

Propostas e Projetos para o Ensino de Física

Livros Didáticos

Prof.^a Dr.^a Anne Louise Scarinci Peres

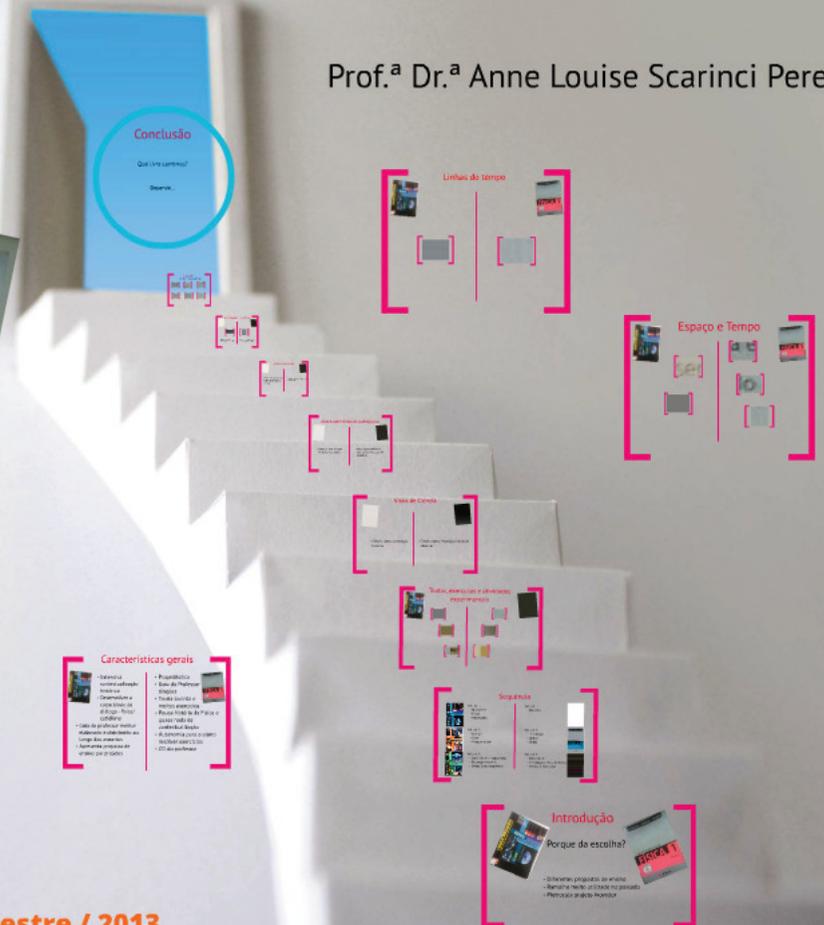


vs.



Ana Lúcia Silva Costa
Camila Rufino
Caroline Ribas
Luiz Gustavo Briguet
Silas Ferreira Macedo

2º semestre / 2013



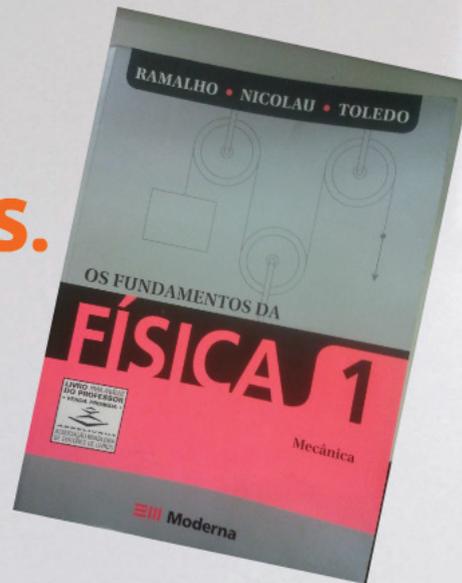
Propostas e Projetos para o Ensino de Física

Livros Didáticos

Prof.^a Dr.^a Anne Louise Scarinci Peres

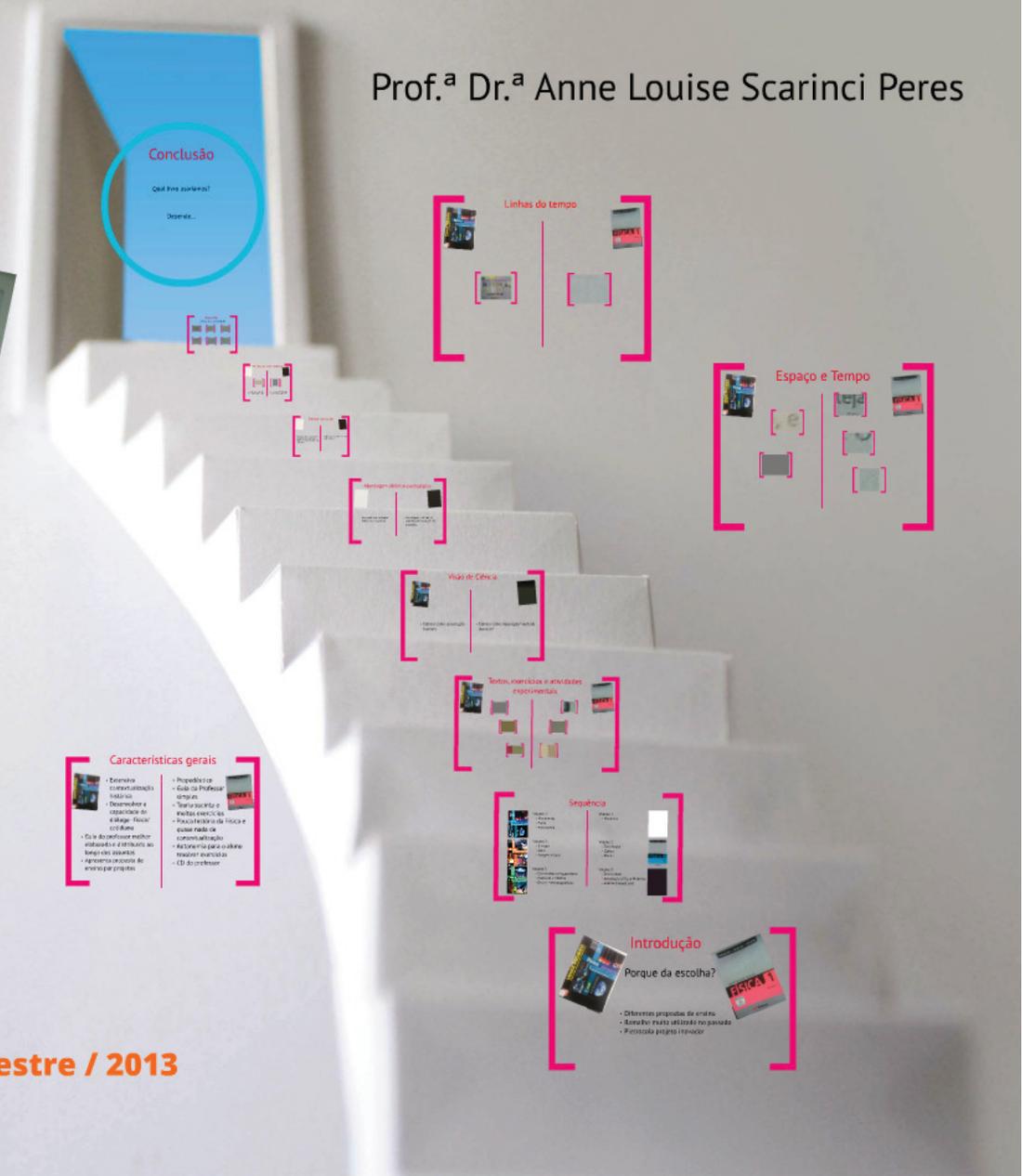


VS.



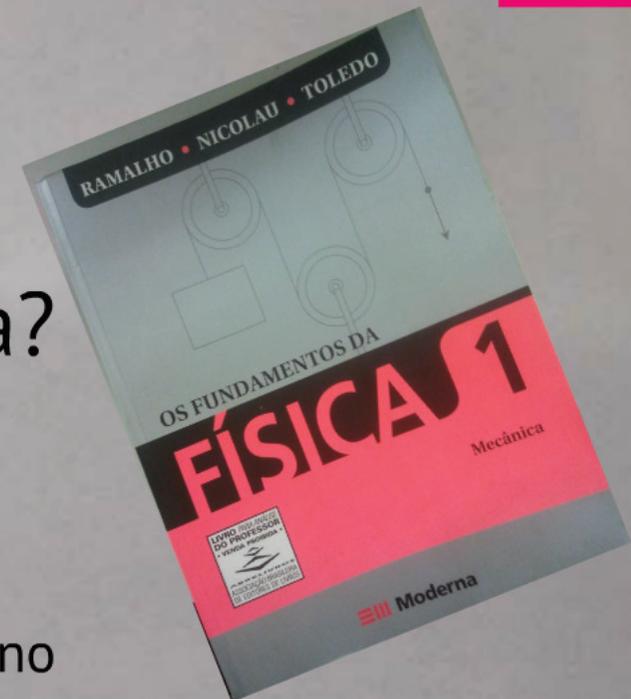
Ana Lúcia Silva Costa
Camila Rufino
Caroline Ribas
Luiz Gustavo Briguet
Silas Ferreira Macedo

2º semestre / 2013



Introdução

Porque da escolha?



- Diferentes propostas de ensino
- Ramalho muito utilizado no passado
- Pietrocola projeto inovador

Sequência



- Volume 1:
- Movimento
 - Força
 - Astronomia



- Volume 2:
- Energia
 - Calor
 - Imagem e Som



- Volume 3:
- Eletricidade e Magnetismo
 - Radiação e Matéria
 - Ondas Eletromagnéticas

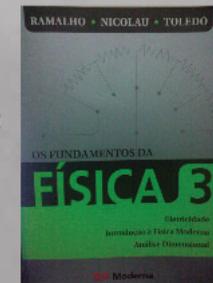
- Volume 1:
- Mecânica



- Volume 2:
- Termologia
 - Óptica
 - Ondas



- Volume 3:
- Eletricidade
 - Introdução à Física Moderna
 - Análise Dimensional



Características gerais



- Extensiva contextualização histórica
- Desenvolver a capacidade de diálogo - física/cotidiano
- Guia do professor melhor elaborado e distribuído ao longo dos assuntos
- Apresenta proposta de ensino por projetos



- Propedêutico
- Guia do Professor simples
- Teoria sucinta e muitos exercícios
- Pouca história da Física e quase nada de contextualização
- Autonomia para o aluno resolver exercícios
- CD do professor

Textos, exercícios e atividades experimentais



CAPÍTULO 3

A BUSCA DA ORDEM NOS MOVIMENTOS

Neste capítulo estudaremos o movimento, trataremos as definições de posição, espaço percorrido, distância percorrida e velocidade. Essas grandezas são importantes para analisarmos e descrevermos os movimentos, principalmente os presentes em nossa vida cotidiana. A descrição do movimento sem a reocupação com suas causas recebe o nome de Cinemática.

1. Pensando em movimento

O movimento não está apenas em nós, ele também está ao nosso redor, nos animais, nos veículos e nos mais diversos objetos. Até mesmo no céu, que pode nos parecer estático à primeira vista, o movimento é constante e perpétuo.

Há muito sabemos que a Lua, o Sol e as estrelas se deslocam no céu. Porém, é difícil conseguirmos fiagar o movimento da Lua, pois ele é muito lento. Em contrapartida, vemos facilmente uma formiga se movimentando. Aliás, não é nada difícil presenciar esse fato. Será que a formiga é mais rápida que a Lua?



Pense nisso! De fato, a formiga é mais rápida que a Lua? Quanto devem ser a velocidade da Lua (em seu movimento em torno da Terra) e a velocidade de uma formiga?



Explorando o assunto

Participar de uma aula prática e realizar experimentos sobre movimento e velocidade.

3

Para começar a pensar nessas questões, precisamos entender quais são as grandezas relevantes para a descrição do movimento. Todo movimento implica um deslocamento pelo espaço em um intervalo de tempo qualquer. Para compreendermos melhor essa relação, vamos imaginar um diálogo entre o Tempo e o Movimento, que teria ocorrido no século XVIII e estava registrado em um suposto Diário de reflexões, de autoria desconhecida.

1.1 Diálogo entre o Tempo e o Movimento

- Oi, amigo Movimento! Chegará o momento em que finalmente terei de te parar, já persiste aqui, de não parar, tu não resistes?
- Como? Eu determino o fim de não parar! Sem o movimento dos porteiros, dos soldados ou até o da suave queda de grãos de areia nas ampulhetas, não teriam como te controlar...
- Nada disso, sobre amigo! Eu passo, a despeito de tudo... Apenas não tenham como me estagnar.
- Mas, sem corpos em movimento, tudo estaria como antes...
- É verdade. Entretanto, quando nada muda, ficamos a esperar. E esperar nada mais é do que experimentar o tempo passar. Então, existo apenas pelo que dizem de corpos em movimento. Estava aqui, depois ali e daqui a pouco não estarei lá, de não pararem, dizem comigo consolar, um corpo não estará em dois lugares.
- E se o rodopio da Terra cessar, o céu parar, os ventos não soprarem mais? Se não fosse o movimento, o que Aristarco, Kepler, Galileu, Newton e muitos outros não entenderiam?
- Bem, parece chegada a hora de termos de concordar: somos igualmente importantes. Sinto pelo Espaço, que, pouco importante, fica sempre largado.
- Estão enganado. Se há Movimento, Espaço e Tempo são importantes.
- Mas o que é o tal Espaço, então? O nada entre um instante e outro, quando, é lógico, um movimento se dá?
- Os pensadores dizem que o Movimento é o senhor do Espaço e do Tempo...
- Estou convencido! Só mesmo pela Velocidade e pela Aceleração é que devemos lamentar... Mas, se me permitirem, sobre amigo, sobre elas nem quero comentar.




