

CEJA >>

CENTRO DE EDUCAÇÃO
de JOVENS e ADULTOS

CIÊNCIAS DA NATUREZA

e suas TECNOLOGIAS >>

Física

Fascículo 1
Unidades 1, 2 e 3

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Governador

Wilson Witzel

Vice-Governador

Claudio Castro

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Secretário de Estado

Leonardo Rodrigues

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO

Secretário de Estado

Pedro Fernandes

FUNDAÇÃO CECIERJ

Presidente

Gilson Rodrigues

PRODUÇÃO DO MATERIAL CEJA (CECIERJ)

Coordenação Geral de
Design Instrucional

Cristine Costa Barreto

Elaboração

Claudia Augusta de Moraes Russo

Ricardo Campos da Paz

Revisão de Língua Portuguesa

Ana Cristina Andrade dos Santos

Coordenação de
Design Instrucional

Flávia Busnardo

Paulo Miranda

Design Instrucional

Aline Beatriz Alves

Coordenação de Produção

Fábio Rapello Alencar

Capa

André Guimarães de Souza

Projeto Gráfico

Andreia Villar

Imagen da Capa e da Abertura das Unidades

[http://www.sxc.hu/browse.](http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1381517)

phtml?f=download&id=1381517

Diagramação

Equipe Cederj

Ilustração

Bianca Giacomelli

Clara Gomes

Fernando Romeiro

Jefferson Caçador

Sami Souza

Produção Gráfica

Verônica Paranhos

Sumário

| | | |
|------------------|---|-----------|
| Unidade 1 | O que é ciência, notação científica e unidades | 5 |
| <hr/> | | |
| Unidade 2 | A vida em movimento | 35 |
| <hr/> | | |
| Unidade 3 | Eu tenho a força! | 77 |
| <hr/> | | |

Prezado(a) Aluno(a),

Seja bem-vindo a uma nova etapa da sua formação. Estamos aqui para auxiliá-lo numa jornada rumo ao aprendizado e conhecimento.

Você está recebendo o material didático impresso para acompanhamento de seus estudos, contendo as informações necessárias para seu aprendizado e avaliação, exercício de desenvolvimento e fixação dos conteúdos.

Além dele, disponibilizamos também, na sala de disciplina do CEJA Virtual, outros materiais que podem auxiliar na sua aprendizagem.

O CEJA Virtual é o Ambiente virtual de aprendizagem (AVA) do CEJA. É um espaço disponibilizado em um site da internet onde é possível encontrar diversos tipos de materiais como vídeos, animações, textos, listas de exercício, exercícios interativos, simuladores, etc. Além disso, também existem algumas ferramentas de comunicação como chats, fóruns.

Você também pode postar as suas dúvidas nos fóruns de dúvida. Lembre-se que o fórum não é uma ferramenta síncrona, ou seja, seu professor pode não estar online no momento em que você postar seu questionamento, mas assim que possível irá retornar com uma resposta para você.

Para acessar o CEJA Virtual da sua unidade, basta digitar no seu navegador de internet o seguinte endereço:
<http://cejarj.cecierj.edu.br/ava>

Utilize o seu número de matrícula da carteirinha do sistema de controle acadêmico para entrar no ambiente. Basta digitá-lo nos campos “nome de usuário” e “senha”.

Feito isso, clique no botão “Acesso”. Então, escolha a sala da disciplina que você está estudando. Atenção! Para algumas disciplinas, você precisará verificar o número do fascículo que tem em mãos e acessar a sala correspondente a ele.

Bons estudos!

O que é ciência,notação científica e unidades

Fascículo 1
Unidade 1

O que é ciência, notação científica e unidades

Para início de conversa...

Muito provavelmente você já se perguntou, à noite olhando para o céu, quantas estrelas existem. Você já imaginou a distância que elas estão? Sabemos que existem o sol, os planetas, as estrelas, as galáxias, todos bem distantes de nós. A contemplação do céu desperta muitas questões. Ficamos imaginando qual a fronteira do “infinitamente grande”. Até onde podemos imaginar? Até onde o mundo do “muito longe” vai?

O mais interessante é que tem outra direção que nos leva a outro mundo igualmente fascinante: o do “muito pequeno”. Imagine que você pudesse mergulhar numa gota d’água sobre uma folha e fosse diminuindo cada vez mais de tamanho... Você veria um mundo igualmente interessante, repleto de bactérias, vírus, moléculas, átomos, cada um deles menor do que o outro e numa sucessão que parece não ter fim.

Embora os nossos olhos sejam ferramentas excelentes, não podemos obter detalhes dos dois mundos que discutimos apenas com os olhos. Precisamos de aparelhos que aumentem o poder da nossa visão. Os cientistas conseguem ver o “muito longe” com os telescópios e o “muito pequeno” com os microscópios. Veja as figuras 1 e 2 como exemplos desses dois mundos.



