coincidem. Alguns destes termos são «movimento», «força» e «corpo».

Na linguagem do dia-a-dia a palavra «corpo» designa o corpo de um homem ou animal, enquanto que na Física designa não só estes corpos, mas também um prédio, um carro, a Terra, um grão de açúcar, isto é, **qualquer porção limitada de matéria**.

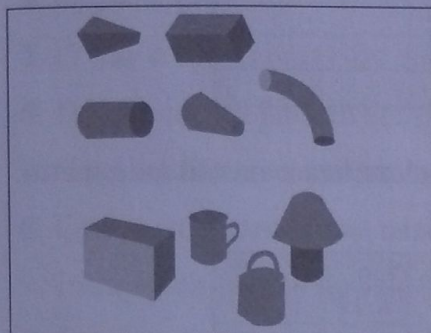
7. O que é um fenómeno?  
Dê exemplos de três fenómenos.
8. Mencione alguns exemplos de fenómenos físicos.
9. O que é uma substância pura, simples?
10. Dê três exemplos de substâncias puras, simples.



Tudo aquilo que existe na Natureza tem peso, ocupa espaço e chama-se corpo

O que compõe um corpo físico chama-se substância. O ouro, o hidrogénio, a água, o sal e a madeira são substâncias. A água é uma substância, mas uma gota de água é um corpo físico. A madeira é uma substância, mas uma cadeira de madeira é um corpo.

Tudo o que existe na Natureza chama-se matéria. A substância é uma das formas da matéria. Outras formas da matéria são a luz e as ondas de rádio.



Todo o corpo com forma bem definida e que tem uma utilidade prática bem definida chama-se objecto.

11. O que é uma substância pura composta?

12. Da seguinte lista de expressões, indique os que representam grandezas físicas, unidades e instrumentos de medição:

Metro, relógio, fita-métrica, densidade, quilograma, balança, dinamómetro, volume, proveta, massa, velocidade, velocímetro, Pascal, barómetro, metro por segundo ao quadrado, régua e temperatura.

## Exemplos

1. Porque é que a Física é considerada uma das ciências fundamentais na Natureza?
2. Classifique as grandezas, do quadro seguinte, segundo a definição e segundo a obtenção:

Grandeza	Quanto à obtenção		Quanto à definição	
	Fundamental	Derivada	Escalar	Vectorial
Força				
Comprimento				
Velocidade				
Volume				
Pressão				
Massa				
Peso				

3. Escreva na forma científica e na unidade «metro» os valores abaixo indicados na Tabela.

3 Tm	
5 Gm	
2 Mm	
25 km	
65 hm	
50 dam	
16 dm	

115 cm	
76 mm	
34 $\mu\text{m}$	
12 nm	
6 pm	
442 fm	
34 Am	

## Resolução

1. A Física é considerada uma das ciências fundamentais na Natureza porque é difícil encontrar um fenómeno que não se enquadre em Física, isto é, os biólogos, químicos e outros cientistas precisam de instrumentos e conhecimentos gerados em Física para fazerem o seu trabalho.

2. As grandezas classificam-se segundo a definição e segundo a obtenção:

Grandeza	Quanto à obtenção		Quanto à definição	
	Fundamental	Derivada	Escalar	Vectorial
Força		X		X
Comprimento	X		X	
Velocidade		X		X
Volume		X	X	
Pressão		X		X
Massa	X		X	
Peso		X		X

3. Os valores indicados na Tabela foram convertidos para a forma científica e na unidade metro.

3 Tm	$3 \times 10^{12}$ m
5 Gm	$5 \times 10^9$ m
2 Mm	$2 \times 10^6$ m
25 km	$2,5 \times 10^4$ m
65 hm	$6,5 \times 10^3$ m
50 dam	$5,0 \times 10^2$ m
16 dm	1,6 m

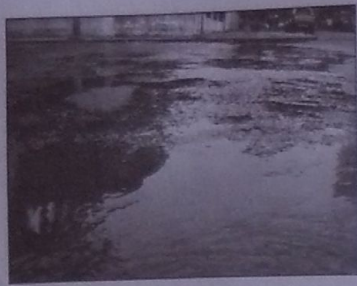
115 cm	1,15 m
76 mm	$7,6 \times 10^{-2}$ m
34 $\mu$ m	$3,4 \times 10^{-5}$ m
12 nm	$1,2 \times 10^{-8}$ m
6 pm	$6 \times 10^{-12}$ m
442 fm	$4,42 \times 10^{-13}$ m
34 Am	$3,4 \times 10^{-17}$ m

# Exercícios propostos

1. Uma área na qual o Homem sintetiza os seus conhecimentos é a Física.
  - a) O que é a Física?
  - b) Como é que a Física se distingue da Biologia e da Química?
  - c) É lícito dizer-se que existem muitas ciências?
2. O que é um modelo em Física?
3. Quem introduziu na ciência a palavra «Física»?
4. O que é um corpo? Dê exemplos de corpos!
5. O que é substância? Dê exemplos de substâncias.
6. De que forma podem ser obtidos conhecimentos sobre os fenómenos da Natureza?
7. Qual é a diferença entre uma experiência e uma observação?
8. Que instrumentos são usados para a medição na experiência?
9. Indique os passos do método científico.
10. Indique grandezas não usadas em Física.
11. O que é «unidade» de medição em Física?
12. Porque é que em Física, e não só, se recorre ao uso de modelos?
13. Explique porque é importante realizar experiências.
14. Da seguinte lista de fenómenos, indique os físicos e os químicos:
  - Transformação do leite em iogurte.
  - Eclipse do Sol.
  - Transformação da água em gelo.
  - Oxidação do ferro.
  - Queda de um corpo.
  - Transformação do vapor em água.
  - Transformação do vinho em vinagre.
15. Complete o seguinte quadro:

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
5						
					2	0
	3	5				
			1			
				8		
		9				
	7					

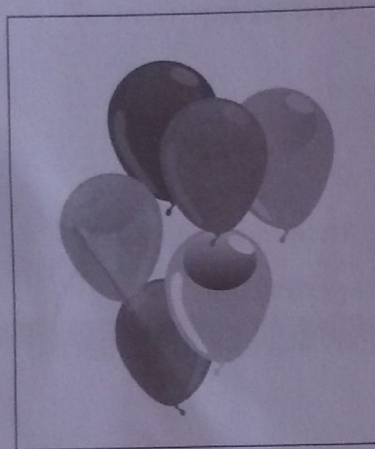
## Introdução



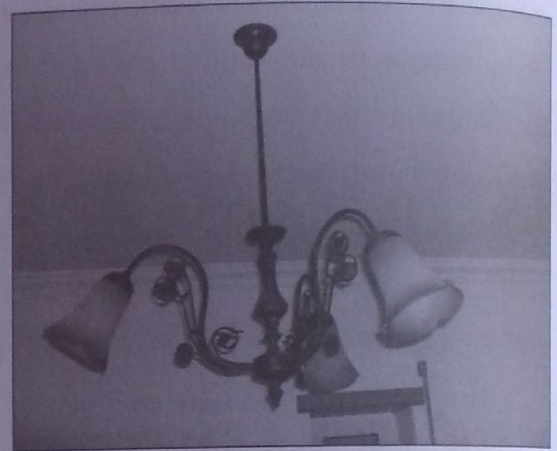
A água que cai da chuva não fica concentrada num só lugar, ela espalha-se.

Um dos objectivos principais dos físicos é explicar os fenómenos. Isto requer necessariamente a capacidade de observar os fenómenos e descrevê-los, bem como conhecer as propriedades gerais da matéria. Por exemplo, porque é que a água quando derramada no chão espalha-se? Porque é que ela congela? E porque é que se transforma em vapor?

- a) É mais fácil comprimir um balão cheio de ar do que um pedaço de ferro.
- b) Os ferreiros moldam os metais quando estão bem aquecidos.

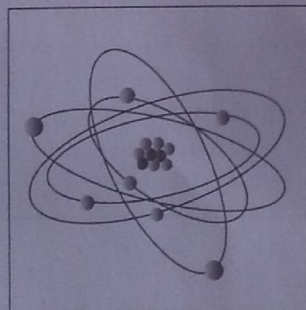


Balões.

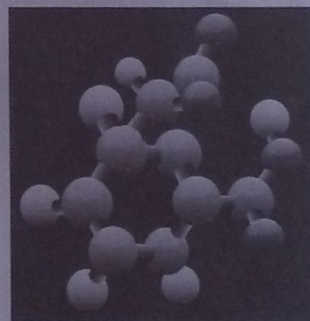


O ferro trabalha-se bem «a quente».

A explicação dos fenómenos acima, e de muitos outros, requer conhecimentos sobre a estrutura da matéria que apresentamos neste capítulo. O estudo da estrutura da matéria permite explicar as propriedades dos corpos e criar novos corpos necessários na vida e na técnica usada pelo Homem. Os plásticos, a borracha, as fibras sintéticas e os vaivém espaciais são alguns dos materiais e instrumentos criados com a ajuda da Física.



Átomos.



Moléculas.



Discovery.

Uma das questões que dirigiu o estudo da estrutura da matéria foi a constituição dos corpos. O que existe de comum na constituição dos corpos?

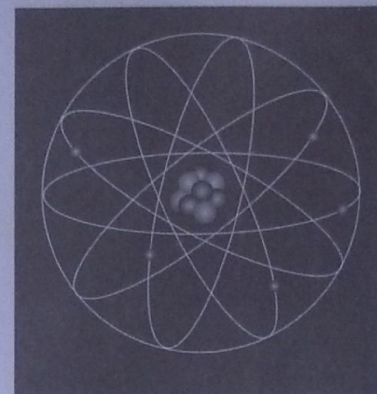
## Átomo e molécula

Divida um pedaço de um papel até à menor parte possível. Provavelmente parou de dividir o pedaço de papel quando ainda era possível fazê-lo por meio de um instrumento especial. Não importa!

O essencial é que esta actividade sugere que é possível dividir o papel ou qualquer outra substância até à pequeníssima porção, a partir da qual se continuarmos a divisão deixamos de ter a substância «papel».

O facto do papel existir no mundo inteiro por porções e isto acontecer com toda a matéria leva-nos a concluir que uma das propriedades gerais da matéria é a **descontinuidade**, como veremos mais adiante, quando abordarmos as propriedades gerais da matéria.

A menor porção da substância que ainda mantém as propriedades da substância recebe o nome de **átomo**.



Modelo planetário do átomo.

**Átomo** é a menor porção da substância que ainda mantém as propriedades da substância.

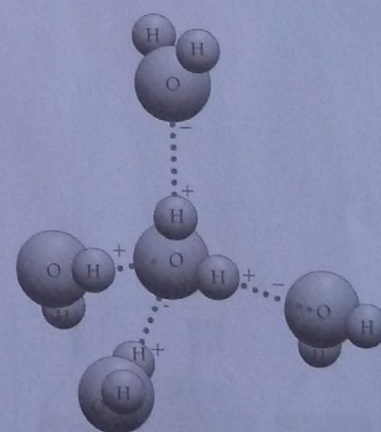
Se juntarmos dois, ou mais átomos, obtemos uma outra partícula chamada **molécula**. As moléculas de água, ferro e vidro são as menores porções de água, ferro e vidro que ainda mantêm as propriedades de água, ferro e vidro.

Afinal «molécula» é uma palavra latina que significa «massa pequena». As moléculas de diferentes substâncias diferem em dimensões e natureza mas são todas muito pequenas. Por isso cada corpo contém um número extraordinariamente grande de moléculas.

Duas moléculas de uma substância são exactamente iguais. Isto constitui uma excepção pois na Natureza, entre todos os corpos existe alguma diferença. Não existem duas pessoas exactamente iguais, caso contrário a mãe não poderia distinguir as suas gémeas. As frutas e as folhas de uma mesma árvore são bem distintas.

Não é possível encontrar dois grãos de areias exactamente iguais. Mesmo as garrafas de refresco ou cerveja que se fabricam a partir de um mesmo molde se forem submetidas à medição das suas características físicas dão resultados diferentes. Mas isto não acontece com as moléculas de uma mesma substância: elas não são distinguíveis.

As moléculas são constituídas por átomos. Por exemplo, uma molécula de oxigénio é composta por dois átomos iguais, enquanto que uma molécula de água é composta por três átomos: um de oxigénio e dois de hidrogénio. Os átomos são partículas ainda mais pequenas, chamadas **partículas elementares**.

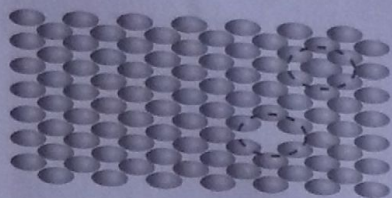


Moléculas de água.

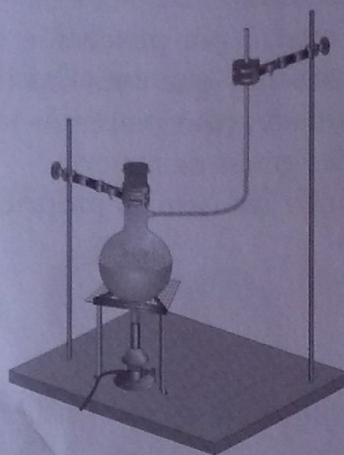
## Espaços intermoleculares e dimensão das moléculas

É possível diminuir o volume de uma garrafa de plástico, de uma borracha e de um pedaço de cera comprimindo-os.

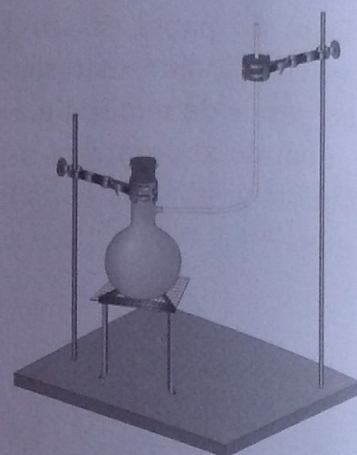
Do mesmo modo é possível aumentar o volume de água, o volume da esfera e do ar aquecendo-os.



Moléculas são como bolas arrumadas numa caixa: entre elas existem espaços.



Aumento do volume de um líquido, devido ao aquecimento.



Retirando a fonte de calor, o volume diminui.

1. Descreva duas experiências que ilustrem que a matéria é constituída por partículas separadas por espaços.

As experiências acima demonstram que o volume de um corpo pode aumentar ou diminuir. Isto explica-se com a hipótese (hipótese é uma explicação plausível dos factos provisoriamente adoptada com o fim principal de submetê-la a uma verificação metódica pela experiência) de que **entre as moléculas existem espaços**. Quando as partículas se afastam umas das outras, o volume do corpo aumenta e quando se aproximam o volume diminui.

Se existe espaço entre as moléculas porque é que os corpos nos parecem compactos?

A resposta é que as moléculas são tão pequenas que não as vemos. A menor porção de matéria que vemos é constituída por um número extraordinariamente grande de moléculas. Usemos mais uma experiência para provarmos a ínfima dimensão das moléculas.

Coloque uma gota de tinta num copo com água e observe como a água fica colorida.

Use uma pequena porção de água colorida para colorir outra num segundo copo e observe como a água, no segundo copo, muda de cor.

Repita a experiência com um terceiro copo e observe como a intensidade de coloração diminuiu no segundo e terceiro copos.

Observando a última solução vemos que, apesar da sua coloração ser fraca, ela é uniforme, o que mostra que a tinta está distribuída uniformemente pela água no copo. Lembrando que a quantidade de tinta diluída foi muito pequena e que apenas uma pequena porção



desta tinta foi levada para a última solução é fácil concluir que a pequena gota de tinta tem inúmeras moléculas, cujas dimensões são muito pequenas e ainda que entre as moléculas da água existia um espaço vazio que foi ocupado pelas moléculas que coloriram a água.

Entre as moléculas de um corpo, existem espaços chamados «espaços intermoleculares».

## Propriedades gerais da matéria

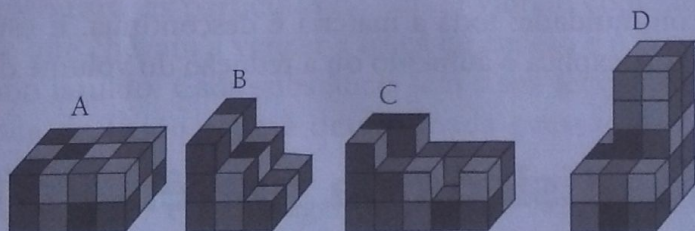
A matéria tem oito características comuns designadas por propriedades gerais da matéria que são: inércia, massa, volume, impenetrabilidade, compressibilidade, elasticidade, divisibilidade e descontinuidade. Elas dizem-se gerais pois não dependem da substância que constitui o corpo.

- **Inércia:** a matéria tende a conservar o seu estado de repouso ou de movimento. É esta propriedade que explica que os passageiros num automóvel sejam impelidos para trás ou para a frente, quando o carro arranca ou trava bruscamente.
- **Massa:** todo o corpo tem uma certa massa. É uma propriedade relacionada com a quantidade de matéria que constitui um corpo.

No S.I. de unidades, a massa é medida em quilogramas (kg).

A massa é também conhecida como a medida de inércia: quanto maior a massa do corpo, maior é a sua inércia.

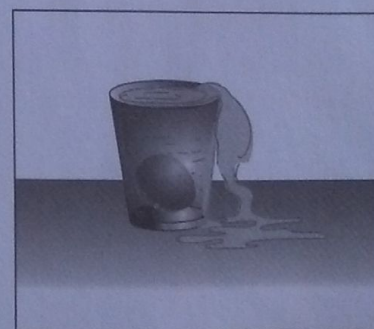
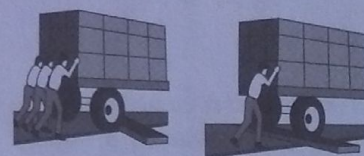
- **Volume:** todo o corpo tem um certo volume, quer dizer, qualquer corpo ocupa um certo espaço.



- **Impenetrabilidade:** dois corpos não podem ocupar o mesmo espaço ao mesmo tempo. Coloque água num copo até um certo nível, de tal modo que possa ser introduzido um ovo no copo sem a água transbordar e marque o nível atingido pela água com caneta de feltro. Introduza agora o ovo e veja o «novo» nível da água. Esta experiência mostra que duas porções de matéria (água e ovo) não podem ocupar o mesmo lugar ao mesmo tempo.

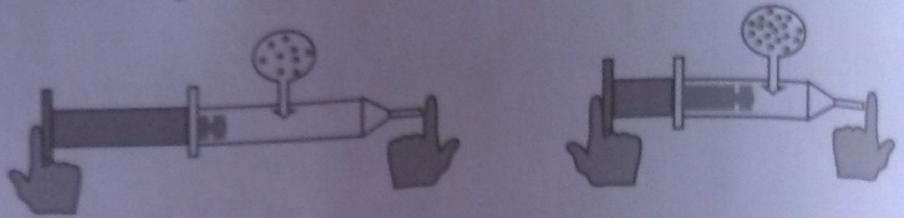
2. Vimos que entre as moléculas existem espaços vazios. Porém, os corpos apresentam-se compactos. Como explica isto?

3. Ao longo da sua história, o Homem tem investigado e melhorado o seu conhecimento sobre a estrutura da matéria. Esse conhecimento tem trazido à Humanidade: progresso e grandes vantagens. Procure justificação para esta afirmação.



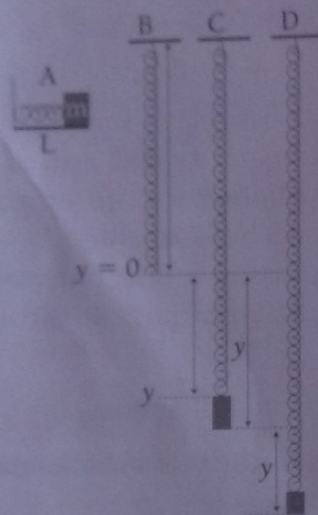
- **Compressibilidade:** é possível reduzir o volume de um corpo, submetendo-o a forças de compressão.

Esta propriedade é mais visível nos gases. Facilmente se comprime o ar numa seringa fechando uma das extremidades com o dedo.



- **Elasticidade:** a matéria volta ao volume e à forma iniciais quando cessa a compressão.

No caso da seringa referida na compressibilidade, basta soltar o êmbolo da seringa para o ar voltar ao volume e à forma iniciais.



A deformação pode ser:

- **Permanente:** se o corpo não retoma a forma e o volume iniciais.
- **Temporária:** se o corpo retoma a forma e o volume iniciais.

- **Divisibilidade:** a matéria é divisível. Foi esta propriedade que nos levou a concluir sobre a existência de moléculas.
- **Descontinuidade:** toda a matéria é descontínua. É esta propriedade que explica o aumento ou a redução do volume dos corpos.

## Estados físicos da matéria e força de coesão

A matéria apresenta-se em geral em 3 estados físicos: sólido, líquido e gasoso.

- **Sólido:** no estado sólido, o corpo tem forma e volume próprios. Neste estado a matéria apresenta-se sempre compacta. Os corpos sólidos são formados pela junção de moléculas, e entre as moléculas desenvolvem-se duas forças: coesão (força que tende a aproximar as moléculas entre si) e repulsão (força

que tende a separar as moléculas). No estado sólido, a força de coesão é muito forte. Por isso, o movimento das moléculas é limitado à vibração em torno de uma posição definida.

No estado sólido, o corpo tem forma e volume próprios.

- **Líquido:** no estado líquido, o corpo não tem forma definida mas tem volume próprio. As moléculas neste estado têm menos força de coesão que nos sólidos e, por isso, elas se deslocam mais. Esta é a razão para que os líquidos adquiram a forma do recipiente em que se encontram.

No estado líquido, o corpo não tem forma definida mas tem volume próprio.

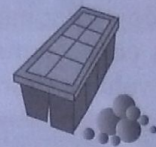
- **Gasoso:** no estado gasoso, o corpo não tem forma nem volume próprios. Nos gases, as moléculas movem-se livremente e com grande velocidade. A força de coesão é mínima e a de repulsão é enorme.

No estado gasoso, o corpo não tem forma nem volume próprios.

## Mudanças no estado da matéria

As diferentes mudanças que ocorrem no estado da matéria designam-se por fusão, solidificação, vaporização, condensação e sublimação.

- **Fusão:** é a passagem do estado sólido para o estado líquido. A fusão ocorre quando um corpo recebe calor. Este calor aumenta a amplitude de vibração das moléculas. A uma determinada temperatura, as partículas do sólido vibram com tanta intensidade que chegam a vencer a força de coesão e o corpo passa ao estado líquido. Cada substância tem a sua temperatura característica de fusão a uma determinada pressão que se chama ponto de fusão.
- **Solidificação:** é a passagem do estado líquido para o estado sólido. Quando se resfria um corpo, as suas moléculas vibram menos, a uma determinada temperatura as substâncias líquidas transformam-se em sólidas porque a força de coesão aumenta e a agitação molecular diminui essa temperatura. O ponto de solidificação é igual à temperatura do ponto de fusão dessa mesma substância.
- **Vaporização:** é a passagem do estado líquido para o estado gasoso. Pode ocorrer por **evaporação** (passagem lenta e espontânea estimulada pela temperatura, ventilação e superfície de



Sólido



Líquido



Gasoso

Diferentes estados da água.

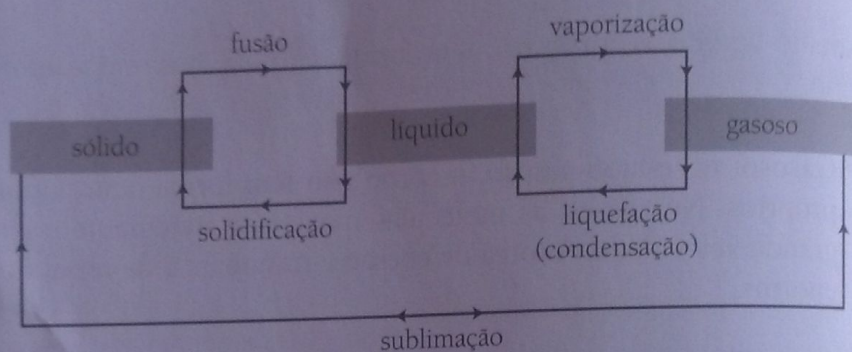
4. Quais são os três estados em que é possível encontrar a matéria?

5. Dê exemplos de corpos no estado sólido, líquido e gasoso.
6. Quais são as propriedades comuns dos gases?
7. a) Um corpo conserva o seu volume mas muda facilmente de forma. Em que estado ele se encontra?  
 b) Um corpo conserva o seu volume e forma. Em que estado se encontra o corpo?  
 c) Um corpo não conserva nem o seu volume nem a sua forma. Em que estado é que se encontra?
8. Porque é que os gases são mais compressíveis do que os líquidos? E porque é que os líquidos são mais compressíveis do que os sólidos?

evaporação), por **ebulição** (passagem com grande agitação molecular e a formação de bolhas) e por **calefação** (passagem brusca).

- **Condensação:** também designada **liquefacção**, é a passagem do estado gasoso para o estado líquido.
- **Sublimação:** é a passagem do estado sólido para o gasoso ou vice-versa sem passar pelo estado líquido.

O esquema que se segue mostra, de maneira resumida, as mudanças que podem ocorrer nos estados físicos da matéria.



## Movimento Browniano, força de adesão, coesão e capilaridade

As moléculas de todas as substâncias encontram-se permanentemente em agitação, num movimento desordenado.



Robert Brown.

A este movimento caótico e aleatório das partículas, deu-se o nome de **movimento Browniano** em homenagem ao botânico escocês Robert Brown que o descobriu em 1827. Na altura, Brown julgou tratar-se de uma nova forma de vida, pois ainda não se tinha completa noção da existência de moléculas, e as partículas pareciam descrever movimentos por vontade própria.

Este movimento pode ser observado quando a luz incide em lugares muito secos, onde macropartículas «flutuam» em movimentos aleatórios (vulgarmente confunde-se com poeira).

Designa-se por **difusão** o fenómeno da mistura espontânea de substâncias, e explica-se pelo movimento caótico das moléculas.

É possível identificar o fenómeno de difusão, quer nos gases, quer nos líquidos ou sólidos, sendo mais rápida nos gases e mais lenta nos sólidos.

A difusão só termina quando se forma uma mistura homogénea.

O fenómeno da difusão está presente quando o oxigénio penetra no organismo dos animais através da pele ou quando as substâncias nutritivas passam ao sangue através das paredes do intestino.

O grau de agitação das moléculas de um corpo é medido pela sua **temperatura**; esta é medida através de um termómetro, sendo o grau a unidade de medida.

Este conceito de temperatura permite explicar porque é que a difusão é mais rápida quando a temperatura é mais elevada. De facto, se a temperatura aumenta é porque aumentou a agitação das moléculas, o que facilita a ocupação dos espaços intermoleculares pelas moléculas de outras substâncias.

A **adesão** é a propriedade da matéria pela qual se unem duas superfícies de substâncias iguais ou diferentes quando entram em contacto e se mantêm juntas por forças intermoleculares. Nestes termos, a adesão é também conhecida por adesividade. É graças ao fenómeno de adesão que podemos escrever com giz ou caneta no quadro e com esferográfica ou lápis no papel. As colas são exemplos de substâncias que facilitam a existência de forças de adesão. A força de adesão também pode ser ilustrada quando humedecemos dois pedaços de papel e juntamo-los, pois observa-se que é difícil voltar a separar os mesmos pedaços.

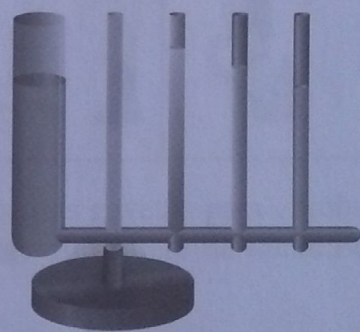
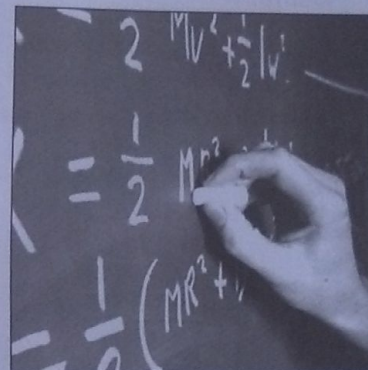
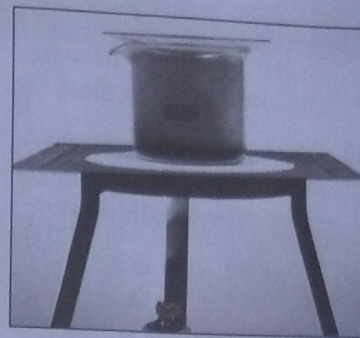
A **coesão** é distinta da adesão. A coesão é a força de atracção entre partículas adjacentes dentro de um mesmo corpo, enquanto que a adesão é a interacção entre as superfícies de corpos diferentes. Nos gases, a força de coesão pode observar-se na sua liquefacção que resulta da produção de forças de atracção suficientemente grandes para produzir-se uma estrutura líquida. Nos líquidos, a coesão reflecte-se na tensão superficial e também na transformação de um líquido em sólido.

Em Física, chama-se **capilaridade** à propriedade dos fluidos de subir ou descer em tubos muito finos. Esta capacidade de subir ou descer resulta da capacidade de o líquido molhar ou não a superfície do tubo.

Quando um líquido entra em contacto com uma superfície sólida fica sujeito a dois tipos de forças que actuam em sentidos contrários: a força de adesão e a força de coesão. A força de adesão tem a ver com a afinidade do líquido para a superfície sólida e actua no sentido do líquido molhar o sólido.

A força de coesão tem a ver com a coesão do próprio líquido e actua no sentido oposto. Se a força de adesão for superior à de coesão, o líquido vai interagir favoravelmente com o sólido, molhando-o.

Se a superfície sólida for um tubo de raio pequeno, como um capilar de vidro, a afinidade com o sólido é tão grande que o líquido sobe pelo capilar. No caso do mercúrio, acontece o contrário, pois este não tem afinidade com o vidro (a força de coesão é maior). O fenómeno da capilaridade pode ser facilmente observado nos candeeiros a petróleo: repare que na torcida do candeeiro só contacta o

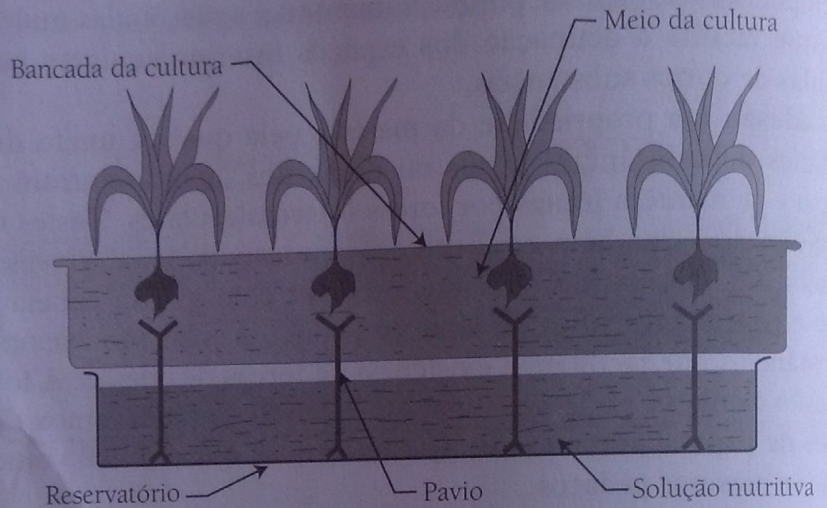


9. Porque é que existindo um espaço vazio entre as moléculas, estas não se separam de vez?
10. Ao dividirmos um corpo em duas partes e voltando a aproximar os seus pedaços, estes não se unem. Porquê? E porque isto acontece na plasticina?
11. O que é que mantém o espaço vazio entre as moléculas?

12. Qual é a condição para existir uma força de atração entre as moléculas?
13. Qual é a condição para existir uma força de repulsão entre as moléculas?
14. Descreva uma experiência que mostra que as moléculas de qualquer substância estão sempre em movimento.
15. Como explica o fenómeno da difusão? Dê exemplos da difusão nos três estados.

petróleo pela sua extremidade inferior, no entanto, a extremidade superior também se apresenta húmida, permitindo que seja acesa. Isto só é possível porque o petróleo no fundo do recipiente foi subindo ao longo da torcida até à sua extremidade superior.