**Exercício
resolvido**

**Exercícios
propostos**

é fácil

Ver Orientação 1.3

No início do debate, o Tempo e o Movimento julgam-se cada um mais importante que o outro. Que argumentos apresentaram e a que conclusão os dois chegaram?

O texto traz a discussão entre o Tempo e o Movimento sobre a importância de cada um deles na natureza. Apresentam fatos e argumentos para justificar essa importância e concluem que a existência de um depende da existência do outro. Sendo assim, discutem que não há tempo sem movimento e não há movimento sem tempo, e que um é importante para a existência do outro.

Professora, é importante promover uma discussão entre os alunos antes de apresentar a resposta ou a solução do exercício. Pode-se pedir que alguns alunos respondam a pergunta oralmente e que outros alunos anotem as respostas.

1) Uma frase do texto sintetiza bem o Movimento e sua relação com o Espaço e o Tempo: "Estava aqui, depois ali e daqui a pouco não estará lá". Identifique nessa frase uma palavra que representa a ideia de:

a) passagem do tempo; *depois, daqui a pouco*

b) o espaço ocupado, ou seja, posição no espaço (lugar). *aqui, ali, lá*

2) Quais as maneiras de medida do tempo citadas no texto?

Pelo movimento dos ponteiros (relógio), dos astros e dos grãos de areia (ampulheta).

3) Cite outras maneiras de medir o tempo. *Resposta pessoal.*

4) No relógio, os ponteiros se movem. E sobre as outras maneiras de medir o tempo (que você indicou na questão anterior), há alguma relação com o movimento? Explique. *Resposta pessoal.*

Outras

Modelando um movimento uniforme

Material

- régua de 30 cm ou fita métrica
- elástico ou fita adesiva
- jarra ou garrafa plástica transparente com fundo plano
- cronômetro
- torneira com água

Roteiro e questões

Qual a velocidade do nível da água?
É possível determinar a vazão da torneira?

Nesta atividade você vai modelar um movimento que pode ser considerado uniforme com razoável precisão. Determine a velocidade e a equação horária para o movimento de ascensão do nível de água em uma jarra ou garrafa sob uma torneira aberta.

■ Prenda com elástico ou fita adesiva a régua (ou a fita métrica) na jarra transparente de maneira que o "zero" fique alinhado com a base do recipiente. Caso não tenha uma jarra, você pode usar uma garrafa PET. Procure uma o mais cilíndrica possível e faça um corte para aumentar sua boca e a entrada de água.

■ Você vai colocar essa jarra sob uma torneira aberta e medir a velocidade com que o nível de água sobe dentro dela. Para isso dispare o cronômetro no momento em que colocar a jarra sob a água e anote o tempo necessário para o nível de água subir 3 cm.

■ Para um melhor aproveitamento da atividade, faça alguns testes preliminares para acertar a abertura da torneira para que o nível de água percorra os 3 cm entre 3 s e 5 s.

■ Acertada a abertura da torneira, e sem mexer nela, coloque a jarra sob o fluxo de água no mesmo instante em que dispara o cronômetro.

■ Anote o instante de tempo em que o nível de água alcança as posições separadas de 3 cm a partir da origem, ou seja, as posições 0 cm, 3 cm, 6 cm, 9 cm e assim por diante até aproximadamente 24 cm ou 30 cm. Não pare o cronômetro! Tente fazer a leitura do tempo enquanto um colega observa o nível de água da garrafa e lhe avisa quando estiver na posição desejada.

■ Monte uma tabela para ajudá-lo no registro dos tempos, anotando os segundos com seus respectivos décimos e centésimos dados pelo cronômetro. Obtenha o maior número de pontos que puder e a maior altura que conseguir medir.

h (cm)	t (s)
0	0
3	***
6	***
9	***
...	...
...	...

Experimento
Investigue
você
mesmo



Cuidado com o desperdício de água!

Não deixe a torneira aberta desnecessariamente e aproveite a água em outra atividade doméstica.



Pesquise, proponha e debata



Movimentos iguais ou diferentes?

Para discutir esta situação, precisaremos de um arranjo que deve ser montado conforme as orientações a seguir. Esse mesmo experimento será proposto no Capítulo 6, com abordagem e questões diferentes. Por isso, guarde com cuidado os materiais utilizados nesta atividade.

Material

- aproximadamente 1 m de condute plástico com perfil de meio cm
- dois pedaços de madeira
- pregos pequenos ou parafusos
- duas bolas de bilhar ou de gude de mesmo tamanho

Roteiro

■ Construa uma estrutura em madeira como mostram as figuras, prendendo o condute com os pregos ou os parafusos na estrutura de madeira, para obter uma pista em rampa.

■ Coloque esse aparato sobre uma mesa, de maneira que a inclinação da rampa coincida com o término da mesa.

■ Deixe uma das bolas de bilhar bem na periferia da madeira de forma que, se a outra bola for largada no condute, ela toque levemente a primeira ao abandonar o condute.

■ Largue a outra bola na parte mais alta da rampa.

Discussão

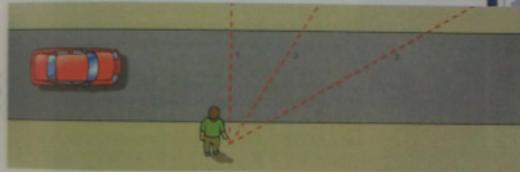
Em grupo, vocês devem descrever com palavras o movimento de queda das duas bolas. Para tanto, observem com grande atenção e façam as repetições necessárias.

- Calcule a velocidade do nível da água para cada trecho.
 - Construa o gráfico da posição do nível da água com relação ao tempo.
 - Escreva a equação horária da posição desse movimento.
- A partir dos dados obtidos e dos cálculos realizados, pense e, em seu caderno, responda:

- 1) Podemos considerar o movimento uniforme? Por quê?
- 2) Qual seria a velocidade média para todo o percurso?
- 3) Como é o gráfico que você obteve para a posição do nível da água em função do tempo? Ele representa um movimento uniforme? Por quê?
- 4) Se sua garrafa tivesse 5,35 m, quanto tempo ela demoraria para encher completamente?
- 5) Qual é a vazão da torneira, isto é, quantos litros por segundo de água estão saindo da torneira nessa abertura que você obteve?

Atravessando uma rua

Suponha a seguinte situação: uma pessoa deseja atravessar uma avenida expressa na qual a velocidade máxima permitida é de 80 km/h. Essa pessoa pode se deslocar por qualquer uma das trajetórias 1, 2 ou 3, ilustradas a seguir. Em cada trajetória ela desenvolverá uma velocidade constante v_1 , v_2 ou v_3 , gastará um tempo t_1 , t_2 ou t_3 e percorrerá uma distância d_1 , d_2 ou d_3 .



Discussão

Com base na situação descrita, responda às perguntas:

- 1) Para atravessar a rua segundo a trajetória 1, que condições a pessoa deve levar em consideração para decidir o momento mais propício para a travessia?
 - 2) Se durante essa travessia um carro que segue em direção à pessoa acelerar, qual poderá ser uma das reações do pedestre para não ser atropelado? Nesse caso, o novo tempo de travessia t' será maior ou menor que t_1 ?
- Vamos voltar à situação em que as velocidades da pessoa e do carro são estritamente constantes. Suponha que, por algum motivo, a pessoa seja obrigada a executar uma trajetória retilínea e não perpendicular à rua, mas em outro ângulo em relação a ela.
- 3) Segundo a trajetória 2 (que é levemente inclinada), a velocidade que a pessoa deve manter para não ser atropelada deve ser menor ou maior que a velocidade v_1 ? Por quê?
 - 4) Se a pessoa percorrer a trajetória 3 (acentuadamente inclinada), o que pode acontecer caso ela mantenha a velocidade v_1 para a travessia da rua?
 - 5) Comente a seguinte afirmação:
"Existe muito conhecimento físico no simples ato de atravessar uma rua".

Problema aberto

CAPÍTULO 1

Introdução à Física

1. INTRODUÇÃO
2. O QUE É A FÍSICA
3. RAMOS DA FÍSICA
4. O UNIVERSO
5. FÍSICA E MATEMÁTICA
6. MÉTODO EM FÍSICA
7. MEDIDAS DE COMPRIMENTO E TEMPO
8. ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS
9. OPERAÇÕES COM ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS
10. NOTAÇÃO CIENTÍFICA
11. UNIDADE DE GRANDEZA

1. Introdução

O ser humano sempre se preocupou em entender e dominar o Universo que o cerca. Interessou-se em explicar, por exemplo, o som de um trovão, a luz de um relâmpago, por que os corpos têm cores diferentes, como é o movimento da Lua em relação à Terra, como a Terra e os demais planetas se movem em relação ao Sol ou como são os movimentos dos objetos nas proximidades da superfície terrestre. Todas essas questões, por mais diferentes que sejam, são estudadas em Física, uma ciência tão presente em nossa vida que não podemos desprezá-la. A Física é o motivo deste curso.



O desenvolvimento tecnológico possibilita à humanidade desvendarem, cada vez mais, os segredos do Universo, como a galáxia em espiral M51 e a pequena galáxia NGC 5195. Imagem obtida pelo telescópio Hubble em janeiro de 2005.



As cores do mundo impressionam o ser humano, inspirando-o nas artes e despertando seu interesse em explicá-las.

2. O que é a Física

A palavra física (do grego: *physis*) significa Natureza. Em Física, como em toda ciência, qualquer acontecimento ou ocorrência é chamado fenômeno, ainda que não seja extraordinário ou excepcional. A simples queda de um lápis é, em linguagem científica, um fenômeno. A necessidade do ser humano de compreender a natureza é o que impulsiona a Física.

Nesta introdução geral à Física discutimos seus ramos e seus métodos. Apresentamos, em seguida, as principais unidades de comprimento e tempo e verificamos que a precisão da medida de uma grandeza depende principalmente do instrumento utilizado, como se destaca na foto.

Precisamos entender a Física, não como algo fechado e terminado, mas sim como um patrimônio em constante mudança. Tais mudanças ocorrem quando um determinado modelo, devido ao avanço do conhecimento, não explica mais de maneira satisfatória os fenômenos naturais a que se refere.

Portanto, a Física pode ser definida como uma ciência que busca descrever os fenômenos que ocorrem na Natureza e prever a sua ocorrência, procurando atualmente não mais oferecer uma imagem da Natureza, mas sim uma imagem da relação do ser humano com a Natureza. Os fenômenos naturais são tão variados e numerosos que o campo de estudo da Física torna-se cada vez mais amplo, existindo hoje diversos ramos da Física.

3. Ramos da Física

O ser humano tem suas primeiras informações do Universo por meio de seus sentidos: vê a luz de um relâmpago, ouve o som de um trovão e pelo tato tem, entre outras, a noção de quente e frio. Consequentemente, classificou os fenômenos observados de acordo com o sentido empregado na observação. Relacionou a luz com a capacidade de ver, e daí surgiu uma ciência chamada Óptica. A audição o estimulou a estudar as propriedades do som, e surgiu outra ciência, a Acústica. As noções de quente e frio, sentidas pelo tato, motivaram o estudo do calor — a Termologia. O movimento é um dos fenômenos mais comuns no dia-a-dia e foi o mais estudado até hoje, tendo dado origem à Mecânica.

Essas ciências (Óptica, Acústica, Termologia e Mecânica) foram muitas vezes estudadas independentemente umas das outras, mas fazem parte do vasto mundo da Física. Hoje, elas constituem os ramos clássicos da Física.

As propriedades elétricas da matéria só foram estudadas profundamente no século XIX, e esse estudo, conhecido como Eletricidade, é outro ramo da Física. No século XX, a discussão da constituição da matéria deu origem à Física Nuclear.

4. O Universo

Todos os corpos existentes na Natureza são quantidades definidas de matéria. Por exemplo, a madeira é matéria e uma mesa de madeira é um corpo; a borracha é matéria e um pneu de borracha é um corpo.

A matéria e, portanto, todos os corpos do Universo são constituídos por pequenas unidades denominadas átomos. Por serem extremamente pequenos, os átomos não podem ser vistos, nem com os mais poderosos microscópios. Entretanto, os cientistas criaram modelos que, dentro de certos limites, explicam os fenômenos naturais. Um dos modelos mais simples, proposto pelo físico Ernest Rutherford (1871-1937), estabelece que cada átomo é constituído de um núcleo central, formado por dois tipos de partículas, os prótons* e os nêutrons*, e pela eletrosfera, constituída por um terceiro tipo de partículas, os elétrons*, que giram em torno do núcleo (figura 1). Na verdade, esta é uma visão extremamente simplificada do átomo. Além das três partículas citadas, há um número muito grande de outras partículas, como, por exemplo, pósitrons, mésons, neutrinos, etc., que surgem quando ocorrem alterações nos núcleos dos átomos (reações nucleares). O estudo das propriedades dessas partículas é muito importante, principalmente para a compreensão da estrutura do Universo.

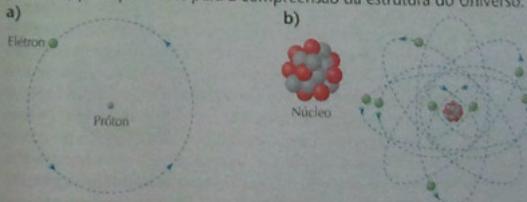


Figura 1. O átomo: a) o átomo de hidrogênio possui um elétron, que gira em torno de seu núcleo, constituído por um único próton; b) no átomo de oxigênio, o núcleo contém oito prótons (aqui indicados na cor cinza) e oito nêutrons. Oito elétrons giram em torno desse núcleo. (Uso de cores fantasia.)