Figura 1: Veja quantos detalhes podemos perceber, por exemplo, na imagem de uma formiga obtida com um microscópio eletrônico de varredura (esquerda) . A direita você pode ver a foto da galáxia Andrômeda obtida pelo telescopio espacial Hubble (retirada de <http://hubblesite.org>). Ela é a galáxia espiral mais próxima da nossa e ainda assim a luz leva dois milhões e meio de anos para chegar à Terra. Ela contém cerca de um trilhão de estrelas... Quanto é um milhão e um trilhão? Veremos em breve!

Além desses dois extremos, temos tudo o que nos rodeia e o que nos é mais familiar: carros, computadores, luz elétrica, geladeira... Todo esse aparato tecnológico da nossa civilização funciona baseado nas mesmas leis que fazem a Terra girar em torno do Sol e que fazem as estrelas brilharem.

A física é a mais básica das ciências. Ela lida com o comportamento e a estrutura da matéria. Aqui, matéria quer dizer tudo que nos cerca, incluindo luz, ar e tudo o que está contido no Universo.

Nesta unidade discutiremos brevemente o que é ciência e como é possível conhecer as leis que regem a natureza. Aprenderemos a notação científica e apresentaremos o sistema internacional de unidades.

Objetivos de aprendizagem

- Identificar ciência e o que se denomina o método científico;
- Empregar a notação científica e estimar ordens de grandeza;
- Utilizar as unidades do sistema internacional.

Seção 1

O que é ciência

Podemos afirmar que o principal objetivo de todas as ciências, incluindo a física, consiste na procura de ordem, de padrões, de relações no interior de um dado sistema em estudo. Esse sistema pode ser o sistema solar, no qual existem regularidades nos movimentos dos planetas, pode ser um lago, no qual se estuda as interações entre as várias espécies de peixes e outros animais, pode ser o desempenho da economia de um dado país etc.

Ciência é uma forma sistemática, organizada de obtenção de conhecimento sobre o Universo. Esse conhecimento é condensado e refinado na forma de leis e teorias que podem ser testadas e comparadas com os experimentos. Os resultados são refeitos, reexaminados de forma independente por outros cientistas e as leis e teorias são aperfeiçoadas. Observe que não se trata de simples coleta de dados (informações). É necessário imaginação e criatividade para selecionar o que realmente é importante.

Os cientistas se vêem frequentemente forçados a abandonar ou modificar suas convicções sobre algum aspecto da realidade, embora nem sempre isso seja fácil. Tomemos um exemplo simples, o movimento de um bloco de madeira em cima de uma mesa, ao qual se dá um pequeno empurrão de leve de modo que ele se move sobre a mesa. Ele vai escorregar um pouco sobre a mesa e parar.

Aristóteles, um filósofo grego do século 3 antes de Cristo, concluiu a partir desse simples fato que o estado natural de um corpo (o bloco neste caso) é o estado de repouso. Galileu, um físico italiano do século 16 depois de Cristo, imaginou (e realmente fez vários experimentos) o que aconteceria se a superfície da mesa fosse muito lisa, como se tivesse coberta por um óleo muito escorregadio. O bloco iria escorregar muito mais na mesa. Isso, argumentava Galileu, deve-se à diminuição do atrito entre o bloco e a mesa quando o óleo é espalhado na superfície. Se a mesa for realmente muito lisa, de modo que não haja atrito, o bloco deslizaria para sempre (supondo uma mesa sem fim). Galileu concluiu que o movimento é um estado tão natural quanto o repouso.

Observe que ele não conseguiu eliminar totalmente o atrito nos experimentos, mas foi uma conclusão lógica. O atrito está presente em qualquer sistema mecânico com partes móveis, mas muitas vezes podemos ignorá-lo em primeira aproximação. Com essa nova abordagem para o movimento, Galileu iniciou a moderna concepção de movimento que nós estudamos até hoje.

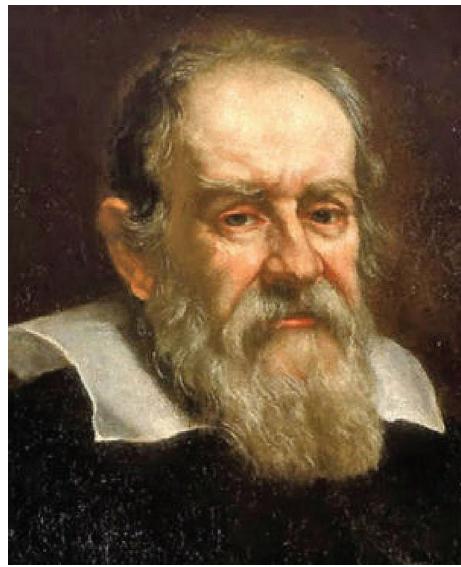


Figura 2: Galileu Galilei.