A capilaridade também encontra uma aplicação muito importante na agricultura. O sistema de rega, pelo «método da torcida de candeiro», é um dos sistemas mais sofisticados e úteis que actualmente se utiliza para manter os solos húmidos e férteis.

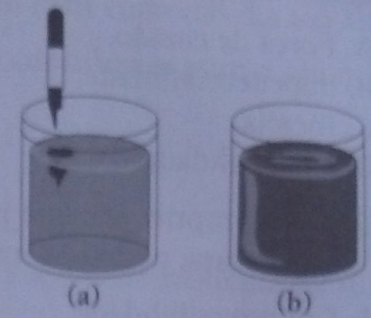


Infelizmente, nem sempre a capilaridade tem efeitos positivos na nossa vida. Muitas vezes ela causa danos que, se não forem corrigidos a tempo, podem ser muito graves. É o que acontece, por exemplo, com as paredes de uma casa, quando um tubo de água que passa por dentro da parede se rompe. Aos poucos, a água que sai do tubo vai-se infiltrando pela parede, deixando-a manchada e, pior que isso, a água vai corroendo o ferro que sustenta as paredes da casa, danificando a sua estrutura. Muitas casas e prédios já desabaram devido à excessiva humidade nas suas paredes que danificou irremediavelmente a estrutura.



## Exemplos

1. Um aluno da 8.<sup>a</sup> classe introduziu num copo com água uma pequena gota de tinta (a). Passado algum tempo verificou que toda a água do copo estava colorida (b). A coloração da água foi possível graças aos seguintes fenómenos e propriedades da matéria:



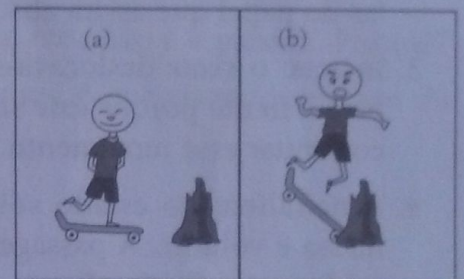
- A. Inércia, difusão, divisibilidade e existência de forças de coesão.
- B. Divisibilidade, difusão, movimento Browniano e existência de espaços intermoleculares.
- C. Difusão, capilaridade, compressibilidade e existência de espaços intermoleculares.
- D. Impenetrabilidade, inexistência de espaços intermoleculares, difusão e capilaridade.

2. O efeito do papel «mata borrão», ao absorver um líquido derramado sobre uma superfície, deve-se à:

- A. Inércia.
- B. Impenetrabilidade.
- C. Capilaridade.
- D. Divisibilidade.

3. Observe atentamente as imagens, (a) e (b), ao lado. O Alberto é projectado em virtude da:

- A. Alta velocidade com que o skate seguia.
- B. Grande quantidade de carga que o Skate levava.
- C. Má qualidade da estrada.
- D. Inércia.



4. As donas de casa costumam colocar bolinhas de naftalina nos cantos das gavetas para combater as traças pois elas danificam as roupas. Com o tempo as bolinhas diminuem de tamanho. A causa disso deve-se:

- A. À sua liquefação.
- B. Ao consumo da naftalina pelas traças.
- C. À sua condensação.
- D. À sua fusão.
- E. À sua sublimação.

5. Anita, uma aluna da 8.<sup>a</sup> classe que gosta muito de plantas, tinha um ramo de rosas brancas mergulhadas num vaso com água. Com um pouco de tinta vermelha ela coloriu a água e, para seu espanto, no dia seguinte, as rosas apresentavam uma tonalidade avermelhada. O tom avermelhado adquirido pelas rosas deve-se à:

- A. Difusão da tinta vermelha pela água do vaso.
- B. Divisibilidade das moléculas da tinta e da água.
- C. Capilaridade.
- D. Existência de espaços intermoleculares na tinta vermelha.

6. Arquimedes, famoso sábio grego da Antiguidade, observou que ao entrar num tanque cheio de água, uma parte do líquido transbordava. Este facto deve-se à:
- Força de coesão.
  - Impenetrabilidade.
  - Inércia.
  - Divisibilidade
7. Qual é a propriedade que justifica que dissolvendo açúcar na água e bebendo qualquer porção dessa mistura, pode-se sentir o sabor do açúcar?
- Compressibilidade.
  - Impenetrabilidade.
  - Divisibilidade.
  - Inércia.

### Resolução

- Por causa da divisibilidade, as moléculas da tinta foram-se distribuindo pelas moléculas da água, facto que só é possível graças à existência de espaços intermoleculares na água que permitiu que a tinta ao difundir-se fosse penetrando pelos espaços vazios existentes entre as moléculas da água. Opção: B.
- Por capilaridade, o líquido vai-se infiltrando nos espaços vazios existentes entre as partículas do papel que assim absorve água. Opção: C.
- Inércia: o *skate* deslocava-se a alta velocidade. Ao travar provocou a projecção do Alberto para a frente porque este se encontrava em movimento e, por inércia, a sua tendência é a de continuar esse movimento. Opção: D.
- A naftalina, no estado sólido, vai-se transformando em vapor e, por isso, vai perdendo massa e volume. A passagem directa do estado sólido para o gasoso e, vice-versa, chama-se sublimação. Opção: E.
- As plantas absorvem os líquidos e sais minerais necessários à sua alimentação por capilaridade. Opção: C.
- Impenetrabilidade: para Arquimedes poder entrar na água, uma parte do líquido, equivalente ao seu volume, deve sair. Opção: B.
- Divisibilidade: os grãos de açúcar espalham-se por todo o líquido dando-lhe um sabor adocicado. Opção: C.

## Exercícios propostos

1. Escolha dois fenómenos que possa realizar e explicar com base na estrutura da matéria.
2. Faça uma lista dos materiais fabricados pelo Homem e que tornam mais confortável a sua vida.
3. Faça uma lista dos materiais fabricados pelo Homem e que não contribuem para o seu bem-estar.
4. Quais são as propriedades das moléculas?
5. O que é comum ou diferente entre todas as moléculas?
6. Qual é a actividade que pode realizar para mostrar que o átomo é a menor partícula da substância que ainda conserva as propriedades da mesma?
7. Defina matéria, substância e corpo.
8. Quais são as forças que existem entre os constituintes de uma substância?
9. a) Defina adesão e indique um caso em que há o efeito de adesão.  
b) Defina coesão e indique um caso em que há o efeito de coesão.  
c) Defina capilaridade e indique um caso em que há o efeito de capilaridade.
10. Como explica o fenómeno de «colar»?
11. Porque é mais difícil separar um corpo sólido em duas partes do que um corpo líquido?
12. O que é que nos possibilita escrever no quadro com giz e no papel com a esferográfica?
13. A resistência para dividir em dois o papel, carvão, lenha, ferro, etc., não é a mesma. Porquê?
14. Porque é que o pincel se abre dentro da lata de água? E porque é que quando retirado da mesma lata os seus fios se juntam?
15. Das frases que se seguem, indique as verdadeiras e as falsas:
  - A. O grau de agitação das moléculas indica-nos a temperatura.
  - B. O movimento Browniano é o movimento desordenado das partículas que compõem as substâncias.
  - C. O instrumento utilizado para medir a temperatura é o termómetro e a unidade de temperatura no Sistema Internacional é o grau centígrado.
  - D. Uma moeda fria passa, à justa, entre dois pregos, mas ao ser aquecida, deixa de passar porque aumentou de volume.
  - E. Colocando uma gota de tinta em água fria e outra em água quente, a água quente ganha rapidamente cor porque o movimento Browniano é mais rápido na água quente.
16. Dê exemplos do dia-a-dia para cada uma das seguintes propriedades gerais da matéria:
  - Inércia.
  - Impenetrabilidade.
  - Compressibilidade.
  - Divisibilidade.

## Introdução



1. Um passageiro efectua a travessia Maputo-Inhaca, numa avioneta, em linha recta.

- Qual é a trajectória do passageiro?
- Indique dois corpos em relação aos quais o passageiro está em repouso.
- Indique dois corpos em relação aos quais o passageiro está em movimento.

2. Num dia festivo, um avião, que largava pára-quedas, deixou cair uma caixa de panfletos alusivos à data. Desenhe a trajectória da caixa para:

- O piloto.
- Um observador na Terra.

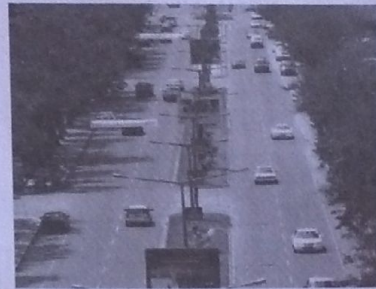
3. a) Quando é que se diz que um corpo está em repouso?

b) Quando é que se diz que um corpo está em movimento?

4. a) Dê exemplos de três corpos em repouso, indicando o referencial.

b) Dê exemplos de três corpos em movimento, indicando o referencial.

5. O que é trajectória?



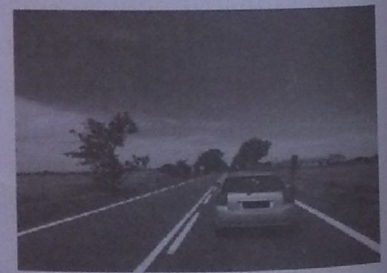
A cinemática é a parte da mecânica que estuda o movimento, sem se preocupar com as causas desse movimento.



Na cinemática, a Física preocupa-se em descrever o movimento do corpo: quando é que iniciou o movimento estudado? Que velocidade tinha o corpo quando iniciou a contagem do tempo? Qual é o sentido da deslocação do corpo? Como varia a velocidade durante a observação? Qual é a trajectória do corpo?

## Repouso e movimento

O António está num carro que se move a 60 km/h na estrada entre Boane e Maputo. Para todos nós, está claro que o António está em movimento em relação à estrada, às árvores e às pessoas pelas quais o carro vai passando e ao mesmo tempo está em repouso em relação à cadeira onde está sentado, em relação ao motorista do carro e em relação aos outros passageiros.



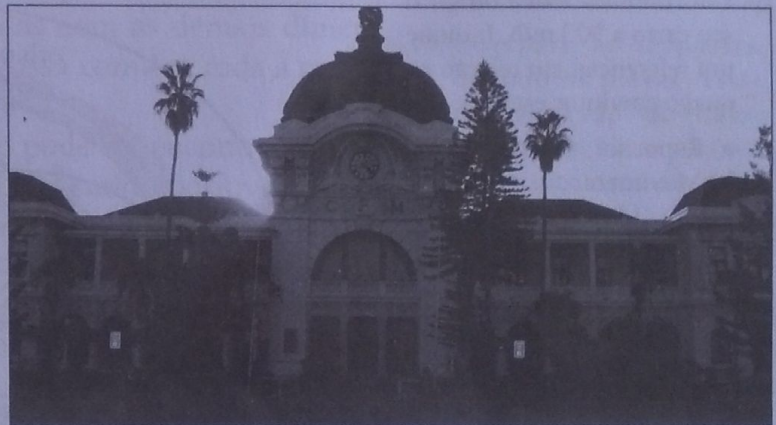
O exemplo do António mostra que para se determinar se um corpo está ou não em movimento é preciso ver se a sua posição muda em relação a outros corpos que o rodeiam.

O carro em que o António está muda a sua posição em relação às casas e às árvores na berma da estrada. De igual modo, a água dum rio desloca-se em relação às margens e um comboio em relação à linha-férrea. Por isso dizemos que o carro, a água e o comboio estão em movimento em relação aos pontos de referência citados.

A mudança de posição do corpo em relação a outros corpos chama-se movimento mecânico.

Os corpos em relação aos quais decidimos se um outro corpo está ou não em movimento são designados «corpos de referência» ou «referenciais». Muitas vezes tomamos como pontos de referência acidentes geográficos, edifícios, postes, etc. Tais elementos estão ligados à Terra e acompanham a Terra no seu movimento, recebendo, por isso, o nome de sistemas ligados à Terra. Por exemplo, as nossas estradas possuem marcos quilométricos cujas distâncias são contadas em relação a um ponto arbitrariamente escolhido como «marco zero». Na Estrada Nacional n.º 1 (EN1) que se estende de Maputo a Cabo Delgado, o marco zero está em Maputo.

Em geral, numa experiência de Física, usa-se como referência um sistema ligado às paredes do laboratório em que está sendo realizada a experiência; um tal sistema recebe o nome de sistema de laboratório.



A igreja da Polana e a estação dos caminhos-de-ferro, em Maputo, são pontos de referência para os turistas.

- **Repouso:** um corpo está em repouso em relação a um dado sistema de referência, quando a sua posição em relação a esse sistema de referência não varia com o tempo.
- **Movimento:** um corpo está em movimento em relação a um dado sistema de referência, quando a sua posição em relação a esse sistema de referência varia com o tempo.

## Classificação dos movimentos

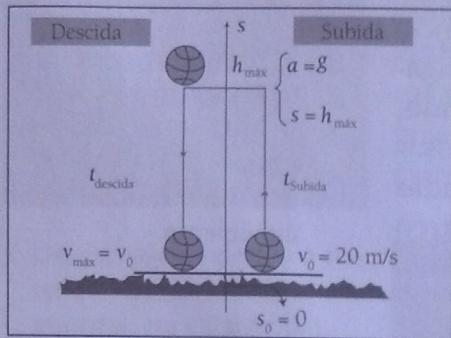
Os movimentos podem ser classificados segundo a trajectória, sentido do percurso e segundo a variação do módulo (valor numérico) da velocidade.

- Segundo a trajectória, o movimento pode ser circular, rectilíneo, helicoidal, parabólico, etc. Por exemplo, a trajectória dos planetas é elíptica enquanto que a dos cometas é parabólica e a da Lua é helicoidal. Já o movimento da queda de um corpo é rectilíneo.

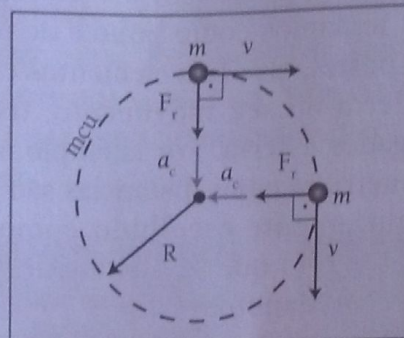
6. Um passageiro está sentado num autocarro a 60 km/h. Argumente que:
- O passageiro está em repouso.
  - O passageiro está em movimento.
  - O autocarro está em repouso.
  - O autocarro está em movimento.

7. a) O movimento é relativo. Porquê?  
b) Em Física têm sentido as frases: «o avião está em repouso» e «o carro está em movimento»? Justifique.
8. O que é um referencial?
9. Um menino está sentado durante a aula de Física. Indique um referencial em relação ao qual o menino está em:
- Repouso.
  - Movimento.

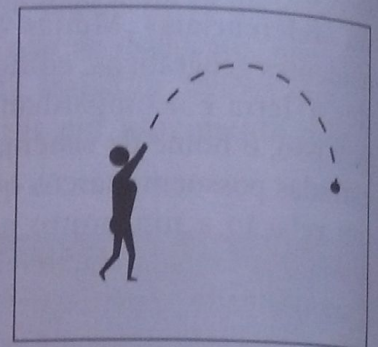
Trajectória é o caminho que um corpo percorre durante o seu movimento. A trajectória é designada segundo a sua configuração geométrica.



Um corpo em queda descreve uma trajectória rectilínea.



Trajectória circular.

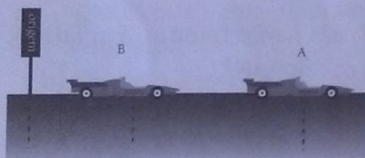


Trajectória parabólica.

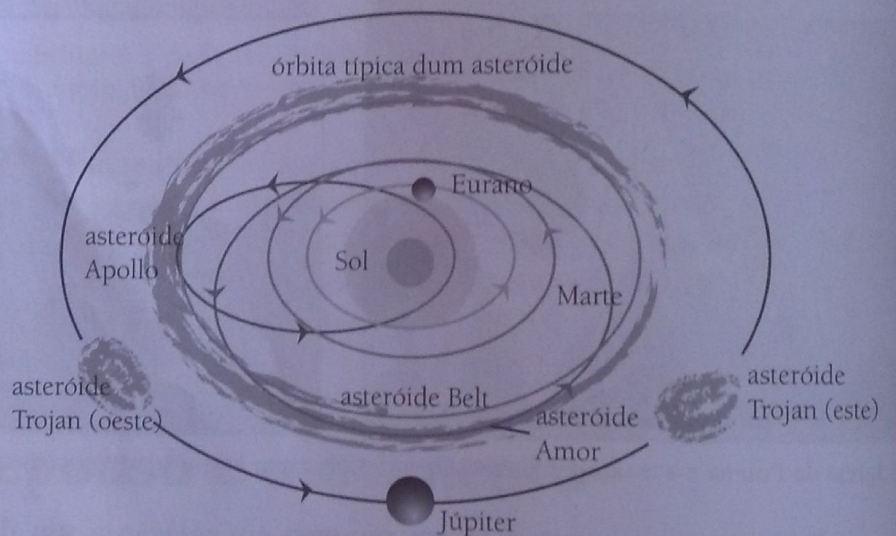
10. Um condutor está a dirigir o seu carro a 50 km/h. Indique um referencial em relação ao qual o condutor está em:

- a) Repouso.
- b) Movimento.

11. Dois carros A e B movem-se à mesma velocidade numa auto-estrada rectilínea, um atrás do outro, separados por uma certa distância. Indique o que é verdadeiro ou falso.



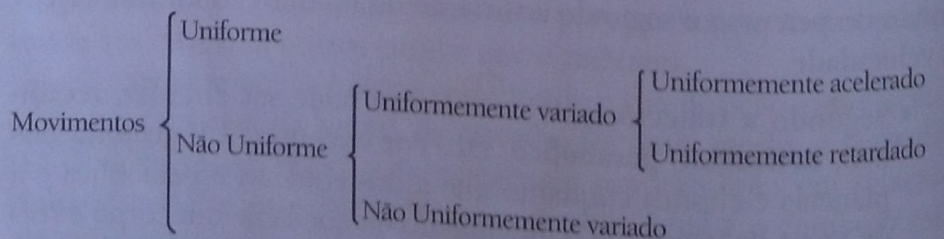
- A. O carro A está em movimento em relação ao carro B.
- B. O carro B está em movimento em relação ao carro A.
- C. O carro A está em repouso em relação ao carro B.
- D. Os carros A e B não estão em movimento.



Os planetas descrevem trajectórias elípticas em torno do Sol.

A trajectória é fechada quando o móvel depois de um certo tempo se encontra no ponto de partida. As pistas de atletismo do Estádio da Machava e do Parque dos Continuadores em Maputo são exemplos de trajectórias fechadas.

• Quanto à variação do módulo da velocidade os movimentos podem ser classificados segundo o esquema abaixo.



## Ponto material, sentido do movimento, movimento progressivo e retrógrado

Um corpo é considerado **ponto material** quando as suas dimensões são desprezíveis em comparação com as demais dimensões envolvidas no problema analisado. Por exemplo, um autocarro de 20 m de comprimento pode ser considerado um ponto material quando faz um percurso de 100 km, pois 20 m é um comprimento desprezível em relação a 100 000 m.

Contudo, este mesmo autocarro quando procura estacionar numa garagem já não pode ser considerado ponto material. Graças a este conceito de ponto material nem sempre precisamos de considerar as dimensões do corpo.

Neste livro, salvo quando dito o contrário, todos os móveis são considerados pontos materiais.

É importante referir que, embora um ponto material tenha dimensões desprezíveis, quando comparadas com as demais dimensões envolvidas no fenómeno, ele possui massa como se toda a massa do corpo estivesse concentrada nesse ponto.

O **sentido do movimento** de um corpo pode ser encontrado marcando sobre a trajectória dois pontos A e B. O sentido positivo é escolhido arbitrariamente, podendo ser de A para B ou de B para A; assim, o negativo é o oposto do positivo e resulta da definição daquele.

Por exemplo, entre Pemba e Metuge, se considerarmos o sentido positivo como o de Pemba para Metuge, conseqüentemente, o sentido negativo seria o de Metuge para Pemba.

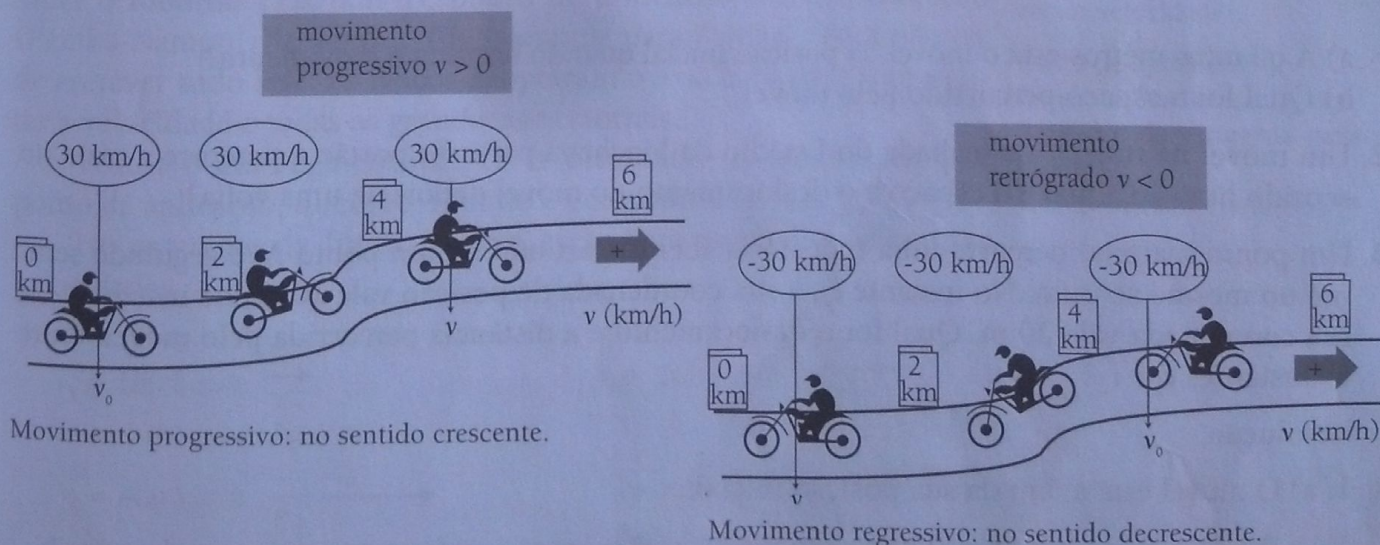
Normalmente, adopta-se o **sentido crescente das posições** como **sentido positivo** e dizemos, então, que o movimento é **progressivo**, caso contrário, o **sentido é negativo** e o movimento é **retrógrado**.

12. Dois ciclistas, Carlos e João, movem-se à mesma velocidade, numa rua retilínea, um ao lado do outro.

- O Carlos está em movimento em relação ao João?
- O Carlos está em repouso em relação ao João?
- O João está em repouso em relação ao Carlos?
- O João está em movimento em relação ao Carlos?
- Pode-se dizer que os ciclistas estão em movimento?

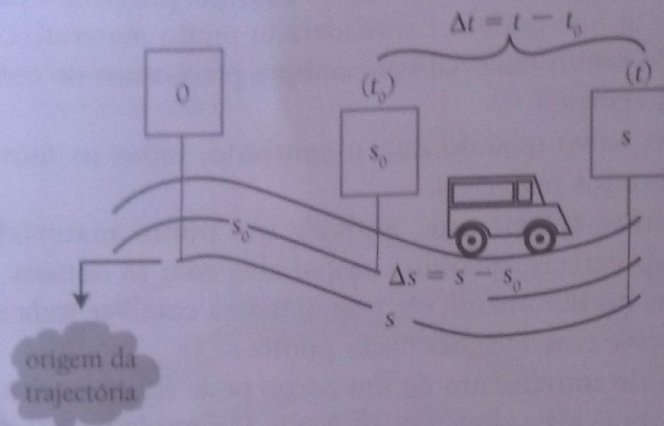
13. Compare as respostas, quando os móveis estão um ao lado do outro (exercício 12) e quando estão um atrás do outro (exercício 11). O que é que conclui?

14. Duas motos, A e B deslocam-se por uma rua estreita, uma atrás da outra separadas por 10 m. Descreva a relação entre elas, com ajuda dos conceitos repouso e movimento.



## Posições, espaços e deslocamentos percorridos por um móvel

A posição em que o móvel se encontra quando começa a observação ( $t = 0$  s) chama-se posição inicial e representa-se por  $s_0$ ; enquanto que aquela em que o móvel se encontra no fim da observação chama-se posição final, sendo representada por  $s_f$ . A diferença entre as posições final e inicial é igual ao deslocamento do móvel ( $\Delta s$ ). Considere os exemplos que se indicam a seguir:



15. Um carro movimenta-se a 90 km/h, numa estrada rectilínea. Use o referencial estrada e indique as posições do carro, em quilómetros, nas primeiras cinco horas.
16. Porque é que no avião Boeing que se move a 800 km/h no ar, o passageiro não sente nenhum desconforto, enquanto que na Terra, num carro que se move a 160 km/h, se sente inseguro?

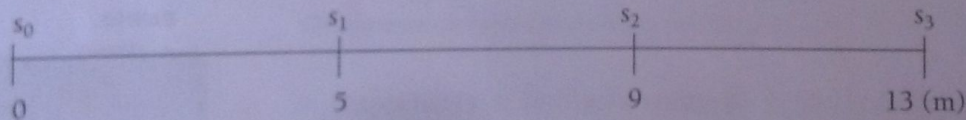
17. Assinale com V quando a afirmação é verdadeira e com F quando é falsa.

De um avião deixa-se cair um objecto. Para o piloto a trajectória do objecto é:

- A. Uma recta.
- B. Uma parábola.
- C. Uma hipérbole.
- D. Uma circunferência.

### Exemplos

1. Um móvel parte do ponto «0 m», passa pelas posições  $s_1$  e  $s_2$ . Ao chegar à posição  $s_3$  inverte o sentido do movimento, parando na posição  $s_1$ .



- a) A quantos metros está o móvel da posição inicial quando termina o movimento?
- b) Qual foi o espaço percorrido pelo móvel?
2. Um móvel na trajectória fechada do Estádio da Machava parte do portão e percorre a pista no sentido horário. Qual é o espaço e o deslocamento do móvel depois de uma volta?
3. Um ponto material percorre uma trajectória aberta, partindo de um ponto A, e seguindo sempre no mesmo sentido. No instante  $t_1$ , a sua coordenada de posição vale 10 m; no instante  $t_2$ , a sua coordenada vale 20 m. Qual foi o deslocamento e a distância percorrida pelo móvel, entre os instantes  $t_1$  e  $t_2$ ?

#### Resolução

1. a) O móvel está a 5 m da sua posição inicial:

$$\Delta s_p = s_f - s_0 = 5 \text{ m} - 0 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

b) O espaço percorrido pelo móvel:

$$s = (s_1 - s_0) + (s_2 - s_1) + (s_3 - s_2) + (s_3 - s_1) = 5 \text{ m} + 4 \text{ m} + 4 \text{ m} + 8 \text{ m} = 21 \text{ m}$$

2. Se adoptarmos como origem das posições o portão, após uma volta o móvel terá posição nula, pois encontra-se no ponto de origem. Mas, o espaço realmente percorrido é o comprimento da pista.

3. Neste caso, a distância percorrida coincide com o deslocamento do móvel pois não houve inversão de sentido.

Dados:  $s_1 = 10 \text{ m}$ ;  $s_2 = 20 \text{ m}$ .  $\Delta s = ?$   $s = ?$

Fórmula:  $s = \Delta s = s_2 - s_1$

$$\Delta s = s_2 - s_1 = 20 \text{ m} - 10 \text{ m} = 10 \text{ m}$$

## Velocidade e suas unidades

Todos usamos a palavra «velocidade» para expressar a ideia de rapidez, mas, para os físicos, este conceito é mais abrangente. Em Física, é muito importante saber também para onde se desloca o corpo (qual o sentido do movimento) e em que linha se desloca (direcção). Por exemplo, dizer que um móvel se desloca a 120 km/h para os físicos não é suficiente. Para além disso, é necessário dizer:

- **Que móvel tem esta velocidade:** carro, moto, avião... (ponto de aplicação).
- **Em que linha se movimenta:** Maputo-Xai-Xai, Beira-Chimoio, Pemba-Nampula... (direcção).
- **Para onde vai:** sai de Maputo para Xai-Xai ou de Xai-Xai para Maputo; de Chimoio para a Beira ou da Beira para Chimoio... (sentido).

Assim, em Física, para a definição da velocidade é necessário saber o **módulo** (120 km/h), **ponto de aplicação** (carro), **direcção** (Pemba-Nampula) e **sentido** (de Nampula para Pemba). Para não ter de escrever tudo isso, os físicos adoptaram o «vector» para representar a velocidade e todas as grandezas vectoriais.

Vector é um segmento de recta orientado, caracterizado por ponto de aplicação, direcção, sentido e comprimento (módulo).

No esquema da figura abaixo estão representadas diferentes velocidades.

$$v_A = 100 \text{ km/h} \quad \vec{v}_A$$

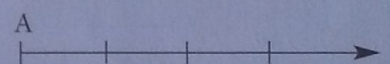
$$v_B = 200 \text{ km/h} \quad \vec{v}_B$$

$$v_C = 400 \text{ km/h} \quad \vec{v}_C$$

$$v_D = 800 \text{ km/h} \quad \vec{v}_D$$

Como pode ver, o comprimento do vector depende do módulo do vector.

18. Represente vectorialmente a velocidade de quatro dos seus colegas numa aula de Educação Física.



vector velocidade

Ponto de aplicação: A

Direcção: horizontal

Sentido: da esquerda para a direita

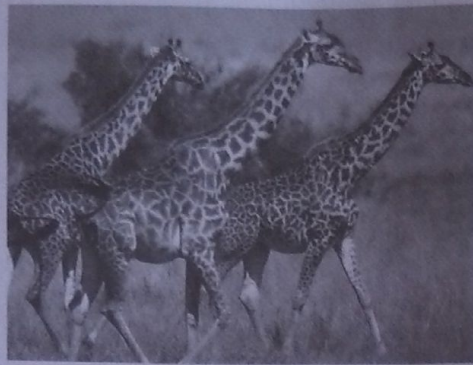
Comprimento (módulo): 4 u

19. Calcule as velocidades dos corpos abaixo indicados:

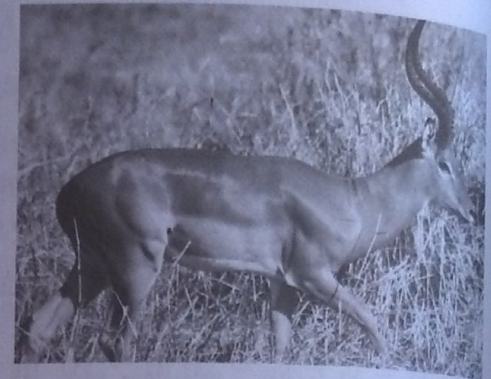
- a) Um atleta que percorre 2 dm em cada segundo (em km/h).
- b) Um carro que percorre 2 km em cada minuto (em km/h).
- c) Um ciclista que percorre 25 m em cada 6s (em km/h).
- d) Um camião que percorre 36 km em cada 30 minutos (em m/s).
- e) Um avião que percorre 900 km em cada hora (em m/s).
- f) Um camponês que transporta lenha percorrendo 9 hm em quinze minutos (em km/h).