* Atribua-se aos elétrons e prótons uma carga elétrica e aos nêutrons uma carga elétrica nula.

Para calcular essa diferença, devemos iniciar a subtração pela unidade inferior. Se o valor da unidade inferior do instante final (t_f) em cada coluna seja sempre maior que o do instante inicial (t_i). No caso, na coluna dos segundos, temos 15 s para t_f e 25 s para t_i . Como 15 s é menor do que 25 s, passamos 1 min (60 s) da coluna dos minutos para a coluna dos segundos.

$$\begin{array}{r} t_f = 23 \text{ h } 38 \text{ min } 15 \text{ s} \\ t_i = 21 \text{ h } 15 \text{ min } 25 \text{ s} \\ \hline \end{array} \Rightarrow \begin{array}{r} 23 \text{ h } 37 \text{ min } 75 \text{ s} \\ - 21 \text{ h } 15 \text{ min } 25 \text{ s} \\ \hline 2 \text{ h } 22 \text{ min } 50 \text{ s} \end{array}$$

Portanto o intervalo de tempo (Δt) correspondente à duração do espetáculo vale:

$$\Delta t = 2 \text{ h } 22 \text{ min } 50 \text{ s}$$

Se quisermos dar a resposta em segundos, devemos lembrar que 1 h = 3.600 s e 1 min = 60 s. Portanto:

$$\Delta t = (2 \cdot 3.600) + (22 \cdot 60) + 50 \Rightarrow \Delta t = 7.200 + 1.320 + 50 \Rightarrow \Delta t = 8.570 \text{ s}$$

Resposta: 2 h 22 min 50 s ou 8.570 s

R.2 A balança da figura ao lado está graduada em quilogramas (kg). Qual é a massa do pacote colocado sobre o prato da balança? Quais são os algarismos corretos e o primeiro algarismo duvidoso?

Solução:

Observando que cada divisão corresponde a 0,1 kg, concluímos que a massa do pacote está compreendida entre 2,4 e 2,5 kg. Avaliamos, então, a massa do pacote em 2,45 kg. Note que os algarismos 2 e 4 são corretos, e que o algarismo 5 é duvidoso.

Resposta: 2,45 kg; 2 e 4 são os algarismos corretos, 5 é o algarismo duvidoso.



R.3 O sino de uma igreja bate uma vez a cada meia hora, todos os dias. Qual é a ordem de grandeza do número de vezes que o sino bate em um ano?

Solução:

Se o sino bate uma vez a cada meia hora, concluímos que em um dia ele bate 48 vezes. Logo, o número de batidas do sino em um ano é dado por:

$$X = 48 \cdot 365 \Rightarrow X = 17.520 \text{ batidas}$$

Em notação científica, com três algarismos significativos, temos $X = 1,75 \cdot 10^4$ batidas.

Como $1,75 < \sqrt{10}$, para a ordem de grandeza teremos o valor: $X^o = 10^4$ batidas

Resposta: 10^4 batidas

R.4 Qual é a ordem de grandeza do número de batimentos cardíacos de um aluno do Ensino Médio, desde o seu nascimento?

Solução:

Para a resolução desse exercício é necessário fazer algumas estimativas. Vamos, por exemplo, considerar que o coração bata 70 vezes em um minuto e vamos adotar para a idade do aluno 15 anos. Devemos, inicialmente, calcular o número de minutos existente em 15 anos:

$$15 \text{ anos} = 15 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \text{ minutos} = 7.884.000 \text{ minutos}$$

O número X de batimentos em 15 anos de vida será:

$$X = 70 \text{ batimentos por minuto} \cdot 7.884.000 \text{ minutos} \Rightarrow X = 551.880.000 \text{ batimentos}$$

Em notação científica, com três algarismos significativos, temos $X = 5,52 \cdot 10^8$ batimentos.

Como $5,52 > \sqrt{10}$, para a ordem de grandeza teremos o valor: $X^o = 10^9$ batimentos

Observe que a escolha da idade do aluno (para 14, 16 ou 17 anos) ou do número de batimentos por minuto (para 60, 80 ou 90) não altera o resultado da ordem de grandeza.

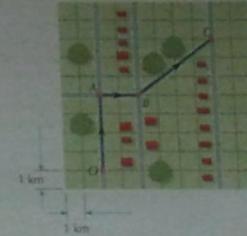
Resposta: 10^9 batimentos

Exercícios propostos

P.1 Efetue as seguintes conversões:

- a) 1 m em cm
b) 1 cm em m
c) 1 m em mm
d) 1 km em m
e) 1 mm em m
f) 1 cm em mm

P.2 Um carro parte da posição O e percorre o caminho OABC conforme indicado na figura ao lado. Determine as distâncias percorridas: de O a A, de A a B e de B a C.



P.3 Efetue as seguintes conversões:

- a) 1 h em min
b) 1 min em s
c) 1 h em s
d) 1 dia em s

P.4 Uma corrida de automóveis tem início às 10 h 20 min 45 s e termina às 12 h 15 min 35 s. Determine o intervalo de tempo de duração da corrida.

P.5 Um estudante utilizou um cronômetro para determinar o intervalo de tempo em que uma pedra, abandonada de certa altura, atinge o chão. O resultado obtido é indicado na foto abaixo. Sabe-se que o poiteiro não completou uma volta.



Qual é a leitura do cronômetro expressa em algarismos significativos? Quais são os algarismos corretos e o primeiro algarismo duvidoso?

P.6 Efetue as operações indicadas abaixo. Os números estão expressos corretamente em algarismos significativos. Dê a resposta da 1ª operação em m e da 2ª em m².

- 1ª) $3.020 \text{ m} + 0.0012 \text{ km} + 320 \text{ cm}$
2ª) $4,33 \text{ m} \times 50,2 \text{ cm}$

P.7 As medidas indicadas abaixo estão expressas corretamente em algarismos significativos.

- a) 473 m
b) 0,0705 cm
c) 37 mm
d) 37,0 mm

Escreva-as em notação científica e indique os algarismos corretos e o primeiro duvidoso, em cada medida.

P.8 O intervalo de tempo de um ano corresponde a quantos segundos? Dê sua resposta em notação científica e com dois algarismos significativos.

P.9 Sabendo-se que em 1 cm³ cabem aproximadamente 20 gotas de água, determine a ordem de grandeza do número de gotas de água necessárias para encher a banheira de um apartamento.

P.10 (Fasp-SP) Uma partida normal de futebol é disputada em 90 minutos. O estádio do Morumbi, em São Paulo, já recebeu cerca de 30 milhões de torcedores desde sua abertura em 1960. A média de torcedores por partida é de aproximadamente 28.000. Então, qual é a ordem de grandeza do total de minutos de futebol já jogados no Morumbi?



O sistema de posicionamento global

O sistema de posicionamento global, cuja sigla é GPS (iniciais das palavras Global Positioning System) é um sistema de posicionamento por satélites, desenvolvido pelo Departamento de Defesa (DoD) dos Estados Unidos da América. Por meio desse sistema, uma pessoa pode determinar a posição em que se encontra na superfície terrestre, no mar ou em órbita. A pessoa deve possuir um receptor (chamado vulgarmente de GPS) que capta os sinais (ondas de rádio) emitidos por satélites.

O sistema espacial é constituído de 24 satélites, em transmissão ininterrupta, sendo monitorados por estações terrestres. Os satélites estão distribuídos em 6 órbitas circulares, cada uma com 4 satélites. Cada satélite completa duas voltas em torno da Terra em um dia, a uma altitude de 20.200 km.

Cada satélite envia ao receptor uma mensagem digital informando sua posição e o instante em que o sinal é emitido. O receptor possui um relógio sincronizado com o relógio atômico do satélite, o que permite determinar o intervalo de tempo entre a emissão e a recepção do sinal. Multiplicando-se esse intervalo de tempo pela velocidade do sinal (aproximadamente 300.000 km/s), tem-se a distância entre o receptor e cada satélite.

Conhecendo-se pelo menos as distâncias a três satélites é possível determinar a posição do receptor, por meio de um processo denominado **triangulação**, como descrevemos abaixo.

Seja R_1 a distância do receptor ao primeiro satélite. O receptor pode estar em qualquer ponto da circunferência de centro no primeiro satélite e raio R_1 (figura a). Indiquemos por R_2 a distância do receptor ao segundo satélite e considere a circunferência de raio R_2 e centro no segundo satélite. O receptor pode estar num dos dois pontos em que as circunferências se interceptam (figura b). Seja R_3 a distância do receptor ao terceiro satélite e considere a circunferência de raio R_3 e centro no terceiro satélite. A intersecção das três circunferências ocorre num ponto onde se localiza exatamente o receptor (figura c).



Receptor GPS



Constelação de satélites

Teste sua leitura

- L1 (UEM-PR) O GPS (Global Positioning System – Sistema de Posicionamento Global) consiste no método de localização geográfica. Através de uma rede de satélites em órbita da Terra, o receptor por esse sistema:
- latitude e aberração estelar.
 - declinação magnética e refração atmosférica.
 - longitude e latitude.
 - paralaxe e declinação magnética.
 - aberração estelar e refração atmosférica.



Figura a



Figura b

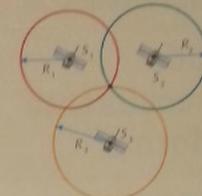
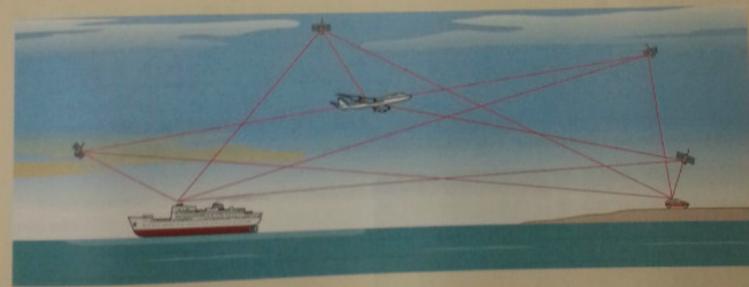


Figura c

Automaticamente o receptor fornece as coordenadas (latitude e longitude) deste ponto. Conhecendo-se as coordenadas de outro ponto pode-se, por meio do receptor GPS, traçar a rota que vai de um ponto ao outro. Daí a utilização do receptor GPS por veículos que transitam por ruas de cidades desconhecidas. O GPS tem aplicações na navegação marítima, na aviação e na cartografia.

Na agricultura, por meio de mapeamento, o GPS permite aumentar a produtividade de áreas cultivadas. Localiza incêndios e o deslocamento de queimadas. Os receptores GPS são utilizados nas práticas esportivas por ciclistas, balonistas, alpinistas etc.

O processo de triangulação foi apresentado de modo simplificado, isto é, em duas dimensões. Considerando o posicionamento no espaço, ou seja, em três dimensões, a localização do receptor é feita por meio da intersecção de três superfícies esféricas, em vez de circunferências. Receptores procuram geralmente por 4 ou mais satélites melhorando, desse modo, a exatidão e determinando precisamente a altitude em que o receptor se encontra.

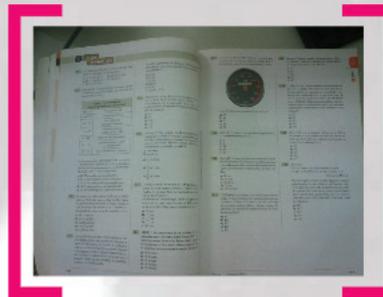
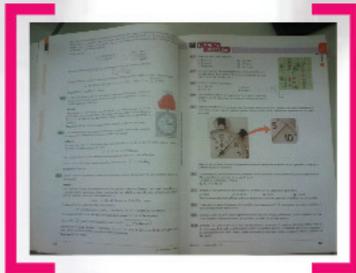
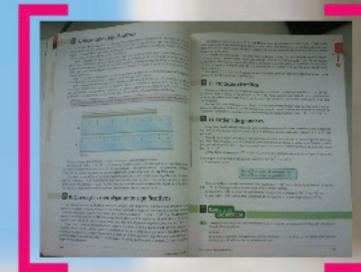
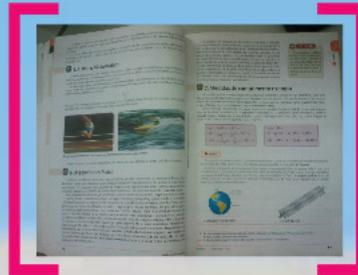


L2 (Unifei-MG) O monitoramento por satélites e o GPS (Sistema de Posicionamento Global) são inovações tecnológicas atualmente usadas por órgãos governamentais, agricultura, empresas etc. Sobre essa questão, escreva verdadeiro (V) ou falso (F) para os itens abaixo e assinale a alternativa correta:

- O GPS é um Sistema de Posicionamento Global constituído por 24 satélites que emitem sinais de rádio captados por aparelhos especiais em qualquer ponto da superfície terrestre.
 - O GPS indica ao usuário sua localização em termos de latitude, longitude e altitude.
 - Na agricultura, essas tecnologias podem ser utilizadas a fim de que se obtenha maior produtividade com custos menores.
 - Essas inovações tecnológicas permitem, por exemplo, detectar e acompanhar a direção e o deslocamento de queimadas e avaliar prejuízos em áreas atingidas por secas ou inundações.
- a) VFVV b) VVVF c) FVVV d) VVVV

Ramalho

Estrutura de um capítulo



CAPÍTULO 1

Introdução à Física

1. INTRODUÇÃO
2. O QUE É A FÍSICA
3. RAMOS DA FÍSICA
4. O UNIVERSO
5. FÍSICA E MATEMÁTICA
6. MÉTODO EM FÍSICA
7. MEDIDAS DE COMPRIMENTO E TEMPO
8. ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS
9. OPERAÇÕES COM ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS
10. NOTAÇÃO CIENTÍFICA
11. UNIDADE DE GRANDEZA



Nesta introdução geral à Física discutimos seus ramos e seus métodos. Apresentamos, em seguida, as principais unidades de comprimento e tempo e verificamos que a precisão da medida de uma grandeza depende principalmente do instrumento utilizado, como se destaca na foto.