A ciência faz com que percebamos o mundo de forma mais interessante, mais rica e, de certa forma, mais próxima da realidade. Por exemplo, os antigos gregos acreditavam que o Sol era uma carroça puxada por um deus chamado Hélio. O primeiro a oferecer uma explicação mais próxima do que sabemos do Sol hoje foi Anaxágoras, um filósofo do quinto século antes de Cristo. Ele supôs que o Sol fosse uma bola de metal incandescente e por isso foi processado por ofender as crenças religiosas de sua época. Hoje ninguém acharia razoável pensar no Sol como uma carroça e a nossa concepção do Sol é bem mais próxima da de Anaxágoras.



Figura 3: Anaxágoras foi processado por pensar de forma diferente das crenças de sua época, quando se achava que o sol podia ser representado por um deus. Com o avanço da ciência, algumas crenças foram caindo para dar lugar a explicações mais próximas da realidade.

Na realidade, existe muito debate hoje sobre o que é ciência. Sem dúvida há muitas formas de se conhecer a natureza. Todos os povos desenvolveram algum tipo de conhecimento técnico que os possibilitou construir habitações, caçar, construir calendários etc. Mas o que habitualmente é chamado ciência é um tipo de conhecimento mais específico. Uma fração considerável dos cientistas e professores diria que a ciência (no sentido usual do termo) se apoia fortemente nas seguintes ideias:

1. A ciência é uma tentativa de descrever o mundo real, ou seja, o mundo que existe independentemente do pensamento humano. Dentre as várias descrições possíveis desse mundo existe uma que é a melhor dentre elas.
2. Uma teoria científica se aplica universalmente, em todos os tempos e lugares. Assim, a mesma teoria que descreve o movimento do bloco numa mesa na Terra também descreveria o movimento de um bloco numa mesa em Marte.
3. A ciência em si mesma é neutra, do ponto de vista moral. Um exemplo seria a dinamite: ela pode ser utilizada por um terrorista e causar muito mal à humanidade, mas também pode ser utilizada para construir um túnel ou na prospecção de petróleo que vai melhorar uma determinada comunidade ou país. Nesse sentido, devemos distinguir entre a ciência, ela mesma, e a sua utilização pelas pessoas e pelos governos.
4. É possível que existam várias teorias distintas sobre o mesmo sistema ou objeto em estudo. Mas a tendência é que essas diversas teorias caminhem juntas para uma única teoria.
5. O conhecimento científico é acumulativo. Há um crescimento constante na quantidade e na qualidade do nosso conhecimento. Essa acumulação leva ao progresso.

Teoria

Para as ciências, teoria seria uma síntese (conclusão) sobre um determinado assunto ou conjunto de fatos observacionais relacionados, baseado em hipóteses que sejam passíveis de experimentação ou que gerem previsões que possam ser submetidas a experimento.

O que chamamos ciência se divide em vários ramos. Vamos citar alguns deles:

Física: Consiste no estudo das leis que descrevem os aspectos mais fundamentais da Natureza, como espaço, tempo, matéria, luz, calor etc. Tudo que existe no universo é descrito pelas leis da física, incluindo planetas, carros, átomos, e outros sistemas físicos. Portanto, a física é o ponto de partida para muitas pesquisas sobre a natureza. Os conceitos que a Física utiliza - espaço, tempo, matéria, energia etc. -, fornecem os fundamentos para vários outros ramos da ciência.

As cinco ideias que apoiam o pensamento científico listadas acima se aplicam especialmente bem à Física.

Astronomia: É o estudo das estrelas, planetas e outros corpos celestes. Sempre foi (e hoje cada vez mais) articulada com a física.

Química: Toda a matéria no universo é composta de átomos. O estudo das suas combinações é o objeto da Química. Esta ciência estuda também as reações químicas entre as substâncias, fenômenos que geram impactos em nossas vidas e atividades.

Biologia: Estudo dos seres vivos. Os biólogos pesquisam a vida em todos os sistemas, desde os vírus e bactérias até os mamíferos, entre os quais estamos.

Existem muitos outros ramos, tais como Geologia, Geografia, Economia etc.



Figura 4: Cada ramo da ciéncia possui um objeto de estudo próprio. A Química estuda a matéria, a Física estuda as leis que regem a natureza e a Biologia estuda os seres vivos.

O céu de Ícaro e o céu de Galileu

A banda brasileira Paralamas do Sucesso, em sua bela canção 'Tendo a Lua', argumenta que o céu de Ícaro tem mais poesia que o de Galileu. O céu de Ícaro é o céu dos mitos e do trágico. Ícaro é filho de Dédalo que, entre outras coisas, fez asas de penas e cera para voar. Ícaro foi testá-las. Desdenhou da recomendação de seu pai e, em sua vontade de explorar o desconhecido, se aproximou demais do sol. O calor derreteu a cera, e ele se espatifou no mar, morrendo. O céu do físico e astrônomo italiano Galileu Galilei (1564-1642) é aquele no qual o cientista, com telescópios e satélites, observa o espetáculo das leis da física que regem o destino igualmente trágico do universo, cujo ponto – junto com o nascimento do espaço e do tempo – se dá em uma explosão. O céu de Galileu é jovem: começou a se delinear cerca de 500 anos atrás. Já em 1572, o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), ao observar, na constelação de Cassiopeia, uma supernova (explosão de uma estrela massiva e moribunda), perturbava, de forma irreversível, a visão clássica do céu como um lugar imutável. Galileu, apontando sua luneta para Júpiter e descobrindo o movimento elíptico de seus muitos satélites, abalou os fundamentos do cosmo como era conhecido na Idade Média. Aquele pequeno sistema, movendo-se com as leis descobertas pelo astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630), tornava o céu mais complexo e interessante do que se conhecia à época: nem todas as órbitas se davam em torno da Terra.