20. O que é velocidade média? Como se calcula?

Como curiosidade veja as velocidades atingidas por:



Girafa: 50 km/h



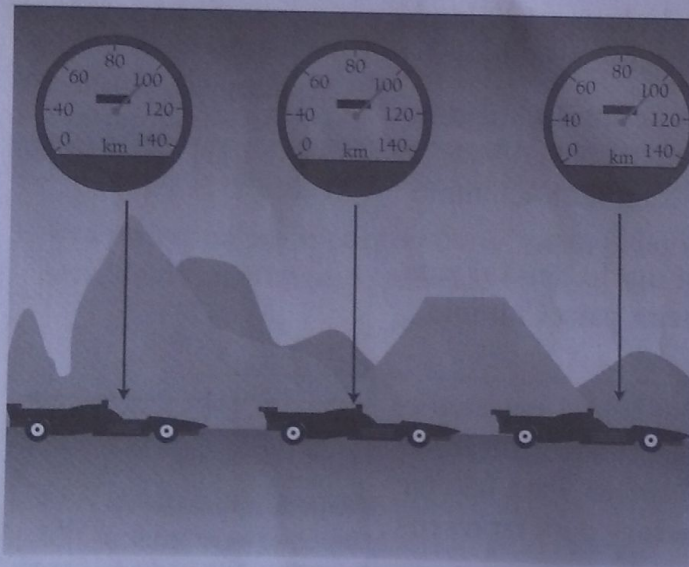
Impala: 80 km/h



Ferrari: 300 km/h



Boeing 737: 1000 km/h



21. O que é velocidade instantânea?

O estudo dos movimentos é, em muitas situações, muito complicado pois, para além do módulo, é necessário considerar a direcção e o sentido da velocidade. É o que acontece, por exemplo, quando estudamos o movimento de dois corpos que se movem ao mesmo tempo ou de um corpo que não se move em linha recta.

No entanto, quando se trata de um único corpo que se move em linha recta e sempre no mesmo sentido, a descrição é muito simples (carro da figura ao lado). Neste caso, a velocidade tem sempre a direcção da trajectória e pode-se usar, sem cometer um grande erro, a palavra velocidade sem se ter de analisar a todo o momento a sua direcção e sentido.

No caso mais simples de um objecto que se move em linha recta e sempre no mesmo sentido é fácil calcular a velocidade. Repare na figura da página anterior: se o carro percorrer uma distância de 27 km em 0,3 h, basta dividir o comprimento da estrada percorrida pelo tempo que o carro gastou, para determinar a sua velocidade, em média. Será no caso da figura de 90 km/h.

Se fôssemos calcular a velocidade do carro durante o primeiro 0,15 h, encontraríamos certamente um valor diferente. Seria a velocidade média apenas durante o primeiro 0,15 h.

Porquê em média? Porque o provável é que o carro não se tenha movimentado sempre da mesma maneira, isto é, em alguns momentos pode ter sido mais rápido do que noutros. Por isso, o valor calculado é apenas um valor médio e dizemos que calculamos a velocidade média ( $v_m$ ).

$$\text{velocidade média} = \frac{\text{distância percorrida}}{\text{tempo gasto em percorrê-la}} \left[ v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \right]$$

onde:

$v_m$  é a velocidade média do móvel.

$\Delta$  (lê-se delta) significa variação.

$\Delta s$  é a distância percorrida.

$\Delta t$  é o tempo gasto no percurso.

O valor  $\Delta s$  neste caso representa o espaço total percorrido. Assim, por este conceito de velocidade média, se um automóvel ligeiro e outro pesado gastarem o mesmo tempo para percorrer uma mesma distância terão a mesma velocidade média. Veja um outro exemplo:

Mariana e Helena estão numa corrida de atletismo onde iniciam e terminam ao mesmo tempo o trajecto. Por isto, as suas velocidades médias são iguais, mas isso não significa, necessariamente, que tiveram sempre a mesma velocidade. Pode ser que uma delas tenha começado a prova muito rapidamente e terminado a mesma mais lentamente, enquanto que a outra tenha feito o contrário e, por isso alcança a adversária e cortam juntas a meta.

Deste modo, concluímos que a velocidade média considera apenas os instantes inicial e final, e não como foi feito o percurso.

À velocidade que um móvel necessita de ter para fazer o mesmo percurso animado de movimento uniforme chama-se velocidade média.

Se formos capazes de determinar a velocidade num intervalo de tempo muito pequeno, teremos medido a **velocidade instantânea**, isto é, a sua velocidade num instante particular do seu movimento. Os carros têm no painel um velocímetro que permite ao condutor ter uma ideia da velocidade do carro num certo instante.

No S.I. o espaço percorrido  $s$  é expresso em metros enquanto que o tempo  $t$  é expresso em segundos, por isso, da fórmula da velocidade média ou simplesmente velocidade,  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ , segue que a unidade da velocidade no S.I. é o  $\frac{m}{s}$ . Uma unidade também muito usada da velocidade é o  $\frac{km}{h}$ , sendo que  $1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$ .

22. Determine as velocidades médias nos casos abaixo indicados:

a) Um carro percorre 30 km em meia hora, pára durante meia hora e percorre mais 60 km em 1 h.

b) O motorista fica à espera de passageiros durante 15 min, depois arranca e percorre 70 km em 1 h, pára mais 15 minutos para os passageiros fazerem compras e arranca percorrendo mais 45 km em meia hora quando chega ao destino.

c) O móvel percorre 60 km em 45 minutos, pára durante meia hora, percorre mais 40 km em quinze minutos quando pára durante 1 h. Após isso, o motorista decide regressar e volta ao ponto de origem em 2 h.

23. Um automóvel faz um determinado percurso com a velocidade média de 90 km/h em 3 h.

a) Que distância o automóvel percorreu?

b) Qual era a velocidade média do automóvel em unidades S.I.?



## Exemplos

- Converta as velocidades abaixo para m/s.
  - 72 km/h.
  - 54 km/h.
  - 90 km/h.
- Converta as velocidades abaixo para km/h.
  - 1,5 m/s.
  - 8 m/s.
  - 30 m/s.
- Represente as velocidades abaixo sob a forma de vector, use 1 cm = 10 m/s.
  - 72 km/h, perpendicular às linhas das folhas em que escreve e dirigida de baixo para cima.
  - 54 km/h, perpendicular às linhas das folhas em que escreve e dirigida de cima para baixo.
  - 90 km/h, horizontal, paralela às linhas das folhas em que escreve e dirigida da esquerda para a direita.
- Considere a tabela:

Troço	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F
Distância	60 km	15 km	40 km	30 km	25 km
Tempo	20 min	10 min	15 min	15 min	15 min

Calcule a velocidade média em km/min.

- Compare as velocidades médias dos carros A e B, nas tabelas abaixo:

Carro A

Paragem	Maputo	Matola Rio	Boane	km 60	Namaacha
Espaço	0 km	16 km	30 km	60 km	72 km
Tempo	6 h	6,15 h	6,30 h	6,50 h	7,15 h

Carro B

Paragem	Maputo	Matola Rio	Boane	km 60	Namaacha
Espaço	0 km	16 km	30 km	60 km	72 km
Tempo	9 h	9,30 h	10 h	10,15 h	10,45 h

## Resolução

$$1. \text{ a) } 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \left[ 72 \times \frac{5 \text{ m}}{18 \text{ s}} \right] = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{b) } 54 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \left[ 54 \times \frac{5 \text{ m}}{18 \text{ s}} \right] = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{c) } 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \left[ 90 \times \frac{5 \text{ m}}{18 \text{ s}} \right] = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$2. a) 1,5 \frac{\text{m}}{\text{h}} = \left[ 1,5 \times 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right] = 5,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

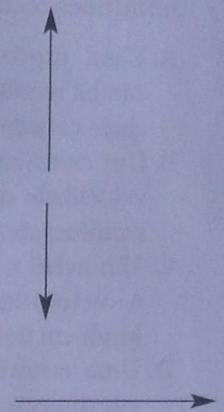
$$b) 8 \frac{\text{m}}{\text{h}} = \left[ 8 \times 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right] = 28,8 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$c) 30 \frac{\text{m}}{\text{h}} = \left[ 30 \times 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right] = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

3. a) 72 km/h, perpendicular às linhas das folhas em que escreve e dirigida de baixo para cima. 72 km/h = 20 m/s

b) 54 km/h, perpendicular às linhas das folhas em que escreve e dirigida de cima para baixo. 54 km/h = 15 m/s

c) 90 km/h, horizontal, paralela às linhas das folhas em que escreve e dirigida da esquerda para a direita. 90 km/h = 25 m/s



4. A velocidade em km/min a partir da tabela é igual a:  $v_{\text{média}} = \frac{\text{espaço total}}{\text{tempo total}}$

$$v_{\text{média}} = \frac{60 \text{ km} + 15 \text{ km} + 40 \text{ km} + 30 \text{ km} + 25 \text{ km}}{20 \text{ min} + 10 \text{ min} + 15 \text{ min} + 15 \text{ min} + 15 \text{ min}} = \frac{170 \text{ km}}{75 \text{ min}} = 2,26 \text{ km/min}$$

5. As velocidades médias nas tabelas abaixo são:

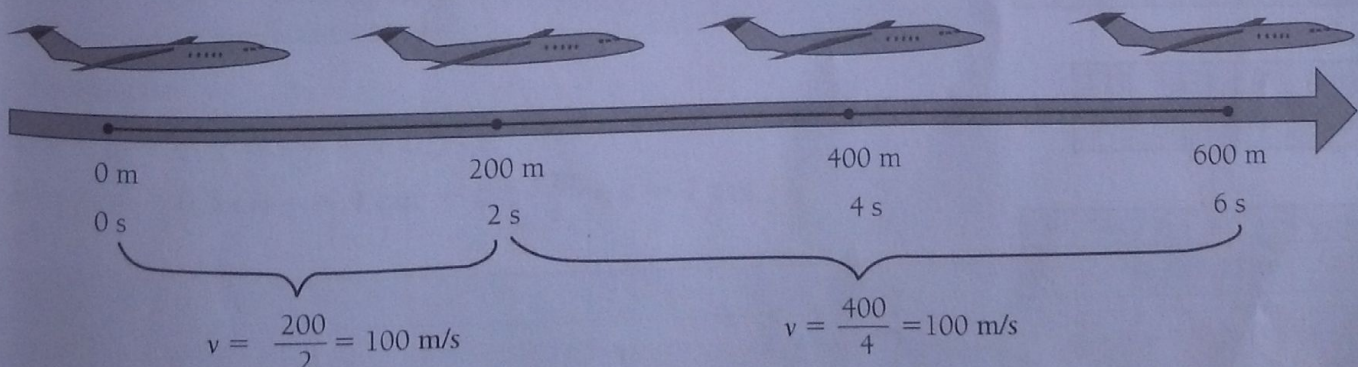
Carro A

Carro B

$$v_{\text{média}} = \frac{\text{espaço total}}{\text{tempo total}} = \frac{72 \text{ km}}{1,15 \text{ h}} = 62,6 \text{ km/h} \quad s = \frac{1}{2}at^2 \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2 \times 4 \times 10^{-2}}{1,6 \times 10^{-3}}}$$

## Movimento Rectilíneo Uniforme (MRU)

O movimento rectilíneo uniforme é o mais simples de todos os movimentos. Considere um avião que, voando em linha recta, percorre sempre a mesma distância no mesmo intervalo de tempo, por exemplo, 200 m em cada 2 segundos.



24. Identifique nos casos abaixo indicados os movimentos uniformes rectilíneos:

- A. Uma moto sobe uma rampa rectilínea à velocidade constante de 4 m/s.
- B. Um carro aumenta a sua velocidade numa descida rectilínea de 5 para 7 m/s.
- C. Um avião no ar mantém a velocidade de 950 km/h em linha recta.
- D. Uma tartaruga caminha em direcção a um pé de alface percorrendo sempre, em linha recta, a distância de 20 cm em em cada intervalo de tempo de 10 s.

Dividindo o espaço percorrido ( $\Delta s$ ) pelo intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) gasto, encontraremos a velocidade do Movimento Rectilíneo Uniforme (MRU).

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Leftrightarrow v = \frac{(200 - 0) \text{ m}}{(2 - 0) \text{ s}} = \frac{(400 - 0) \text{ m}}{(4 - 0) \text{ s}} = \frac{(600 - 0) \text{ m}}{(6 - 0) \text{ s}} = 100 \text{ m/s}$$

Como se pode constatar, quando um corpo está animado de MRU, a sua velocidade tem sempre o mesmo valor, a mesma direcção e o mesmo sentido.

Representando numa tabela de valores as distâncias percorridas pelo avião em função do tempo e, noutra tabela, a velocidade do avião em função do tempo, obtemos as tabelas seguintes, que constituem as tabelas do movimento rectilíneo uniforme:

Tabela «espaço-tempo»

s(m)	0	200	400	600
t(s)	0	2	4	6

Tabela «velocidade-tempo»

v(m/s)	100	100	100	100
t(s)	0	2	4	6

25. Analise atentamente as tabelas da velocidade e as tabelas do espaço, em função do tempo, para os movimentos de seis corpos que se deslocam em linha recta. Indique, justificando as respostas, o tipo de movimento de cada móvel.

A.

v(m/s)	0	4	8	12
t(s)	0	2	4	6

B.

v(m/s)	4	4	4	4	4
t(s)	0	1,5	3,0	4,5	6,0

C.

v(m/s)	0	3	6	9	12	18
t(s)	0	5	10	15	20	25

D.

s(m)	0	4	8	12
t(s)	0	2	4	6

E.

s(m)	4	4	4	4	4
t(s)	0	1,5	3,0	4,5	6,0

Assim, também pode-se dizer que o avião está animado de movimento rectilíneo uniforme pois a sua velocidade não varia no decorrer do tempo. A velocidade do avião é de 100 m/s durante todo o percurso em que foi analisado o movimento.

**Movimento rectilíneo uniforme** é aquele cuja trajectória é rectilínea e cuja velocidade, diferente de zero, é constante em módulo, direcção e sentido. Por isso, um móvel animado de MRU percorre distâncias iguais em intervalos de tempos iguais.

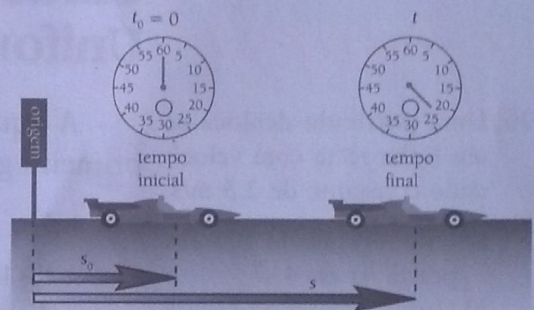
## Lei dos espaços – Função horária do MRU

Continuemos a analisar o movimento do avião. Constatámos que a sua velocidade é igual a 100 m/s. Isto significa dizer que em cada segundo ele percorre 100 m. Assim, para determinar a posição do avião ou o espaço por ele percorrido, precisaríamos de saber apenas a duração do movimento, uma vez que, nestas circunstâncias, o espaço percorrido é igual ao produto da velocidade ( $v$ ) pelo intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) em que o movimento foi observado. Simbolicamente temos,

$$\Delta s = v \cdot \Delta t \Leftrightarrow s - s_0 = v \cdot \Delta t \Leftrightarrow s = s_0 + v \cdot \Delta t$$

A expressão  $s = v \cdot \Delta t$  é válida quando o móvel parte do ponto A que é o marco zero. Se o móvel partisse do ponto B, já teríamos de somar a distância  $\overline{AB}$  nos nossos cálculos para determinarmos a posição do móvel. A distância  $\overline{AB}$  que o móvel percorreu antes do início da contagem do tempo chama-se **espaço inicial** e representa-se por  $s_0$ . Assim, a equação horária geral do movimento uniforme rectilíneo é

$$s = s_0 + v \cdot \Delta t$$



### Exemplos

Um cágado move-se em direcção a uma papaia em linha recta. No instante  $t_0$  (início da contagem dos tempos) ele está a 4 cm do marco zero. Sabendo que se move com a velocidade constante de 0,5 cm/s:

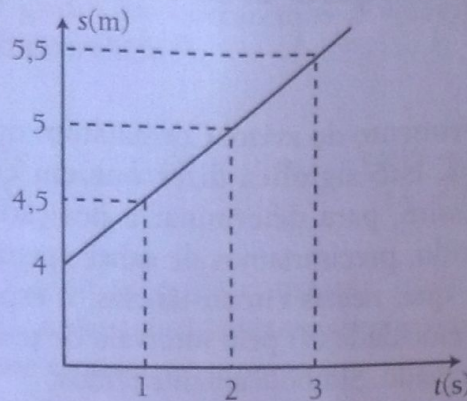
- Escreva a equação horária para o cágado.
- Determine a posição do cágado depois de 6 s.
- Construa a tabela  $s \cdot t$  para o cágado.
- Construa o gráfico  $s \cdot t$ .

#### Resolução

- $s = s_0 + v \cdot t \Leftrightarrow s = 4 + 0,5 \cdot t$
- $s = 4 + 0,5 t \Leftrightarrow s = 4 \text{ cm} + 0,5 \frac{\text{cm}}{\text{s}} 6 \text{ s} = 7 \text{ cm}$
- 

t(s)	0	1	2	3
s(cm)	$s = 4 + 0,5 t = 4 \text{ cm}$	$s = 4 + 0,5 t = 4,5 \text{ cm}$	$s = 4 + 0,5 t = 5 \text{ cm}$	$s = 4 + 0,5 t = 5,5 \text{ cm}$

d)

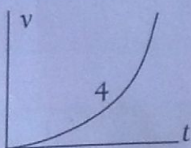
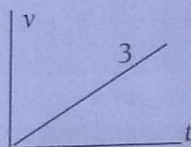
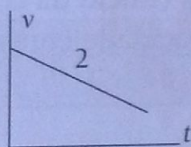
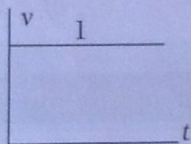


### Características do Movimento Uniforme

26. Uma partícula desloca-se em linha recta com velocidade constante de 2,5 m/s.
- Que distância ela irá percorrer em 4 s?
  - Quanto tempo ela gastará para percorrer 15 m?
  - Qual dos gráficos representa a velocidade da partícula?

A equação horária do movimento uniforme é uma equação do primeiro grau,  $s = s_0 + v \cdot t$ , o que mostra que:

- No movimento uniforme os espaços percorridos são directamente proporcionais aos tempos gastos em percorrê-los.
- A constante de proporcionalidade entre os espaços percorridos e o tempo gasto em percorrê-los é a velocidade.

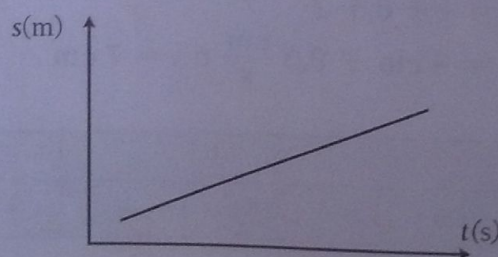


### Gráfico do espaço em função do tempo (s · t) do MRU

O gráfico  $s \cdot t$  também chamado gráfico horário é a representação gráfica da equação horária, num sistema de coordenadas cartesianas. A equação horária do MRU é uma equação do primeiro grau, por isso, o gráfico desta equação é uma linha recta oblíqua em relação aos dois eixos.

Qualquer função do primeiro grau é representada por uma recta, daí que estas equações sejam conhecidas por equações lineares.

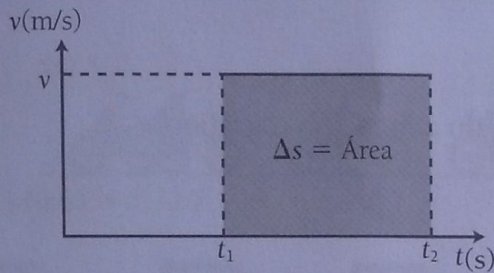
Gráfico  $s \cdot t$



## Gráfico da velocidade em função do tempo ( $v \cdot t$ ) no MRU

Este gráfico mostra como a velocidade varia no decorrer do tempo. No MRU a velocidade é constante, isto é, ela assume o mesmo valor no decorrer do tempo. Por isso o gráfico  $v \cdot t$  (representado abaixo) é uma linha recta perpendicular ao eixo das velocidades.

A partir do gráfico  $v \cdot t$  é possível obter o valor do espaço que será a área do rectângulo sob o gráfico.



Tratando-se dum rectângulo temos que

$$A = c \times l = (t_2 - t_1) \cdot v \left[ s \cdot \frac{m}{s} = m \right] \Leftrightarrow$$

$$\Delta s = \text{Área}$$

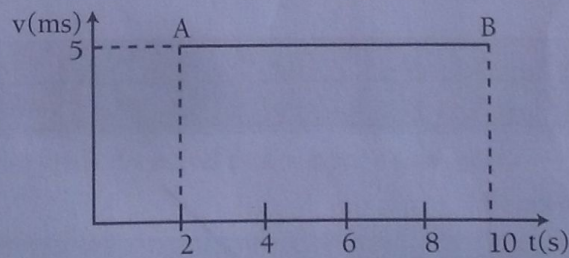
27. A tabela mostra como variam as distâncias percorridas por uma partícula, que se deslocou em linha recta, em função do tempo.

s(m)	0	4,5	9,0	13,5	18,0
t(s)	0	1,5	3,0	4,5	6,0

- Classifique quanto ao movimento. Justifique.
- Calcule a velocidade por partícula.
- Desenhe os gráficos  $v(t)$  e  $s(t)$ .

## Exemplos

- Determine o espaço percorrido por um móvel animado de movimento uniforme com a velocidade de 5 m/s, entre os instantes  $t = 2$  s e  $t = 10$  s a partir do gráfico  $v \cdot t$  abaixo indicado.



- As posições de um móvel e os instantes correspondentes estão listados na tabela abaixo.

s(km)	6,0	9,0	15,0	21,0	21,0	21,0	25,0	29,0	33,0	33,0
t(s)	0	3	5	7	9	11	13	15	17	19

- Determine a velocidade média do móvel entre os instantes 0 e 15 s.
- Determine o deslocamento do veículo entre os instantes 5 e 15 s.
- Em que período a velocidade do móvel foi maior?

3. Um móvel animado de MRU inicia o movimento com a velocidade de 30 km/h.
- Qual será a velocidade do móvel 1 h depois de ter terminado o movimento?
  - Qual será a velocidade do móvel 2 h depois de ter iniciado o movimento?
  - Qual será a velocidade do móvel 3 h depois de ter iniciado o movimento?
  - Faça a tabela e o gráfico  $v \cdot t$  para o móvel.
  - Complete a tabela  $s \cdot t$  para o móvel.

s(km)					
t(h)	0	1	2	3	4

f) Construa o gráfico  $s \cdot t$  para o móvel.

Resolução

1. Determina-se o espaço percorrido, calculando a área sob o gráfico  $v \cdot t$ .

$$A = C \cdot L = (10 - 2) s \times 5 m/s = 40 m.$$

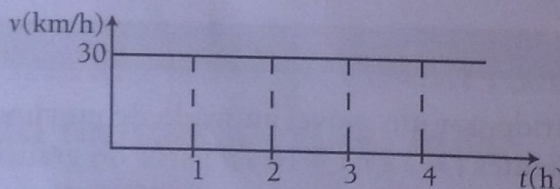
2. a)  $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{23 m}{15 s} = 1,5 m/s$

b)  $\Delta s = s_{15} - s_5 = 29,0 - 15,0 = 14,0 m$

c) Entre 3 e 7 s.

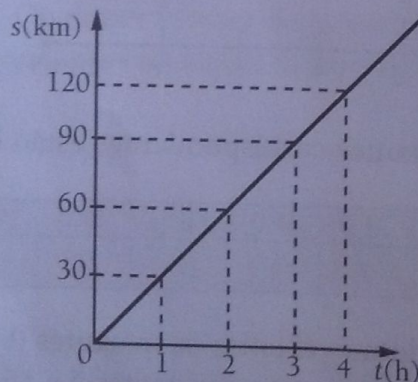
3. a) 30 km/h  
 b) 30 km/h  
 c) 30 km/h  
 d) Tabela

v(km/h)	30	30	30	30	30
t(h)	0	1	2	3	4



e)

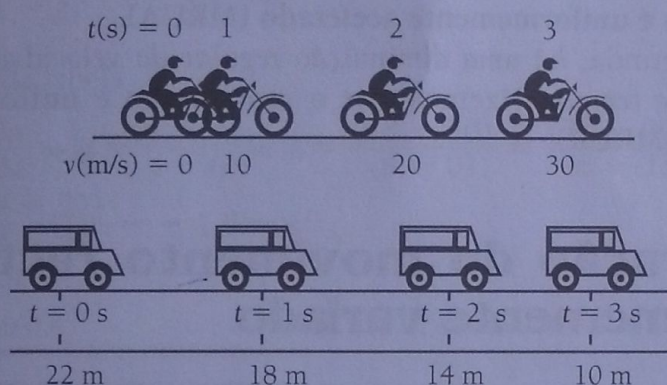
s(km)	0	30	60	90	120
t(h)	0	1	2	3	4



## Movimento Uniformemente Variado

Na secção anterior, analisámos o movimento rectilíneo uniforme, isto é, aquele movimento em que a velocidade do móvel se mantém constante durante todo o percurso.

Contudo, quando andamos de automóvel, verificamos que, nas curvas e nas subidas, o carro vai mais devagar do que nas partes rectas e horizontais das estradas. Neste caso, a velocidade do carro não se mantém constante, ora aumenta, ora diminui. Dizemos, por isso, que o movimento do automóvel não é rectilíneo uniforme, mas sim **variado**.



Quando a velocidade de um móvel varia (aumenta ou diminui), o móvel não percorre distâncias iguais em intervalos de tempos iguais. Nestes casos, o movimento diz-se variado.

Um caso particular deste movimento é quando a variação da velocidade ocorre, ao longo do tempo, no mesmo sentido, isto é, a velocidade está sempre a aumentar ou a diminuir. O movimento em que a velocidade está sempre a aumentar diz-se **acelerado** e aquele em que a velocidade está sempre a diminuir designa-se por **movimento retardado**. As tabelas abaixo ilustram estes dois tipos de movimentos:

$v(\text{m/s})$	0	2	5	10	20	28
$t(\text{s})$	0	2	4	6	8	10

Movimento acelerado: a velocidade do móvel está sempre a aumentar.

$v(\text{m/s})$	30	25	15	12	8	2
$t(\text{s})$	0	2	4	6	8	10

Movimento retardado: a velocidade do móvel está sempre a diminuir.

Analisando as tabelas acima, vemos que, tanto na primeira, como na segunda, o aumento e a diminuição da velocidade não obedecem a uma regra específica, quer dizer, é impossível prever qual será a velocidade dos móveis nos instantes seguintes, pois, as variações da velocidade ocorrem de maneira arbitrária.

Escolha a opção correcta.

28. No movimento rectilíneo uniformemente variado:

- A aceleração do móvel varia linearmente com o tempo.
- A velocidade varia linearmente no decorrer do tempo.
- A aceleração é sempre positiva.
- O gráfico  $s \cdot t$  é uma recta inclinada em relação aos dois eixos.

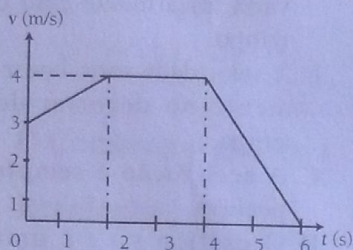
29. Num instante  $t = 0$  s, um carro viaja a 20 km/h. Dois segundos mais tarde o módulo da sua velocidade é de 23 km/h e depois de outros dois segundos é de 26 km/h. Admitindo-se que a aceleração é constante, inclusive antes de  $t = 0$  s, qual foi o módulo da velocidade do carro em km/h, no instante  $t = 3$  s, isto é, três segundos antes de atingir a velocidade de 20,0 km/h?

- 14,0 km/h.
- 14,5 km/h.
- 15,0 km/h.
- 15,5 km/h.

30. Num gráfico  $s \cdot t$  de um movimento uniformemente acelerado pode-se notar que o móvel está na posição 48 m quando  $t = 1$  s e na posição 57 m quando  $t = 2$  s. Estes dados são suficientes para afirmarmos que:

- A velocidade inicial é nula e a aceleração do móvel é de  $-6 \text{ m/s}^2$ .
- A velocidade inicial é de 48 m/s e a aceleração é de  $6 \text{ m/s}^2$ .
- A aceleração é de  $-39 \text{ m/s}^2$ .
- Nenhuma destas afirmações é correcta.

31. Podemos afirmar que o móvel que permitiu a construção do gráfico  $v \cdot t$  abaixo, com a velocidade inicial de 3 m/s, percorre 12 m entre os instantes  $t = 2$  s e  $t = 6$  s?



- A. 8 m
- B. 10 m
- C. 12 m
- D. 14 m

Analise, agora, as tabelas que se seguem:

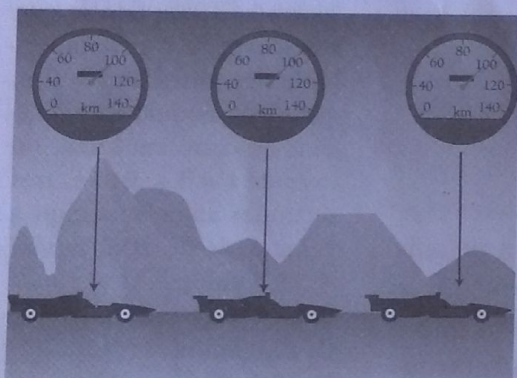
$v$ (m/s)	0	5	10	15	20
$t$ (s)	0	2	4	6	8

$v$ (m/s)	30	27	24	21	18
$t$ (s)	0	2	4	6	8

Na primeira tabela, constata-se que a velocidade aumenta quantidades iguais em intervalos de tempos iguais, isto é, há um aumento uniforme da velocidade em cada intervalo de tempo. Dizemos que o movimento é uniformemente acelerado (MRUA).

Na segunda, há uma diminuição regular da velocidade em cada intervalo de tempo. Dizemos que o movimento é uniformemente retardado (MRUR).

### Aceleração do movimento rectilíneo uniformemente variado



A velocidade é uma grandeza que mostra a rapidez com que um corpo se desloca. Existe também uma grandeza que mostra a rapidez com que a velocidade varia. Essa grandeza é a **aceleração**.

Podemos observar a variação de velocidade de um carro, no seu velocímetro.

Não existe aceleração quando o ponteiro do velocímetro não se move, isto é, quando o velocímetro marca sempre a mesma velocidade. Isto significa que, no movimento rectilíneo uniforme não há aceleração.

Se o ponteiro do velocímetro se move lentamente, é porque a velocidade está a variar pouco. Nesse caso, a aceleração é pequena. Quando o ponteiro se move mais depressa, a velocidade está a variar rapidamente. Aí a aceleração é grande. Então, para ter a aceleração, é necessário conhecer a variação de velocidade, e o intervalo de tempo em que ela ocorreu. A variação de velocidade diz-nos o quanto ela mudou; e o intervalo de tempo diz-nos se essa mudança foi rápida ou lenta.

O conceito de **aceleração** está sempre relacionado com uma mudança na velocidade.

**Accleração (a):** é a variação da velocidade em cada unidade de tempo.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Leftrightarrow a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

No S.I. de unidades mede-se em  $\frac{m/s}{s} = \frac{m}{s^2} = m/s^2$

32. Uma partícula que se movimenta segundo a equação

$$s = 5 + 2t + t^2$$

- A. Movimenta-se com a velocidade constante de 10 m/s.
- B. Tem uma aceleração variável.
- C. Inicia o seu movimento com a velocidade de 5 m/s.
- D. Nenhuma das afirmações é correcta.

## Lei e gráfico da aceleração no MRUV

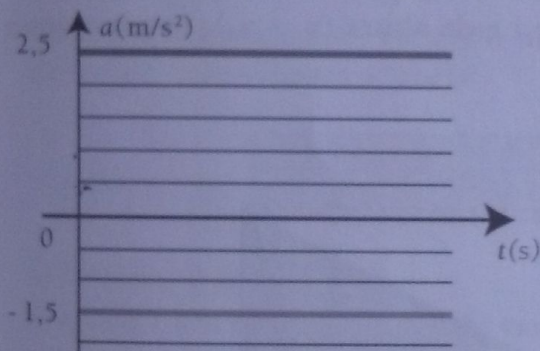
Se calcularmos as acelerações dos móveis representados nas tabelas da página anterior (MRUA e MRUR), obtemos:

Primeira tabela

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Leftrightarrow a = \frac{v - v_0}{t - t_0} \Leftrightarrow a = \frac{(5 - 0)}{(2 - 0)} = \frac{(10 - 0)}{(4 - 0)} = \frac{(15 - 5)}{(6 - 2)} = + 2,5 \text{ m/s}^2$$

Segunda tabela

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Leftrightarrow a = \frac{v - v_0}{t - t_0} \Leftrightarrow a = \frac{(18 - 30)}{(8 - 0)} = \frac{(21 - 27)}{(8 - 2)} = \frac{(24 - 27)}{(4 - 2)} = - 1,5 \text{ m/s}^2$$



Conclusão: no MRUV, a aceleração é constante, isto é, a aceleração não varia.