1. Introdução

O ser humano sempre se preocupou em entender e dominar o Universo que o cerca. Interessou-se em explicar, por exemplo, o som de um trovão, a luz de um relâmpago, por que os corpos têm cores diferentes, como é o movimento da Lua em relação à Terra, como a Terra e os demais planetas se movem em relação ao Sol ou como são os movimentos dos objetos nas proximidades da superfície terrestre. Todas essas questões, por mais diferentes que sejam, são estudadas em Física, uma ciência tão presente em nossa vida que não podemos desprezá-la. A Física é o motivo deste curso.



O desenvolvimento tecnológico possibilita à humanidade desvendar, cada vez mais, os segredos do Universo, como a galáxia em espiral M51 e a pequena galáxia NGC 5195. Imagem obtida pelo telescópio Hubble em janeiro de 2005.



As cores do mundo impressionam o ser humano, inspirando-o nas artes e despertando seu interesse em explicá-las.

2. O que é a Física

A palavra física (do grego: *physis*) significa Natureza. Em Física, como em toda ciência, qualquer acontecimento ou ocorrência é chamado fenômeno, ainda que não seja extraordinário ou excepcional. A simples queda de um lápis e, em linguagem científica, um fenômeno. A necessidade do ser humano de compreender a natureza é a motivação para o estudo da física.

Precisamos entender a Física, não como algo fechado e terminado, mas sim como um patrimônio em constante mudança. Tais mudanças ocorrem quando um determinado modelo, devido ao avanço do conhecimento, não explica mais de maneira satisfatória os fenômenos naturais a que se refere.

Portanto, a Física pode ser definida como uma ciência que busca descrever os fenômenos que ocorrem na Natureza e prever a sua ocorrência, procurando atualmente não mais oferecer uma imagem da Natureza, mas sim uma imagem da relação do ser humano com a Natureza. Os fenômenos naturais são tão variados e numerosos que o campo de estudo da Física torna-se cada vez mais amplo, existindo hoje diversos ramos da Física.

3. Ramos da Física

O ser humano tem suas primeiras informações do Universo por meio de seus sentidos: vê a luz de um relâmpago, ouve o som de um trovão e pelo tato tem, entre outras, a noção de quente e frio. Consequentemente, classificou os fenômenos observados de acordo com o sentido empregado na observação. Relacionou a luz com a capacidade de ver, e daí surgiu uma ciência chamada Óptica. A audição o estimulou a estudar as propriedades do som, e surgiu outra ciência, a Acústica. As noções de quente e frio, sentidas pelo tato, motivaram o estudo do calor — a Termologia. O movimento é um dos fenômenos mais comuns no dia-a-dia e foi o mais estudado até hoje, tendo dado origem à Mecânica.

Essas ciências (Óptica, Acústica, Termologia e Mecânica) foram muitas vezes estudadas independentemente umas das outras, mas fazem parte do vasto mundo da Física. Hoje, elas constituem os ramos clássicos da Física.

As propriedades elétricas da matéria só foram estudadas profundamente no século XIX, e esse estudo, conhecido como Eletricidade, é outro ramo da Física. No século XX, a discussão da constituição da matéria deu origem à Física Nuclear.

4. O Universo

Todos os corpos existentes na Natureza são quantidades definidas de matéria. Por exemplo, a madeira é matéria e uma mesa de madeira é um corpo; a borracha é matéria e um pneu de borracha é um corpo.

A matéria e, portanto, todos os corpos do Universo são constituídos por pequenas unidades denominadas átomos. Por serem extremamente pequenos, os átomos não podem ser vistos, nem com os mais poderosos microscópios. Entretanto, os cientistas criaram modelos que, dentro de certos limites, explicam os fenômenos naturais. Um dos modelos mais simples, proposto pelo físico Ernest Rutherford (1871-1937), estabelece que cada átomo é constituído de um núcleo central, formado por dois tipos de partículas, os prótons⁺ e os nêutrons⁰, e pela eletrosfera, constituída por um terceiro tipo de partículas, os elétrons⁻, que giram em torno do núcleo (figura 1). Na verdade, esta é uma visão extremamente simplificada do átomo. Além das três partículas citadas, há um número muito grande de outras partículas, como, por exemplo, pósitrons, mésons, neutrinos, etc., que surgem quando ocorrem alterações nos núcleos dos átomos (reações nucleares). O estudo das propriedades dessas partículas é muito importante, principalmente para a compreensão da estrutura do Universo.

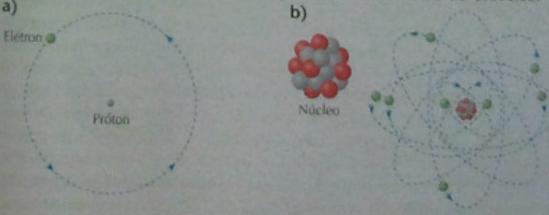


Figura 1. O átomo: a) o átomo de hidrogênio possui um elétron, que gira em torno de seu núcleo, constituído por um único próton; b) no átomo de oxigênio, o núcleo contém oito prótons (aqui indicados na cor cinza) e oito nêutrons. Oito elétrons giram em torno desse núcleo. (Uso de cores fantasia.)

* Através de um átomo próton e um nêutron formam um núcleo e os elétrons giram em torno dele.

Os átomos, por sua vez, formam outros agregados: as moléculas. Existem muitos tipos de moléculas e seu número tende a crescer, pois diariamente são sintetizadas novas moléculas em laboratórios de Química.

O campo de estudo da Física abrange todo o Universo: desde a escala microscópica, relacionada às partículas que formam o átomo, até a escala macroscópica, que diz respeito aos planetas, às estrelas e às galáxias.

5. Física e Matemática

A Matemática ajuda muito à Física, sintetizando a compreensão dos fenômenos. Uma fórmula matemática que resume um fenômeno físico constitui uma ajuda para a compreensão desse fenômeno, do modo que nunca deve ser assustadora para você.

Por exemplo, apesar de ser necessária uma longa explicação para chegarmos ao fato de que a energia de um corpo em movimento (energia cinética) depende de sua massa e de sua velocidade, recorrendo à Matemática, obtemos a fórmula:

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

em que, E_c é a energia cinética; m , a massa; e v , a velocidade. Essa fórmula nos mostra que a energia cinética varia em função da massa do corpo e de sua velocidade.



Sempre que um corpo está em movimento dizemos que ele possui energia cinética.

Assim, aos poucos, você irá aprender a ler e entender uma fórmula e saberá utilizá-la a seu favor.

6. Método em Física

Os físicos estudam os fenômenos que ocorrem no Universo. Entretanto, os percursos trilhados pelos cientistas, para a formulação de teorias e leis que expliquem esses fenômenos são muito variados. Muitas descobertas no campo da Física surgiram da imaginação de pesquisadores, da experimentação direta e em certas ocasiões, ocorreram de maneira não intencional, sem seguir um caminho preestabelecido.

Um dos processos de aquisição do conhecimento é o denominado método experimental ou científico, que apresenta uma seqüência rígida de etapas. Tal método é discutível, pois estabelece uma receita definida de passos a ser seguida, o que nem sempre é possível. Em vista de seu caráter histórico, vamos apresentar, de modo simplificado, o caminho sugerido pelo método científico. Em primeiro lugar, o fenômeno é observado repetidas vezes, destacando-se fatos notáveis. Por meio de instrumentos de medição — desde o relógio e a fita métrica, até instrumentos mais sofisticados — medem-se as principais grandezas envolvidas no fenômeno. Com essas medidas, procura-se alguma relação entre tais grandezas, tentando descobrir alguma lei ou princípio que o descreva. Muitas vezes essas leis ou princípios são expressos por fórmulas — como a da energia cinética, apresentada no item anterior. Frequentemente, o fenômeno é repetido em laboratório em condições consideradas ideais em relação às condições reais de suas ocorrências. Assim, por exemplo, podemos estudar idealmente a lei da queda de um corpo, deixando-o cair em laboratório, num aparelho vertical onde se faz o vácuo (tubo de Newton), para eliminar a interferência do ar.

• 4

Na verdade, no processo de descobertas científicas, o cientista não costuma seguir, necessariamente, regras previamente estabelecidas, embora em seu trabalho desenvolva procedimentos científicos. Um bom exemplo de uma descoberta científica que não seguiu etapas determinadas *a priori*, como as descritas acima, foi a previsão de Albert Einstein de que a luz sofreria desvios em sua trajetória na proximidade de grandes massas, elaborada a partir do desenvolvimento matemático da Teoria da Relatividade Geral, publicada em 1915. A veracidade de tal previsão só foi comprovada mediante a posterior observação, em Sobral, no Ceará, do eclipse do Sol, em 29 de maio de 1919: a luz, proveniente de estrelas, ao passar próxima ao Sol, sofreu um desvio em sua trajetória.

Leia mais

O conhecimento histórico de como a Física se desenvolveu torna mais fascinante o seu estudo. Na página 12, em História da Física, leia sobre as primeiras descobertas e os pensadores que as desenvolveram.

PARTI
1

7. Medidas de comprimento e tempo

Para melhor conhecer as grandezas envolvidas num fenômeno, a Física recorre a medidas. Com uma fita métrica podemos medir comprimento. O metro (símbolo: **m**) é a unidade fundamental de comprimento do Sistema Internacional de Unidades (SI)*. O metro admite múltiplos, como o quilômetro (km), e submúltiplos, como o centímetro (cm) e o milímetro (mm).

Outra unidade importante em nosso estudo é a unidade fundamental de tempo do Sistema Internacional de Unidades (SI): o segundo** (símbolo: s). O segundo admite múltiplos, como o minuto (min) e a hora (h), e submúltiplos, como o milissegundo (1 ms = 10⁻³ s), o microssegundo (1 μs = 10⁻⁶ s) e o nanossegundo (1 ns = 10⁻⁹ s).

$$1 \text{ km} = 1.000 \text{ m} = 10^3 \text{ m}$$

$$1 \text{ cm} = \frac{1}{100} \text{ m} = \frac{1}{10^2} \text{ m} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$1 \text{ mm} = \frac{1}{1.000} \text{ m} = \frac{1}{10^3} \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 60 \cdot 60 \text{ s} = 3.600 \text{ s}$$

$$1 \text{ dia} = 24 \text{ h} = 24 \cdot 3.600 \text{ s} = 86.400 \text{ s}$$

O metro

O metro foi inicialmente definido considerando-se a quarta parte de um meridiano terrestre dividida em 10 milhões de partes iguais. Cada uma dessas pequenas partes foi chamada de **1 metro**.

Como os meridianos da Terra não são todos iguais, uma nova definição foi apresentada: 1 metro é a distância entre dois traços marcados sobre uma barra de platina (90%) e irídio (10%), mantida no Instituto Internacional de Pesos e Medidas, em Sèvres, nas proximidades de Paris: é o **metro padrão**. Essa definição perdurou até 1983, quando foi aprovada a definição atual de metro que é apresentada no quadro geral de unidades, no final deste livro.



▲ Definição inicial de metro



▲ O metro padrão

* É o sistema de unidades oficialmente adotado no Brasil, estabelecido em 1960, durante a 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, com base no Sistema Métrico Decimal.

** A definição atual de segundo é apresentada no quadro geral de unidades, no final deste livro.

8. Algarismos significativos

A precisão da medida de uma certa grandeza depende principalmente do instrumento utilizado. Vejamos um exemplo: pretende-se medir o comprimento L de uma barra e, para isso, dispõe-se de duas réguas — uma centimetrada e outra milimetrada. Conforme veremos, a precisão da medida com a régua centimetrada é menor do que com a milimetrada.

Com a utilização da régua centimetrada (figura 2a) podemos dizer que o comprimento da barra está compreendido entre 9 cm e 10 cm, estando mais próximo de 10 cm. O algarismo que representa a primeira casa depois da virgula não pode ser determinado com precisão, devendo ser estimado. Desse modo, estimamos a medida do comprimento L em 9,6 cm. Note que o algarismo 9 é correto e o algarismo 6 é duvidoso.

Em toda medida os algarismos corretos e o primeiro duvidoso são chamados **algarismos significativos**. Portanto, na medida 9,6 cm, temos dois algarismos significativos.

Com a régua milimetrada (figura 2b), como cada centímetro é dividido em 10 milímetros, podemos com maior precisão dizer que o comprimento da barra está compreendido entre 9,6 cm e 9,7 cm. Nesse caso, estimamos o comprimento L em 9,65 cm. Observe, agora, que os algarismos 9 e 6 são corretos e o algarismo 5 é duvidoso, pois ele foi estimado. Temos, então, três algarismos significativos.

Os algarismos significativos de uma medida são os algarismos corretos e o primeiro duvidoso.

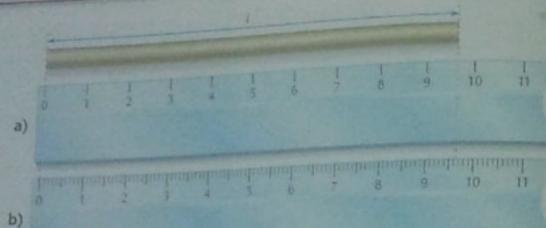


Figura 2.

Imagine agora que a medida $L = 9,65$ cm deva ser convertida para metro.