Saiba Mais



Adaptado da coluna Exatamente, Ciência Hoje, No. 276, Novembro de 2010.

Seção 2

Ciência e Tecnologia

Já mencionamos que os cientistas utilizam instrumentos (telescópios, microscópios etc.) para explorar a natureza. Chamamos tecnologia à atividade de aplicação das leis científicas para criar e aperfeiçoar instrumentos e objetos. Por exemplo, um liquidificador é um eletrodoméstico que utiliza as leis básicas da física (da eletricidade e do magnetismo, como veremos mais tarde) para simplificar as tarefas na cozinha.

Dê uma olhada ao seu redor. É possível que haja uma televisão por perto, o local esteja iluminado por uma lâmpada elétrica, as paredes estejam pintadas, você tenha visto umas fotos no computador e que alguém da sua família tenha tomado vacina recentemente.

Você já pensou quanta tecnologia tem por trás de tudo isso? É possível que a energia elétrica que você utiliza agora tenha sido produzida na represa de Sete Quedas, no Paraná, e que tenha sido conduzida por centenas de quilômetros até sua casa. A tinta que cobre as paredes foi desenvolvida em laboratórios químicos para ter propriedades adequadas ao uso doméstico. A televisão recebe sinais que viajam pelo ar (as chamadas ondas eletromagnéticas) que são transformados em imagens na tela por intermédio de circuitos eletrônicos, permitindo que você veja um filme em casa.

Toda essa tecnologia é ainda muito jovem vista no contexto da história da humanidade. Tanto os princípios científicos quanto as tecnologias que os utilizam foram desenvolvidos nos últimos 150 anos. Poderíamos acrescentar a essa lista o automóvel, a penicilina, o avião, a internet, vacina contra o pólio etc.

Pólio

Também conhecida como poliomelite, é uma doença ocasionada por vírus que ataca principalmente crianças pequenas e causa paralisia e deformações no corpo

Tudo isso é o resultado da aplicação dos princípios científicos básicos aos quais nos referimos anteriormente.

A relação entre ciência e tecnologia é de ida e volta. Os instrumentos e aparelhos são construídos por meio da utilização das teorias científicas. Por outro lado, melhores aparelhos ajudam a fazer melhores experimentos e podem ter um grande impacto no aperfeiçoamento dessas mesmas teorias.

A ciência no dia a dia

Enumere três consequências positivas para a sua vida trazidas pela ciência. Enumere três consequências negativas para a sua vida de atividades relacionadas com o progresso tecnológico.

Seção 3

O Método Científico

“

A ciência não é nada além de senso comum treinado e organizado.

Thomas Huxley 1825-1895

”

Um dos grandes progressos da humanidade deu-se por meio do desenvolvimento de técnicas que pudessem ampliar os sentidos com os quais fazemos observações. A invenção do microscópico e da balança (entre outros aparelhos) possibilitaram melhores medidas e resultados experimentais de melhor qualidade.

Surge então um conjunto de procedimentos que teriam como objetivo padronizar estas medidas e interpretá-las corretamente de forma a se construir uma teoria científica e até mesmo reformulá-la. Nasce então o Método Científico.

Muitos autores afirmam que não existe um método exclusivo e único para se fazer ciência e que, muitas vezes, o verdadeiro trabalho científico é muito menos formal, não sendo feito sempre de modo lógico e organizado. Estes mesmos autores asseguram que uma investigação científica começa com a necessidade de resolver problemas, mas todos são unâimes em afirmar que é sempre possível, após uma descoberta, construir um caminho lógico que a confirme ou que a negue. Ou seja, se uma teoria não nasce inicialmente pela simples observação de um determinado fato, com certeza sua veracidade será testada através de diversos experimentos científicos.



Multimídia

Quer conhecer um pouco mais sobre o método científico?

Então, acesse o link: <http://www.youtube.com/watch?v=zneQG1jzJ-I>

Nele você encontrará um excelente vídeo descrevendo um exemplo da aplicação do método científico, mostrando suas etapas de modo divertido e claro.



O que você acha do pensamento que abre esta seção?

Será que você, assim como o autor da frase, acredita que as descobertas científicas se deram apenas através de mentes organizadas e treinadas e que o caminho destas descobertas é uma reta uniforme e constante?

Bom se você não concorda com Thomas Huxley não se chateie, uma vez que muitos outros pensadores pensam como você. Eles acreditam que não é necessário uma lógica de outro mundo, incrivelmente precisa e altamente sofisticada para que uma descoberta seja feita.