## Movimento Retilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA)

Quando a trajetória é retilínea e a velocidade do móvel está sempre a aumentar diz-se que o móvel está animado de movimento retilíneo uniformemente acelerado (MRUA). Veja na tabela abaixo dados colhidos de um movimento uniformemente acelerado.

Móvel A							
v(m/s)	1	3	5	7	9	11	13
t(s)	0	2	4	6	8	10	12

Qual será o valor da aceleração do móvel?

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{13 \text{ m/s} - 1 \text{ m/s}}{12 \text{ s} - 0 \text{ s}} = \frac{12 \text{ m/s}}{12 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}^2$$

33. Uma moto deslocou-se variando uniformemente a sua velocidade, nos diferentes intervalos de tempo, como ilustra a tabela abaixo.

v(m/s)	0	50	80	80	120
t(s)	0	2,5	4	5	7

A aceleração da moto entre 5 e 7 s foi de:

- A. 17,14 m/s<sup>2</sup>.
- B. 20 m/s<sup>2</sup>.
- C. 0 m/s<sup>2</sup>.
- D. 5,55 m/s<sup>2</sup>.

34. Um móvel percorre uma trajetória retilínea, a uma velocidade constante. Num dado instante, é aplicada ao móvel uma aceleração constante de 2 cm/s<sup>2</sup> e, nos 3 segundos subsequentes a este instante, o móvel percorre 45 cm. Qual era a sua velocidade inicial?

- A. 8 cm/s.
- B. 10 cm/s.
- C. 12 cm/s.
- D. 14 cm/s.

35. Um móvel parte de repouso e adquire movimento uniformemente acelerado, com a aceleração de 4 m/s<sup>2</sup>. O deslocamento do móvel, durante o 5.º segundo do movimento é:

- A. 18 m.
- B. 20 m.
- C. 22 m.
- D. 24 m.

36. Um móvel percorre uma recta com a velocidade constante de 10 cm/s quando, num determinado instante, passa a ficar sujeito a uma aceleração constante, durante 5 minutos. Nos primeiros 100 s de actuação da aceleração, o móvel percorre 20 m. Nos 100 s seguintes o móvel percorre:

- A. 36 m.
- B. 38 m.
- C. 41 m.
- D. 42 m.

37. Um automóvel com a velocidade de 54 km/h tem que parar repentinamente. Se os travões imprimem-lhe uma aceleração de 2 m/s<sup>2</sup>.

- a) Quanto tempo o carro precisa para parar?
- A. 7,0 s.
  - B. 7,5 s.
  - C. 8,0 s.
  - D. 8,5 s.
- b) Qual é a distância que o carro percorre até parar?
- A. 56,25 m.
  - B. 56,75 m.
  - C. 57,25 m.
  - D. 57,75 m.

No estudo dos movimentos importa sempre sermos capazes de prever a localização e a velocidade do móvel em determinado instante. Como calcular a velocidade no MRUA? Consideremos ainda o móvel da tabela anterior para procurarmos a lei e a fórmula da velocidade no MRUA.

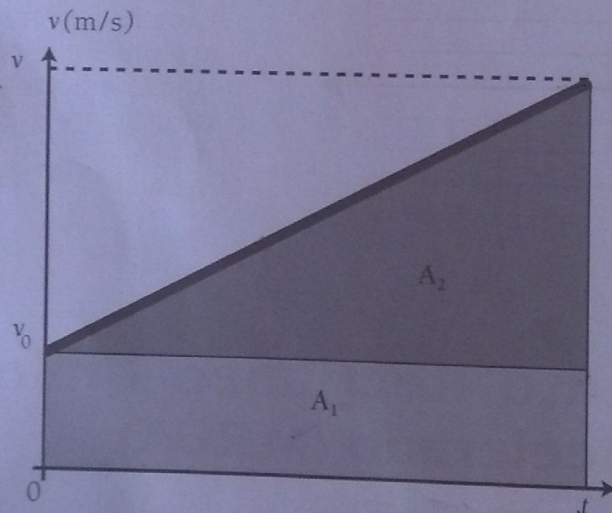
Da equação

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} \Leftrightarrow a \cdot (t - t_0) = v - v_0 \Leftrightarrow v = v_0 + a \cdot t$$

se  $v_0 = 0$  então  $v = a \cdot t$

Procuramos, agora, a equação que nos permita determinar o espaço percorrido pelo móvel em MRUA. Para tal, vamos construir o gráfico  $v(t)$  e calcular a área por ele limitada, pois, como sabemos do MRU, a área sob o gráfico  $v \cdot t$  é igual ao comprimento do espaço que o móvel percorreu.

O problema consiste em determinarmos a área sombreada, que pode ser dividida em 2 partes: um rectângulo de comprimento  $t$  e largura  $v_0$  e um triângulo de base  $t$  e de altura  $(v - v_0)$ . Assim a nossa área será a soma de duas áreas:



$$\Delta s = A_1 + A_2 \Leftrightarrow \Delta s = c \cdot l + \frac{b \cdot h}{2} \Leftrightarrow$$

$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{t \cdot (v - v_0)}{2} \Leftrightarrow$$

$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

## Exemplos

1. Os móveis A e B partem de um semáforo.

a) Complete a tabela calculando as acelerações dos móveis.

Automóvel	Aumento da velocidade (km/h)	Aumento da velocidade (m/s)	Intervalo de tempo (s)	Aceleração ( $m/s^2$ )
A	$v_f = 120 \text{ km/h}$ $v_i = 0 \text{ km/h}$		12	
B	$v_f = 120 \text{ km/h}$ $v_i = 0 \text{ km/h}$		8	

b) Qual era a velocidade de A, depois de 15 s?

c) Qual era a velocidade de B, depois de 10 s?

d) Construa os gráficos  $v \cdot t$  para os dois móveis.

e) Qual é o espaço que o A percorre em 6 s?

f) Qual é o espaço que B percorre depois de 5 s?

2. Uma moto deslocou-se, variando uniformemente a sua velocidade, nos diferentes intervalos de tempo, como ilustra a tabela.

$v(\text{km/h})$	0	50	80	80	120
$t(\text{h})$	0	2,5	4	5	7

a) Desenhe o gráfico  $v \cdot t$ .

b) Calcule a aceleração para cada variação de tempo.

c) Qual foi o espaço total que o móvel percorreu?

d) Qual foi a velocidade média do móvel?

3. Um móvel que se desloca em linha recta tem, durante 60 s, uma aceleração de  $1,5 \text{ m/s}^2$ .

a) Calcule a velocidade do móvel, no instante  $t = 60 \text{ s}$ .

b) O espaço que o móvel percorreu em 60 s.

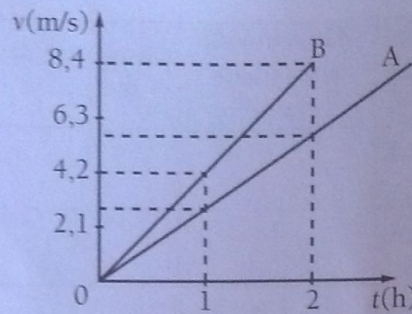
c) Construa para o móvel o gráfico  $v \cdot t$ .

## Resolução

1. a)

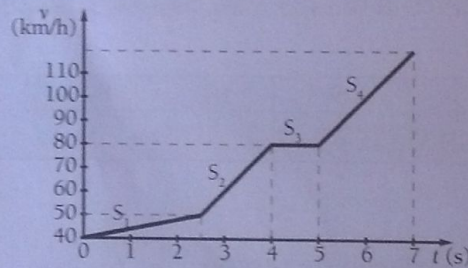
Automóvel	Aumento da velocidade (km/h)	Aumento da velocidade (m/s)	Intervalo de tempo (s)	Aceleração ( $m/s^2$ )
A	120-0	$120 \div 3,6 = 33,3 \text{ m/s}$	12	2,8
B	120-0	$120 \div 3,6 = 33,3 \text{ m/s}$	8	4,2

- b) A velocidade de A depois de 15 s é de  $v = a \cdot t = 2,8 \text{ m/s}^2 \times 15 \text{ s} = 42 \text{ m/s}$ .
- c) A velocidade de B depois de 10 s é de  $v = a \cdot t = 4,2 \text{ m/s}^2 \times 10 \text{ s} = 42 \text{ m/s}$ .
- d) Os gráficos  $v \cdot t$  para os dois móveis.



- e) O espaço que o A percorre em 6 s é de:  $s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 2,8 \text{ m/s}^2 \times (6 \text{ s})^2 = 50,4 \text{ m}$
- f) O espaço que o B percorre depois de 6 s é de  $s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 4,2 \text{ m/s}^2 \times (5 \text{ s})^2 = 52,5 \text{ m}$

2. a) O gráfico  $v \cdot t$



b) A aceleração para cada variação de tempo é:

$S_1$

$$\Delta v = 50 - 0 = 50 \text{ km/h}$$

$$\Delta v = \frac{50\,000}{3\,600} = 13,8 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 2,5 - 0 = 2,5 \text{ s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{13,8}{2,5} = 5,5 \text{ m/s}^2$$

$S_2$

$$\Delta v = 80 - 50 = 30 \text{ km/h}$$

$$\Delta v = \frac{30\,000}{3\,600} = 8,3 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 4 - 2,5 = 1,5 \text{ s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8,3}{1,5} = 5,5 \text{ m/s}^2$$

$S_3$

$$\Delta v = 80 - 80 = 0 \text{ km/h}$$

$$\Delta v = 0 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 5 - 4 = 1 \text{ s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0}{1} = 0 \text{ m/s}^2$$

$S_4$

$$\Delta v = 120 - 80 = 40 \text{ km/h}$$

$$\Delta v = \frac{40\,000}{3\,600} = 11,1 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 7 - 5 = 2 \text{ s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{11,1}{2} = 5,6 \text{ m/s}^2$$

c) O espaço total que o móvel percorreu foi:

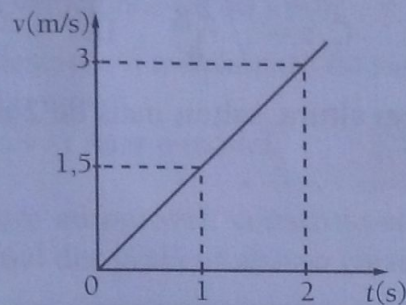
$$\begin{aligned}
 S_1 + S_2 + S_3 + S_4 &= \\
 &= \frac{1}{2} \times \frac{2,5 \times 2,8}{2} + \frac{1}{2} \times 2,8 \times 1,5 + 8,3 \times 1,5 + 11,1 \times 1 + 11,1 \times 2 + \frac{2 \times 11,5}{2} = \\
 &= 3,5 + 16,7 + 11,1 + 33,3 = 64,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d) A velocidade média do móvel foi de:  $64,6 \text{ m} \div (2,5 \text{ s} + 1,5 \text{ s} + 1 \text{ s} + 2 \text{ s}) = 9,2 \text{ m/s}$ .

3. a) A velocidade do móvel é:  $v = a \cdot t = 1,5 \text{ m/s}^2 \times 60 \text{ s} = 90 \text{ m/s}$ .

b) O espaço que o móvel percorreu foi:  $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \times 1,5 \text{ m/s}^2 \times (60 \text{ s})^2 = 2700 \text{ m}$ .

c) O gráfico  $v \cdot t$



## Queda livre dos corpos

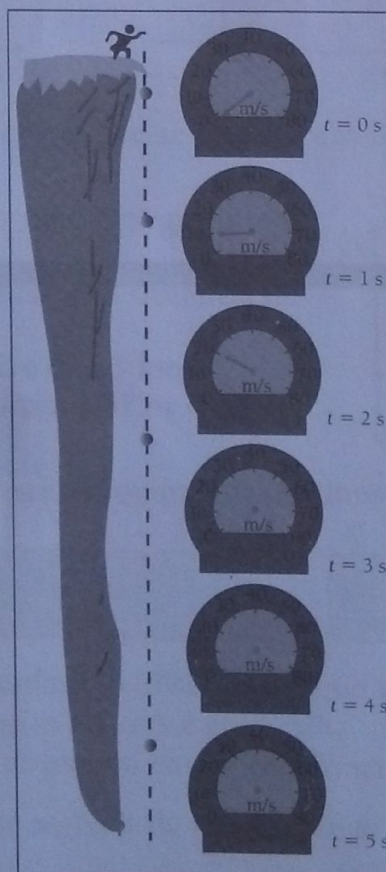
Um caso particular do movimento uniformemente variado é o movimento de queda livre.

Queda livre é o movimento que ocorre quando sobre o corpo actua apenas a força da gravidade.

Neste caso, os corpos movimentam-se com uma aceleração constante de  $9,8 \text{ m/s}^2$  que se representa por  $g$  e recebe a designação de aceleração de gravidade.

Quando o corpo cai fica animado de movimento rectilíneo uniformemente acelerado e podemos prever a velocidade e o espaço que o corpo vai percorrer substituindo nas fórmulas do movimento uniformemente variado  $a$  por  $g$  e  $s$  por  $h$  pois o movimento é feito na vertical.

Quando o corpo é atirado verticalmente para cima fica animado de movimento rectilíneo uniformemente retardado.



38. Numa palmeira, um coco desprende-se e atingiu o solo com uma velocidade de  $49 \text{ m/s}$ . Sabendo que o movimento do coco foi em queda livre, determine a altura de que caiu:

- A. 0 m.      B. 24 m.  
C. 122,5 m.    D. 225,7 m.

39. Do alto, você deixa cair verticalmente uma pedra sobre um lago e vê que a mesma gastou  $9,20 \text{ s}$  para atingi-lo. Você deixou cair a pedra de uma altura igual a:

- A: 414,36 m  
B: 414,63 m  
C: 414,76 m  
D: 414,74 m

## Exemplos

1. Dois objectos A e B, de massas  $m_1 = 1 \text{ kg}$  e  $m_2 = 2 \text{ kg}$ , são simultaneamente lançados verticalmente, para cima, com a mesma velocidade inicial, a partir do solo. Desprezando a resistência do ar, podemos afirmar que:
- A. A atinge uma altura menor do que B e volta ao solo ao mesmo tempo que B.
  - B. A atinge uma altura menor do que B e volta ao solo antes de B.
  - C. A atinge uma altura igual à de B e volta ao solo antes de B.
  - D. A atinge uma altura igual à de B e volta ao solo ao mesmo tempo que B.
2. Qual é a equação que pode ser aplicável a um corpo em queda livre?
- A.  $v = \sqrt{2gh}$     B.  $v = \sqrt{\frac{2gh}{g}}$     C.  $t = \sqrt{\frac{2g}{h}}$     D.  $t = \frac{\sqrt{2h}}{g}$
3. Um campeão mundial de salto em altura, saltou mais de 2 m de altura na Terra. Num planeta x onde  $g_x > g_T$ , ele saltaria:
- A. Mais do que na Terra.
  - B. Menos do que na Terra.
  - C. À mesma altura que na Terra.
4. Num planeta X onde  $g_x > g_{\text{Terra}}$ , os corpos em queda livre caem:
- A. Mais rapidamente do que na Terra.
  - B. Mais lentamente do que na Terra.
  - C. Ao mesmo tempo.

## Resolução

- 1. D.
- 2. A.
- 3. C.
- 4. A.

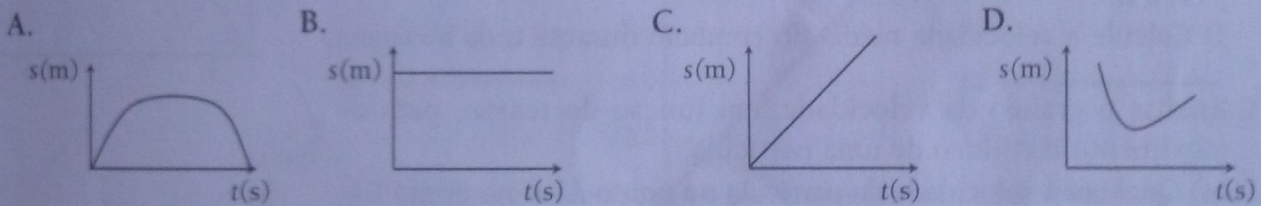
# Exercícios propostos

- Quando é que se diz que o movimento é rectilíneo uniforme?
  - O que significa velocidade constante?
- Qual é a expressão matemática da lei dos espaços no movimento rectilíneo uniforme?
  - Qual é a expressão matemática da lei das velocidades no movimento rectilíneo uniforme?
- Construa a tabela e o gráfico  $v \cdot t$  para o móvel com a velocidade de de:
  - 15 m/s.
  - 75 km/h.
  - 140 km/h.
- Qual é o espaço que um móvel percorre:
  - Entre 5 h e 6 h com a velocidade de 140 km/h.
  - Entre 5 s e 6 s com a velocidade de 15 m/s.
- Um carro movimenta-se com a velocidade de 60 km/h.
  - Complete a tabela  $s \cdot t$  que descreve o movimento do móvel.
  - Construa o gráfico  $s \cdot t$  para o móvel.
  - Construa a tabela e o gráfico  $v \cdot t$  para o móvel.

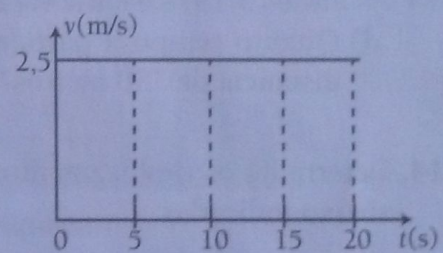
s(km)	0	60		180	
t(h)	0	1	2		4

- Analisando o movimento de um automóvel, construiu-se a tabela que indica a posição do móvel em função do tempo. Qual dos gráficos abaixo corresponde à tabela dada?

s(m)	0	60	120	180	240
t(s)	0	3	6	9	12



- Analise o gráfico da velocidade de um corpo que se desloca em linha recta e indique as afirmações verdadeiras (V) e falsas (F):
  - O movimento do corpo é rectilíneo uniforme porque a velocidade não varia.
  - Em 30 segundos o corpo teria percorrido uma distância de 75 m.
  - A velocidade do automóvel em km/h é de 25 km/h.
  - O tempo gasto para o corpo percorrer 200 m é de 60 segundos.



- Analise com atenção as tabelas referentes ao movimento rectilíneo de três partículas, A, B, C.

A

s(m)	0	15	30	45
t(s)	0	5	10	15

B

s(m)	0	10	15	25
t(s)	0	2	4	6

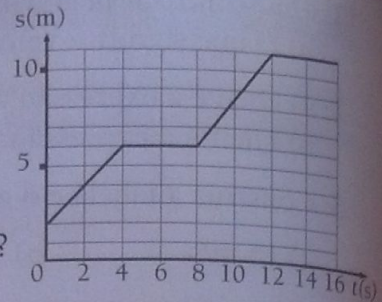
C

s(m)	2	5	8	11	14
t(s)	0	3	6	9	12

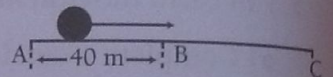
- Indique as partículas que estão animadas em MRU. Justifique as respostas.
  - Calcule as velocidades dessas partículas em m/s e em km/h.
  - Construa os gráficos da velocidade e do espaço em função do tempo para as partículas A e C.
- Um camionista percorre 300 km, desde as 10 h da manhã até às 13 h. Quantos quilómetros percorreu, em média, por hora?

# Exercícios propostos

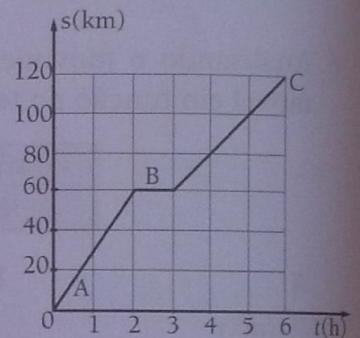
10. Observe o gráfico do espaço em função do tempo para o movimento retilíneo de uma partícula.
- Classifique o movimento da partícula. Justifique a resposta.
  - Determine a velocidade da partícula em cada trecho.
  - Construa o gráfico da velocidade em função do tempo.
  - Que distância a partícula percorreu entre (0-4) s?
  - Que distância a partícula percorreu entre (4-8) s? E entre (8-12) s?



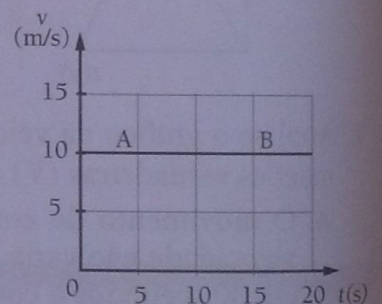
11. A esfera da figura está animada de MRU, tendo passado pelo ponto A com uma velocidade de 5 m/s.
- Qual será a velocidade da esfera em B? e em C? Justifique a resposta.
  - Quanto tempo a esfera gasta para ir de A até B?
  - Qual é a distância AC se para ir de B a C a esfera gasta 12 s?



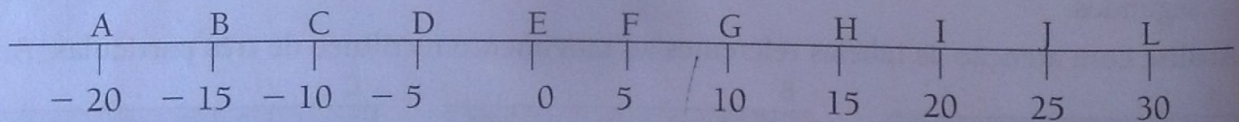
12. O gráfico mostra a posição, em função do tempo, de um comboio entre três cidades, A, B e C.
- Qual é a distância que separa as cidades A e B?
  - Entre que instantes o comboio permaneceu parado?
  - Classifique o movimento do comboio em cada trecho. Justifique a resposta.
  - Classifique a velocidade do comboio em cada trecho da viagem.
  - Determine, em m/s, a velocidade do comboio entre as cidades A e B.
  - Calcule a velocidade média do comboio durante toda a viagem.



13. Analise o gráfico da velocidade, em função do tempo, para o movimento retilíneo de uma partícula.
- Qual era a velocidade da partícula no ponto A? E no ponto B?
  - Classifique o movimento da partícula. Justifique a resposta.
  - Determine a distância percorrida pela partícula entre (0-5) s, entre (5-15) s e entre (0-20) s
  - Quanto tempo a partícula deveria gastar para percorrer a distância de 750 metros?



14. Determine os deslocamentos e os espaços totais percorridos para cada uma das trajetórias abaixo indicadas.



- A. GILH      B. BDA      C. CHE      D. AID      E. DLG      F. CFC

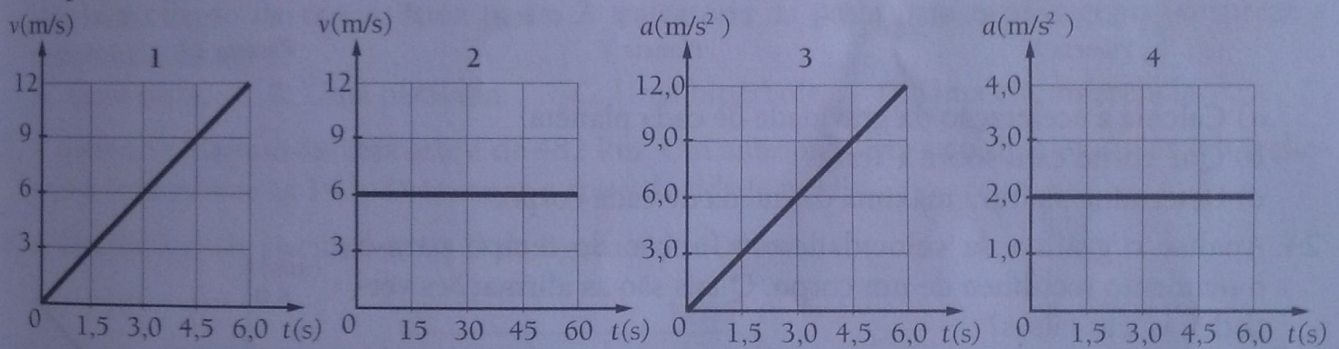
15. Um automobilista percorre 75 km em 45 min, numa estrada onde a velocidade máxima permitida é de 90 km/h. O condutor respeitou ou não as regras de trânsito? Justifique com cálculos.
16. Determine a velocidade média de um carro que se desloca numa auto-estrada, e que às 13:00 h passa pelo marco 45 km e às 15:00 h atinge a posição 195 km.

# Exercícios propostos

17. Um patinador percorre 500 m em 39,5 s. Qual é a sua velocidade em km/h?
18. Um móvel numa descida percorre 50 m em 6 s; depois da descida percorre mais 30 m em 15 s. Calcule a velocidade média do móvel:
- Na descida.
  - Depois da descida.
  - Em todo o tempo do movimento.
19. Indique as afirmações verdadeiras e as falsas. A tabela mostra como varia a velocidade de uma partícula que se desloca em linha recta. Podemos afirmar que:

v(m/s)	0	3,0	6,0	9,0	12,0
t(s)	0	1,5	3,0	4,5	6,0

- O movimento da partícula era rectilíneo uniforme porque ela percorreu distâncias iguais em tempos iguais.
- A aceleração da partícula durante todo o percurso foi de  $2 \text{ m/s}^2$ .
- O movimento da partícula é uniformemente acelerado porque a sua velocidade aumenta uniformemente com o tempo.
- Os gráficos da velocidade e da aceleração, em função do tempo, para o movimento da partícula são:



20. As tabelas, A e B, mostram como variam as velocidades de 2 partículas, que se deslocam em linha recta.

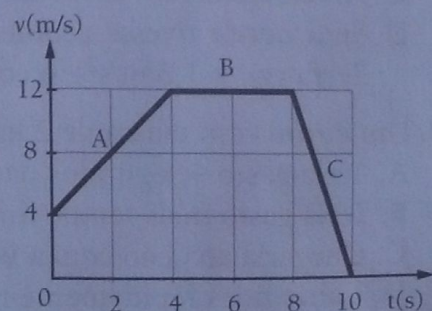
A

v(m/s)	0	7,5	15	22,5	30
t(s)	0	2,5	5,0	7,5	10,0

B

v(m/s)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
t(s)	0	1,5	3,0	4,5	6,0

- Classifique o movimento de cada partícula. Justifique a resposta.
  - Calcule a aceleração de cada partícula.
  - Represente graficamente os dados das duas tabelas.
  - Calcule a distância percorrida por cada partícula em 6 segundos de movimento.
21. Dado o gráfico da velocidade em função do tempo para uma partícula que se desloca em linha recta.
- Classifique o movimento da partícula em cada trecho representado no respectivo gráfico. Justifique a resposta.
  - Calcule as acelerações da partícula A nos diferentes trechos do gráfico.
  - Calcule a distância total percorrida pela partícula.



## Exercícios propostos

22. Analise atentamente as tabelas da velocidade para três partículas que se deslocam em linha recta.

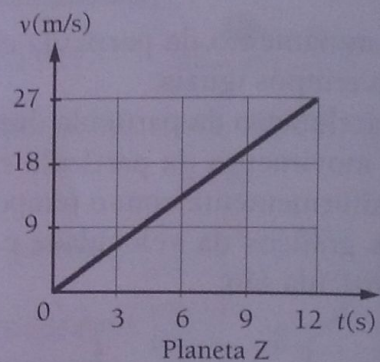
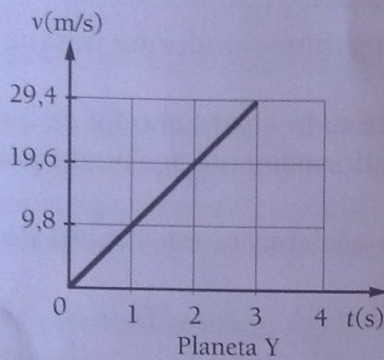
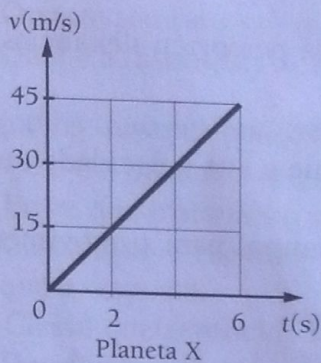
v(m/s)	4	4	4	4	4
t(s)	0	1,5	3,0	4,5	6,0

v(m/s)	0	5	10	15	20
t(s)	0	2,5	5,0	7,5	10,0

v(m/s)	25	22,5	20	17,5
t(s)	0	2,5	5,0	7,5

- a) Classifique o movimento de cada partícula. Justifique a resposta.
- b) Calcule a aceleração de cada partícula.

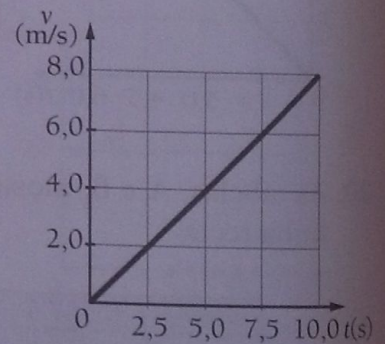
23. Os gráficos mostram como variam as velocidades em função do tempo para três corpos que caem livremente para a superfície de três planetas, em função do tempo.



- a) Calcule a aceleração da gravidade de cada planeta.
- b) Que corpo caiu sobre a Terra?
- c) Determine a altura máxima da queda de cada corpo.

24. Analise o gráfico da velocidade em função do tempo para o movimento retilíneo de um corpo. Quais são as afirmações verdadeiras e as falsas?

- A. O movimento é retilíneo uniformemente porque pois a velocidade é constante.
- B. A aceleração do corpo é de  $0,8 \text{ m/s}^2$ .
- C. O movimento é uniformemente acelerado porque a velocidade é proporcional ao tempo.
- D. A distância percorrida pelo corpo em 10 s foi de 40 metros.



25. Um corpo em queda livre, num lugar onde a aceleração da gravidade é de  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , gastou 3 segundos para chegar ao chão. Quais são as afirmações verdadeiras e as falsas.

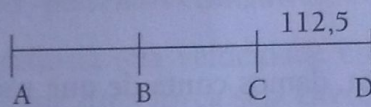
- A. O corpo caiu de uma altura de 45 metros.
- B. Se o corpo fosse mais pesado, teria caído mais rapidamente.
- C. A velocidade do corpo ao chegar ao chão era de 40 m/s.
- D. Se a queda tivesse acontecido na Lua, onde a aceleração da gravidade é menor do que a Terra ( $g_L = 1,6 \text{ m/s}^2$ ), o corpo teria gasto mais tempo para chegar ao solo lunar.

26. Um corpo com massa de 2 kg em queda livre de uma altura de 78,4 metros,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ :

- A. Teria gasto 4 segundos para chegar ao chão.
- B. Teria gasto mais tempo durante a queda se só tivesse a massa de 1 kg.
- C. Chegaria ao chão com a velocidade de 39,2 m/s.
- D. Cairia mais rapidamente num planeta onde  $g = 19,6 \text{ m/s}^2$ .