Desse modo, temos $L = 0,0965$ m. Note que a medida continua com três algarismos significativos, isto é, os zeros à esquerda do número 9 não são significativos — eles apenas servem para posicionar a virgula. Portanto, os zeros à esquerda do primeiro algarismo significativo não são significativos.

Estando o zero à direita do primeiro algarismo significativo, ele também será significativo. Por exemplo, na medida $L = 9,05$ m temos três algarismos significativos: 9, 0 e 5. Convertendo-se essa medida para centímetro, temos $L = 9,05 \cdot 10^2$ cm. Note que a medida continua com três algarismos significativos, isto é, os algarismos correspondentes à potência de 10 não são significativos.

9. Operações com algarismos significativos

Ao efetuarmos uma **multiplicação** ou uma **divisão**, com algarismos significativos, devemos apresentar o resultado com um número de algarismos significativos igual ao do fator que possui o menor número de algarismos significativos. Assim, por exemplo, considere o produto: $2,31 \cdot 1,4$. Ao efetuarmos a operação, encontramos 3,234. Como o primeiro fator tem três algarismos significativos (2,31) e o segundo tem dois (1,4), apresentamos o resultado com dois algarismos significativos (2,3).

Note como se faz o arredondamento: sendo o primeiro algarismo abandonado menor do que 5, mantemos o valor do último algarismo significativo; ou, se o primeiro algarismo a ser abandonado for maior ou igual a 5, acrescentamos uma unidade ao último algarismo significativo. No exemplo, o primeiro algarismo abandonado é 3. Sendo menor do que 5, mantivemos o número 2, que é o último algarismo significativo.

6

Os FUNDAMENTOS DA FÍSICA

Considere, agora, o produto: $2,33 \cdot 1,4$. Efetuando a operação encontramos 3,262. O resultado deve apresentar 2 algarismos significativos. Assim, temos: 3,3. Nesse caso, o primeiro número a ser abandonado é 6. Sendo maior do que 5, acrescentamos uma unidade ao número 2, que é o último algarismo significativo.

Na **adição** e na **subtração**, o resultado deve conter um número de casas decimais igual ao da parcela com menos casas decimais. Assim, por exemplo, considere a adição: $3,32 + 3,1$. Ao efetuarmos a operação, encontramos como resultado 6,42. Como a primeira parcela tem duas casas decimais (3,32) e a segunda somente uma (3,1), apresentamos o resultado com apenas uma casa decimal. Assim, temos: 6,4.

Na adição $3,37 + 3,1 = 6,47$, apresentamos o resultado com uma casa decimal e, levando em conta a regra do arredondamento, obtemos: 6,5.

10. Notação científica

Utilizar a notação científica significa exprimir um número da seguinte forma: $N \cdot 10^n$, em que n é um expoente inteiro e N é tal que $1 \leq N < 10$. Para exprimir a medida de uma grandeza em notação científica, o número N deve ser formado por todos os algarismos significativos que nela compõem.

Por exemplo, considere que as medidas indicadas a seguir estejam expressas corretamente em algarismos significativos: 360 s e 0,0035 m. Utilizando a notação científica e levando em conta o número de algarismos significativos, escrevemos, respectivamente, para essas medidas: $3,60 \cdot 10^2$ s e $3,5 \cdot 10^{-3}$ m.

11. Ordem de grandeza

Determinar a **ordem de grandeza** de uma medida consiste em fornecer, como resultado, a potência de 10 mais próxima do valor encontrado para a grandeza. Como estabelecer essa potência de 10 mais próxima?

Partindo da notação científica, $N \cdot 10^n$, procede-se assim: se o número N que multiplica a potência de 10 for maior ou igual a $\sqrt{10}$, utiliza-se, como **ordem** de grandeza, a potência de 10 de expoente um grau acima, isto é, 10^{n+1} ; se N for menor que $\sqrt{10}$, usa-se a mesma potência da notação científica, isto é, 10^n .

É importante observar que $10^{0,5} = \sqrt{10} = 3,16$ é o valor utilizado como limite de aproximação, isto é, corresponde ao ponto médio do intervalo 10^0 e 10^1 ($10^{\frac{0+1}{2}} = 10^{0,5}$).

Em resumo, temos:

$$\begin{aligned} N \geq \sqrt{10} &\Rightarrow \text{ordem de grandeza: } 10^{n+1} \\ N < \sqrt{10} &\Rightarrow \text{ordem de grandeza: } 10^n \end{aligned}$$

Para exemplificar, considere o raio da Terra igual a $6,37 \cdot 10^6$ m e a distância da Terra ao Sol igual a $1,49 \cdot 10^{11}$ m. Vamos calcular a ordem de grandeza desses valores.

Sendo $6,37 > \sqrt{10}$, a ordem de grandeza do raio da Terra é dada por: 10^{6+1} m = 10^7 m.

Sendo $1,49 < \sqrt{10}$, temos para a distância da Terra ao Sol a ordem de grandeza: 10^{11} m.

Exercícios resolvidos

R.1 Um espetáculo musical tem início exatamente às 21 h 15 min 25 s e termina às 23 h 38 min 15 s. Determine a duração desse espetáculo.

Solução:

A duração do espetáculo corresponde ao intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$, em que $t_1 = 21$ h 15 min 25 s é o instante de início e $t_2 = 23$ h 38 min 15 s é o instante de término.

Para calcular essa diferença, devemos iniciar a subtração pela coluna dos segundos, de modo que o valor do instante final (t_2) em cada coluna seja sempre maior que o do instante inicial (t_1). No caso, na coluna dos segundos, temos 15 s para t_1 e 25 s para t_2 . Como 15 s é menor do que 25 s, passamos 1 min (60 s) da coluna dos minutos para a coluna dos segundos. Assim, teremos:

$$\begin{array}{r} t_1 = 23 \text{ h } 38 \text{ min } 15 \text{ s} \\ t_2 = 21 \text{ h } 15 \text{ min } 25 \text{ s} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{r} 23 \text{ h } 37 \text{ min } 75 \text{ s} \\ - 21 \text{ h } 15 \text{ min } 25 \text{ s} \\ \hline 2 \text{ h } 22 \text{ min } 50 \text{ s} \end{array}$$

Portanto o intervalo de tempo (Δt) correspondente à duração do espetáculo vale:

$$\Delta t = 2 \text{ h } 22 \text{ min } 50 \text{ s}$$

Se quisermos dar a resposta em segundos, devemos lembrar que 1 h = 3.600 s e 1 min = 60 s. Portanto:

$$\Delta t = (2 \cdot 3.600) + (22 \cdot 60) + 50 \Rightarrow \Delta t = 7.200 + 1.320 + 50 \Rightarrow \Delta t = 8.570 \text{ s}$$

Resposta: 2 h 22 min 50 s ou 8.570 s

- R.2 A balança da figura ao lado está graduada em quilogramas (kg). Qual é a massa do pacote colocado sobre o prato da balança? Quais são os algarismos corretos e o primeiro algarismo duvidoso?

Solução:

Observando que cada divisão corresponde a 0,1 kg, concluímos que a massa do pacote está compreendida entre 2,4 e 2,5 kg. Avaliamos, então, a massa do pacote em 2,45 kg. Note que os algarismos 2 e 4 são corretos, e que o algarismo 5 é duvidoso.

Resposta: 2,45 kg; 2 e 4 são os algarismos corretos, 5 é o algarismo duvidoso.

- R.3 O sino de uma igreja bate uma vez a cada meia hora, todos os dias. Qual é a ordem de grandeza do número de vezes que o sino bate em um ano?

Solução:

Se o sino bate uma vez a cada meia hora, concluímos que em um dia ele bate 48 vezes. Logo, o número de batidas do sino em um ano é dado por:

$$X = 48 \cdot 365 \Rightarrow X = 17.520 \text{ batidas}$$

Em notação científica, com três algarismos significativos, temos $X = 1,75 \cdot 10^4$ batidas.

Como $1,75 < \sqrt{10}$, para a ordem de grandeza teremos o valor:

$$X^o = 10^4 \text{ batidas}$$

Resposta: 10^4 batidas

- R.4 Qual é a ordem de grandeza do número de batimentos cardíacos de um aluno do Ensino Médio, desde o seu nascimento?

Solução:

Para a resolução desse exercício é necessário fazer algumas estimativas. Vamos, por exemplo, considerar que o coração bata 70 vezes em um minuto e vamos adotar para a idade do aluno 15 anos. Devemos, inicialmente, calcular o número de minutos existente em 15 anos:

$$15 \text{ anos} = 15 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \text{ minutos} = 7.884.000 \text{ minutos}$$

O número X de batimentos em 15 anos de vida será:

$$X = 70 \text{ batimentos por minuto} \cdot 7.884.000 \text{ minutos} \Rightarrow X = 551.880.000 \text{ batimentos}$$

Em notação científica, com três algarismos significativos, temos $X = 5,52 \cdot 10^8$ batimentos.

Como $5,52 < \sqrt{10}$, para a ordem de grandeza temos o valor:

$$X^o = 10^9 \text{ batimentos}$$

Observe que a escolha da idade do aluno (para 14, 16 ou 17 anos) ou do número de batimentos por minuto (para 60, 80 ou 90) não altera o resultado da ordem de grandeza.

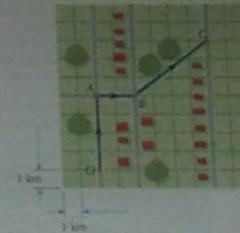
Resposta: 10^9 batimentos

Exercícios propostos

P.1 Elete as seguintes conversões:

- a) 1 m em cm
b) 1 cm em m
c) 1 m em mm
d) 1 km em m
e) 1 mm em m
f) 1 cm em mm

P.2 Um carro parte da posição O e percorre o caminho OABC conforme indicado na figura ao lado. Determine as distâncias percorridas: de O a A, de A a B e de B a C.

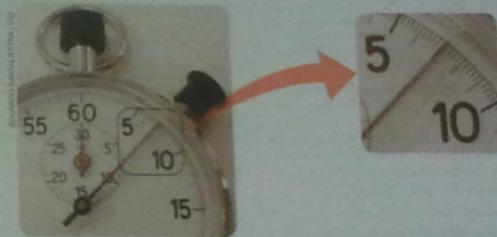


P.3 Elete as seguintes conversões:

- a) 1 h em min
b) 1 min em s
c) 1 h em s
d) 1 dia em s

P.4 Uma corrida de automóveis tem início às 10 h 20 min 45 s e termina às 12 h 15 min 35 s. Determine o intervalo de tempo de duração da corrida.

P.5 Um estudante utilizou um cronômetro para determinar o intervalo de tempo em que uma pedra, abandonada de certa altura, atinge o chão. O resultado obtido é indicado na foto abaixo. Sabe-se que o ponteiro não completou uma volta.



Qual é a leitura do cronômetro expressa em algarismos significativos? Quais são os algarismos corretos e o primeiro algarismo duvidoso?

P.6 Elete as operações indicadas abaixo. Os números estão expressos corretamente em algarismos significativos. Dê a resposta da 1ª operação em m e da 2ª em m².

- 1ª) $3,020 \text{ m} + 0,0012 \text{ km} + 320 \text{ cm}$
2ª) $4,33 \text{ m} \times 50,2 \text{ cm}$

P.7 As medidas indicadas abaixo estão expressas corretamente em algarismos significativos.

- a) 473 m
b) 0,0705 cm
c) 37 mm
d) 37,0 mm

Escreva-as em notação científica e indique os algarismos corretos e o primeiro duvidoso, em cada medida.

P.8 O intervalo de tempo de um ano corresponde a quantos segundos? Dê sua resposta em notação científica e com dois algarismos significativos.

P.9 Sabendo-se que em 1 cm^3 cabem aproximadamente 20 gotas de água, determine a ordem de grandeza do número de gotas de água necessárias para encher a banheira de um apartamento.

P.10 (Fasp-SP) Uma partida normal de futebol é disputada em 90 minutos. O estádio do Morumbi, em São Paulo, já recebeu cerca de 30 milhões de torcedores desde sua abertura em 1960. A média de torcedores por partida é de aproximadamente 28.000. Então, qual é a ordem de grandeza do total de minutos de futebol já jogados no Morumbi?

Testes propostos

- T.1** (PUC-Campinas-SP) Um intervalo de tempo igual a 25 972,5 segundos corresponde a:
- 7 h 12 min 52,5 s
 - 7 h 772 min 0,5 s
 - 7 h 21 min 145 s
 - 432 h 52,5 min
 - 432 875 h

- T.2** (Inatel-MG) A tabela abaixo descreve alguns eventos temporais a respeito da formação do nosso Sol e da Terra.

Alguns eventos temporais (em anos passados até a data atual)	
$4,55 \cdot 10^9$	Formação do Sol
$4,45 \cdot 10^9$	Formação da Terra
$3,8 \cdot 10^9$	Os continentes emergem das águas
$4,2 \cdot 10^8$	Aparecimento das plantas sobre o solo
$6,7 \cdot 10^7$	Extinção dos dinossauros
$1,2 \cdot 10^5$	Aparecimento do homem de Neandertal
$4,0 \cdot 10^3$	Início da história do homem

Se adotarmos que a formação do Sol ocorreu há 1 dia terrestre, quando se iniciou a história da civilização humana nessa nova escala de tempo? (1 dia terrestre = 86 400 segundos)

- Há 76 segundos, aproximadamente.
 - Há 76 milissegundos, aproximadamente.
 - Há 76 microssegundos, aproximadamente.
 - Há 78 milissegundos, aproximadamente.
 - Há 78 microssegundos, aproximadamente.
- T.3** As aulas num dado colégio de Florianópolis têm início às 7 h 30 min, todos os dias. Em determinado dia, por mau funcionamento do relógio sinaleiro, o sinal de término das aulas soou às 13 h 15 min 20 s. A duração das aulas nesse dia no colégio foi de:
- 6 h 15 min 20 s
 - 5 h 45 min 20 s
 - exatamente 6 h
 - 5 h 45 min 40 s
 - 6 h 45 min 20 s
- T.4** (Acafe-SC) No ano 2004 foram realizadas eleições para prefeito, vice-prefeito e vereador em todos os municípios do Brasil. Os candidatos utilizaram o horário político gratuito na mídia e realizaram comícios, fazendo diversos discursos. Enrico Fermi observou, certa vez, que a duração padrão de um discurso é de aproximadamente um micro-século.