Por exemplo, suponha que há alguns meses, você tenha comprado uma tartaruga chamada Ligeirinha e, com o tempo, você percebe que Ligeirinha tem uma estranha percepção das condições climáticas. Quando a chuva se aproxima, você percebe que Ligeirinha tenta entrar em casa, o que exige uma grande antecedência, uma vez que Ligeirinha, apesar do nome, demora um grande tempo para vencer a distância entre o quintal e a porta da sua casa. Com isso, você deduz que sempre que Ligeirinha tenta entrar em casa a chuva é iminente. Um dia você percebe Ligeirinha tentando entrar em casa e, imediatamente, se prepara para fechar todas as janelas. No entanto, você percebe que o céu está bem claro e que existe um gato enorme de olho em Ligeirinha. Daí em diante, você imagina que a ação pré-chuva de sua tartaruga é um sistema de alarme que, apenas geralmente, prevê uma chuva, mas que ocasionalmente pode representar a presença de um predador.

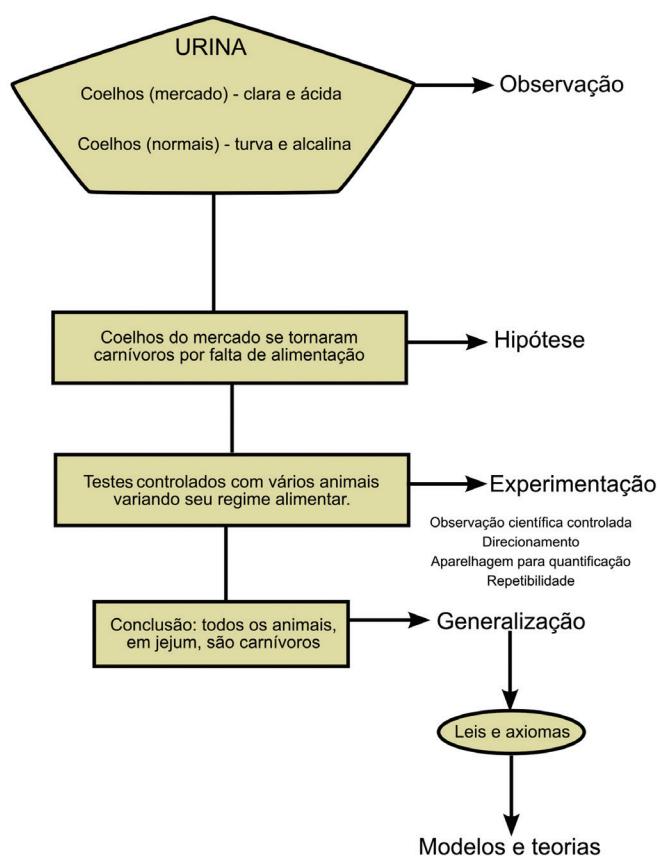
A sua estratégia para decifrar o mundo de Ligeirinha é semelhante à estratégia empregada pelos cientistas. No início, você tomou a atitude de observação, sentindo (vendo, ouvindo, tateando ou provando), de alguma forma, um padrão nos acontecimentos. Assim que percebeu uma modificação no comportamento de sua tartaruga, você também modificou seu entendimento dos acontecimentos.



Figura 5: A observação das atitudes da tartaruga Ligeirinha é um exemplo de aplicação do método científico, no qual se observam fatos para depois testá-los.

As etapas do Método Científico

O médico e fisiólogo francês Claude Bernard percebeu que coelhos comprados em mercado apresentavam a urina clara e ácida, característica de animais carnívoros. Como ele sabia que coelhos normais apresentavam urina turva e básica por serem herbívoros, supôs que os coelhos do mercado não se alimentavam há muito tempo, e por isso começaram a se alimentar de sua própria carne. Fez então uma testagem controlada com vários animais, variando seu regime alimentar, dando a alguns alimentação herbívora, e a outros, carnívora. No final de tudo, concluiu que “em jejum todos os animais se alimentam de carne”. Vamos identificar então cada etapa do método aplicado neste exemplo:



Como você pôde observar, o Método Científico se apresenta como uma série de etapas:

1. Começa na observação de um fato;
2. Depois vem a criação de uma hipótese;
3. Passa para a experimentação (quando testamos essa hipótese), e
4. Termina com a generalização e criação de um modelo ou teoria para explicar o fato observado.

Balões que flutuam... ou não?

Atividade 2

No nosso cotidiano acontecem, geralmente, coisas que servem para ilustrar determinados estudos teóricos. A contextualização é um meio muito utilizado para enriquecermos nosso conhecimento. As figuras a seguir mostram elementos que exemplificam essa idéia. Observe-as:



De acordo com as figuras e o seu conhecimento em relação ao "método científico", responda as seguintes questões:

Qual(is) quadrinho(s) representa(m) os passos correspondentes à experimentação (parte prática), evidenciada no desenvolvimento de uma pesquisa científica?