## Exercícios propostos

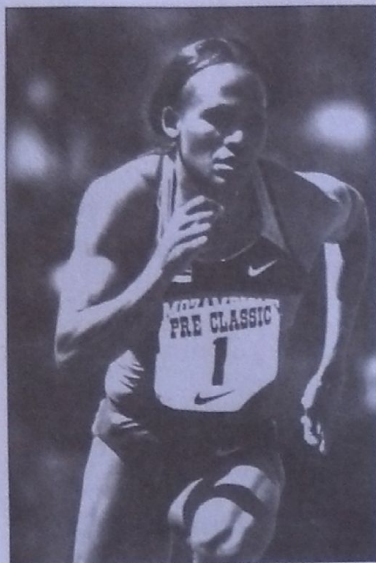
27. Um corpo é largado de uma altura de 49 m. Despreze a resistência do ar e use  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
- Quanto tempo durou a queda?
  - Qual seria a velocidade do móvel no fim do movimento?
  - Construa o gráfico  $v \cdot t$  para o móvel.
28. Um corpo atinge o solo com a velocidade de 49 m/s. Despreze a resistência do ar e use  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .
- Quanto tempo durou o movimento?
  - De que altura iniciou a queda?
  - Construa o gráfico  $v \cdot t$ .
29. Um corpo é largado de uma altura de 98 m, num lugar onde  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .
- Quanto tempo durou a queda?
  - Qual será a velocidade do móvel no fim do movimento?
  - Construa o gráfico  $v \cdot t$  para o móvel.
30. Deixa-se cair um objecto dum avião. Para um observador posicionado na Terra a trajectória do objecto é:
- A. Uma recta.      B. Uma parábola.      C. Uma hipérbole.      D. Uma circunferência.
31. Um passageiro num comboio que se move com a velocidade constante ao inclinar-se sobre a janela do vagão deixa cair uma pasta. A trajectória da pasta para o passageiro (despreze a resistência do ar) é:
- A. Uma recta.      B. Uma parábola.      C. Uma hipérbole.      D. Uma circunferência.
32. A distância Maputo-Inhambane é de 482 km. Um automobilista saiu de Maputo às 6 h e chegou a Inhambane às 14 h. Determine a sua velocidade média.
33. A distância entre as cidades A e D da figura é de 600 km.



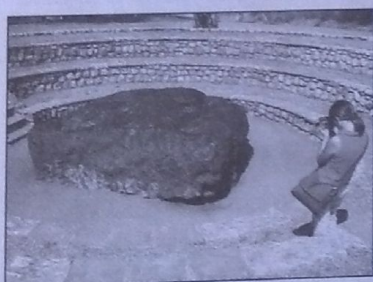
Um automobilista gastou 2 h de A para B. Parou meia hora na cidade B. Em seguida gastou 1,5 h de B para C e, finalmente, percorreu a distância CD à velocidade de 75 km/h. Calcule a velocidade média entre A e D.

34. De uma altura  $h$  deixou-se cair livremente, na Terra, um corpo. O mesmo corpo foi transportado para a Lua e sendo abandonado de uma altura  $h_1$ , levou o mesmo tempo a cair. Sendo  $g_L < g_T$ , qual das afirmações é verdadeira?
- A.  $h_1 = h$       B.  $h_1 > h$       C.  $h_1 < h$       D. Todas são falsas

## Conceito de força e a Primeira Lei de Newton



A força muscular da nossa menina de ouro permitiu-lhe grandes vitórias.



A força de impacto da queda de um meteorito na Namíbia abriu uma cratera no solo.



A dinâmica é a parte da mecânica que estuda a relação entre os movimentos e as suas causas. Assim, a dinâmica preocupa-se em determinar as condições necessárias para que uma partícula tenha um determinado tipo de movimento, bem como, o movimento que as partículas têm sob determinadas condições. Os fenómenos estudados na dinâmica são explicados com base nas três leis de Newton. Estas leis e a nossa experiência do dia-a-dia dizem-nos que os movimentos são influenciados por «forças». O que é força? Como se define? Como se mede?

Força é um conceito a que estamos habituados e, como acontece com muitos outros conceitos, a percepção que se tem deste conceito, no dia-a-dia, não coincide totalmente com a percepção científica. Em geral, entende-se força como uma acção mecânica, actuando por contacto.

É o caso, por exemplo, da força que fazemos para lavar pratos, pillar, caminhar, rachar lenha, agarrar uma bola, empurrar um caixote, levantá-lo, atirá-lo, puxá-lo, segurar um apoio a fim de evitar a queda dum carro que arranca ou trava bruscamente. Assim, os exemplos mostram que força não corresponde a qualquer coisa material, como um corpo, mas apercebemo-nos de que existe pelos seus efeitos.

**Força:** é toda a causa capaz de alterar o estado de repouso ou de movimento dos corpos e ainda de lhes alterar a forma.

Na prática, damos conta de que usamos forças quando queremos:

- Modificar a forma de um corpo, amassando-o ou partindo-o.
- Fazer mover um corpo parado como, por exemplo, uma bicicleta ou um automóvel, ou apenas, transportando-o de um local para outro.
- Fazer parar um corpo em movimento, por exemplo, apanhar um corpo que cai ou parar um carrinho de mão.
- Mudar a velocidade de um corpo que já vai em movimento, por exemplo, desviar uma bola dirigindo o seu movimento noutra direcção.

Na verdade, qualquer que seja o tipo de força e a forma como actua, uma força corresponde a uma interacção entre corpos. Como as interacções podem ser mais ou menos intensas, e podem verificar-se segundo certas direcções e sentidos, dizemos que as forças são grandezas vectoriais. São, por isso, representadas por vectores,  $\vec{F}$

A força como grandeza vectorial é caracterizada por:

- Ponto de aplicação: ponto onde é aplicada a força.
- Direcção: recta onde a força está inserida.

- **Sentido:** orientação da força.
- **Módulo ou intensidade:** o seu valor numérico acompanhado da respectiva unidade de medição que, no Sistema Internacional de Unidades, é o Newton (Símbolo N), em homenagem ao físico britânico Isaac Newton.



Galileu Galilei (séc. XVI) e Isaac Newton (séc. XVII), foram dois cientistas que se dedicaram a estudar os movimentos e a procurar encontrar explicações para o tipo de movimento dos corpos e as suas causas. Os trabalhos de Galileu e de Newton permitem-nos afirmar que:

Nenhum corpo varia sozinho a sua velocidade, seja em valor, em direcção ou sentido.

Para isso é sempre necessária uma força. Galileu foi o primeiro cientista a compreender que, para que houvesse variação de velocidade de um corpo, era necessário exercer sobre ele uma força. Newton traduziu esta ideia sob a forma de uma lei geral, chamada **Primeira Lei de Newton** ou **Lei da Inércia**. Um dos enunciados desta lei é:

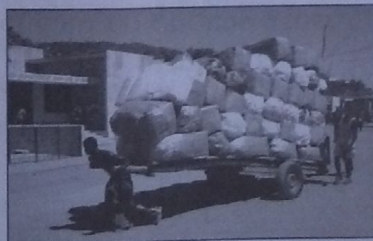
**1.ª Lei de Newton:** na ausência de uma força, um corpo em repouso permanece em repouso e um corpo em movimento continua a mover-se numa linha recta de velocidade constante.

Da Primeira Lei de Newton, podemos concluir que:

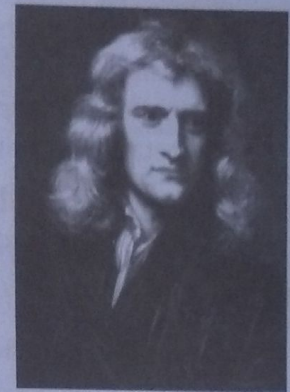
- Se um corpo estiver parado (a sua velocidade é igual a zero), ele continua parado, até que uma força seja exercida sobre ele.
- Se um corpo estiver em movimento, ele continuará indefinidamente em movimento, mantendo sempre a mesma velocidade e deslocando-se em linha recta, até que uma força actue sobre ele.

Tudo se passa como se o corpo resistisse à alteração do seu estado de movimento. Se está em repouso (parado), tem tendência para continuar em repouso. Se está em movimento, tem tendência para continuar em movimento.

Como se pode ter uma ideia de qual será a inércia de um corpo?



A massa de um corpo é a medida da sua inércia: quanto maior for a massa, maior é a resistência que o corpo oferece a qualquer alteração do seu estado de movimento ou de repouso.



Isaac Newton (1642-1727), cientista inglês que desenvolveu as teorias de Galileu e não só.

É considerado «O pai da Mecânica Newtoniana». Dedicou-se ao estudo da força que atrai os corpos para a Terra, à óptica e a muitos outros ramos da Física e da Matemática.

A grandeza física que permite ter uma ideia da inércia de um corpo é a sua **massa**. Quanto maior a massa do corpo, maior a sua inércia, isto é, maior é a resistência a qualquer alteração do seu estado de movimento.

### Exemplos

- Justifique, porque é que dizemos que:
  - Num camião deslocando-se em linha recta, à velocidade constante de 80 km/h, não actua nenhuma força, ou melhor, a resultante das forças que nele actuam é nula.
  - Num machimbombo deslocando-se em linha recta, numa descida em que a velocidade passa de 80 km/h para 100 km/h, actua uma força.
  - Num avião em que a velocidade passa de 800 km/h para 400 km/h, ao aproximar-se da pista, estando em linha recta, actua uma força.
- João, ao querer partilhar uma maçã, dividiu-a em duas partes. O que é que nos indica que na maçã actuou uma força?

#### Resolução

- a) Porque no camião em linha recta, à velocidade de 80 km/h, não há alteração do estado de movimento.
  - b) Porque no machimbombo em linha recta, numa descida em que a velocidade passa de 80 km/h para 100 km/h, há variação da velocidade, o que é uma alteração do estado de movimento.
  - c) Porque no avião em que a velocidade passa de 800 km/h para 400 km/h, há variação da velocidade, o que é uma alteração do estado de movimento.
- O que nos indica que na maçã actuou uma força é a sua divisão.

## Segunda Lei de Newton

A mudança de velocidade originada pelas forças que actuam num corpo pode verificar-se no valor da velocidade (este valor pode aumentar ou diminuir). Noutros casos, a alteração provocada origina mudanças na direcção da trajectória por exemplo, os corpos passam a deslocar-se segundo curvas (trajectórias curvilíneas). Analisemos o caso em que a força actua na direcção do movimento.

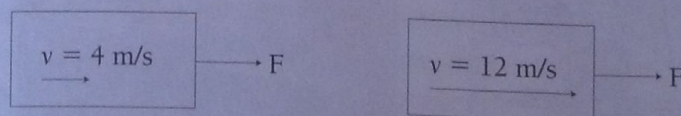
**1.º caso:** o sentido do movimento do corpo e o sentido da força coincidem.

$$\boxed{1 \text{ kg}} \xrightarrow{F = 1 \text{ N}} a = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\boxed{1 \text{ kg}} \xrightarrow{F = 2 \text{ N}} a = 2 \text{ m/s}^2$$

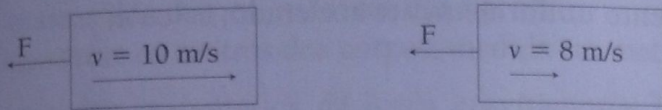
$$\boxed{1 \text{ kg}} \xrightarrow{F = 3 \text{ N}} a = 3 \text{ m/s}^2$$

A aceleração que um corpo adquire é proporcional à resultante das forças que nele actuam.



Posição 1  $\longrightarrow$  Sentido do movimento  $\longrightarrow$  Posição 2  
Se a força actua no sentido do movimento do corpo, o valor da velocidade aumenta. Por outras palavras, o corpo adquire aceleração positiva.

2.º caso: o sentido do movimento do corpo e o sentido da força são opostos.



Posição 1  $\longrightarrow$  Sentido do movimento  $\longrightarrow$  Posição 2  
Se a força actua no sentido oposto ao do movimento do corpo, a velocidade diminui. O corpo adquire aceleração negativa.

As experiências mostram que para um mesmo corpo, quanto mais intensa for a força, maior será a variação na sua velocidade (quer se trate de aumento ou de diminuição).

Isaac Newton encontrou uma equação matemática que traduz a relação entre uma força que actua num corpo e a alteração da velocidade desse corpo.

Nos casos em que a força actua na direcção do movimento do corpo, essa relação pode traduzir-se pela expressão:

$$F = m \cdot a$$

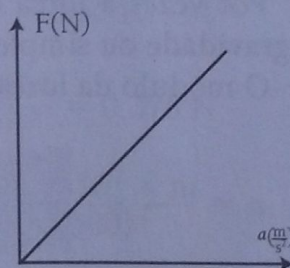
$$F \text{ (Força)} = m \text{ (massa)} \cdot a \text{ (aceleração)}$$

Esta expressão é conhecida como a expressão matemática da Segunda Lei de Newton ou expressão matemática da Lei Fundamental da Dinâmica. No caso de um corpo estar sujeito a mais do que uma força,  $F$  representará a intensidade da força resultante que actua no corpo e  $a$  será a aceleração provocada por essa resultante.

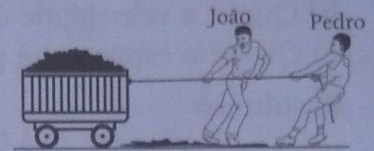
2.ª Lei de Newton: a aceleração que um corpo adquire é directamente proporcional à resultante das forças que nele actua.

A partir da Lei Fundamental da Dinâmica é possível concluir que:

- Corpos com a mesma massa sofrem acelerações tanto maiores quanto maior for a intensidade da força resultante que sobre eles actua.
- Para forças iguais, actuando em objectos diferentes, quanto menor a massa do objecto maior será o valor da sua aceleração.



1. Porque é que dizemos que quando empurramos uma parede, a força resultante sobre ela é nula?
2. O João aplica a força de 60 N sobre uma carreta e o Pedro, ajuda-o, com uma força de 80 N, na mesma direcção e sentido, como mostra a figura.



- a) Qual é a força que move a carreta?
  - b) Se o vento soprar com uma força de 30 N, no sentido oposto, que força movimenta a carreta?
3. Uma força constante de 5 N actua sobre um corpo de 2 kg, na direcção e sentido do movimento. Calcule:
    - a) A aceleração do corpo.
    - b) A distância que o corpo percorre em 2 s.
  4. Sobre um corpo com a massa de 4 kg actua duas forças horizontais,  $F_1 = 6$  N e  $F_2 = 10$  N, ambas para a direita.
    - a) Represente o sistema e calcule a sua resultante.
    - b) Calcule a aceleração do corpo.
  5. Duas forças horizontais,  $F_1 = 12$  N para a direita e  $F_2 = 4$  N para a esquerda.
    - a) Represente o sistema e calcule a sua resultante.
    - b) Determine a aceleração do corpo se este tiver 4 kg de massa.

## Exemplos

1. Um camião de tara 6 400 kg parte do repouso e adquire a velocidade de 60 km/h, em 4 s. Supondo que ficou animado de movimento uniformemente acelerado, calcule:
- A sua aceleração.
  - A força resultante que actua sobre ele.
  - O espaço que percorreu durante 5,2 s.
2. Sobre um móvel de massa 8 kg, actua durante 10 s uma força resultante de 20 N.
- Qual é a aceleração do corpo?
  - Qual é a velocidade do corpo decorridos de 10 s?
  - Qual é o espaço que percorreu em 10 s?

## Resolução

$$1. a) a = \frac{v}{t} = \frac{60 \div 3,6}{4} = 4,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$b) F = m \cdot a = 6\,400 \text{ kg} \times 4,2 \text{ m/s}^2 = 26\,880 \text{ N}$$

$$c) s = \left(\frac{1}{2}\right) a \cdot t^2 = \left(\frac{1}{2}\right) \times 4,2 \text{ m/s}^2 \times (5,2 \text{ s})^2 = 56,8 \text{ m}$$

$$2. a) a = \frac{F}{m} = \frac{20 \text{ N}}{8 \text{ kg}} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

$$b) v = a \cdot t = 2,5 \text{ m/s} \times 10 \text{ s} = 25 \text{ m/s}$$

$$c) s = \left(\frac{1}{2}\right) a \cdot t^2 = \left(\frac{1}{2}\right) \times 2,5 \text{ m/s}^2 \times (10 \text{ s})^2 = 125 \text{ m}$$

## Força de Gravitação Universal

6. Um avião com massa aproximada de 80 t, animado de movimento uniformemente acelerado, percorre 30 km em 2 min.

- Qual é a sua aceleração?
- Qual é a força resultante que actua nele?
- Qual é a sua velocidade decorridos 2 min?

7. Um copo de 2 kg é puxado para a direita por uma força constante de 4 N. Entre o copo e a superfície horizontal actua uma força de atrito de 1 N.

- Represente o sistema.
- Calcule a resultante do sistema.
- Calcule a aceleração do corpo.

A força de gravitação universal é uma força de atracção que existe entre dois corpos quaisquer em virtude desses corpos possuírem determinadas massas. Assim, entre a Terra e o Sol existe uma força de atracção que faz com que a Terra se mantenha em movimento à volta do Sol. Verifica-se, ainda, que a força de atracção gravitacional é tanto maior quanto maior for a massa dos corpos e tanto maior quanto menor for a distância entre os mesmos corpos.

A palavra «universal» na designação «força de gravitação universal» deve-se ao facto de esta força manifestar-se entre todos os corpos. Por vezes a força de gravitação universal é referida como força de gravidade ou simplesmente gravidade.

O módulo da força gravitacional é dado pela expressão,

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

onde:

F – força de atracção entre as duas massas, medida em Newton (N).

$G$  - constante de gravitação universal que, no S.I. de unidades, vale  
 $G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ .

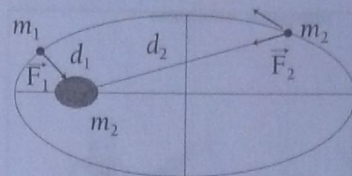
$M$  e  $m$  - massas dos corpos, medidas em kg.

$d$  - distância entre os centros dos corpos, medida em metros (m).

A expressão matemática da força gravitacional corresponde a uma lei da Física, de grande importância, a lei de atracção universal, cujo enunciado é o seguinte:

Dois corpos atraem-se mutuamente com uma força que aumenta na razão directa das massas dos corpos e que diminui na razão inversa do quadrado da distância entre eles.

- A força é proporcional ao produto das massas: significa que se o produto das massas dos corpos aumentar  $n$  vezes (ou diminuir  $n$  vezes), a força de atracção também irá aumentar (ou diminuir)  $n$  vezes.
- A força é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os corpos: significa que se a distância entre os corpos aumentar  $n$  vezes (ou diminuir  $n$  vezes) a força irá diminuir (ou aumentar)  $n^2$  vezes.



8. Determine a força de gravitação universal entre 2 esferas cujos centros distam 1 m, sabendo que uma das esferas tem 8 t de massa e a outra esfera tem de massa 6 t.

9. Dois navios com uma massa de 50 000 t cada um, distam 1 km um do outro. Qual é a força com que se atraem mutuamente?

## Exemplos

1. Dois alunos distam entre si meio metro. Sabendo que um tem a massa de 60 kg e o outro 50 kg, com que força eles se atraem mutuamente?
2. Dois porta-aviões de 150 000 t cada um, distam 2 km um do outro. Qual é a força com que se atraem mutuamente?
3. A força de atracção entre dois corpos é 0,1 N. Sabendo que distam 500 m e que um tem a massa de 4 000 t, determine a massa do outro corpo.
4. Calcule a força de atracção entre a Lua e a Terra. A massa da Lua é aproximadamente  $7 \times 10^{22}$  kg e a da Terra  $6 \times 10^{24}$  kg, e a distância entre a Lua e a Terra é  $3,8 \times 10^8$  m.

### Resolução

$$1. F = G \frac{M \cdot m}{d^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{60 \times 50}{(0,5)^2} = 8 \times 10^{-7} \text{ N}$$

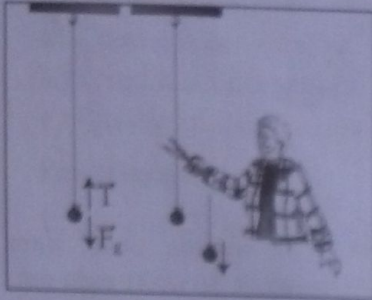
$$2. F = G \frac{M \cdot m}{d^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{(15 \times 10^7)^2}{(2 \times 10^3)^2} = 0,375 \text{ N}$$

$$3. F = G \frac{M \cdot m}{d^2} \Leftrightarrow 0,1 \text{ N} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{4 \times 10^6 \times m}{(500)^2} \approx m \quad 9,4 \times 10^7 \text{ kg}$$

$$4. F = G \frac{M \cdot m}{d^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{7 \times 10^{22} \times 6 \times 10^{24}}{(3,8 \times 10^8)^2} = 1,94 \times 10^{20} \text{ N}$$

## Força da gravidade e peso de um corpo

A Terra exerce sobre todos os corpos que se encontram nas suas proximidades uma força de atracção chamada força de gravidade. A existência desta força de gravidade ilustra-se de uma forma muito simples:



Na figura a bola está suspensa pelo fio, estando sujeita a duas forças de igual valor mas de sentidos opostos. De acordo com a Primeira Lei de Newton, a força resultante deste sistema é nula e por isso a bola está em repouso (parada).

Ao cortar-se o fio, o corpo fica apenas sob a acção da força da gravidade. Por isso cai, aumentando de velocidade à medida que cai, de acordo com a Segunda Lei de Newton.

Pela Segunda Lei de Newton teremos:

$$F_g = m \cdot g$$

onde:

$g$  – aceleração da gravidade.

$F_g$  – força da gravidade.

$m$  – massa do corpo.

10. O raio do átomo de hidrogénio é da ordem de  $10^{-11}$  m. Determine o módulo da força de atracção gravitacional entre o protão e o electrão, no átomo de hidrogénio, sabendo que  $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$  kg e que  $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$  kg.

11. Qual é a força gravítica que actua num corpo de massa 6 kg?  
Use  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup>.

12. Qual é a força gravítica que actua num corpo de massa 8 kg, na Lua?  
Use  $g = 1,6$  m/s<sup>2</sup>.

Diz-se aceleração da gravidade porque representa a aceleração de um corpo quando cai apenas sob a acção da força da gravidade. Nas proximidades do nosso planeta,  $g$  tem o valor de 9,8 m/s<sup>2</sup>.

Quando um corpo cai apenas devido à acção da força da gravidade, diz-se que cai em queda livre.

É um erro comum confundir-se peso de um corpo com a força da gravidade que actua no corpo. **Peso de um corpo** é a força que o corpo exerce na base de sustentação enquanto que **força da gravidade** é a força com que a Terra atrai o corpo. A semelhança e a diferença entre estes dois conceitos serão explicados como aplicação das três leis de Newton.

### Exemplos

1. a) Qual é a força gravítica que puxa um pára-quedista de massa 60 kg.  
b) Supondo que o pára-quedista está preso por uma corda e é levantado a uma aceleração de 2 m/s<sup>2</sup>, por um avião, qual é o peso do pára-quedista na corda?  
c) Supondo que o pára-quedas está aberto e o pára-quedista desce a uma aceleração de 2 m/s<sup>2</sup>, qual é o peso do pára-quedista no pára-quedas?
2. a) Qual é a força gravítica que actua num corpo de massa 18 kg, na Lua? Use  $g = 1,6$  m/s<sup>2</sup>.  
b) Supondo que o corpo está preso a uma corda e é levantado a uma aceleração de 1 m/s<sup>2</sup>, qual é o peso do corpo na corda?

Resolução

$$1. a) F_g = m \cdot g = 60 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 600 \text{ N}$$

$$b) F_R = m \cdot a \begin{cases} F - F_g = m \cdot a \\ F = F_g + m \cdot a \\ F = 600 \text{ N} + 60 \text{ kg} \times 2 \text{ m/s}^2 = 720 \text{ N} \end{cases}$$

$$c) F_R = m \cdot a \begin{cases} F_g - F = m \cdot a \\ F = F_g - m \cdot a \\ F = 600 \text{ N} - 60 \text{ kg} \times 2 \text{ m/s}^2 = 480 \text{ N} \end{cases}$$

$$2. a) F_g = m \cdot g = 18 \text{ kg} \times 1,6 \text{ m/s}^2 = 28,8 \text{ N}$$

$$b) F_R = m \cdot a \\ F - F_g = m \cdot a \Leftrightarrow F = F_g + m \cdot a \Leftrightarrow F = 28,8 \text{ N} + 18 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2 = 46,8 \text{ N}$$

## Força elástica

A força de elasticidade que surge no caso da deformação de uma mola é proporcional à deformação da mola e está orientada no sentido contrário à deformação da mola. O valor desta força é dado pela expressão matemática da lei de Hooke:

$$F = -k \cdot x$$

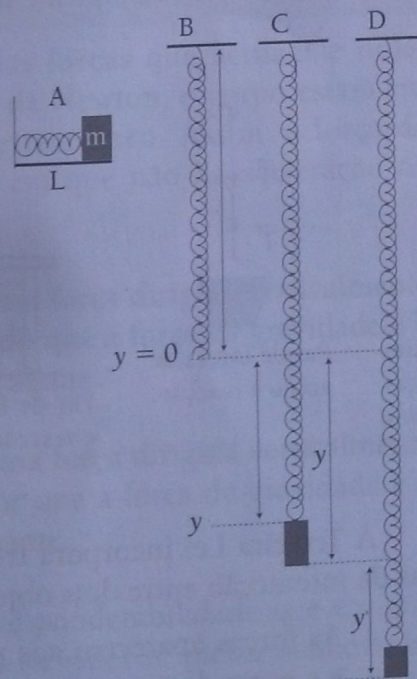
onde:

$F$  – força elástica.

$k$  – constante de elasticidade (varia de mola para mola).

$x$  – deformação que ocorreu na mola.

**Limite de elasticidade** – é a deformação a partir da qual, a mola não volta a ter o comprimento inicial. Neste caso a lei de Hooke não é válida.



13. Distende-se uma mola, com uma força de 3 N, com a constante de elasticidade de 45 N/m. Qual é o valor da deformação produzida na mola?

14. Sabendo que a constante de elasticidade é de 30 N/m e que mola sofre uma deformação de 4 cm, diga qual é a força que produz a deformação na mola.

## Exemplos

1. Suspende-se um cesto que pesa 2 N numa mola vertical de comprimento 12 cm. Sabendo que após a suspensão a mola mede 14 cm, calcule:
- A distensão da mola.
  - O valor da força elástica da mola.
  - O valor da constante de elasticidade da mola.

## Resolução

a)  $\Delta x = 14 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 2 \text{ cm}$

b) O valor da força elástica da mola é de 2 N.

c)  $k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{2 \text{ N}}{0,02 \text{ m}} \approx 100 \text{ N/m}$

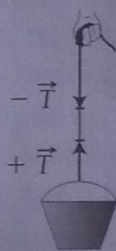
## Terceira Lei de Newton

Já sabemos que as forças resultam da interacção de dois corpos. Assim, se um corpo A exerce uma força sobre um corpo B, este reage e aplica em A uma força igual e oposta. Uma das forças é chamada acção e a outra reacção. Foi Newton que estabeleceu as características e o relacionamento das forças de acção e reacção na sua Terceira Lei:

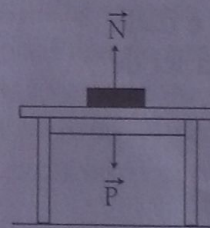
3.<sup>a</sup> Lei de Newton: Se um corpo A exerce uma força sobre um corpo B, este reage e aplica em A uma força igual e oposta.



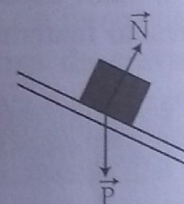
Ao caminharmos somos direccionados para a frente graças à força que os nossos pés aplicam sobre o chão.



Par de forças de acção e reacção.



Par de forças de acção e reacção.



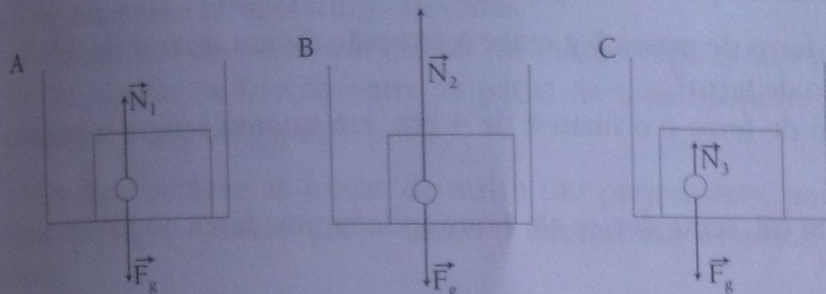
Par de forças de acção e reacção.

A Terceira Lei incorpora três características importantes das forças de interacção entre dois objectos:

- As forças aparecem aos pares (uma delas é chamada de acção e a outra de reacção). Isto é, não existe uma força isolada.
- Cada uma das forças que constitui o par surge quando os dois corpos interagem.
- Os sentidos das forças de acção e reacção são opostos.

## Aplicação das leis de Newton

O peso de um corpo é em geral diferente da força da gravidade. Analisemos a situação de uma caixa num elevador ilustrada nos casos A, B e C.



Em cada caso, a força  $\vec{N}$  é a força que o elevador aplica na caixa. Pela Terceira Lei de Newton, esta é a força que também a caixa aplica no elevador, sendo o elevador a base da sustentação, as forças  $N_1$ ,  $N_2$ , e  $N_3$  são os diferentes pesos da mesma caixa nos casos A, B e C e como se pode ver da figura, são diferentes da força de gravidade que assume sempre o mesmo valor.

Porque será que os pesos são diferentes? Ou melhor, determinemos as consequências dos pesos serem diferentes de acordo com as três Leis de Newton.

Caso A (Figura): a resultante das forças que actuam é nula. Assim, de acordo com a 1.<sup>a</sup> e 2.<sup>a</sup> Leis de Newton, o corpo estará em repouso ou em movimento uniforme rectilíneo. Assim, a força da gravidade é igual ao peso nos casos em que não há aceleração na vertical.

Caso B (Figura): a resultante é uma força dirigida verticalmente para cima. Neste caso o peso é maior do que a força da gravidade e o elevador sobe com uma aceleração constante.

Caso C (Figura): a resultante é uma força dirigida verticalmente para baixo. Neste caso o peso é menor que a força de gravidade e o elevador desce a uma aceleração constante.

Não está representado o caso da imponderabilidade que é o que aconteceria se os cabos que sustentam o elevador se quebrassem e o elevador entrasse em queda livre. Neste caso o peso seria nulo. Porquê?

15. Porque é que actuando as forças de acção e reacção em corpos que estão a interagir (P.e. cadeira e pessoa que se sentou nela) o efeito de força não se verifica nesses corpos?

16. Qual é a força necessária para mover um corpo de massa 25 kg numa superfície onde o coeficiente de atrito é 0,25?

17. Resolva o exercício anterior considerando que o coeficiente é 0,4 e o corpo tem a massa de 4 kg.

## Exemplos

- Um jogador aplica com o pé uma força de 15 N na bola. Qual é a força que a bola aplica no pé do jogador?
- Uma pedra bate numa janela e parte-a.
  - O que pode dizer acerca das forças que actuam na pedra e no vidro?
  - Como explica que a janela se tenha partido e a pedra não?
- A força com que um pedaço de ferro de massa 5 g reage à atracção de um íman é de 8 N.
  - Qual é a aceleração do pedaço de ferro?
  - Se a distância entre o pedaço de ferro e o íman é de 4 cm, em quanto tempo o pedaço de ferro alcança o íman?
- Como explica que quando alguém cai, sente dor, se ele é que aplicou uma força no pavimento?

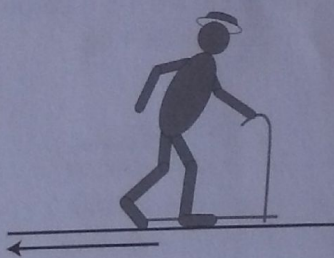
## Resolução

- A bola aplica no pé do jogador uma força de 15 N.
- As forças que actuam na pedra e no vidro são iguais.
  - São de natureza e têm resistências diferentes.

$$3. a) a = \frac{F}{m} \Leftrightarrow a = \frac{8 \text{ N}}{5 \times 10^{-3} \text{ kg}} = 1,6 \times 10^3 \text{ m/s}^2$$

$$b) s = \frac{1}{2}at^2 \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2 \times 4 \times 10^{-2}}{1,6 \times 10^3}} = 7,07 \text{ s} = 7,1 \text{ s}$$

- Porque o pavimento aplica uma força na zona do corpo que entrou em contacto com ele.



## Força de atrito

Algumas forças não foram abordadas anteriormente por requerem o conhecimento das três Leis de Newton como é o caso da força de atrito. As forças de atrito – ou o atrito, como simplesmente lhe chamamos – actuam sempre que há contacto entre superfícies de corpos em movimento, opondo-se ao movimento desses corpos, quer eles sejam sólidos, líquidos ou gasosos.