Considerando todos os anos com 365 dias, é correto afirmar que a duração de um micro-século, em minutos, é:

- 24,25
 - 87,60
 - 36,50
 - 120,00
 - 52,56
- (1 micro = 10^{-6})

- T.5** (Ufac) Num campo de futebol não-oficial, as linhas verticais do gol distam entre si 8,15 m. Considerando que 1 jarda vale 3 pés e que 1 pé mede 30,48 cm, a largura mais aproximada do gol, em jardas, é:

- 6,3
- 8,9
- 10,2
- 12,5
- 14,0

- T.6** (Fuvest-SP) No estádio do Morumbi 120 000 torcedores assistem a um jogo. Através de cada uma das 6 saídas disponíveis podem passar 1 000 pessoas por minuto. Qual é o tempo mínimo necessário para se esvaziar o estádio?

- uma hora
- meia hora
- $\frac{1}{4}$ de hora
- $\frac{1}{3}$ de hora
- $\frac{3}{4}$ de hora

- T.7** (UFRJ) Numa fila de banco há 300 pessoas. O guarda autoriza a entrar no banco, durante 10 segundos, 30 pessoas. Para nova autorização há a espera de 20 minutos.

- Levando-se em consideração serem sempre constantes os intervalos mencionados, as 300 pessoas da fila serão atendidas, aproximadamente, em:
- 201 min
 - 191 min
 - 181 min
 - 171 min
 - 161 min

- T.8** (FEI-SP) O diâmetro de um fio de cabelo é 10^{-4} m. Sabendo-se que o diâmetro de um átomo é 10^{-10} m, quantos átomos colocados lado a lado seriam necessários para fazer uma linha que dividisse o fio de cabelo ao meio exatamente no seu diâmetro?

- 10^4 átomos
- 10^8 átomos
- 10^9 átomos
- 10^7 átomos
- 10^5 átomos

- T.9** (UEL-PR) O velocímetro indica a velocidade instantânea de um veículo. Num certo instante, a indicação do aparelho está representada abaixo.



A melhor leitura da velocidade, em km/h, é:

- 80
- 84
- 87
- 90
- 92

- T.10** (PUC-SP) O número de algarismos significativos de 0,0000000000000000605 cm é:

- 3
- 4
- 11
- 14
- 15

- T.11** (Cefet-PE) A medição do comprimento de um lápis foi realizada por um aluno usando uma régua graduada em mm. Das alternativas apresentadas, aquela que expressa corretamente a medida obtida é:

- 15 cm
- 150 mm
- 15,00 cm
- 15,0 cm
- 150,00 mm

- T.12** (UFJF-MG) Supondo-se que um grão de feijão ocupe o espaço equivalente a um paralelepípedo de arestas $0,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm}$, qual das alternativas abaixo melhor estima a ordem de grandeza do número de feijões contido no volume de um litro?

- 10^3
- 10^5
- 10^7
- 10^9
- 10^{11}

- T.13** (Fuvest-SP) Qual é a ordem de grandeza do número de voltas dadas pela roda de um automóvel ao percorrer uma estrada de 200 km?

- 10^2
- 10^3
- 10^4
- 10^5
- 10^6

- T.14** (Cesgranrio-RJ) Alguns experimentos realizados por virologistas demonstram que um bacteriófago (vírus que parasita e se multiplica no interior de uma bactéria) é capaz de formar 100 novos vírus em apenas 30 minutos. Se introduzirmos 1 000 bacteriófagos em uma colônia suficientemente grande de bactérias, qual será a ordem de grandeza do número de vírus existentes após 2 horas?

- 10^2
- 10^4
- 10^6
- 10^8
- 10^{10}

- T.15** (UEL-PR) Um recipiente cúbico tem 3.000 m de aresta, n é o número máximo de cubos, de 3.01 mm de aresta, que cabem no recipiente. A ordem de grandeza de n é:

- 10^7
- 10^8
- 10^9
- 10^{10}
- 10^{11}

- T.16** (UFG-GO)
*Pos há menos peixinhos a nadar no mar
 Do que os beijinhos que eu darei na sua boca*

Vinicius de Moraes

Supondo que o volume total de água nos oceanos seja de cerca de um bilhão de quilômetros cúbicos e que haja em média um peixe em cada cubo de água de 100 m de aresta, o número de beijos que o poeta beijoqueiro teria que dar em sua namorada, para não faltar com a verdade, seria da ordem de:

- 10^{18}
- 10^{15}
- 10^{14}
- 10^{16}
- 10^{17}

HISTÓRIA DA FÍSICA

PRIMEIRAS DESCOBERTAS E A REVOLUÇÃO COPERNICANA

O estudo do movimento teve início com o surgimento das primeiras civilizações no Egito, Mesopotâmia e Oriente Médio. Por interesses variados, esses povos procuraram compreender fenômenos como o curso dos astros, o fluxo das marés, o ciclo das eclipses e, a partir da observação do céu, puderam estabelecer as estações do ano. À medida que as observações eram acumuladas, elas eram transmitidas e apropriadas pelos povos das regiões do Mediterrâneo e proximidades. As primeiras explicações para os fenômenos observados eram impregnadas de religiosidade e mito. Apenas por volta do século VI a.C. é que pensadores gregos começaram a desenvolver formas mais elaboradas de tratar o conhecimento empírico existente, com formulações racionais associadas a um desenvolvimento da Matemática.

DEMÓCRITO (460-370 a.C.) descreveu de modo puramente mecânico o movimento. Estabeleceu as noções de átomo e vazio. O átomo (indivisível) era a menor partícula de matéria, e o vazio era a ausência de matéria. Segundo ele, os átomos se moviam ao acaso e, neste movimento, se chocavam, se afastam e se repeliem. Em consequência disso se formaram todas as coisas do Universo.

HERÁCLITO (535-475 a.C.) afirmou que o movimento é o princípio básico do qual tudo o que vemos e sentimos é decorrencia.

Parece ter sido ARISTÓTELES (384-322 a.C.) o primeiro a elaborar um sistema filosófico para a explicação do movimento dos corpos e do mundo físico que o cercava. Para ele, toda e qualquer matéria era composta de quatro elementos fundamentais: terra, água, fogo e ar, e esses elementos tinham posições determinadas no Universo. O lugar natural do fogo e do ar era sempre acima do lugar natural da terra e da água. Desse modo explicava por que uma pedra e a chuva caem: seus lugares naturais eram a terra e a água. Analogamente, a fumaça e o vapor sobem em busca de seus lugares naturais acima da terra. Aristóteles também elaborou várias outras teorias sobre ciências naturais, que foram aceitas até a Renascença.

Ainda na Grécia, menos de um século depois de Aristóteles, um outro grego, ARISTARCO DE SAMOS (310-230 a.C.), propôs uma teoria do movimento dos corpos celestes. Teve a ideia de que a Terra e os planetas giravam em torno do Sol, e por isso foi acusado de perturbar o descanso dos deuses e de contradizer as ideias de Aristóteles sobre o movimento celeste. Para Aristóteles, os planetas, o Sol e a Lua giravam em torno da Terra em órbitas circulares, e a Terra não se movimentava.

Quatro séculos depois da morte de Aristarco, já depois de Cristo, as ideias aristotélicas do movimento celeste foram aperfeiçoadas por CLÁUDIO PTOLOMEU (século II), astrônomo de origem greco-romana nascido em Alexandria, no Egito.

Na Renascença, JEAN BURIDAN (1300-1360), reitor da Universidade de Paris, colocou-se frontalmente contra as teorias de Aristóteles. Suas ideias espalharam-se pela Europa, abrindo caminho para que nos séculos seguintes Copérnico e Galileu iniciassem a ciência moderna.

NICOLAU COPÉRNICO (1473-1543) nasceu na Polónia, e lá estudou na Universidade de Cracóvia. Esteve na Itália, em várias universidades, onde manteve contato com os cientistas mais notáveis. De volta à Polónia, desenvolveu sua teoria sobre o movimento celeste. Propôs um sistema análogo ao de Aristarco: os planetas e a Terra giram em torno do Sol, isto é, um sistema heliocêntrico (do grego: *helios*, Sol). Copérnico localizou corretamente as posições relativas dos planetas conhecidos e determinou seus períodos de translação em torno do Sol. O sistema de Copérnico não encontrou apoio de quase ninguém na época, o sistema de Ptolomeu e as ideias de Aristóteles eram doutrinas estabelecidas tanto na religião como na filosofia.

Estátua de Nicolau Copérnico, situada na Biblioteca Nacional de Paris, França, erigida no século XIX.



Demócrito e Heráclito travam um debate filosófico imaginário. Gravura de Donato Bramante, século XVI.

PARTE 2

Descrição do movimento: Cinemática escalar

Nesta parte analisamos os movimentos, suas leis e propriedades gerais. Discutimos dois movimentos particulares: o movimento uniforme e o movimento uniformemente variado.



O movimento é uma característica do Universo, que pode ser observada nas mais variadas situações, desde fatos do cotidiano, como os graciosos passos de um casal de bailarinos, até a agitação dos átomos e moléculas no microcosmo e a movimentação de estrelas e galáxias no macrocosmo.

- CAPÍTULO 2. INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS MOVIMENTOS
- CAPÍTULO 3. ESTUDO DO MOVIMENTO UNIFORME
- CAPÍTULO 4. MOVIMENTOS COM VELOCIDADE ESCALAR VARIÁVEL. MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO
- CAPÍTULO 5. MOVIMENTO VERTICAL NO VÁCUO
- CAPÍTULO 6. GRÁFICOS. GRÁFICOS DO MU E DO MUV

Visão de Ciência



- Ciência como construção humana



- Ciência como imposição "verdade absoluta"

Abordagem didático-pedagógica



- Inovação com enfoque histórico e conceitual



- Abordagem tradicional voltada para resolução de exercícios

Ênfase curricular

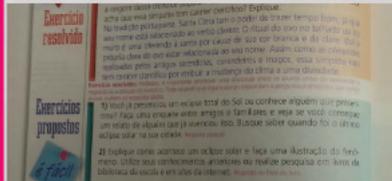


- Desenvolvimento em habilidades científicas, auto-realização do indivíduo e desenvolvimento da autonomia



- Explicações corretas "Preparatório para vestibular"

Orientações para o professor



Alguns blocos e pequenas dicas espalhadas pelo livro



Suplemento no início do livro e restante igual ao do aluno

Exercício resolvido

Exercícios propostos

é fácil

a origem dessa crença popular. Você acha que essa simpatia tem caráter científico? Explique.
Na tradição portuguesa, Santa Clara tem o poder de trazer tempo bom, já que seu nome está relacionado ao verbo clarear. O ritual do ovo no telhado ou no muro é uma oferenda à santa por causa de sua cor branca e da clara. Daí a própria clara do ovo estar relacionada ao seu nome. Assim como as oferendas realizadas pelos antigos sacerdotes, curandeiros e magos, essa simpatia não tem caráter científico por atribuir a mudança do clima a uma divindade.

Exercício resolvido: Professor, é importante promover uma discussão entre os alunos antes de apresentar a resposta ou a solução do exercício. Pode-se pedir que alguns alunos respondam à pergunta oralmente e que outros alunos avaliem as respostas dadas.

- 1) Você já presenciou um eclipse total do Sol ou conhece alguém que presenciou? Faça uma enquete entre amigos e familiares e veja se você consegue um relato de alguém que já vivenciou isso. Busque saber quando foi o último eclipse solar na sua cidade. *Resposta pessoal.*
- 2) Explique como acontece um eclipse solar e faça uma ilustração do fenômeno. Utilize seus conhecimentos anteriores ou realize pesquisa em livros da biblioteca da escola e em sites da internet. *Resposta no final do livro.*

PARTE I

Introdução geral

CAPÍTULO

1

Introdução à Física

Neste capítulo apresentamos uma noção geral da Física e de seu campo de estudo. Comentamos o método em Física de apreensão do conhecimento; analisamos os conceitos de **algarismos significativos**, de **notação científica** e de **ordem de grandeza**.

Para o desenvolvimento desta parte, o número básico de aulas é dois; no entanto o professor e a professora que dispuserem de mais aulas poderão dedicar maior tempo à leitura de "Primeiras descobertas e a revolução copernicana".