O quadrinho I representa qual etapa de um método científico?

Lembre-se:
faça em uma
folha à parte

Perdido na floresta

Certa vez um menino se perdeu na floresta. Como fazia frio, decidiu procurar material para atear fogo. À medida que ia trazendo objetos para sua fogueira, observava que alguns queimavam e outros não. Começou, então, a fazer a lista abaixo, relacionando os que queimavam e os que não queimavam. Depois de algumas viagens, sua classificação continha as seguintes informações:



| QUEIMAM | NÃO QUEIMAM |
|--------------------|----------------|
| galhos de árvore | rochas |
| cabos de vassoura | cacos de vidro |
| mastro de bandeira | pedrinhas |
| lápis | tijolos |

A partir dessa lista, ele tentou encontrar uma regularidade que o guiasse na procura de novos materiais combustíveis, chegando à seguinte conclusão:

"Todos os objetos cilíndricos queimam"

A frase descrita acima está associada diretamente a qual das etapas do método científico? Proponha um experimento que possa contrapor a frase elaborada pelo menino.

Seção 4

Potências de dez e Notação Científica

Como mencionamos na seção “Para início de conversa...”, muitas vezes temos que trabalhar com números muito grandes ou muito pequenos. Por exemplo, a massa do Sol, em quilogramas, é de cerca de 2 seguido por 30 zeros! Logo, escrever 2.000.000.000.000.000.000.000.000.000 não é uma forma prática de se trabalhar. No trabalho científico, muitas vezes, se utiliza a potência de dez ou notação científica, para facilitar essa escrita.

Por exemplo:

100 é igual a $= 10 \times 10$ ou $= 10^2$, ou seja, 10 elevado ao número de zeros que tem depois do 1, que são dois, neste caso.

Assim, temos dez elevado ao expoente dois (ou dez ao quadrado), que é dez vezes dez, como já sabemos.

Outro exemplo: $1.000 = 10 \times 10 \times 10 = 10^3$, ou seja, 10 elevado a terceira potência, que de novo é o número de zeros (3) depois do 1.

Veja esses numerais a seguir:

$1 = 10^0$ (aqui não tem nenhum zero depois do 1);

$10 = 10^1$ (aqui tem um zero depois do 1, nada muda!);

$100.000 = 10^5$ e assim vai.

Também, como mencionado anteriormente, às vezes usamos os seguintes termos:

milhar: $1.000 = 10^3$;

milhão: $1.000.000 = 10^6$;

bilhão: $1.000.000.000 = 10^9$.

Para números pequenos, o procedimento é semelhante. Assim, um décimo, ou seja, uma parte em dez, é dada por:

$$\frac{1}{10} = 0,1 = 10^{-1},$$

de modo que aqui temos 10 elevado ao número de zeros na frente da vírgula, que é um somente. Dizemos que temos 10 elevado ao expoente -1. Logo,

$$\frac{1}{100} = 0,01 = 10^{-2} \text{ e}$$

$$\frac{1}{100000} = 0,00001 = 10^{-5}.$$

Vimos acima que a divisão de 1 por 10 equivale a colocar uma vírgula na frente do 1 e o resultado é 0,1. Mas se quisermos dividir 27 por 10, por exemplo, o resultado é

$$\frac{27}{10} = 2,7.$$

Lembre que se um número for multiplicado e dividido ao mesmo tempo por outro, ele continua igual. Assim, sempre podemos fazer:

$$27 = \frac{27}{10} \times 10 = 2,7 \times 10,$$

e agora 27 está escrito em termos de potências de 10.

Da mesma forma $27.000 = 27 \times 10^3 = 2,7 \times 10^4$.

Escrevendo com notação científica

Notação Científica é uma notação utilizada para escrever números com muitos algarismos. Escrevemos esses números na forma:

$$N \times 10^p \begin{cases} N \text{ é um número entre } 1 \leq N < 10 \\ p \text{ é um número inteiro} \end{cases}$$

Escreva em potências de dez os seguintes números:

300 =

0.03 =

0.0001/0.001 =

Atividade
4

Anote suas
respostas em
seu caderno

Seção 5 Unidades

Você já observou que nos mercados os ovos são vendidos em dúzias, a carne em quilos, um fio em metros e o leite em litros? É claro que todos têm que concordar com o que significa “um quilo”, senão haveria muita confusão no comércio. Um quilo ou um metro são exemplos de unidades. Na Física, utilizamos o Sistema Internacional de Unidades. Nele, o comprimento é medido em metros (m), o tempo em segundos (s) e a massa em quilogramas (kg).



Figura 6: A padronização das medidas é essencial para que todos entendam o que está sendo dito. Por isso, no Sistema Internacional de Unidades, o comprimento é dado em metros, o tempo em segundos e a massa em quilogramas.

O seu relógio mede o tempo em horas. Cada hora tem 60 minutos e cada minuto tem 60 segundos. Nas olimpíadas e nas corridas, muitas vezes os tempos são medidos em décimos ou em centésimos de segundo. Um décimo é uma parte em dez do segundo e um centésimo é uma parte em cem do segundo.