Como qualquer outra força, a força de atrito caracteriza-se pelos seus elementos:

- Explique o que é o atrito.
- Cite os principais factores que influem no atrito.
- Como o atrito pode ser reduzido?
- O atrito é necessário para caminhar? Porquê?
- Cite as vantagens e desvantagens do atrito.

- **Direcção** – a do movimento do corpo.
- **Sentido** – oposto ao sentido do movimento do corpo.
- **Ponto de aplicação** – situado na superfície de contacto.
- **Intensidade** – depende da natureza das superfícies em contacto, bem como do peso do corpo.

As forças de atrito dificultam os movimentos e ocasionam sempre dissipações de energia por via térmica. Muitas vezes são prejudiciais – atrito prejudicial:

- Quando as naves espaciais entram na atmosfera terrestre, o atrito com o ar faz aquecer muitíssimo a superfície exterior nas naves que, por isso, têm de ser revestidas de ligas metálicas resistentes a temperaturas elevadas.
- Quando se empurra um móvel ou outro corpo muito pesado.
- Ou, ainda, na fricção entre as peças de uma máquina provocando o seu desgaste.

Mas nem sempre as forças de atrito são prejudiciais; por vezes podem ser úteis – atrito útil – como o demonstram os casos que se seguem:

- Os meteoros, ao entrarem na atmosfera, são vaporizados originando as «estrelas cadentes», devido ao atrito exercido pelas camadas de ar. A energia térmica dissipada devido à acção das forças do atrito do ar fá-los vaporizar, evitando que nos atinjam.
- A força de atrito que o solo exerce sobre os nossos sapatos permite-nos andar.
- A força de atrito exercida pela madeira sobre os pregos mantém-nos presos, depois de pregados.
- Quanto maior for o atrito entre a estrada e os pneus dos automóveis, menor é o perigo de acidente. Esse atrito diminui quando existe óleo ou areia na estrada, ou quando o piso está molhado ou coberto de gelo ou neve, surgindo o perigo de derrapagem!

Desde os tempos mais remotos, o Homem arranjou processos para impedir o movimento criando atrito, ou para aumentar esse movimento diminuindo o atrito. Um dos processos mais conhecidos para criar o atrito é a travagem.

Um automóvel em andamento possui uma grande energia cinética, que é tanto maior quanto maior for a sua massa e a sua velocidade. Para que o automóvel fique em repouso é preciso anular essa energia cinética, o que se faz transformando-a noutra forma de energia.

A técnica mais utilizada consiste em transformar a energia cinética em energia térmica através de um dispositivo de travagem. Como se calcula a força de atrito?

As forças de atrito dependem da natureza das superfícies em contacto. Quanto mais rugosas, maiores são as forças de atrito resultantes da interacção entre as superfícies que contactam.

De facto, não é novidade para si que o polimento das superfícies diminui o atrito.

- É por esse motivo que se deve ter cuidado quando se desce uma escada muito encerada, ou que se deve evitar pisar uma casca de banana; é também por esse motivo que é difícil caminhar sobre o gelo.

23. No espaço não existe atrito algum. Será que uma nave espacial pode manter velocidade constante com os motores desligados?

24. Na superfície congelada de um lago praticamente não existe atrito. Um carro poderia mover-se sobre uma superfície assim.

25. Uma caixa com a massa de 20 kg é puxada sobre uma superfície horizontal por uma força horizontal de 50 N. O coeficiente de atrito entre a caixa e a superfície vale 0,2. Determine:

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

- O peso da caixa.
- A força de atrito na caixa.
- A força resultante na caixa.
- A aceleração adquirida pela caixa.

26. Um bloco de massa 8 kg é puxado por uma força horizontal  $F$  de 20 N. Sabendo que a força de atrito  $f$  entre o bloco e a superfície é de 2 N, calcule a aceleração do bloco.

27. Um corpo de massa 5 kg repousa sobre um plano horizontal. O coeficiente de atrito entre o corpo e o plano é 0,1. Que força horizontal deve ser aplicada para se obter uma aceleração de  $3 \text{ m/s}^2$ ?

28. Um bloco de massa 2 kg é deslocado horizontalmente por uma força  $F = 10 \text{ N}$ , sobre um plano horizontal. A aceleração do bloco é  $0,5 \text{ m/s}^2$ . Calcule a força de atrito.

- É para diminuir o atrito entre as peças dos motores automóveis que estas são lubrificadas com óleo, o que faz com que diminuam as rugosidades das suas superfícies de contacto.

Hoje em dia utilizam-se, com vantagem, rolamentos de esferas em muitos corpos em movimento, porque os atritos por rolamento são menores do que os de escorregamento.

As forças de atrito dependem também da **intensidade da força normal aplicada às superfícies que contactam**. Dependem, portanto, do peso do corpo que se pretende deslocar.

- Se pretender deslocar dois móveis de pesos diferentes, terá mais dificuldades em fazê-lo com o que tiver um peso maior, pois a força perpendicular à superfície de contacto é também maior.

Assim, a força de atrito calcula-se pela expressão:

$$F_a = \mu N$$

onde:

$F_a$  – força de atrito.

$\mu$  – coeficiente de atrito.

$N$  – força de reacção que a base de sustentação aplica no corpo.

O coeficiente de atrito varia de superfície para superfície e é um número adimensional (sem unidades).

### Exemplos

Calcule a força de atrito numa superfície onde o coeficiente de atrito é 0,3 para um corpo de massa 4 kg.

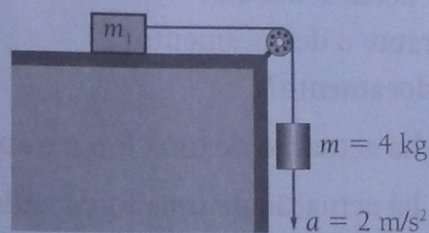
**Resolução**

$$N = P = m \cdot g = 4 \text{ kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 40 \text{ N}$$

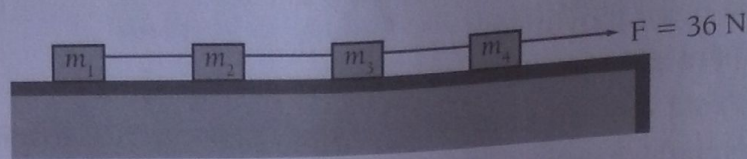
$$F_a = \mu N = 0,3 \times 40 \text{ N} = 12 \text{ N}$$

## Exercícios propostos

- Identifique nas situações abaixo descritas os casos em que actua(m) força(s).
  - Os satélites movimentam-se em torno dos planetas.
  - Um carro inicia o seu movimento.
  - Uma bicicleta pára num semáforo.
  - Um passageiro está sentado num «chapa» que faz o trajecto Hospital Central – Benfica.
  - Um carnicheiro retalha carne num talho.
- Diga se o elevador aplica uma força ou não no passageiro se:
  - O passageiro e o elevador caem em queda livre.
  - O passageiro e o elevador descem a uma velocidade constante.
  - O passageiro e o elevador descem a uma aceleração constante.
  - O passageiro e o elevador sobem a uma velocidade constante.
  - O passageiro e o elevador sobem a uma aceleração constante.
- O Arlindo aplica a força de 40 N sobre um carrinho de mão e o Joaquim ajuda-o com uma força de 25 N, aplicada na mesma direcção e no mesmo sentido.
  - Qual é a força que move o carrinho?
  - Supondo que no sentido oposto em que se movimentam sopra um vento que aplica uma força de 15 N, qual é a força que movimenta o carrinho?
- O André e o Bruno empurram para o mesmo lado com 160 N e 180 N, respectivamente, um *tchova*.
  - Qual é a força que move o *tchova*?
  - Supondo que estão a empurrar em sentidos opostos, quem vai ganhar? Qual é a força que irá movimentar o *tchova*?
- Um corpo com a massa de 3 kg está num plano inclinado com uma aceleração de  $0,5 \text{ m/s}^2$ . Qual é a força resultante que actua nele se está:
  - A subir?
  - A descer?
- Um carro de choque de massa 125 kg percorre uma distância de 1 m, em meio segundo, animado de movimento uniformemente acelerado.
  - Qual é a sua aceleração no percurso?
  - Qual é a força resultante que actua sobre ele?
  - Qual é a sua velocidade decorrido 1 s?
- Observe a figura. Determine o valor de  $m_1$ .



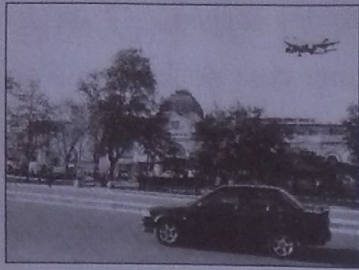
8. Na figura,  $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = 3 \text{ kg}$ .



- Qual é a aceleração do conjunto?
  - Qual é a aceleração de cada massa?
  - Qual é o valor da força que actua em cada massa?
- Existe um ponto entre a Terra e a Lua para o qual as atracções exercidas pela Terra e a Lua se anulam?
  - Dois corpos de massas  $m_1$  e  $m_2$  atraem-se mutuamente com uma força de  $1 \text{ N}$ , quando a distância entre eles é  $d$ . Se a massa dum dos corpos for duplicada, qual será o novo valor da força entre eles?
  - Dois planetas fictícios atraem-se com uma força  $F$ . Se a distância entre os centros dos planetas duplicar, como irá variar a força de atracção entre eles? Justifique a resposta.
  - Determine a massa de um corpo que é atraído pela força de gravidade de  $15 \text{ N}$ .
  - Um corpo está assente e é atraído por uma força gravítica de  $30 \text{ N}$ .
    - Qual é o seu peso?
    - Qual é a sua massa gravitacional, supondo-o na Terra?
  - Sabendo que a constante de elasticidade é de  $40 \text{ N/m}$  e que uma mola sofre uma deformação de  $5 \text{ cm}$ , diga qual é a força que produz a deformação na mola.
  - Dois carrinhos de massa  $100 \text{ g}$  cada comprimem uma mola até atingir o comprimento de  $8 \text{ cm}$ . A constante de elasticidade da mola é de  $25 \text{ N/m}$ . Quando soltamos a mola os carrinhos afastam-se um do outro a uma aceleração de  $5 \text{ m/s}^2$ .
    - Qual é a força que deforma a mola?
    - Qual é o valor da deformação da mola?
    - Qual é o comprimento da mola não deformada?
  - Para mover um corpo de  $40 \text{ kg}$  é necessária uma força superior a  $80 \text{ N}$ . Qual é o coeficiente de atrito entre eles?
  - Num carro em movimento, a  $80 \text{ km/h}$ , cai uma caixa de  $5 \text{ kg}$  de massa numa superfície onde o coeficiente de atrito é  $0,6$ . Supondo que a caixa continua a mover-se, actuando sobre ele apenas a força de atrito:
    - Qual é a força de atrito que actua sobre ele?
    - Qual é a sua aceleração durante o deslocamento?
    - Quanto tempo gasta no deslocamento?
  - Indique três situações em que há actuação de uma força e aumento da velocidade.
  - Indique três situações em que há actuação de uma força e diminuição da velocidade.

## Exercícios propostos

20. Indique três situações em que há actuação de uma força e deformação dos corpos.
21. Num dia de vento a árvore abana as suas folhas; as paredes de uma casa ao lado não se mexem. Em qual dos dois (árvore e casa) actua uma força?
22. Um móvel de massa 6 kg é puxado por uma força de 3 N. Qual é a aceleração que ele adquire?
23. Uma bola de massa 500 g adquire a aceleração de  $1 \text{ m/s}^2$ . Qual é a força que actua sobre ela?
24. O Sebastião corre a uma aceleração de  $0,8 \text{ m/s}^2$ , exercendo uma força de 60 N. Qual é a sua massa?
25. Num dia de vento, um berlinde de massa 20 g é arrastado 30 cm num décimo de segundo.
- Qual é a sua aceleração?
  - Qual é a força resultante que actua sobre ele?
  - Qual é a sua velocidade após os 30 cm?
26. Um ciclista numa corrida adquire a velocidade de 50 km/h em 8 s. Sabendo que actua sobre a força de 76,5 N, diga qual é:
- A aceleração do ciclista.
  - A massa do ciclista.
  - Qual será a sua velocidade decorridos 12 s?
  - Qual é o espaço que vai percorrer decorridos 15 s?
27. Em salto à vara um atleta de peso 780 N comprime uma mola de 6 m, que passa a ter 5,75 m.
- Qual é a deformação da mola?
  - Qual é o valor da força elástica da mola?
  - Qual é valor da constante de elasticidade da mola?
28. Distende-se uma mola com uma força de 15 N, com a constante de elasticidade de 60 N/m. Qual é o valor da deformação produzida na mola?
29. Calcule a força com que deve empurrar uma carruagem de 2 500 kg de massa, por uma superfície, onde o coeficiente de atrito é 0,1, para que ela se desloque em M.R.U.
30. Uma caixa de lixo de 80 kg está assente no pavimento onde o coeficiente de atrito é 0,4. Qual é a força necessária para começar a puxar a caixa em direcção ao carro de lixo?
31. Para alterar o estado de repouso para o de movimento é necessária uma força superior a 120 N, numa superfície onde o coeficiente de atrito é de 0,75. Qual é a massa do corpo que está em repouso?



Os carros, as pessoas, as folhas das árvores, os aviões, precisam de energia para se moverem.

## Trabalho mecânico

Para si, o que é «trabalho»? É comum ouvirmos expressões como: «que trabalho tive para arrumar o meu quarto...» ou «este problema de Física deu muito trabalho a resolver!...» Nestas expressões, a palavra trabalho significa: esforço mental ou físico realizado por uma pessoa ou uma máquina. Na mecânica o trabalho define-se de um modo bem diferente.

Como sabemos, para a realização de trabalho é necessária energia. A energia transfere-se de um corpo para outro, de vários modos, produzindo diferentes efeitos. Um dos efeitos resultantes da transferência de energia é o movimento. É o caso, por exemplo, de um automóvel em movimento, que transforma a energia que recebe em movimento.

O trabalho mede a energia transferida entre dois corpos, ou sistemas, quando a transferência está associada à acção de forças.

Também a água armazenada numa barragem hidroeléctrica faz mover um grande gerador de energia. Neste caso, diferentemente do automóvel, há transferência de energia realizada pela acção de forças, pois a água exerce força sobre o gerador.

Para medir as transferências de energia associadas ao movimento, os físicos usam uma grandeza chamada trabalho.

O trabalho e a energia estão intimamente relacionados e, por isso, têm as mesmas unidades. A unidade destas duas grandezas no Sistema Internacional é o Joule (J). A esta unidade de trabalho,  $1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$ , deram o nome de 1 Joule (1 J) em homenagem a James Prescott Joule (1818-1889), físico inglês que fez pesquisas que demonstram que o calor é uma forma de energia.

O trabalho, em Física, corresponde a uma transferência de energia.

O trabalho mecânico é realizado por acção de forças. O cálculo do trabalho de uma força é, por vezes, complicado. Mas, no caso em que a força, é constante e o corpo, sobre o qual ela actua, se desloca na mesma direcção da força, o seu cálculo é bastante simples. Neste caso, basta calcular o produto do valor da força pela distância a que o corpo se moveu na direcção dessa força.

O trabalho é uma grandeza escalar pois, para a sua definição, basta um número e uma unidade,

$$W = F \cdot d$$

onde:

W – trabalho, expresso em Joule.

d – distância, expressa em metro.

F – força, expressa em Newton.

- Dois rapazes sobem ao primeiro andar de uma casa, mas utilizando processos diferentes. Um deles sobe pelas escadas interiores da habitação, enquanto que o outro o faz utilizando uma escada de corda suspensa de uma das janelas situadas no primeiro andar. Se ambos tiverem o mesmo peso, qual dos dois realiza menos trabalho? Porquê?

$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$  o que mostra que 1 J é o trabalho produzido por uma força de 1 N quando desloca o seu ponto de aplicação em 1 m.

- Uma bola, que rola sobre uma mesa a velocidade constante, acaba por cair no solo e ainda continua a rolar, também a velocidade constante. Não há forças de atrito a actuar sobre a bola de peso 5 N.

a) Enquanto rola sobre a mesa há trabalho efectuado pelo peso da bola? Justifique.

b) Enquanto rola sobre o solo há trabalho efectuado pelo peso da bola? Justifique.

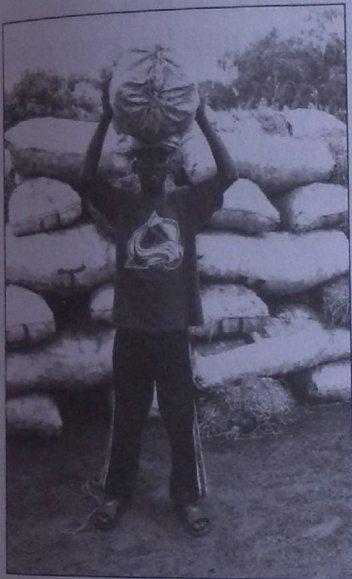
## Exemplos

Para o menino subir no balanço que está a 1 m do solo faz uma força de 250 N. Por acção dessa força o menino transfere energia para ele (necessária para subir) cujo valor é:

$$W = F \cdot d = 250 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 250 \text{ J}$$



A fórmula  $W = F \cdot d$  indica que para existir trabalho dois elementos são fundamentais: actuação de uma força e o deslocamento do ponto de aplicação dessa força na sua direcção. Ilustremos isto, pois é muito importante.



Quando está parado e carrega qualquer coisa, tal como o rapaz que carrega o saco de carvão, não realiza trabalho. O que carregou não vai nem para cima nem para baixo. Por isso, apesar de existir força, não há deslocamento e, consequentemente, o trabalho é nulo. O ponto de aplicação da força, neste caso, não se desloca. Quando um corpo se desloca, o seu peso realiza trabalho? Se o deslocamento for na horizontal, não.



Quando faz um deslocamento horizontal, carregando alguma coisa, a força que faz para carregar o objecto não realiza trabalho porque essa força não se desloca nem para cima nem para baixo (direcção). Haverá casos em que existe trabalho na vertical? Sim! Lembre-se do menino que realizou um trabalho de 250 J quando se elevou para se sentar no balanço.

Assim, ilustrámos que para existir trabalho são necessárias duas condições: uma força  $F$  que aplicada no corpo produz o seu deslocamento.

## Exemplos

1. Justifique as afirmações:

- O livro colocado na mesa não realiza trabalho.
- A água acumulada numa barragem não realiza trabalho.
- Água dum barragem que move as pás de um gerador realiza trabalho.
- O homem que empurra um *tchova* realiza trabalho.

2. Indique três actividades em que há realização de trabalho.

3. Indique três actividades em que não há realização de trabalho.

4. Classifique como «motor», «resistente» ou «nulo» o trabalho realizado pelo peso de cada um dos seguintes corpos:
- Pedra atirada dum janela sem velocidade inicial.
  - Bola que é atirada verticalmente para cima até atingir a altura máxima.
  - Pasta com livros a ser transportada numa recta horizontal.
  - Jarra colocada em cima dum mesa.
  - Mala que é transportada por uma escada acima.
  - Carro a deslizar numa descida.
  - Satélite em órbita circular cujo centro é o centro da Terra.

### Resolução

- O livro colocado na mesa não realiza trabalho porque não se desloca.
  - A água acumulada numa barragem não realiza trabalho porque não aplica nenhuma força que desloque o seu ponto de aplicação.
  - A água de uma barragem que move as pás de um gerador realiza trabalho porque aplica uma força que move as pás.
  - O homem que empurra um *tchova* realiza trabalho porque aplica uma força que desloca o *tchova*.
- Lavar pratos, correr, pintar.
- Esperar uma amiga com uma lata de água na cabeça, parar no cruzamento à espera de que o semáforo feche, estar sentado.
- |                |                |
|----------------|----------------|
| a) Motor.      | b) Resistente. |
| c) Nulo.       | d) Nulo.       |
| e) Resistente. | f) Motor.      |
| g) Motor.      |                |

## Potência

3. Uma força de 36 N produz um trabalho de 180 J. Em quantos metros a força deslocou o seu ponto de aplicação?

4. Qual é a força que produz o trabalho de 16 J, quando desloca o seu ponto de aplicação em 4 cm.

Um aparelho ou máquina é um instrumento onde se dá uma transferência de energia. Há aparelhos que transferem a energia mais rapidamente do que outros. A grandeza física que permite estimar a rapidez com que uma máquina transfere energia é a potência.

Uma máquina mais potente transfere a mesma quantidade de energia em menos tempo do que outra menos potente. Para calcular a potência usa-se a expressão:

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

onde:

P – potência.

W – energia transferida.

t – tempo em que decorre a transferência.

Como a energia, no S.I. se mede em Joule(J) e o tempo se mede em segundo (s), a unidade de potência é Joule por segundo ( $\frac{J}{s}$ ) a que se dá o nome de Watt (W).

$$1 \text{ W} = \frac{1 \cdot \text{J}}{1 \cdot \text{s}} \Leftrightarrow 1 \text{ Watt} = \frac{1 \cdot \text{Joule}}{1 \cdot \text{segundo}}$$

Quando a potência das máquinas é muito grande, como é o caso das centrais eléctricas, usam-se múltiplos, como o kiloWatt, o MegaWatt e o GigaWatt.

$$\bullet 1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W} \bullet 1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W} \bullet 1 \text{ GW} = 10^9 \text{ W}$$

### Exemplos

- Imagine que um corpo de peso 3 N cai de uma altura de 80 m em 4 s. Qual é o valor da potência desenvolvida pela força gravítica?
- Em quanto tempo um motor de potência de 100 W deve erguer um peso de 8 N a uma altura de 10 m?
- Um macaco hidráulico com a potência útil de 5 kW levanta um carro de massa  $1,5 \times 10^3 \text{ kg}$  à altura de 2,0 m, com uma força de intensidade igual à do peso do carro. Calcule o intervalo de tempo que gasta nesta tarefa.
- Um carro que não pega é empurrado por uma pessoa que exerce sobre ele uma força de 250 N. O solo, no entanto, também actua sobre o veículo, exercendo sobre ele uma força de atrito cuja intensidade é 70 N. Após 4 minutos e depois de 10 m de «empurrão», o carro finalmente pega.
  - Indique entre as duas forças aquela que realiza trabalho positivo, e a que realiza trabalho negativo.
  - Qual é o valor do trabalho realizado sobre o carro pela pessoa que o empurrou?
  - Qual é o trabalho da força de atrito?
  - Qual é a potência desenvolvida pelo atrito?

#### Resolução

$$1. P = \frac{W}{t} = \frac{3 \text{ N} \times 80 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 60 \text{ J. A potência desenvolvida pela força gravítica é de 60 J.}$$

$$2. P = \frac{W}{t} \Leftrightarrow t = \frac{W}{P} = \frac{8 \text{ N} \times 10 \text{ m}}{100 \text{ W}} = 0,8 \text{ s}$$

$$3. t = \frac{W}{P} = \frac{m \cdot g \cdot h}{P} = \frac{1,5 \times 10^3 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 2,0 \text{ m}}{5 \times 10^3 \text{ W}} = 6,0 \text{ s}$$

O carro foi elevado em 6,0 s.

- A força que realiza trabalho positivo é a aplicada pelo homem e a que realiza trabalho negativo é efectuada pela força de atrito.
- $W = F \cdot d = 250 \text{ N} \cdot 10 \text{ m} = 2500 \text{ J} = 2,5 \times 10^3 \text{ J.}$
- $W = 700 \text{ J.}$  O trabalho realizado pela força de atrito é de 700 J.
- $P = \frac{W}{t} = \frac{700 \text{ J}}{240 \text{ s}} = 2,92 \text{ W.}$  O atrito desenvolveu uma potência de 2,92 W.

## Energia e tipos de energia

É frequente usarem-se várias designações para caracterizar a energia. À energia proveniente do Sol é hábito chamar **energia solar**, à energia obtida a partir do vento **energia eólica**, à fornecida pela electricidade, **energia eléctrica**.

Ouve-se também, muitas vezes, a referência à energia nuclear, energia da biomassa, energia das marés, energia química, entre outras. Querera isto dizer que há várias energias?

A resposta é negativa: não há várias energias. Acontece apenas que, quando se fala nestes termos, está a indicar-se o tipo de fenómeno a que a energia aparece associada. Na realidade, os físicos consideram que, nestes vários fenómenos, a energia apenas pode tomar duas formas diferentes: **energia potencial** e **energia cinética**.



Já ouviu falar do efeito devastador das cheias em Moçambique?

5. Um corpo tem a energia cinética de 2 000 J. Quando a sua velocidade é 10 m/s, qual é a sua massa?

6. Um corpo sob a acção de uma força constante percorre 5 m em 30 s, tendo sido efectuado sobre ele um trabalho de 3 600 J.

- Qual é a sua energia cinética?
- Qual é o valor da força que actua no corpo?
- Qual é a potência desenvolvida neste trabalho?

## Energia cinética

A energia cinética está sempre presente quando há movimento: uma pessoa a andar, um automóvel que se desloca, o vento, a corrente de água ou um helicóptero em movimento são exemplos de situações em que os corpos possuem energia cinética. Estes corpos podem realizar trabalho. Por exemplo, a corrente de água libertada de uma barragem acciona os geradores de uma central hidroeléctrica enquanto que o vento pode mover um moinho de vento ou um papagaio.

Experiências mostram que a energia cinética do corpo é tanto maior quanto maior for a velocidade do corpo e maior for a sua massa.

A energia cinética calcula-se pela expressão.

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

onde:

$E_c$  – energia cinética.

$m$  – massa do corpo.

$v$  – velocidade.

## Exemplos

- Determine a energia cinética de um corpo de massa 3 t que se move a 72 m/h.
- Um camionista com 75 kg de massa conduz com cinto de segurança um camião de 2,5 t, com a velocidade de 25 m/s. Qual é a energia cinética do camião?
- Um condutor conduz um automóvel com a massa de 1 000 kg, numa estrada horizontal, a uma velocidade constante de 30 m/s, quando vê uma placa de sinalização que o obriga a parar, o que consegue em 4 s, depois de percorrer 60 m.
  - Que energia possui o automóvel antes de iniciar a travagem?
  - Durante a travagem a energia cinética manteve-se, aumentou ou diminuiu?
  - O trabalho que a força de travagem realizou é positivo ou negativo?
  - Qual é o valor do trabalho realizado pela força de travagem?
  - Calcule a potência dos travões naquele caso.
  - Qual é a intensidade da força de travagem que provocou a referida paragem?
- Dois carros, um automóvel e um camião, de massa 800 kg e 2 000 kg respectivamente, estão em movimento, a uma velocidade constante de 60 km/h.
  - Calcule a energia cinética de cada veículo.
  - Se embaterem num obstáculo, qual dos veículos produz maiores danos? Justifique.
  - Se a energia cinética dos dois fosse igual, a velocidade do automóvel seria maior, menor ou igual à velocidade do camião?

## Resolução

$$1. 3 \text{ t} = 3\,000 \text{ kg}; \quad 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 3\,000 \text{ kg} \times \left(20 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 600\,000 \text{ J} = 0,6 \text{ MJ}$$

Esta energia é bastante elevada. Este facto ilustra o perigo de altas velocidades.

$$2. E_c = \frac{1}{2} \times mv^2 \Leftrightarrow E_c = \frac{1}{2} \times 2,5 \times 10^3 \text{ kg} \times \left(25 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 7,8 \times 10^5 \text{ J.}$$

$$3. \text{ a) } E_c = \frac{1}{2} \times mv^2 \Leftrightarrow E_c = \frac{1}{2} \times 1\,000 \text{ kg} \times \left(30 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 4,5 \times 10^5 \text{ J}$$

b) Diminuiu.      c) Positivo.      d) O trabalho é  $4,5 \times 10^5 \text{ J}$ .

$$\text{e) } P = \frac{W}{t} \Leftrightarrow P = \frac{4,5 \times 10^5}{4} = 1,1 \times 10^5 \text{ W}$$

$$\text{f) } W = F \cdot d \Leftrightarrow F = \frac{W}{d} \Leftrightarrow F = \frac{4,5 \times 10^5}{60 \text{ m}} = 7\,500 \text{ N}$$

$$4. \text{ a) } E_{ca} = \frac{1}{2} \times 800 \times \left(\frac{60\,000}{3\,600}\right)^2 = 111\,556 = 1,1 \times 10^5 \text{ J. } E_c \text{ automóvel.}$$

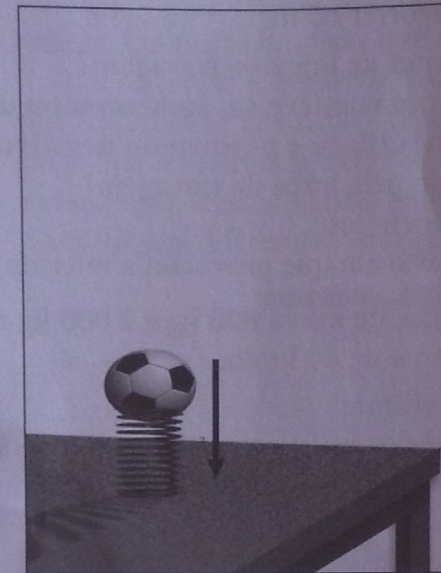
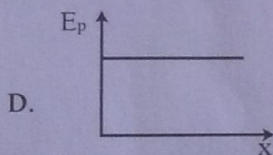
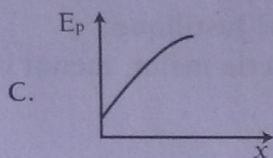
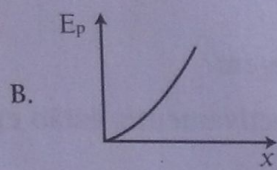
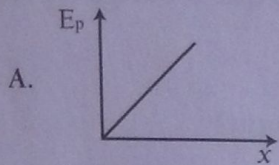
$$E_c = \frac{1}{2} \times 2\,000 \times \left(\frac{60\,000}{3\,600}\right)^2 = 278\,890 = 2,8 \times 10^5 \text{ J. } E_c \text{ camião.}$$

b) O camião tem maior energia cinética.

c) Se a energia cinética dos dois fosse igual, a velocidade do automóvel seria maior do que a do camião.

## Energia potencial

7. Indique o gráfico que representa melhor a energia potencial elástica em função da deformação da mola.



Como caracterizar a energia potencial? Realize a seguinte experiência: (1) Comprima uma mola sobre uma mesa, (2) solte a mola comprimida e (3) observe que depois de solta a mola tende a distender-se.

Quando deixa de comprimir a mola, as suas espiras movimentam-se, retomando a posição inicial, sem que tenha de exercer qualquer força. O que acontece é que ao comprimir a mola transferiu energia, que ficou *armazenada* na mola. Quando deixou de comprimir a mola, a sua energia manifestou-se no movimento da mola. Esta energia *escondida na mola* corresponde a uma forma potencial de energia.

Ao arremessar uma pedra com uma fisga, primeiro estica o elástico da fisga, armazenando nele uma certa quantidade de energia potencial elástica que é transferida para a pedra, comunicando-lhe movimento, assim que larga o elástico.

A energia de um corpo ou sistema de corpos é uma grandeza física que exprime o trabalho que pode ser efectuado pelo mesmo corpo ou sistema de corpos. A energia expressa-se nas mesmas unidades que o trabalho, isto é, em Joule.

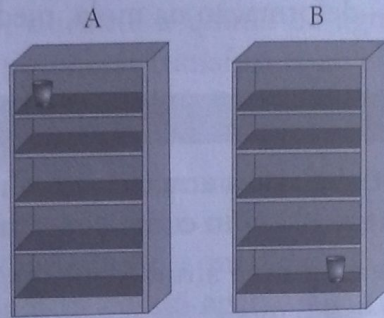
- Quanto maior é o trabalho que um corpo pode efectuar, tanto maior é a energia que ele possui.
- Quando se realiza trabalho, a energia dos corpos varia. O trabalho efectuado é igual à variação da energia.

A energia potencial é uma forma de energia relacionada com a posição das várias partículas que constituem um corpo (no caso do elástico, por exemplo) ou dos vários corpos que constituem um sistema.

Um exemplo de energia potencial muito importante é a energia potencial de um objecto associada à atracção gravitacional que a Terra exerce sobre ele. O objecto, quando está suspenso ou apoiado e, por isso, não pode cair, possui energia potencial que se manifesta quando o objecto deixa de estar suspenso ou apoiado, isto é, quando cai. Por isso, dizemos que um corpo a uma certa distância da Terra possui *energia potencial gravítica*. À medida que um corpo cai, a sua posição relativamente à Terra muda e, por isso, muda também a sua energia potencial gravítica.