Exercícios propostos

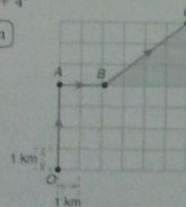
P.2 $OA = 4 \cdot 1 \text{ km} \Rightarrow OA = 4 \text{ km}$

$AB = 2 \cdot 1 \text{ km} \Rightarrow AB = 2 \text{ km}$

BC é obtido pela aplicação do teorema de Pitágoras ao triângulo destacado:

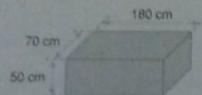
$$(BC)^2 = 3^2 + 4^2$$

$$BC = 5 \text{ km}$$



P.9 Dimensões estimadas de uma banheira de apartamento:

$$\text{Volume: } 180 \text{ cm} \times 70 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 6,3 \cdot 10^5 \text{ cm}^3$$



$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ cm}^3 = 20 \text{ gotas} \\ 6,3 \cdot 10^5 \text{ cm}^3 = x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 1,26 \cdot 10^7 \text{ gotas}$$

ordem de grandeza: 10^7 gotas

Testes propostos

T.4 Resposta: e

$$\begin{aligned} 1 \text{ micro-século} &= 10^{-6} \cdot 100 \text{ anos} = \\ &= 10^{-6} \cdot 100 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \text{ min} = 52,56 \text{ min} \end{aligned}$$

T.7 Resposta: c

Temos 10 intervalos de tempo de 10 s cada e 9 intervalos de 20 minutos cada:

$$\Delta t = \frac{10 \cdot 10}{60} \text{ min} + 9 \cdot 20 \text{ min} \Rightarrow \Delta t = 181 \text{ min}$$

T.12 Resposta: d

Volume de um grão de feijão:

$$v = 0,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm} \Rightarrow v = 0,25 \text{ cm}^3$$

Temos: $V = 1,0 \text{ l} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$

Número de feijões contidos no volume V:

$$n = \frac{V}{v} = \frac{1,0 \cdot 10^3 \text{ cm}^3}{0,25 \text{ cm}^3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = 4,0 \cdot 10^3 \text{ feijões}$$

Sendo $4,0 > \sqrt{10}$, concluímos que a ordem de grandeza do número de feijões é 10^4 .

T.14 Resposta: e

Cada bacteriófago gera 10^2 vírus depois de 30 minutos. Decorridos mais 30 minutos, os 10^2 vírus geram 10^4 vírus.

Estes, depois de mais 30 minutos, se multiplicam, formando 10^6 vírus. Por fim, ao completar 2 horas, teremos 10^8 vírus.

Portanto, cada bacteriófago gera 10^8 vírus, após 2 horas. Como são 10^3 bacteriófagos, teremos, após 2 horas:

$$10^8 \cdot 10^3 \text{ vírus} = 10^{11} \text{ vírus}$$

T.16 Resposta: b

Volume total de água:

$$V_1 = 1 \text{ bilhão de quilômetros cúbicos}$$

$$V_1 = 10^9 \cdot (10^3 \text{ m})^3 \Rightarrow V_1 = 10^{18} \text{ m}^3$$

Volume do cubo de água de aresta 100 m:

$$v = (100 \text{ m})^3 \Rightarrow v = 10^6 \text{ m}^3$$

Números de beijos:

$$n = \frac{V_1}{v} \Rightarrow n = \frac{10^{18}}{10^6} \Rightarrow n = 10^{12}$$

Espaço e Tempo



DO CAOS AO COSMOS

Neste capítulo, estudaremos as explicações que algumas culturas antigas deram para certos fenômenos da natureza e como a concepção sobre o Universo evoluiu a partir dessas explicações até os dias atuais. Veremos também que, qualquer que seja a civilização, as reflexões sobre a origem do Universo e sobre questões existenciais sempre fizeram (e ainda fazem) parte dos anseios humanos.

1. Ordem e desordem a nossa volta

Há dias em que levantamos e temos a sensação de que tudo a nossa volta está um caos! Essa sensação é reforçada quando escutamos nossa mãe dizer que a bagunça de nosso quarto já chegou ao limite e é hora de arrumar tudo. Dependendo do tamanho da bagunça, o período da manhã, ou mesmo o dia inteiro, estará perdido com a arrumação.

Embora trabalhosa e fatigante, a organização nos dá uma sensação agradável. Além de as mães ficarem contentes, fica fácil encontrar aquilo que queremos. Cada coisa parece ter um lugar determinado, e a organização geral do quarto nos transmite aquela ideia de ordem.



Organizar e organizar pode parecer coisa de adulto ou de militar! No entanto, apenas o excesso de organização é que pode ser ruim. Imaginemos como seria incômodo viver num lugar sem ordem, onde, por exemplo, os carros trafegassem por qualquer lugar, e todo o lixo fosse jogado nas ruas. Podemos piorar as coisas, supondo um lugar onde cada um começasse a trabalhar num horário diferente, onde nada fosse padronizado.

Se prestarmos atenção, veremos que nossa vida é cercada de ordem por todos os lados. E essa ordem não está apenas na sociedade. A natureza parece seguir uma organização imperturbável. Sabemos, por exemplo, que qualquer objeto jogado para o alto cairá por causa da gravidade, que uma porção de água colocada no fogo vai ferver a uma temperatura próxima de 100° Celsius, que ímãs colocados próximos a objetos ferromagnéticos vão atraí-los e que, se colocarmos o dedo na tomada, tomaremos um choque. Sabemos que esses fenômenos são constantes e que, aparentemente, ocorrem sempre da mesma maneira. Essa percepção levou o ser humano a questionar quais são as "regras" que regem esses fenômenos e, em um segundo momento, organizá-las, para torná-las compreensíveis.

A busca da ordem do mundo foi um passo determinante para o desenvolvimento da espécie humana. Passar a conceber o Universo como um **cosmos**, e não como um **caos**, fez parte do processo histórico do ser humano. O conhecimento da humanidade é a materialização desse processo, e a **Ciência**, um de seus frutos importantes. É por meio dela que hoje podemos representar de forma tão precisa a ordem que impera no Universo.

• O que você entende por caos e por cosmos? Procure lembrar de alguma situação em que esses termos foram usados. Discuta com seus colegas e depois compare sua resposta com os significados apresentados em um dicionário ou em uma enciclopédia.

• Em uma de suas obras, o artista plástico holandês Maurits Escher ilustra a ordem e o caos com base em diversos elementos. Você saberia dizer como ele tentou fazer essa representação?



Litografia Ordem e caos, de Maurits Escher.

A Ciência, e em particular a Física, é uma das maneiras que nossa espécie encontrou para exprimir a ordem do Universo. Assim, quando dizemos "Cosmos" como sinônimo de Universo, não nos damos conta da grande quantidade de conhecimento produzida pelo ser humano durante a busca por explicações da natureza.

Ao desvendar lentamente a ordem do Universo, o ser humano pôde planejar sua vida e passou a se sentir mais seguro. O conhecimento produzido sobre o Universo permite explicar a relação entre o *habitat* do ser humano e o resto da natureza. Dessa forma, o conhecimento integra o ser humano ao Universo e o faz

Explorando o assunto

Professores, as propostas e outras orientações sobre este questionário do Explorando o assunto encontram-se no Caderno de orientações.

CAPÍTULO 3

A BUSCA DA ORDEM NOS MOVIMENTOS

Neste capítulo estudaremos o movimento, traremos as definições de posição, espaço percorrido, distância percorrida e velocidade. Essas grandezas são importantes para analisarmos e descrevermos os movimentos, principalmente os presentes em nossa vida cotidiana. A descrição do movimento sem a preocupação com suas causas recebe o nome de Cinemática.

1. Pensando em movimento

O movimento não está apenas em nós, ele também está ao nosso redor, nos animais, nos veículos e nos mais diversos objetos. Até mesmo no céu, que pode nos parecer estático à primeira vista, o movimento é constante e perpétuo.

Não muito sabemos que a Lua, o Sol e as estrelas se deslocam no céu. Porém, é difícil conseguirmos flagrar o movimento da Lua, pois ele é muito lento. Em contrapartida, vemos facilmente uma formiga se movimentando. Aliás, não é nada difícil presenciar esse fato. Será que a formiga é mais rápida que a Lua?



Fig. 1

DAE 2 CINEMÁTICA -

MAURÍCIO

Capítulo 3 A busca da ordem nos movimentos

Pense nisso! De fato, a formiga é mais rápida que a Lua? Quando devem ser a velocidade da Lua (em seu movimento em torno da Terra) e a velocidade de uma formiga?



Explorando o assunto

Investigar as causas e efeitos de fenômenos físicos é um dos objetivos da Física. Neste capítulo, vamos investigar o movimento da Lua em torno da Terra.

3

Para começar a pensar nessas questões, precisamos entender quais são as grandezas relevantes para a descrição do movimento. Todo movimento implica um deslocamento pelo espaço em um intervalo de tempo qualquer. Para compreendermos melhor essa relação, vamos imaginar um diálogo entre o Tempo e o Movimento, que teria ocorrido no século XVII e estaria registrado em um suposto Diário de reflexões, de autoria desconhecida.

1.1 Diálogo entre o Tempo e o Movimento

- Oi, amigo Movimento! Chegará o momento em que finalmente terás de te parar... Já pensaste que, se não passas, tu não existes?
- Como? Eu deturmo o fim de toda coisa! Sem o movimento não poderia, das coisas que até o dia atual quanta de grãos de areia nas arestretas, não teriam como se multiplicar...
- Nada disso, nobre amigo! Eu passo, e despeço de tudo... Apenas não teriam como me estimar.
- Mas, sem corpo em movimento, tudo estaria como antes...
- É verdade. Entretanto, quando nada muda, ficamos a esperar. E esperar nada mais é do que experimentar o tempo passar. Então, vocês apenas pelo que dizem de corpos em movimento? Estava aqui, depois ali e depois a pouco não estará lá. Se não passas, devo como conciliar um corpo não estar em dois lugares?
- E se o diálogo da Terra cessar, o céu parará, os ventos não soprarem mais? Se não fosse o movimento, o que Aristarco, Kepler, Galileu, Newton e muitos outros trariam estalar?
- Bem, parece chegada a hora de termos de concordar sempre igualmente importantes. Sinto pelo Espaço, que, pouco importante, fica sempre largado.
- Estás enganado. De há Movimento, Espaço e Tempo são importantes.
- Mas o que é o tal Espaço, serão o nada entre um instante e outro, quando, é lógico, um movimento se dá?
- Os pensadores dizem que o Movimento é o senhor do Espaço e do Tempo...
- Estou convencido! Só mesmo pela Velocidade e pela Aceleração é que devemos lamentar... Mas, se me permitires, nobre amigo, sobre isso nem quero comentar...



Professor, deve dar aos alunos que se trata de uma hipótese. Esse suposto diálogo foi inventado para criar um conteúdo de debates.

8. Algarismos significativos

A precisão da medida de uma certa grandeza depende principalmente do instrumento utilizado. Vejamos um exemplo: pretende-se medir o comprimento L de uma barra e, para isso, dispõe-se de duas régulas — uma centimetrada e outra milimetrada. Conforme veremos, a precisão da medida com a régua centimetrada é menor do que com a milimetrada.

Com a utilização da régua centimetrada (figura 2a) podemos dizer que o comprimento da barra está compreendido entre 9 cm e 10 cm, estando mais próximo de 10 cm. O algarismo que representa a primeira casa depois da vírgula não pode ser determinado com precisão, devendo ser estimado. Desse modo, estimamos a medida do comprimento L em 9,6 cm. Note que o algarismo 9 é correto e o algarismo 6 é duvidoso.

Em toda medida os algarismos corretos e o primeiro duvidoso são chamados **algarismos significativos**. Portanto, na medida 9,6 cm, temos dois algarismos significativos.

Com a régua milimetrada (figura 2b), como cada centímetro é dividido em 10 milímetros, podemos com maior precisão dizer que o comprimento da barra está compreendido entre 9,6 cm e 9,7 cm. Nesse caso, estimamos o comprimento L em 9,65 cm. Observe, agora, que os algarismos 9 e 6 são corretos e o algarismo 5 é duvidoso, pois ele foi estimado. Temos, então, três algarismos significativos.

Os algarismos significativos de uma medida são os algarismos corretos e o primeiro duvidoso.

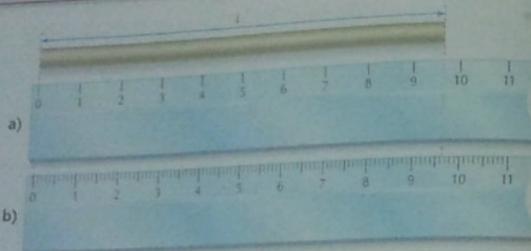


Figura 2.

Imagine agora que a medida $L = 9,65$ cm deva ser convertida para metro.

Desse modo, temos $L = 0,0965$ m. Note que a medida continua com três algarismos significativos, isto é, os zeros à esquerda do número 9 não são significativos — eles apenas servem para posicionar a vírgula. Portanto, os zeros à esquerda do primeiro algarismo significativo não são significativos.

Estando o zero à direita do primeiro algarismo significativo, ele também será significativo. Por exemplo, na medida $L = 9,05$ m temos três algarismos significativos: 9, 0 e 5. Convertendo-se essa medida para centímetro, temos $L = 9,05 \cdot 10^2$ cm. Note que a medida continua com três algarismos significativos, isto é, os algarismos correspondentes à potência de 10 não são significativos.

9. Operações com algarismos significativos

Ao efetuarmos uma multiplicação ou uma divisão, com algarismos significativos, devemos apresentar o resultado com um número de algarismos significativos igual ao do fator que possui o menor número de algarismos significativos. Assim, por exemplo, considere o produto: $2,31 \cdot 1,4$. Ao efetuarmos a operação, encontramos 3,234. Como o primeiro fator tem três algarismos significativos (2,31) e o segundo tem dois (1,4), apresentamos o resultado com dois algarismos significativos, ou seja: 3,2.

Note como se faz o arredondamento: sendo o primeiro algarismo abandonado menor do que 5 mantemos o valor do último algarismo significativo; ou, se o primeiro algarismo a ser abandonado for maior ou igual a 5, acrescentamos uma unidade ao último algarismo significativo. No exemplo, o primeiro algarismo abandonado é 3. Sendo menor do que 5, mantivemos o número 2, que é o último algarismo significativo.