Você já conhece alguns múltiplos do metro. Por exemplo, um quilômetro são mil metros. Um metro tem 100 centímetros. Ou seja, um centímetro é um centésimo do metro. Dizemos que centi é um prefixo que significa dividir por cem.

De forma similar, um quilograma é composto por mil gramas. Daí você percebe que quilo é um prefixo que significa multiplicar por mil.

Na tabela a seguir há uma lista de prefixos do Sistema Internacional:

Tabela 1: Prefixos do Sistema Internacional.

| Prefixo | Multiplique por | Exemplo |
|-----------|-----------------|-----------------|
| quilo (k) | mil (10^3) | quilômetro (km) |
| hecto (h) | cem (10^2) | hectograma (hg) |
| deca (d) | dez (10) | decâmetro (dm) |
| Prefixo | Divida por | Exemplo |
| deci (d) | dez | decígrama (dg) |
| centi (c) | cem | centímetro (cm) |
| mili | mil | milímetro (mm) |

Sempre que fizermos operações com grandezas físicas (que tem que ter uma unidade que as acompanha) temos que utilizar as mesmas unidades. Por exemplo, se você compra 80 cm de tecido e seu amigo compra mais dois metros, vocês juntos têm $80\text{ cm} + 200\text{ cm} = 280\text{ cm}$ de tecido. Lembre-se que cada metro possui 100 cm. Mas você também pode dizer $0,8\text{ m} + 2\text{ m} = 2,8\text{ m}$ de tecido.

Na linguagem do dia a dia, dizemos dois metros e oitenta centímetros, e está correto! Mas para somar duas quantidades temos que utilizar as mesmas unidades em todos os elementos da soma. Não se pode somar centímetro com metro! E o mesmo vale para as outras unidades.

Lembre-se sempre que para fazer operações aritméticas de soma, subtração, multiplicação e divisão, os valores devem apresentar a mesma unidade! Não pode somar metros com centímetros, nem quilogramas com gramas, muito menos subtrair segundos de horas.



Saiba Mais

Além de comprimento, temos também área e volume. Dizemos que uma sala tem 16 m^2 quando o seu comprimento (em metros) multiplicado pela sua largura (também em metros) é igual a 16. Aqui a unidade é metros quadrados e quer dizer metro x metro. Por exemplo, se o comprimento da sala for 4 m e a largura também 4 m, a área da sala é $(4\text{ m}) \times (4\text{ m}) = 16\text{ m}^2$.

Da mesma forma, temos a unidade de volume, que é dada em m^3 . Assim, você pode ouvir de um vizinho: tenho uma caixa d'água que tem 4 m de comprimento, 3 m de largura e 2 m de altura. Dito isso, você já sabe que o volume da caixa é de $24\text{ m}^3 = (4\text{ m}) \times (3\text{ m}) \times (2\text{ m})$. Você sabe também que a caixa d'água pode armazenar o volume de 24 caixas d'água menores, cada uma de 1 m^3 .

Utilizando as unidades

Transforme 10 km em cm

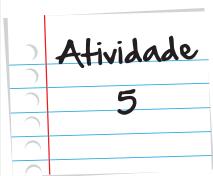
Transforme 3 m^2 em cm^2

Transforme 3 minutos em segundos

Transforme 5 kg em g (gramas)

Transforme 8 litros em cl (centilitros)

Transforme 500 cg (centigramas) em g (gramas)



Above a yellow sticky note that says:
Anote suas
respostas em
seu caderno

O conceito de ciência, como vimos no início do módulo, é o conceito central da unidade. A ciência trabalha com as ideias de evidência experimental e consistência lógica. Elas nos acompanharão durante todas as unidades seguintes.

Resumo

- Vimos que o método científico, de certa forma, está no nosso cotidiano. Toda hora fazemos hipóteses e tomamos decisões baseadas nessas hipóteses que são naturalmente refinadas em consequência do que aprendemos no dia a dia.
- As potências de dez simplificam a comunicação em ciência. Um número enorme pode ser expresso com facilidade.

- E por fim, vimos que em física as unidades são fundamentais. Andar um metro é bem diferente de andar um quilômetro.

Veja Ainda

Você acha que a astrologia pode ser considerada ciência? Veja a esse respeito um vídeo (legendas em português) do astrônomo Carl Sagan sobre o assunto: http://www.youtube.com/watch?v=MxwwpmF_czl

Neste vídeo o celebrado astrônomo e divulgador da ciência mostra como o ser humano projeta suas angústias e desejos no céu. As constelações são projeções das diversas culturas no céu, não tendo nenhum significado objetivo. Cada cultura vê algo totalmente diferente no mesmo conjunto de estrelas.

Atividade 1

São muitas as respostas possíveis. Positivas, podemos citar que atualmente se vive muito mais tempo, com muito mais conforto (pense na luz elétrica, água encanada...) e a compreensão do mundo tornou-se mais rica. Negativas, podemos citar os problemas de poluição, degradação do meio ambiente e a possibilidade de destruição da vida humana pelas armas nucleares.