A probabilidade de um copo de vidro partir-se quando cai da última prateleira de uma estante é maior do que se cair de uma prateleira a pequena altura. Porquê?

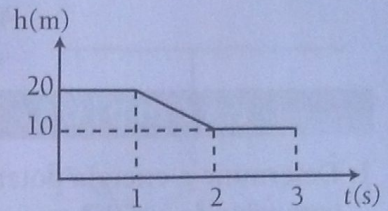
A energia potencial gravítica de um corpo é tanto maior quanto maior for o peso desse objecto e quanto maior for a distância entre ele e a Terra, ou seja, a altura da sua posição. Por isso, o corpo em (A) possui uma energia potencial maior do que em (B). À medida que o copo cai, a sua energia potencial diminui.



A energia potencial do corpo varia com a sua posição.

8. Dois corpos estão suspensos, um na lua e outro na Terra a uma mesma altura  $h$ . Compare as massas dos corpos considerando que tem energias potenciais iguais.

9. O gráfico mostra as alturas em que o corpo de 8 kg se encontra na Terra no decorrer do tempo.



a) Indique os intervalos em que a energia potencial do corpo varia. Justifique.

b) Indique os intervalos em que a energia potencial do corpo é constante.

c) Calcule a energia potencial gravitacional para o corpo, quando o tempo é 0 s, 1 s, 2 s e 3 s.

A energia potencial gravitacional de um corpo calcula-se pela expressão:

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

onde:

$E_p$  - energia potencial.

$m$  - massa do corpo.

$g$  - aceleração de gravidade.

$h$  - a altura a que o corpo se encontra.

### Exemplos

Determine a energia potencial de um corpo com 4 kg de massa que está a 5 m de altura.

Resolução

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 4 \text{ kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 5 \text{ m} = 200 \text{ J}$$

A água dos rios retida numa barragem tem uma energia potencial enorme. Quando ela cai realiza trabalho, accionando as potentes turbinas das centrais eléctricas.

A energia potencial gravitacional de um bate-estacas é utilizada na construção civil para enterrar pilares que sustentam prédios.

Uma pessoa, ao abrir uma porta munida de mola, efectua um trabalho de distensão (ou de compressão) da mola. Ao largar-se a

porta, esta reage à custa da energia adquirida e realiza o trabalho de fechar a porta.

A energia de compressão ou de torsão de molas é utilizada em espingardas, nos relógios de corda e em diversos brinquedos de corda.

A energia potencial elástica calcula-se pela expressão:

$$E_{el} = \frac{1}{2} kx^2$$

onde:

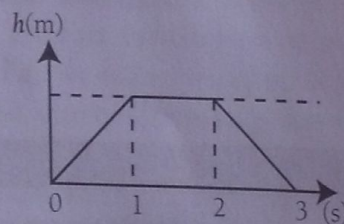
$E_{el}$  – energia potencial elástica.

$k$  – constante de elasticidade da mola, medida em N/m.

$x$  – deformação na mola, medida em metros.

### Exemplos

- Determine a energia potencial elástica armazenada numa mola de comprimento 1,6 m quando comprimida em 0,3 m, se tem 300 N/m como constante de elasticidade.
- Um corpo de massa 5 kg está a uma altura de 10 m do solo. Qual é a sua energia potencial gravitacional? Considere  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .
- Dois corpos estão à mesma altura. Justifique as afirmações:
  - As energias potenciais gravitacionais dos corpos são iguais.
  - As energias potenciais gravitacionais dos corpos são diferentes.
- O gráfico da figura mostra a distância entre o corpo e o solo no decorrer do tempo.
  - Indique os intervalos em que a energia potencial do corpo varia. Justifique.
  - Indique o intervalo em que a energia potencial do corpo é constante.



### Resolução

- $E_{el} = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \times 300 \times (0,3)^2 = 13,5 \text{ J}$
- $E_{pg} = m \cdot g \cdot h = 5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 10 \text{ m} = 490 \text{ J}$
- Os corpos têm massas iguais ou estão na altura zero.
  - Os corpos têm massas diferentes.
- A energia potencial do corpo varia entre 0 e 1 s e entre 2 e 3 s, pois nesses períodos a altura em que o corpo se encontra varia.
  - A energia potencial do corpo é constante entre 1 e 2 s, pois a altura em que o corpo se encontra não varia em relação ao solo.

Em resumo, podemos dizer que a energia pode ter duas formas: cinética e potencial. As energias cinéticas e potencial do corpo devem-se ao estado de movimento ou posição do corpo. A soma destas energias constitui a energia mecânica ( $E_m$ ) do corpo, isto é,

$$E_m = E_c + E_p$$

## Princípio de conservação de energia

Existem muitas situações em que a energia potencial se transforma em cinética e vice-versa. Por exemplo, durante a queda da água armazenada numa barragem a energia potencial transforma-se em cinética. A transformação dum tipo de energia mecânica noutra pode ser facilmente observada na oscilação do pêndulo.

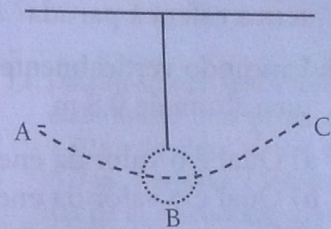
Ao afastarmos a bola para a posição A ela adquire energia potencial. Largando-a, a sua energia potencial transforma-se em energia cinética, isto é, a energia potencial vai diminuindo à medida que a energia cinética aumenta. Ao chegar a B a bola possui apenas a energia cinética e, por inércia, continua até C. Quando a bola passa de B para C a energia cinética transforma-se em potencial, isto é, a energia cinética diminui à medida que aumenta a energia potencial. Chegado em C, como o corpo pára, só possui energia potencial. Não obstante variarem os valores das energias cinética e potencial durante o movimento da bola, em situação ideal, sem atrito, a sua soma é constante, isto é, a **energia mecânica do corpo é constante**.

$$E_m = E_c + E_p = \text{Const.}$$

O facto acima exposto expressa o enunciado de um princípio geral muito importante em Física, chamado o **Princípio de Conservação da Energia**. Por outras palavras, a energia transferida não desaparece mas permanece constante no Universo.

De notar que o termo conservar, em Física, é algo distinto do significado que se lhe atribui no dia-a-dia. Quotidianamente, usa-se a palavra conservar quando queremos referir-nos a qualquer coisa que queremos guardar, que queremos manter em bom estado. Em Física, conservar significa manter a mesma quantidade, isto é, uma propriedade conserva-se se a medirmos diversas vezes e ela apresentar sempre o mesmo valor.

Dizer que a energia se conserva significa que, se medirmos a quantidade de energia antes e depois de uma transferência ou de uma transformação, o valor é o mesmo.



10. Das situações descritas indica aquela em que a energia potencial gravitacional do corpo em relação à Terra é nula e aquela em que é diferente de zero.
- O astronauta na Terra.
  - O astronauta na Lua.
  - O astronauta na atmosfera terrestre.
  - Um peixe na superfície da água
  - Um peixe no fundo do mar.
  - Um peixe no ponto mais alto do seu salto.
11. Um corpo em queda livre, chega ao solo com a velocidade de 30 m/s. De que altura caiu?  
Use  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
12. Uma mola com a constante de elasticidade igual a 25 N/m descontrai-se empurrando um corpo de massa 160 g. Quando termina a descontracção, a velocidade do corpo é 5 m/s. Em quantos centímetros a mola tinha sido contraída?

## Exemplos

- Um corpo de massa 15 kg é largado de uma altura de 3 m.
  - Qual era a sua energia potencial antes de ser largado?
  - Qual é a sua energia potencial quando chega ao solo?
  - E a sua energia cinética?
  - Qual será a velocidade do corpo quando chega ao solo?
- Um corpo de massa 60 kg rola por uma montanha, sem atrito. Se no ponto A a 50 m do solo tem a velocidade de 3,0 m/s, qual será a sua velocidade no ponto B a 10 m do solo?
- Comprime-se em 10 cm uma mola à qual está encostada uma esfera de massa 100 g. Soltando a mola, esta distende-se até ficar na posição de equilíbrio e a esfera é disparada. Que velocidade tem a esfera à partida? A constante de elasticidade da mola é 20 N/m.
- Lançando verticalmente para cima uma bola de 2,0 kg, à velocidade inicial de 14 m/s, ela atinge uma altura de 9,8 m.
  - Qual é o valor da energia mecânica quando o corpo é lançado?
  - Qual é o valor da energia mecânica quando o corpo está a 3 m de altura?
  - Compare as respostas das alíneas a) e b) e explique a diferença.

## Resolução

1. a)  $E_p = m \cdot g \cdot h = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 3 \text{ m} = 450 \text{ J}$ . Antes de ser largado a  $E_p = 450 \text{ J}$ .

b) Quando chega ao solo a sua energia potencial é nula, pois a altura é nula.

c) Quando chegar ao solo a sua energia cinética é de 450 J.

d)  $E_c = \frac{1}{2} mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 450}{15}} = 7,7 \text{ m/s}$

2.  $E_{cA} + E_{pA} = E_{cB} + E_{pB}$

$$E_{cB} = E_{cA} + E_{pA} - E_{pB}$$

$$E_{cB} = \frac{1}{2} \times 60 \text{ kg} \times (3 \text{ m/s})^2 + 60 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 50 \text{ m} - 60 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 10 \text{ m}$$

$$= 24\,270 \text{ J}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 24\,270 \text{ J}}{60 \text{ kg}}} = 28,4 \text{ m/s} . \text{ A sua velocidade no ponto B será } 28,4 \text{ m/s} .$$

3.  $E_{pel} = E_c = \frac{1}{2} mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2 E_{pel}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times \frac{1}{2} kx^2}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times \frac{1}{2} \times 20 \times (0,1)^2}{0,1}} = 1,4 \text{ m/s}$

A velocidade da esfera é 1,4 m/s.

4. a)  $E_m = E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 2,0 \text{ kg} \times (14 \text{ m/s})^2 = 196 \text{ J}$

O valor da energia mecânica quando o corpo é lançado é 196 J.

b) O valor da energia mecânica quando o corpo está à altura de 3 m é de 196 J, porque a energia mecânica não varia.

c) As respostas para as alíneas a) e b) são iguais pois a energia cinética converteu-se em energia potencial.

## Rendimento

Se o princípio de conservação de energia é válido, como é que se explica que quando um corpo A transfere energia para um corpo B a energia que este recebe é sempre inferior à energia fornecida por A?

Repare que precisamos muitas vezes de máquinas (carro) para elas executarem tarefas mecânicas (fazer movimentar corpos, deformá-los ou parti-los), sob a acção de forças.

Nestes casos, a energia útil que nos é dada pela máquina corresponde a uma transferência como trabalho. Mas para que a máquina funcione, várias peças são postas em contacto umas com as outras. Ora, a fricção entre as peças da máquina origina o aquecimento delas, ou seja, traduz-se numa transferência de energia como calor.

Por isso, diz-se que parte da energia fornecida à máquina é dissipada como calor; esta energia dissipada não contribui para a tarefa que se pretende, diminuindo a fracção da energia que «reaparece» no final como energia útil.

Isto quer dizer que qualquer tarefa executada por uma máquina «custa» mais energia do que a energia correspondente à tarefa realizada.

Por sua vez, a parte da energia transferida como calor, quando uma máquina funciona, vai-se espalhando nas peças da máquina e no ambiente à volta desta. Depois de espalhada, ela já não pode ser utilizada. Essa energia dissipada corresponde, assim, a uma «perda» de utilidade.

Em Física, diz-se que parte da energia fornecida à máquina é «degradada» como calor.

A energia, uma vez degradada, já não pode ser aproveitada pelo Homem de forma útil; é por isso que alguma energia parece «perder-se», o que não é verdade. Significa que, de cada vez que usamos uma máquina, estamos a diminuir a quantidade de energia que pode ser utilizável no Universo.

Claro que há máquinas mais eficientes do que outras; quanto mais eficientes, maior o seu rendimento. No entanto, o rendimento de uma máquina nunca chega a ser 100%, pois há sempre uma pequena fracção de energia que se espalha como calor, isto é, há sempre degradação.

Por isso, de cada vez que fazemos funcionar um aparelho ou uma máquina estamos a contribuir para que alguma energia se espalhe, aumentando a quantidade de energia degradada.

A degradação da energia é, pois, uma espécie de factura que a tecnologia tem de pagar e que, portanto, o Homem tem de pagar para se servir da tecnologia.



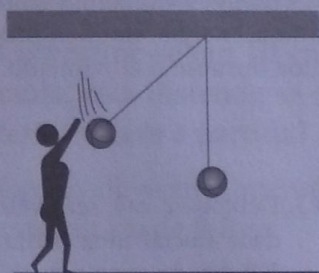
A energia da gasolina é maior que a energia cinética produzida durante o movimento.

13. Deixou-se cair sem velocidade inicial uma pedra de 1,0 kg de uma altura de 5,0 m. Despreze a resistência do ar e considere o solo como nível zero de energia potencial gravítica do sistema pedra + terra. Classifique as afirmações seguintes como verdadeiras ou falsas, corrigindo estas:

- A. A energia mecânica do sistema quando a pedra está a 5,0 m de altura é de 50 J.
- B. A energia mecânica do sistema quando a pedra se encontra a 2,0 m do solo é de 30 J.
- C. A energia cinética da pedra quando está a 2,0 m de altura é de 30 J.

14. Determine a energia mecânica de um corpo de massa 200 kg que está numa altura de 10 m, depois de deslocado 5 m por uma força de 25 N à mesma altura.

15. Um aluno suspendeu um corpo, de massa 3 kg, com um fio inextensível com 2 m de comprimento. Puxou o corpo, aproximando-o do outro colega, sem tocá-lo, e largou o corpo. O colega será atingido pelo corpo quando completar uma oscilação?



Por vezes, ouvimos falar de energia de alta qualidade e de energia de baixa qualidade. O que quer isto dizer? Em termos gerais significa que:

- Quanto mais concentrada estiver a energia (menos espalhada), maior é a possibilidade de a utilizar tecnologicamente – em termos técnicos diz-se que a energia é de alta qualidade.
- Quanto mais espalhada estiver a energia (menos concentrada), menor é a possibilidade da sua utilização tecnológica – tecnicamente é de baixa qualidade.

A eficácia de uma máquina ou aparelho na conversão da energia recebida em energia útil é avaliada pelo seu rendimento ( $\eta$ ) que se define da seguinte forma:

$$\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{recebida}}} \quad \text{ou} \quad \eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{recebida}}}$$

- Em qualquer transferência de energia, a quantidade de energia antes e depois da transferência é igual.
- Há sempre alguma fracção de energia que se degrada durante a transferência e essa energia não é recuperável para fins tecnológicos.

### Exemplos

- A potência útil de um motor é de 3 kW.
  - Qual é a energia cedida pelo motor durante 20 s?
  - O rendimento do motor é 30%. Qual é a quantidade de energia fornecida ao motor?
- Um dado motor funciona recebendo energia à razão de 20 kJ a cada 4 s. O motor, por sua vez, transfere energia sob a forma de trabalho a uma máquina à razão de 24 kJ durante 8 s.
  - Calcule a potência relativa da energia fornecida ao motor.
  - Calcule a potência relativa da energia útil fornecida pelo motor.
  - Calcule o rendimento do motor.
- Quais das alíneas abaixo completam correctamente a seguinte frase: «Uma máquina tem rendimento inferior a 100% porque...»
  - ...as pessoas precisam de saber usar melhor as máquinas».
  - ...há sempre energia que se dissipa quando uma máquina funciona».
  - ...ainda não se conseguiu fazer máquinas com rendimento de 100%».
  - ...a energia gasta-se para que as máquinas funcionem».
- Um motor queima combustível correspondente a 1,8 MJ. O trabalho mecânico que o motor realiza é de 450 kJ. Determine:
  - O rendimento do motor.
  - A energia dissipada.
- Um tubo fluorescente tem um rendimento de 30%. Determine a energia consumida quando produz energia radiante de 100 J.

6. Um motor, em 20 s, gasta 40 kJ, para levantar um saco de 80 kg, até uma altura de 10 m. Calcule:

- O trabalho realizado.
- A energia dissipada.
- O rendimento do motor.
- A potência desenvolvida na realização do trabalho.
- A potência consumida pelo motor.

Resolução

$$1. a) P = \frac{W}{t} \Leftrightarrow W = P \cdot t = 3 \times 10^3 \text{ W} \times 20 = 6 \times 10^4 \text{ J}$$

A energia cedida pelo motor é de  $6 \times 10^4 \text{ J}$ .

$$b) \eta = \frac{W_u}{W_f} \Leftrightarrow W_f = \frac{W_u}{\eta} = \frac{6 \times 10^4 \text{ J}}{0,3} = 2 \times 10^5 \text{ J}$$

Ao motor foi-lhe fornecido uma energia de  $2 \times 10^5 \text{ J}$ .

$$2. a) P_f = \frac{W}{t} = \frac{20 \text{ kJ}}{4 \text{ s}} = 5 \text{ kW}$$

$$b) P_f = \frac{W}{t} = \frac{24 \text{ kJ}}{8 \text{ s}} = 3 \text{ kW}$$

$$c) \eta = \frac{P_u}{P_f} = \frac{3 \text{ kW}}{5 \text{ kW}} = 60\%$$

3. B. e D.

$$4. a) \eta = \frac{W_u}{W_f} = \frac{450 \text{ kJ}}{1800 \text{ kJ}} = 0,25 = 25\%. \text{ O motor tem um rendimento de } 25\%.$$

$$b) W_d = W_f - W_u = 1800 \text{ kJ} - 450 \text{ kJ} = 1350 \text{ kJ}.$$

$$5. \eta = \frac{W_u}{W_f} \Leftrightarrow W_f = \frac{W_u}{\eta} = \frac{100 \text{ J}}{0,3} = 333,3 \text{ J}$$

$$6. a) W_u = m \cdot g \cdot d = 80 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 10 \text{ m} = 8 \text{ kJ}$$

$$b) W_d = W_f - W_u = 40 \text{ kJ} - 8 \text{ kJ} = 32 \text{ kJ}$$

$$c) \eta = \frac{W_u}{W_f} = \frac{8 \text{ kJ}}{40 \text{ kJ}} = 0,20 = 20\%$$

$$d) P = \frac{W_u}{t} = \frac{8 \text{ kJ}}{20 \text{ s}} = 0,4 = 400 \text{ W}$$

$$e) P_c = \frac{W_d}{t} = \frac{32 \text{ kJ}}{20 \text{ s}} = 1,6 \text{ kW}$$

## Exercícios propostos

Assinale em cada caso a alternativa correcta.

- Trabalho de uma força constante é o produto:
  - Do módulo da força pela distância percorrida pelo seu ponto de aplicação.
  - Do módulo da força pela projecção do deslocamento do seu ponto de aplicação na direcção da força.
  - Do módulo da força pela distância da origem do referencial ao seu ponto de aplicação.
  - Do vector força pelo vector posição do seu ponto de aplicação pelo co-seno do ângulo entre os mesmos.
- Em relação ao trabalho pode-se dizer:
  - Sempre que age uma força há trabalho.
  - Há trabalho quando há deslocamento.
  - Sendo  $F$  a força e  $W$  o trabalho, tem-se que  $F = W \cdot d$ , onde  $d$  é o deslocamento do móvel.
  - Nenhuma das respostas anteriores é correcta.
- Na queda livre de um corpo a partir do repouso, a força da gravidade:
  - Não realiza trabalho.
  - Realiza trabalho negativo.
  - Realiza trabalho que depende da altura da queda.
  - Nenhuma das alternativas anteriores.
- Um corpo de massa 2 kg está em repouso, na posição A. Aplica-se ao corpo uma força horizontal, de intensidade 30 N, que desloca o corpo até B. A distância entre A e B é igual a 5 m. O trabalho realizado pela força  $F$  no deslocamento de A até B é de:
  - 30 J.
  - 50 J.
  - 150 J.
  - 250 J.
- Um corpo de massa recebe a energia de 600 J ao percorrer uma distância de 30 m. A força que actua nele é igual a:
  - 30 N.
  - 50 N.
  - 10 N.
  - 20 N.
- Um corpo que recebe um trabalho de 150 N, realizado por uma força constante de 30 N, percorre:
  - 3 m.
  - 5 m.
  - 1 m.
  - 2 m.
- Uma força aplicada a um corpo, em virtude da qual a sua velocidade aumenta:
  - Realiza trabalho.
  - Gasta energia.
  - Tem inércia nula.
  - Tem aceleração nula.
- Um corpo é puxado sobre uma superfície horizontal sem atrito, por uma força constante de 4 N, também horizontal. A energia transferida para o corpo depois de percorrer 5 m é de:
  - 0 J.
  - 20 J.
  - 10 J.
  - 40 J.
- Trabalho é uma grandeza:
  - Vectorial.
  - Escalar.
  - Vectorial e escalar.
  - Nenhuma das alternativas.
- Para arrastar um corpo de massa 100 kg entre dois pontos com movimento uniforme, um motor de potência igual a 500 W opera durante 120 s. O trabalho realizado, em Joule, é de:
  - $3,0 \times 10^4$ .
  - $6,0 \times 10^4$ .
  - $1,0 \times 10^4$ .
  - $2,0 \times 10^4$ .

## Exercícios propostos

11. Um motor de potência 125 W deve erguer um peso de 10 N a uma altura de 10 m; nestas condições, podemos afirmar que:
- Em 0,10 s a operação estará completa.
  - O tempo de operação será superior a 20 s.
  - O tempo depende do rendimento da máquina empregada; se o rendimento for de 100%, o tempo será de 0,8 s.
  - Em nenhum caso o tempo de operação ultrapassará 1,0 s.
12. Uma força  $F$  puxa um corpo de massa 500 kg. A potência que deve ter a força para fazer o corpo percorrer uma distância de 40 m em 15 s, terminando o percurso com a velocidade de 20 m/s é de:
- A. 1 778 W.      B. 2 778 W.      C. 3 778 W.      D. 4 778 W.
13. Um elevador cujo peso próprio é  $P = 6\,000$  N tem 10 passageiros. Supondo que, em média, o peso próprio de cada passageiro seja 480 N, a potência útil com que trabalha o motor, quando o elevador sobe movimento uniforme e velocidade  $v = 1$  m/s.
- A potência útil do motor do elevador é de 10 800 Watt.
  - A potência útil do motor do elevador é de 1 535 Watt.
  - A potência útil do motor do elevador é de 1 435 Watt.
  - A potência útil do motor do elevador é de 2 080 Watt.
14. Um projectil de massa  $m = 20$  g é lançado horizontalmente contra a face vertical de um bloco de madeira, à velocidade  $v_0 = 400$  m/s. Se a espessura do bloco de madeira é  $s = 20$  cm e se, após atravessar o bloco, o projectil sai com a velocidade  $v = 200$  m/s. O módulo do trabalho realizado pela força de resistência oposta à penetração, suposta constante é de:
- A. 1 300 J.      B. 1 200 J.      C. 1 100 J.      D. 1 000 J.
15. O módulo da força referida no exercício anterior é de:
- A. 1 000 N      B. 3 000 N.      C. 5 000 N.      D. 6 000 N.
16. A distância mínima de segurança que um condutor deve manter entre a sua viatura e a da frente depende da velocidade:
- Se for a 30 km/h, em piso molhado, essa distância deverá ser de 9 m .
  - Se for a 60 km/h, deverá ser de 36 m.
  - E se for a 90 km/h? Justifique.
17. Um guindaste eleva verticalmente um fardo de massa 100 kg, inicialmente em repouso no solo, até à altura de 15 m, com uma força constante de 1 020 N. Calcule:
- O trabalho realizado pelo guindaste sobre o fardo.
  - O trabalho realizado pelo peso do fardo.
  - A variação de energia cinética do fardo.
  - A velocidade do fardo quando está na altura de 15 m.
18. Um automóvel de massa 500 kg, que se deslocava numa estrada à velocidade de 72 km/h, vai de encontro a um muro.
- Qual é a energia cinética do automóvel antes do choque?
  - De que altura teria de cair o automóvel para que a energia na queda fosse idêntica à envolvida no choque?

## Exercícios propostos

19. Uma criança atira uma pedra verticalmente para cima, com uma fisga. Esticando os elásticos em 8 cm, a pedra sobe até 8 cm. Qual seria a altura que a pedra havia de atingir se esticássemos os elásticos em 16 cm?
20. a) Qual é a energia potencial elástica de uma mola de 1 200 N/m, quando é comprimida em 8 cm?  
b) Qual é a força média que deformou a mola?
21. Um corpo tem a energia potencial gravitacional de 4 000 J, numa altura de 5 m.  
a) Qual é a sua massa?  
b) Qual devia ser a deformação de uma mola com a constante de elasticidade de  $2 \times 10^5$  N/m, para ter a mesma energia potencial?
22. Uma mola de constante elástica 300 N/m está comprimida em 8 cm. O corpo nela acoplado tem a massa de 1 kg. Num dado instante solta-se o sistema.  
a) Em quantos centímetros a mola empurra o corpo?  
b) Qual é velocidade do corpo quando deixa de ser empurrado pela mola?
23. Um corpo de massa 4 kg é lançado verticalmente de baixo para cima, com velocidade inicial de 5 m/s, de um ponto que está a 20 m de altura. Qual é a sua energia cinética, quando atinge o chão?
24. Uma mola cuja constante de elasticidade é 100 N/m, está comprimida em 30 cm por um corpo. Após a descompressão da mola de 15 cm, calcule:  
a) A energia cinética da mola.  
b) A energia potencial.  
c) A energia mecânica da mola.  
d) A força necessária para produzir a energia mecânica da mola.
25. Um corpo de massa 8 kg tem velocidade 2 m/s, quando colide com uma mola de 800 N/m, comprimindo-a. Qual é valor da deformação da mola?
26. Um rapaz arrastando uma caixa de 40 kg sobre um plano horizontal com atrito, levou-a da velocidade 1,0 m/s até à velocidade de 2,0 m/s, exercendo uma força horizontal constante de 100 N. A caixa deslocou-se 3,0 m. Calcule:  
a) A energia que o rapaz despreendeu.  
b) A energia cinética ganha pela caixa.  
c) O aumento da energia interna do chão e da caixa.

## Várias grandezas físicas e suas unidades mais comuns

Grandeza Física	Algumas Unidades de Grandeza			
Comprimento	metro (m)	pé (ft)	polegada (in)	milha (mi)
Massa	quilograma (kg)	grama (g)	onça (oz)	libra (lb)
Tempo	segundo (s)	minuto (min)	hora (h)	Dia
Velocidade	metro por segundo (m/s)	quilómetro por hora (km/h)	milha por hora (mph)	Nó
Aceleração	metro por segundo ao quadrado (m/s <sup>2</sup> )			
Força	Newton (N)	quilograma-força (kgf)	dine	
Densidade	quilograma por metro cúbico (kg/m <sup>3</sup> )	quilograma por litro (kg/l)	grama por centímetro cúbico (g/cm <sup>3</sup> )	
Pressão	atmosfera (atm)	Pascal (Pa)	milímetros de mercúrio (mmHg)	
Frequência	Hertz (Hz)			
Volume	metro cúbico (m <sup>3</sup> )	litro (l)	centilitro (cl)	mililitro (ml)
Área	metro quadrado (m <sup>2</sup> )	centímetro quadrado (cm <sup>2</sup> )	hectare (ha)	are (a)
Energia, Trabalho e Calor	Joule (J)	caloria (cal)	eléctron-volt (eV)	quilowatt-hora (kWh)
Temperatura	Kelvin (K)	Celsius (C)	Fahrenheit (F)	
Potência	Watt (W)	Cavalo-Vapor (CV)	caloria por segundo (cal/s)	
Corrente Eléctrica	Ampere (A)	miliampere (mA)	microampere (µA)	
Campo Magnético	Weber (Wb)	Maxwell (Max)		
Fluxo Magnético	Tesla (T)	Gauss (G)		
Intensidade Luminosa	candela (cd)			

## Unidade 0: Introdução ao estudo da Física

- Natureza é o mundo material em que vivemos.
- Diz-se que a Natureza é dinâmica porque os elementos que a constituem estão sempre a evoluir.
- O Homem contribui muito para o dinamismo da Natureza porque é um dos agentes promotores das mudanças que ocorrem na Natureza.
- A contribuição do Homem no dinamismo da Natureza tem sido em proveito próprio porque:
  - Constrói estradas, carros, aviões, bicicletas, comboios e navios que facilitam a sua deslocação.
  - Constrói habitações para o seu abrigo.
  - Produz alimentos para o seu sustento.

A contribuição do Homem no dinamismo da Natureza tem sido em prejuízo próprio porque:

  - Produz bombas e venenos que matam o próprio Homem.
  - Altera as condições climáticas, de tal modo que se torna difícil para ele sobreviver na Terra
  - Não distribui equitativamente os bens que produz.
- Grandeza física é tudo aquilo que pode ser medido. Ex.: comprimento, massa, tempo, temperatura, volume, velocidade, força, etc.
- Medir uma grandeza é compará-la com outra da mesma espécie que se toma como unidade padrão de medida.
- Fenómeno é tudo o que acontece na Natureza. Correr, partir um copo, queda de uma manga são exemplos de fenómenos.
- Correr, partir um copo, queda de uma manga são exemplos de fenómenos físicos.
- Substâncias puras simples são formadas pela combinação de átomos de um único elemento químico.
- Exemplos de substâncias puras simples: oxigénio, hidrogénio, cloro, enxofre, ferro, cobre, zinco, etc.
- Substâncias puras compostas são formadas pela combinação de átomos de dois ou mais elementos químicos diferentes, como, por exemplo, a água (formada por dois átomos de hidrogénio e um de oxigénio); ácido clorídrico (formado por um átomo de hidrogénio e um átomo de cloro), sal de cozinha – cloreto de sódio (formado por um átomo de sódio e um átomo de cloro).
- Grandezas físicas: densidade, volume, massa, velocidade, temperatura.

Unidades de medição: metro, kg,  $m/s^2$ , Pascal.  
Instrumentos de medição: relógio, fita-métrica, balança, dinamómetro, proveta, velocímetro, barómetro, régua.

### Exercícios propostos

- Física é a ciência que estuda os fenómenos físicos.
  - A Física distingue-se da Biologia e da Química pela característica dos fenómenos que estuda.
  - Sim. É lícito dizer-se que existem muitas ciências porque os fenómenos e os conhecimentos que existem não se esgotam em Física, Química e Biologia.
- Um modelo é a simplificação da realidade, de tal sorte que as conclusões tiradas a partir do modelo sejam explicações aproximadas do que acontece na realidade.
- Quem introduziu na ciência a palavra «física» foi Aristóteles (384-322 a.C.).
- Em Física, um corpo é a colecção de massas tomadas uma a uma. Por exemplo, uma mesa pode ser considerada um corpo, mas a mesa também consiste de muitas partículas. O planeta Terra, uma bola de futebol e uma galinha são exemplos de corpos.
- Substância é o que compõe um corpo físico. A prata, o cimento, a argila e o açúcar são exemplos de substâncias.
- Os conhecimentos sobre os fenómenos da Natureza podem ser obtidos pela observação e experiência.
- Numa observação procuramos captar como um fenómeno corre enquanto que numa experiência científica procuramos sempre verificar uma dada hipótese e, por isso, a sua realização é precedida de uma ponderação rigorosa.
- São vários os instrumentos usados para a medição na experiência: régua, cronómetro, velocímetro e outros.
- Os passos de um método científico são: (1) Determinação do fenómeno a estudar, (2) Recolha de dados relativos ao fenómeno determinado em (1), (3) Análise dos dados recolhidos no número anterior, (4) Formulação da hipótese, (5) Verificação da hipótese e (6) Conclusão.
- Amor, dor, tristeza são exemplos de grandezas não usadas em Física.
- «Unidade» é a grandeza que usamos como referência na medição em Física.
- Para facilitar o estudo dos fenómenos.
- Para comprovar uma certa hipótese.