• 6

OS FUNDAMENTOS DA FÍSICA

Considere, agora, o produto: $2,33 \cdot 1,4$. Efetuando a operação encontramos 3,262. O resultado deve apresentar 2 algarismos significativos. Assim, temos: 3,3. Nesse caso, o primeiro número a ser abandonado é 6. Sendo maior do que 5, acrescentamos uma unidade ao número 2, que é o último algarismo significativo.

Na **adição** e na **subtração**, o resultado deve conter um número de casas decimais igual ao da parcela com menos casas decimais. Assim, por exemplo, considere a adição: $3,32 + 3,1$. Ao efetuarmos a operação, encontramos como resultado 6,42. Como a primeira parcela tem duas casas decimais (3,32) e a segunda somente uma (3,1), apresentamos o resultado com apenas uma casa decimal. Assim, temos: 6,4.

Na adição $3,37 + 3,1 = 6,47$, apresentamos o resultado com uma casa decimal e, levando em conta a regra do arredondamento, obtemos: 6,5.

10. Notação científica

Utilizar a notação científica significa exprimir um número da seguinte forma: $N \cdot 10^n$, em que n é um expoente inteiro e N é tal que $1 < N < 10$. Para exprimir a medida de uma grandeza em notação científica, o número N deve ser formado por todos os algarismos significativos que nela comparecem.

Por exemplo, considere que as medidas indicadas a seguir estejam expressas corretamente em algarismos significativos: 360 s e 0,0035 m. Utilizando a notação científica e levando em conta o número de algarismos significativos, escrevemos, respectivamente, para essas medidas: $3,60 \cdot 10^2$ s e $3,5 \cdot 10^{-3}$ m.

11. Ordem de grandeza

Determinar a **ordem de grandeza** de uma medida consiste em fornecer, como resultado, a potência de 10 mais próxima do valor encontrado para a grandeza. Como estabelecer essa potência de 10 mais próxima?

Partindo da notação científica, $N \cdot 10^n$, procede-se assim: se o número N que multiplica a potência de 10 for maior ou igual a $\sqrt{10}$, utiliza-se, como **ordem** de grandeza, a potência de 10 de expoente um grau acima, isto é, 10^{n+1} ; se N for menor que $\sqrt{10}$, usa-se a mesma potência da notação científica, isto é, 10^n .

É importante observar que $10^{0,5} = \sqrt{10} = 3,16$ é o valor utilizado como limite de aproximação, isto é, corresponde ao ponto médio do intervalo 10^0 e 10^1 ($10^{\frac{0+1}{2}} = 10^{0,5}$).

Em resumo, temos:

$$\begin{aligned} N \geq \sqrt{10} &\Rightarrow \text{ordem de grandeza: } 10^{n+1} \\ N < \sqrt{10} &\Rightarrow \text{ordem de grandeza: } 10^n \end{aligned}$$

Para exemplificar, considere o raio da Terra igual a $6,37 \cdot 10^6$ m e a distância da Terra ao Sol igual a $1,49 \cdot 10^{11}$ m. Vamos calcular a ordem de grandeza desses valores.

Sendo $6,37 > \sqrt{10}$, a ordem de grandeza do raio da Terra é dada por: $10^{6+1} \text{ m} = 10^7 \text{ m}$.

Sendo $1,49 < \sqrt{10}$, temos para a distância da Terra ao Sol a ordem de grandeza: 10^{11} m .

Exercícios resolvidos

R.1 Um espetáculo musical tem início exatamente às 21 h 15 min 25 s e termina às 23 h 38 min 15 s. Determine a duração desse espetáculo.

Solução:

A duração do espetáculo corresponde ao intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$, em que $t_1 = 21 \text{ h } 15 \text{ min } 25 \text{ s}$ é o instante de início e $t_2 = 23 \text{ h } 38 \text{ min } 15 \text{ s}$ é o instante de término.

Os átomos, por sua vez, formam outros agregados: as moléculas. Existem muitos tipos de moléculas e seu número tende a crescer, pois diariamente são sintetizadas novas moléculas em laboratórios de Química.

O campo de estudo da Física abrange todo o Universo: desde a escala microscópica, relacionada às partículas que formam o átomo, até a escala macroscópica, que diz respeito aos planetas, às estrelas e às galáxias.

5. Física e Matemática

A Matemática ajuda muito a Física, sintetizando a compreensão dos fenômenos. Uma fórmula matemática que resume um fenômeno físico constitui uma ajuda para a compreensão desse fenômeno, do modo que nunca deve ser assustadora para você.

Por exemplo, apesar de ser necessária uma longa explicação para chegarmos ao fato de que a energia de um corpo em movimento (energia cinética) depende de sua massa e de sua velocidade, recorrendo à Matemática, obtemos a fórmula:

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

em que, E_c é a energia cinética; m , a massa; e v , a velocidade. Essa fórmula nos mostra que a energia cinética varia em função da massa do corpo e de sua velocidade.



Sempre que um corpo está em movimento dizemos que ele possui energia cinética.

Assim, aos poucos, você irá aprender a ler e entender uma fórmula e saberá utilizá-la a seu favor.

6. Método em Física

Os físicos estudam os fenômenos que ocorrem no Universo. Entretanto, os percursos trilhados pelos cientistas, para a formulação de teorias e leis que expliquem esses fenômenos são muito variados. Muitas descobertas no campo da Física surgiram da imaginação de pesquisadores, da experimentação direta e, em certas ocasiões, ocorreram de maneira não intencional, sem seguir um caminho preestabelecido.

Um dos processos de aquisição do conhecimento é o denominado método experimental ou científico, que apresenta uma seqüência rígida de etapas. Tal método é discutível, pois estabelece uma receita definida de passos a ser seguida, o que nem sempre é possível. Em vista de seu caráter histórico, vamos apresentar, de modo simplificado, o caminho sugerido pelo método científico. Em primeiro lugar, o fenômeno é observado repetidas vezes, destacando-se fatos notáveis. Por meio de instrumentos de medição — desde o relógio e a fita métrica, até instrumentos mais sofisticados — medem-se as principais grandezas envolvidas no fenômeno. Com essas medidas, procura-se alguma relação entre tais grandezas, tentando descobrir alguma lei ou princípio que o descreva. Muitas vezes essas leis ou princípios são expressos por fórmulas — como a da energia cinética, apresentada no item anterior. Frequentemente, o fenômeno é repetido em laboratório em condições consideradas ideais em relação às condições reais de suas ocorrências. Assim, por exemplo, podemos estudar idealmente a lei da queda de um corpo, deixando-o cair em laboratório, num aparelho vertical onde se faz o vácuo (tubo de Newton), para eliminar a interferência do ar.

Na verdade, no processo de descobertas científicas, o cientista não costuma seguir, necessariamente, regras previamente estabelecidas, embora em seu trabalho desenvolva procedimentos científicos. Um bom exemplo de uma descoberta científica que não seguiu etapas determinadas *a priori*, como as descritas acima, foi a previsão de Albert Einstein de que a luz sofreira desvios em sua trajetória na proximidade de grandes massas, elaborada a partir do desenvolvimento matemático da Teoria da Relatividade Geral, publicada em 1915. A veracidade de tal previsão só foi comprovada mediante a posterior observação, em Sobral, no Ceará, do eclipse do Sol, em 29 de maio de 1919: a luz, proveniente de estrelas, ao passar próxima ao Sol, sofreu um desvio em sua trajetória.

Leia mais

O conhecimento histórico de como a Física se desenvolveu torna mais fascinante o seu estudo. Na página 12, em História da Física, leia sobre as primeiras descobertas e os pensadores que as desenvolveram.

7. Medidas de comprimento e tempo

Para melhor conhecer as grandezas envolvidas num fenômeno, a Física recorre a medidas. Com uma fita métrica podemos medir comprimento. O metro (símbolo: m) é a unidade fundamental de comprimento do Sistema Internacional de Unidades (SI)*. O metro admite múltiplos, como o quilômetro (km), e submúltiplos, como o centímetro (cm) e o milímetro (mm).

Outra unidade importante em nosso estudo é a unidade fundamental de tempo do Sistema Internacional de Unidades (SI): o segundo** (símbolo: s). O segundo admite múltiplos, como o minuto (min) e a hora (h), e submúltiplos, como o milissegundo ($1 ms = 10^{-3} s$), o microssegundo ($1 \mu s = 10^{-6} s$) e o nanossegundo ($1 ns = 10^{-9} s$).

$$1 km = 1.000 m = 10^3 m$$

$$1 cm = \frac{1}{100} m = \frac{1}{10^2} m = 10^{-2} m$$

$$1 mm = \frac{1}{1.000} m = \frac{1}{10^3} m = 10^{-3} m$$

$$1 min = 60 s$$

$$1 h = 60 min = 60 \cdot 60 s = 3.600 s$$

$$1 dia = 24 h = 24 \cdot 3.600 s = 86.400 s$$

O metro

O metro foi inicialmente definido considerando-se a quarta parte de um meridiano terrestre dividida em 10 milhões de partes iguais. Cada uma dessas pequenas partes foi chamada de **1 metro**.

Como os meridianos da Terra não são todos iguais, uma nova definição foi apresentada: 1 metro é a distância entre dois traços marcados sobre uma barra de platina (90%) e irídio (10%), mantida no Instituto Internacional de Pesos e Medidas, em Sévres, nas proximidades de Paris: é o **metro padrão**. Essa definição perdurou até 1983, quando foi aprovada a definição atual de metro que é apresentada no quadro geral de unidades, no final deste livro.



▲ Definição inicial de metro



▲ O metro padrão

- * É o sistema de unidades oficialmente adotado no Brasil, estabelecido em 1960, durante a 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, com base no Sistema Métrico Decimal.
- ** A definição atual de segundo é apresentada no quadro geral de unidades, no final deste livro.

7. Medidas de comprimento e tempo

Para melhor conhecer as grandezas envolvidas num fenômeno, a Física recorre a **medidas**. Com uma fita métrica podemos medir comprimento. O **metro** (símbolo: **m**) é a unidade fundamental de comprimento do Sistema Internacional de Unidades (SI)*. O metro admite múltiplos, como o **quilômetro (km)**, e submúltiplos, como o **centímetro (cm)** e o **milímetro (mm)**.

Outra unidade importante em nosso estudo é a unidade fundamental de tempo do Sistema Internacional de Unidades (SI): o **segundo**** (símbolo: **s**). O segundo admite múltiplos, como o **minuto (min)** e a **hora (h)**, e submúltiplos, como o **milissegundo** ($1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$), o **microsegundo** ($1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$) e o **nanossegundo** ($1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$).

$$1 \text{ km} = 1.000 \text{ m} = 10^3 \text{ m}$$

$$1 \text{ cm} = \frac{1}{100} \text{ m} = \frac{1}{10^2} \text{ m} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$1 \text{ mm} = \frac{1}{1.000} \text{ m} = \frac{1}{10^3} \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 60 \cdot 60 \text{ s} = 3.600 \text{ s}$$

$$1 \text{ dia} = 24 \text{ h} = 24 \cdot 3.600 \text{ s} = 86.400 \text{ s}$$

O metro

O metro foi inicialmente definido considerando-se a quarta parte de um meridiano terrestre dividida em 10 milhões de partes iguais. Cada uma dessas pequenas partes foi chamada de **1 metro**.

Como os meridianos da Terra não são todos iguais, uma nova definição foi apresentada: 1 metro é a distância entre dois traços marcados sobre uma barra de platina (90%) e irídio (10%), mantida no Instituto Internacional de Pesos e Medidas, em Sévres, nas proximidades de Paris: é o **metro padrão**. Essa definição perdurou até 1983, quando foi aprovada a definição atual de metro que é apresentada no quadro geral de unidades, no final deste livro.



▲ Definição inicial de metro



▲ O metro padrão

- ★ É o sistema de unidades oficialmente adotado no Brasil, estabelecido em 1960, durante a 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, com base no Sistema Métrico Decimal.
- ★★ A definição atual de segundo é apresentada no quadro geral de unidades, no final deste livro.

Linhas do tempo



Pré-História
... até 3500 a.C.

Idade Antiga – 3500 a.C. a 476 d.C.

Idade Antiga
3500 a.C. a 476 d.C.

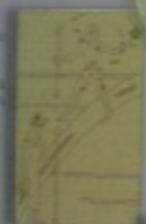
Idade Média
476 a 1453

Idade Moderna
1453 a 1789
Idade Contemporânea
1789 a nossos dias

Egito antigo



- Os egípcios foram os primeiros a desenvolver a agricultura em terra fértil, graças ao rio Nilo, que inundava a região duas vezes por ano.
- O Egito antigo desenvolveu a escrita hieroglífica, a primeira escrita desenvolvida pelo homem.



• Tago, terra, ar e água são considerados os quatro elementos fundamentais do universo.



• Alcorçador de Platão: causa de ressonância para estudo das vibrações sonoras.



• Escala de altura para medir a altura de edifícios através da relação aritmética.



Ptolomeu (90 a.C. - 168 a.C.)



Eratosthenes (276 a.C. - 194 a.C.)



Demócrito (460 a.C. - 370 a.C.)



Pitágoras (427 a.C. - 371 a.C.)



Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.)



Euclides (c. 300 a.C.)

Grécia antiga



Roma antiga



China antiga



• Clepsidra, o relógio de água.



• Gnomon: relógio de sol introduzido na Grécia antiga por Anaximandro.



• Clepsidra, o relógio de água.



• Ampulheta, o relógio de areia.



• O primeiro relógio de movimento contínuo foi criado em 240 a.C. na China.



• Zetou é a invenção da bússola por chineses.



Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.)



Arquimedes de Siracusa (287 a.C. - 212 a.C.)



Heron de Alexandria (c. 10 a.C. - 100 a.C.)



Pappus de Alexandria (c. 300 a.C.)



Conclusão

Qual livro usaríamos?

Depende...