14. Fenómenos físicos: eclipse do Sol, transformação da água em gelo, queda de um corpo, transformação do vapor em água.  
Fenómenos químicos: transformação de leite em yogurt, oxidação do ferro, transformação do vinho em vinagre.

15.

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
5	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	0
0	3	5	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	8	0	0
0	0	9	0	0	0	0
0	7	0	0	0	0	0

## Unidade 1: Estrutura da Matéria

1. Duas experiências que comprovam que as substâncias são constituídas por partículas separadas por espaços vazios:

A diluição do açúcar no chá – as partículas do açúcar espalham-se pelos espaços vazios do chá, que fica doce.

A diluição do sumo – o sumo concentrado espalha-se pelos espaços vazios da água.

2. Os corpos apresentam-se compactos pois as partículas e os espaços entre eles são muito pequenos.

3. As afirmações de que as vantagens que o Homem tem pelo facto de conhecer a estrutura da matéria são:

Explicar os fenómenos que se baseiam na estrutura da matéria.

Dirigir os fenómenos que se baseiam na estrutura da matéria.

Explicar as propriedades dos corpos.

Construir novos materiais de que o Homem precisa.

4. Os três estados em que é possível encontrar a matéria são: estado sólido, líquido e gasoso.

5. Exemplos de corpos no estado sólido: carvão, madeira, ferro, gelo. No estado líquido: água, álcool, gasolina. No estado gasoso: ar, vapor de água, fumo.

6. A propriedade comum dos gases é ocupar todo o volume à sua disposição.

7. a) No estado líquido.

b) No estado sólido.

c) No estado gasoso.

8. Nos sólidos a força de coesão é muito grande enquanto que nos gases quase não existe.

9. Porque entre as moléculas existem forças de atracção.

10. Ao dividirmos um corpo em duas partes e voltando a aproximar os seus pedaços estes não se unem porque afastamos as moléculas numa distância superior às suas dimensões. Na plasticina, quando aproximamos as partes cortadas, as moléculas ficam a uma distância inferior às suas dimensões.

11. O que mantém o espaço vazio entre as moléculas é a força de repulsão entre elas.

12. A condição para existir uma força de atracção entre as moléculas é estarem próximas.

13. A condição para existir uma força de repulsão entre as moléculas é estarem muito próximas.

14. Uma das experiências que mostra que as moléculas de qualquer substância estão sempre em movimento é o facto de colocando uma gota de tinta de escrever dentro de um copo com água, a tinta espalhar-se-á até colorir a água.

15. A difusão deve-se ao movimento Browniano das partículas. Três exemplos da difusão nos três estados são:

- Abrindo uma garrafa de perfume numa sala, depois de algum tempo, todas as pessoas na sala sentem o seu aroma.
- Juntando óleo queimado e água, depois de muito tempo, a água fica pintada.
- Colocando uma placa de chumbo sobre uma placa de ouro, depois de alguns anos, interpenetram-se.

## Exercícios propostos

1. Pe. conseguimos diluir o sumo, pois as moléculas de sumo ocupam os espaços vazios da água. Ao aquecermos uma moeda que passa rente entre dois pregos, deixa de passar em virtude de os seus espaços intermoleculares terem aumentado.

2. Pe. cimento, ligas metálicas, fios condutores de electricidade é uma lista dos materiais fabricados pelo Homem e que tornam mais confortável a sua vida.

3. Pe. arma, bomba, os gases produzidos e que afectam o ozono é uma lista dos materiais fabricados pelo Homem e que não contribuem para o bem-estar humano.

4. As propriedades das partículas que formam uma substância são o facto de terem as mesmas propriedades que são diferentes das propriedades das moléculas que formam outras substâncias.

5. O que é comum entre as moléculas é que todas são minúsculas e a diferença entre elas são as divisões.

6. Dividindo um pau de giz, p. e., atingimos um ponto em que, continuando com a divisão, deixamos de ter giz.

7. Matéria é tudo o que existe na natureza. Substância é o que compõe a matéria. Corpo é uma porção da matéria.

8. As forças que existem entre os constituintes de uma substância são as forças de atracção e de repulsão.

9. a) Adesão é o fenómeno segundo o qual as partículas de substâncias diferentes ficam unidas. É pela adesão que o carpinteiro cola a madeira.

b) Coesão é o fenómeno segundo o qual as partículas da mesma substância ficam unidas. É pela coesão que as moléculas das substâncias não se dispersam.

c) Capilaridade é o fenómeno segundo o qual um líquido pode subir dentro de um vaso estreito. É pela capilaridade que a seiva trepa pelos troncos e alimenta as árvores.

10. Explica-se pelo fenómeno de adesão.

11. É difícil separar um corpo sólido em duas partes porque as forças de adesão nele são muito fortes.

12. Escrevemos no quadro com giz e no papel com a esferográfica graças à força de adesão.

13. A resistência para dividir em dois o papel, carvão, lenha, ferro, etc., não é a mesma porque as forças de adesão nos corpos listados é diferente.

14. O pincel abre-se dentro da lata de água devido ao movimento Browniano e os seus fios juntam-se fora da lata devido à força de coesão da água.

15. A. V    B. V    C. F    D. V    E. V

16. Inércia: ao viajarmos de automóvel, inclinamo-nos para a frente se o carro parar bruscamente e para trás se o automóvel arrancar de repente.

Impenetrabilidade: não se pode encher completamente com chá uma chávena porque ao introduzirmos o açúcar o líquido irá transbordar.

Compressibilidade: ao comprimirmos um balão entre as mãos, este diminui de volume.

Divisibilidade: ao pilarmos milho, os grãos vão-se transformando em farinha.

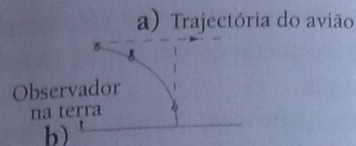
## Unidade 2: Cinemática

1. a) Maputo-Inhaca – linha recta.

b) Pe.: o assento em que está; a avioneta; o piloto; etc.

c) Pe.: a água; as árvores; as casas; etc.

2. O piloto vê o objecto a cair em linha recta vertical, enquanto que o observador na Terra vê-o cair em linha curvilínea.



3. a) Quando a sua posição não varia em relação a outros corpos.

b) Quando a sua posição varia em relação a outros corpos.

4. a) Exemplos de três corpos em repouso:

A. O aluno sentado na sala está em repouso em relação ao quadro.

B. O motorista está em repouso em relação ao carro que conduz.

C. As árvores estão em repouso em relação ao chão.

b) Exemplos de três corpos em movimento:

A. O carro a uma dada velocidade está em movimento em relação ao autocarro.

B. O Sol está em movimento em relação à Terra.

C. O passarinho que voa está em movimento em relação ao chão.

5. Trajectória é a linha imaginária descrita pelo móvel em movimento.

6. a) O passageiro está em repouso pois a sua posição não varia p.e. em relação ao autocarro.

b) O passageiro está em movimento pois a sua posição varia p.e. em relação à estrada.

c) O autocarro está em repouso pois p.e. a sua posição não varia em relação ao motorista.

d) O autocarro está em movimento pois p.e. a sua posição varia em relação às árvores.

7. a) Porque depende do corpo tomado como referencial.

b) As frases não têm sentido pois não indicam o referencial para o repouso e para o movimento e assim não podemos julgar se de facto o avião ou o carro estão em repouso ou em movimento.

8. Referencial é o corpo em relação ao qual determinamos se os outros corpos estão ou não em movimento.

9. a) O menino está em repouso em relação à sua carteira.

b) O menino está em movimento em relação ao Sol.

10. a) O condutor está em repouso em relação ao carro.

b) O condutor está em movimento em relação à estrada.

11. A. Falso.

B. Verdadeiro.

C. Falso.

D. Verdadeiro.

12. a) Não.  
b) Sim.  
c) Não.  
d) Sim.  
e) Sim.

13. As respostas são iguais, o que mostra que a posição relativa entre os corpos é que determina se estão ou não em movimento.

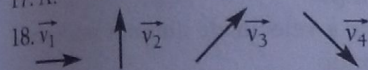
14. As motas A e B estão em repouso uma em relação à outra, cada uma está em movimento em relação p.e. à rua em que se encontram.

15.  $v = 90 \text{ km/h}$

s(km)	0	90	180	270	360	450
t(h)	0	1	2	3	4	5

16. Porque no ar não há nenhum referencial em relação ao qual o passageiro possa ter noção de velocidade.

17. A.



19. a)  $v = 0,2 \text{ m/s} = 0,72 \text{ km/h}$   
b)  $v = 33,3 \text{ m/s} \approx 120 \text{ km/h}$   
c)  $v = 4,2 \text{ m/s} = 15 \text{ km/h}$   
d)  $v = 20 \text{ m/s} = 72 \text{ km/h}$   
e)  $v = 900 \text{ km/h} = 250 \text{ m/s}$   
f)  $v = 1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$

20. Velocidade média é a velocidade que um corpo precisa de ter para fazer o mesmo percurso animado de

MRU.  $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

21. É a velocidade que o corpo tem num determinado instante.

22. a)  $v_m = 45 \text{ km/h}$   
b)  $v_m = 57,5 \text{ km/h}$   
c)  $v_m = 44,4 \text{ km/h}$

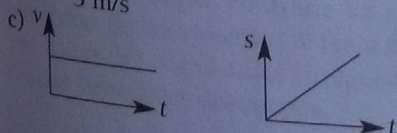
23. a)  $s = 270 \text{ km}$   
b)  $v = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$

24. A., C., D.

25. A. MUA; B. MRU; C. MUA;  
D. MRU; E. Repouso

26. a)  $s = 10 \text{ m}$   
b)  $t = 6 \text{ s}$   
c) Gráfico 1

27. a) MRU porque  $s \sim t$ .  
b)  $v = 3 \text{ m/s}$



28. B. 29. D. 30. C. 31. C. 32. D.

33. B. 34. C. 35. A. 36. C.

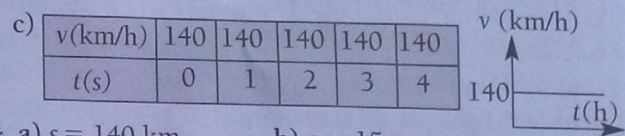
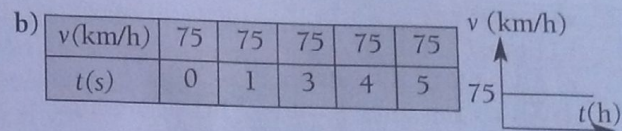
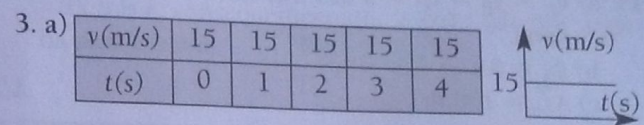
37. a) B. b) A. 38. C. 39. D.

## Exercícios propostos

1. a) Quando percorre, em linha recta, distâncias iguais em intervalos de tempos iguais e, por isso, a velocidade não varia.  
b) Significa que a velocidade tem sempre o mesmo valor, a mesma direcção e o mesmo sentido.

2. a)  $s = s_0 + v \cdot t$  como  $s_0 = 0 \Leftrightarrow s = v \cdot t$

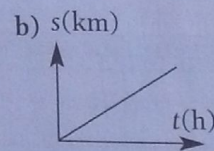
b)  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Leftrightarrow v = \frac{s - s_0}{t - t_0}$



4. a)  $s = 140 \text{ km}$  b)  $s = 15 \text{ m}$

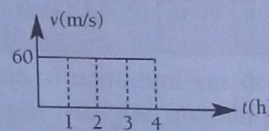
5. a)

s(km)			120		240
t(h)				3	



c)

v(km/h)	60	60	60	60	60
t(h)	0	1	2	3	4

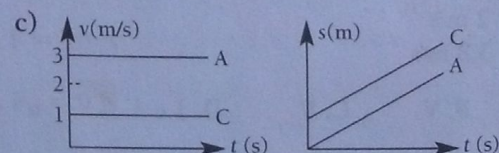


6. C.

7. a) V b) V c) F d) F

8. a) A. e C.

b)  $v = 3 \text{ m/s} = 10,8 \text{ km/h}$ ;  $v = 1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$



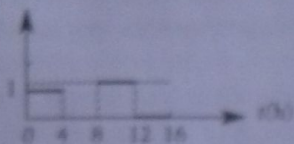
# Soluções

9.  $v = 100 \text{ km/h}$

10. a)  $(0 - 4) \text{ s}$  e  $(8 - 12) \text{ s}$  - MRU porque  $s \sim t$ .  
 $(4 - 8) \text{ s}$  e  $(12 - 16) \text{ s}$  - a partícula está parada.

b)  $v = 1 \text{ m/s}$ ;  $0 \text{ m/s}$ ;  $1,25 \text{ m/s}$ ;  $0 \text{ m/s}$

c)  $v(\text{m/s})$



d) Percorreu  $(6 - 2) = 4 \text{ m}$

e) Percorreu  $(6 - 6) = 0 \text{ m}$  e  $(11 - 6) = 5 \text{ m}$

11. a)  $v_A = v_B = v_C = 5 \text{ m/s}$ . No MRU a velocidade não varia.

b)  $\Delta t = 8 \text{ s}$

c)  $\overline{AC} = 100 \text{ m}$

12. a)  $s = 60 \text{ km}$

b) Entre  $(2 - 3) \text{ h}$

c)  $\overline{AB}$  - MRU; B - Parado;  $\overline{BC}$  - MRU

d)  $\overline{AB}$  - Constante; B -  $0 \text{ m/s}$ ;  $\overline{BC}$  - Constante

e)  $v = 30 \text{ km/h} = 8,3 \text{ m/s}$

f)  $v_m = 20 \text{ km/h}$

13. a)  $v_A = v_B = 10 \text{ m/s}$

b) MRU porque  $v$  é constante.

c)  $\Delta s_1 = 50 \text{ m}$ ;  $\Delta s_2 = 100 \text{ m}$ ;  $\Delta s_3 = 200 \text{ m}$

d)  $\Delta t = 75 \text{ s}$

14. Considerando os deslocamentos em relação à origem da estrada (E) e em relação aos pontos de partida em cada situação, teremos:

	[GILH]	[BDA]	[CHE]	[AJD]	[DLG]	[CFC]
Deslocamento em relação à origem	15 m	-20 m	0 m	-5 m	10 m	-10 m
Deslocamento em relação ao ponto de partida	5 m	-5 m	10 m	15 m	15 m	0 m
Distância percorrida	45 m	25 m	40 m	65 m	55 m	30 m

15.  $v = 100 \text{ km/h}$ .

Não houve respeito pelas regras de trânsito.

16.  $v = 75 \text{ km/h}$

17.  $v = 12,7 \text{ m/s} = 45,72 \text{ km/h}$

18. a)  $v = 8,3 \text{ m/s} = 30 \text{ km/h}$

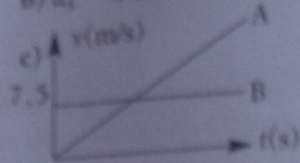
b)  $v = 2 \text{ m/s}$

c)  $v = 3,8 \text{ m/s}$

19. A. F    B. V    C. V    D. 1 e 4

20. a) A - MUA porque  $v \sim t$ .  
 B - MRU porque  $v = \text{constante}$ .

b)  $a_A = 3 \text{ m/s}^2$  e  $a_B = 0 \text{ m/s}^2$



d)  $\Delta s_A = 54 \text{ m}$ ;  $\Delta s_B = 45 \text{ m}$

21. a)  $(0 - 4) \text{ s}$  - MUA porque há um aumento constante de velocidade em cada unidade de tempo.  
 $(4 - 8) \text{ s}$  - MRU porque a velocidade não varia.  
 $(8 - 10) \text{ s}$  - MUR porque a velocidade diminui uniformemente em intervalos de tempos iguais.

b)  $a_A = 2 \text{ m/s}^2$ ;  $a_B = 0 \text{ m/s}^2$ ;  $a_C = -6 \text{ m/s}^2$

c)  $\Delta s = 92 \text{ m}$

22. a) A - MRU porque a velocidade não varia.  
 B - MUA porque a velocidade aumenta uniformemente com o tempo.  
 C - MUR porque a velocidade diminui uniformemente com o tempo.

b)  $a_A = 0 \text{ m/s}^2$ ;  $a_B = 2 \text{ m/s}^2$ ;  $a_C = -1 \text{ m/s}^2$

23. a)  $g_X = 7,5 \text{ m/s}^2$ ;  $g_Y = 9,8 \text{ m/s}^2$ ;  $g_Z = 2,25 \text{ m/s}^2$

b) O corpo que caiu no planeta Y pois  $g_Y = g_{\text{terra}}$

c)  $h_X = 135 \text{ m}$ ;  $h_Y = 44,1 \text{ m}$ ;  $h_Z = 4,5 \text{ m}$

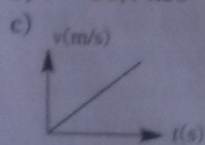
24. A. F    B. V    C. V    D. V

25. A. V    B. F    C. F    D. V

26. A. V    B. F    C. V    D. V

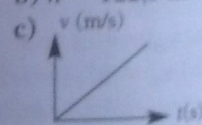
27. a)  $t \approx 3,2 \text{ s}$

b)  $v \approx 31,4 \text{ m/s}$



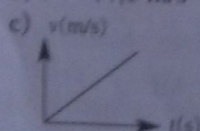
28. a)  $t = 5 \text{ s}$

b)  $h = 122,5 \text{ m}$



29. a)  $t \approx 4,5 \text{ s}$

b)  $v = 44,1 \text{ m/s}$



30. B.

31. A.

32.  $60,25 \text{ km/h}$

33.  $109,1 \text{ km/h}$

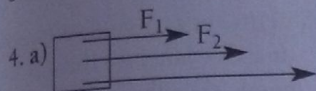
34. C.

## Unidade 3: Dinâmica

1. Quando empurramos uma parede não actua nenhuma força nela porque não se deforma nem se movimenta.

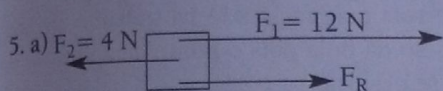
2. a)  $F_R = 140 \text{ N}$   
b)  $F_R = 110 \text{ N}$

3.  $F = 2,5 \text{ m/s}^2$



$$F_R = F_1 + F_2 = 16 \text{ N}$$

b)  $a = 4 \text{ m/s}^2$



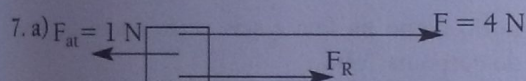
$$F_R = F_1 - F_2 = 8 \text{ N}$$

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

6. a)  $a = 4,2 \text{ m/s}^2$

b)  $F = 3,36 \times 10^5 \text{ N}$

c)  $v = 504 \text{ m/s}$



b)  $F_R = 3 \text{ N}$

c)  $a = 1,5 \text{ m/s}^2$

8.  $F = 3,2 \times 10^{-3} \text{ N}$

9.  $F = 167 \times 10^{-3} \text{ N} = 0,167 \text{ N}$

10.  $F = 1,01 \times 10^{-45} \text{ N}$

11.  $F_g = 58,8 \text{ N}$

12.  $F_g = 12,8 \text{ N}$

13.  $\Delta x = 6,7 \text{ cm}$

14.  $F = 1,2 \text{ N}$

15. Porque o corpo é menos resistente do que o pavimento.

16.  $F = 62,5 \text{ N}$

17.  $F = 16 \text{ N}$

18. A definição de força de atrito é a força natural que actua sobre dois corpos quando estes estão em contacto. Ela é sempre contrária ao movimento ou à tendência de movimento. A força de atrito aparece por causa das rugosidades (irregularidades) existentes nas superfícies dos corpos.

19. O atrito depende da força normal entre o objecto e a superfície de apoio; quanto maior for a força normal maior a força de atrito. Depende também das irregularidades entre as superfícies de contacto. Quanto mais irregulares forem essas superfícies, maior será a força de atrito entre os corpos em contacto.

20. Pode reduzir-se o atrito entre duas superfícies que se contactam, tornando mais lisas essas mesmas superfícies. Nos motores e engrenagens usam-se óleos lubrificantes com o objectivo de diminuir a resistência das superfícies que estão em contacto, uma contra a outra.

21. O atrito é necessário para caminharmos porque sem ele os nossos pés não conseguíamos empurrar o chão para trás e, conseqüentemente, o chão não nos impedia para a frente.

22.

Vantagens do atrito	Desvantagens do atrito
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ao andarmos, empurramos o chão para atrás e, em virtude da 3.ª Lei de Newton, o chão empurra-nos para a frente. Se não houvesse atrito, isso seria impossível.</li> <li>É graças à força de atrito que os pregos se mantêm presos às madeiras sem se soltarem.</li> <li>O atrito entre os pneus e as estradas tem evitado muitos acidentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desgaste fácil das peças dos motores e engrenagens.</li> <li>Desgaste rápido da sola dos sapatos quando, ao andarmos, friccionamos as solas no chão.</li> <li>Num chão muito liso ou muito encerado, corremos o risco de escorregar e cair, por causa da falta de atrito.</li> </ul>

23. Sim. Como não há atrito, no espaço as naves espaciais deslocam-se a uma velocidade constante.

24. Não. Se não houver atrito entre os pneus do carro e o piso, o carro, em vez de andar, «patina», escorrega. É por isso que, quando neva, os motoristas colocam correntes especiais nos pneus do carro para aumentar o atrito.

25. a)  $P = 200 \text{ N}$

c)  $F_R = 10 \text{ N}$

b)  $F_{at} = 40 \text{ N}$

d)  $a = 0,5 \text{ m/s}^2$

26.  $a = 2,25 \text{ m/s}^2$

27.  $F = 20 \text{ N}$

28.  $F_{at} = 9 \text{ N}$

## Exercícios propostos

1. a), b), c) e d) actua uma força.  
e) Aplica uma força.
2. a), b), c), d) e e) aplica uma força.
3. a)  $F_R = 65 \text{ N}$                       b)  $F_R = 50 \text{ N}$
4. a)  $F_R = 340 \text{ N}$                       b)  $F_R = -20 \text{ N}$   
O Bruno vai ganhar.
5. a)  $F = 1,5 \text{ N}$                       b)  $F = 1,5 \text{ N}$
6. a)  $a = 8 \text{ m/s}^2$                       b)  $F = 1000 \text{ N}$                       c)  $v = 4 \text{ m/s}$
7.  $m_1 = 16 \text{ kg}$
8. a)  $a = 3 \text{ m/s}^2$                       b)  $a = 3 \text{ m/s}^2$                       c)  $F = 9 \text{ N}$
9. Sim.
10.  $2 \text{ N}$  (a força também duplica).
11. A força diminui 4 vezes.
12.  $m = 1,5 \text{ kg}$
13. a)  $P = 30 \text{ N}$                       b)  $m = 3,0 \text{ kg}$
14.  $F = 2 \text{ N}$
15. a)  $F = 0,5 \text{ N}$                       b)  $\Delta x = 2 \text{ cm}$                       c)  $10 \text{ cm}$
16.  $\mu = 0,2$
17. a)  $F_a = 30 \text{ N}$                       b)  $a = 6 \text{ m/s}^2$                       c)  $t = 3,7 \text{ s}$
18. Por exemplo:
  - Descolagem de um avião.
  - Início da descida de um pára-quedista.
  - Início do movimento de um carro.
19. Por exemplo:
  - Aterragem de um avião.
  - Um carro numa subida em que não se acelera.
  - Durante a paragem do comboio na estação.
20. Por exemplo:
  - Quando um jogador chuta a bola.
  - Quando comprimimos uma mola.
  - Quando partimos o pão.
21. Sobre (árvore e casa) actua uma força. Essa força faz-se notar na árvore porque a resistência que a árvore oferece à força (vento) é muito menor do que a da casa.
22.  $a = 0,5 \text{ m/s}^2$                       23.  $F = 0,5 \text{ N}$                       24.  $m = 75 \text{ kg}$
25. a)  $a = 60 \text{ m/s}^2$                       b)  $F = 1,2 \text{ N}$                       c)  $v = 6 \text{ m/s}$
26. a)  $a = 1,7 \text{ m/s}^2$                       b)  $m = 45 \text{ kg}$   
c)  $v = 20,4 \text{ m/s}$                       d)  $s = 191,25 \text{ m}$
27. a)  $\Delta x = 0,25 \text{ m}$   
b) O valor da força elástica na mola é de  $780 \text{ N}$ .  
c)  $k = 3120 \text{ N/m}$

28.  $\Delta x = 25 \text{ cm}$

29.  $F_a = 2500 \text{ N}$ ; A força deve ser maior que  $2500 \text{ N}$ .

30.  $F_a = 320 \text{ N}$ ; A força deve ser maior que  $320 \text{ N}$ .

31.  $m = 16 \text{ kg}$

## Unidade 4: Trabalho e Energia

1. O rapaz que sobe ao primeiro andar, usando a escada de corda suspensa de uma das janelas situadas no primeiro andar, realiza menos trabalho pois percorre menor distância em relação ao que sobe pelas escadas interiores da habitação.
2. a) Enquanto rola pela mesa não há trabalho efectuado pelo peso da bola pois o ponto de aplicação do peso não se desloca.  
b) Enquanto rola pelo solo não há trabalho efectuado pelo peso da bola pois o ponto de aplicação do peso não se desloca.
3.  $d = 5 \text{ m}$                       4.  $F = 400 \text{ N}$                       5.  $m = 40 \text{ kg}$
6. a)  $E_c = 3600 \text{ J}$                       b)  $F = 720 \text{ N}$                       c)  $P = 120 \text{ W}$
7. C.
8. A massa do corpo na Lua é seis vezes maior do que a massa do corpo na Terra.
9. a) A energia potencial varia entre 1 e 2s, pois neste intervalo de tempo o corpo não se encontra há mesma altura.  
b) A energia potencial do corpo é constante entre 0 e 1 s e entre 2 e 3 s.  
c) A energia potencial quando o tempo é 0s é igual a  $1,6 \times 10^3 \text{ J}$ .  
A energia potencial quando o tempo é 1s é igual a  $1,6 \times 10^3 \text{ J}$ .  
A energia potencial quando o tempo é 2s é igual a  $7,8 \times 10^2 \text{ J}$ .  
A energia potencial quando o tempo é 3s é igual a  $7,8 \times 10^2 \text{ J}$ .
10. A energia potencial gravitacional do corpo em relação à Terra é nula em a) e d) e é diferente de zero em b), c), e) e f).
11.  $h = 45 \text{ m}$
12.  $x = 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$
13. A. Verdadeira.                      B. Falsa.                      C. Verdadeira.
14. a)  $E_m = 2 \times 10^4 \text{ J}$
15. O colega não será atingido pelo corpo quando completar a oscilação.

# Soluções

## Exercícios propostos

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

16. Se for a 90 km/h, a distância deverá ser 81 m, porque triplicando a velocidade a energia aumenta 9 vezes.

17. a)  $W = 1,53 \times 10^4 \text{ J}$       b)  $W = 1,5 \times 10^4 \text{ J}$   
c)  $\Delta E_c = 300 \text{ J}$       d)  $v = 2,4 \text{ m/s}$

18. a)  $E_c = 100 \text{ kJ}$       b)  $h = 20 \text{ m}$

19.  $x = 32 \text{ cm}$

20. a)  $E_{\text{pel}} = 3,84 \text{ J}$       b)  $F = 47,5 \text{ N}$

21. a)  $m = 80 \text{ kg}$       b)  $x = 0,2 \text{ m}$

22. a) A mola empurra o corpo em 8 cm.  
b)  $v = 1,4 \text{ m/s}$

23.  $E_c = 834 \text{ J}$

24. a)  $E_c = 3,375 \text{ J}$       b)  $E_p = 1,125 \text{ J}$   
c)  $E_m = 4,50 \text{ J}$       d)  $F = 15 \text{ N}$

25.  $x = 0,14 \text{ m} = 14 \text{ cm}$

26. a)  $W = 300 \text{ J}$   
b)  $\Delta E_c = 60 \text{ J}$   
c)  $\Delta E_c = 240 \text{ J}$

# B i b l i o g r a f i a

- Cupane, A. F. e Fagilde, *Física pela Prática – 8.ª Classe*, Maputo, Moçambique Editora, 2000.
- Cupane, A. F., *Física pela Prática – 9.ª Classe*, Maputo, Moçambique Editora, 2002.
- Kikóine, I. K. e Kikóine, A. K., *Física 2*, Moscovo, Editora Mir Moscovo, 1982.
- Mendonça, L. S. e Ramalho, M. D., *Física: No Mundo em Transformação – 9.º Ano*, Lisboa, Texto Editora, 1997.
- Pauli, R. U.; Mauad, F. C. e Simão, C., *Física Básica 3: Ondas, Acústica e Óptica*, São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 1980.
- Pereira, A. e Gonçalves, C., *Eu Gosto de Física – 8.º Ano*, Lisboa, Texto Editora, 1996.
- Pereira, A.; Gomes, A. e Gonçalves, C., *Eu Gosto de Física – 9.º Ano*, Lisboa, Texto Editora, 1996.



## Alberto Felisberto Cupane

Doutorado em Educação de Ciências, pela Curtin University of Technology – Austrália. Licenciado em Ensino de Matemática e Física, pelo então, Instituto Superior Pedagógico (actual Universidade Pedagógica – UP). Bacharel em Ensino de Matemática e Física, pela Universidade Eduardo Mondlane – UEM.

Desempenhou funções de docente de Física e Matemática, do nível Básico ao Universitário, em diversas escolas de Manica, bem como na cidade e província de Maputo. Planificou e implementou vários cursos de formação, em serviço, para os professores de Matemática e Física no Ensino Geral e Ensino Técnico-Profissional. É co-autor e autor dos livros «Física pela Prática» das 8.<sup>a</sup> e 9.<sup>a</sup> Classes, respectivamente. Actualmente, desempenha as funções de Chefe de Departamento de Física na UP.



## 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.

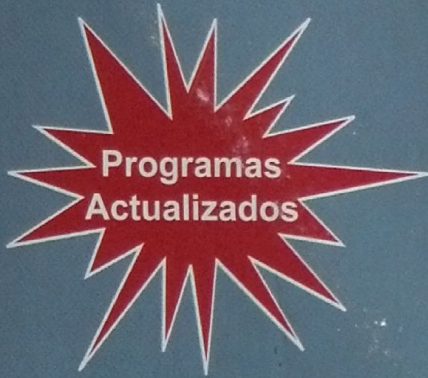
### Coro

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.

# F8



## Já à venda:

Agro-Pecuária 8  
Geografia 8  
História 8  
Inglês 8  
Português 8  
Biologia 9  
História 9  
Inglês 9  
Português 9

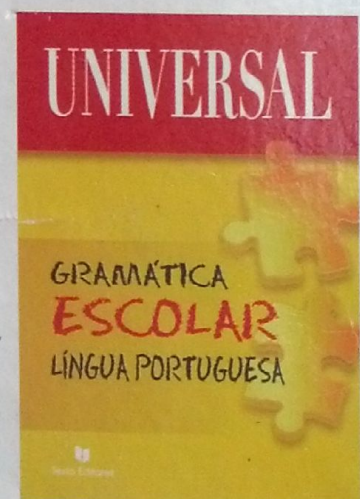
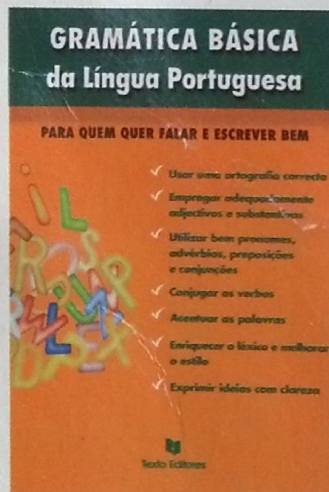
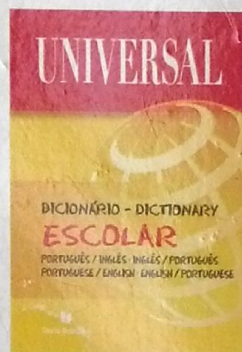
## Brevemente:

Educação Visual 8  
Agro-Pecuária 9  
Educação Visual 9  
Física 9  
Geografia 9



Texto Editores

## Publicações de referência para apoio ao ensino



978-902-47-5922-4



9 789024 759224

www.leya.com

E-mail: info@me.com.mz