Atividade 2

Os quadrinhos II e III uma vez que eles representam, através de uma balança, um experimento de investigação do peso do ar. No quadrinho I, nosso personagem elabora uma hipótese na forma de uma pergunta.

Atividade 3

A frase representa uma lei (ou teoria). No entanto, bastaria ele fazer um novo experimento para refutar esta hipótese como, por exemplo, a queima de pedaço de madeira de formato cúbico.

Atividade 4

$$300 = 3 \times 10^2$$

$$0.03 = 3 \times 10^{-2}$$

$$0.0001/0.001 = 10^{-4}/10^{-3} = 10^{-1}$$

Atividade 5

$$10 \text{ km} = 10 \times 10^3 \text{ m} = 10^4 \text{ m} = 10^4 \times 10^2 \text{ cm} = 10^6 \text{ cm}$$

$$3 \text{ m}^2 = 3 \times (100 \text{ cm})^2 = 3 \times 10^4 \text{ cm}^2$$

$$3 \text{ min} = 3 \times 60 \text{ s} = 180 \text{ s}$$

$$5 \text{ kg} = 5000 \text{ g} = 5 \times 10^3 \text{ g}$$

$$8 \text{ l} = 800 \text{ cl}$$

$$500 \text{ cg} = 5 \text{ g}$$

Imagens



- André Guimarães



- <http://usgsprobe.cr.usgs.gov/ant.gif> • Creative commons license.



- http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2012/04/image/c/format/xlarge_web/ • Creative commons license.



- <http://www.sxc.hu/photo/1056593>.



- <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galileo.arp.300pix.jpg>



- <http://www.sxc.hu/photo/1327692>



- <http://www.sxc.hu/photo/574983>



- <http://www.sxc.hu/photo/1178795>



- <http://www.sxc.hu/photo/758308>



- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:D%C3%A9dalo_e_%C3%8Dcaro_-_Pyotr_Ivanovich_Sokolov.jpg



- <http://www.youtube.com/watch?v=zneQG1jzJ-I>



- <http://www.sxc.hu/photo/1150376>



- <http://www.sxc.hu/photo/530409>



- <http://www.sxc.hu/photo/1223568>



- <http://www.sxc.hu/photo/481418>



- <http://www.sxc.hu/photo/517386> • David Hartman.



- http://www.sxc.hu/985516_96035528.



O que perguntam por aí?

Questão 1 (ENEM 2009)

Na linha de uma tradição antiga, o astrônomo grego Ptolomeu (100-170 d.C.) afirmou a tese do geocentrismo, segundo a qual a Terra seria o centro do universo, sendo que o Sol, a Lua e os planetas girariam em seu redor em órbitas circulares. A teoria de Ptolomeu resolia de modo razoável os problemas astronômicos da sua época. Vários séculos mais tarde, o clérigo e astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), ao encontrar inexatidões na teoria de Ptolomeu, formulou a teoria do heliocentrismo, segundo a qual o Sol deveria ser considerado o centro do universo, com a Terra, a Lua e os planetas girando circularmente em torno dele. Por fim, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571-1630), depois de estudar o planeta Marte por cerca de trinta anos, verificou que a sua órbita é elíptica. Esse resultado generalizou-se para os demais planetas.

A respeito dos estudiosos citados no texto, é correto afirmar que:

- a. Ptolomeu apresentou as ideias mais valiosas, por serem mais antigas e tradicionais.
- b. Copérnico desenvolveu a teoria do heliocentrismo inspirado no contexto político do Rei Sol.
- c. Copérnico viveu em uma época em que a pesquisa científica era livre e amplamente incentivada pelas autoridades.
- d. Kepler estudou o planeta Marte para atender às necessidades de expansão econômica e científica da Alemanha.
- e. Kepler apresentou uma teoria científica que, graças aos métodos aplicados, pôde ser testada e generalizada.

Resposta: Letra E.

Comentário: A primeira lei de Kepler afirma que todas as órbitas são elipses com o Sol em um dos focos. É uma lei que faz previsões e pode ser testada.



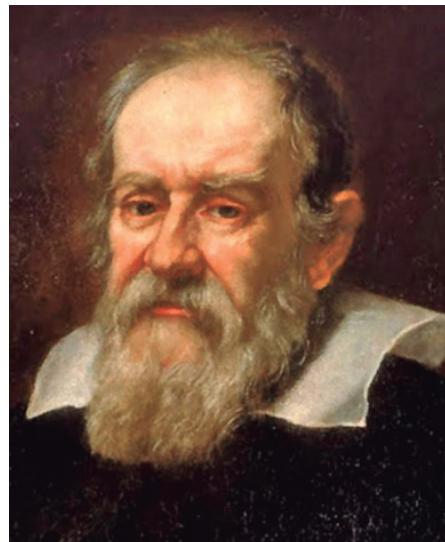
Atividade extra

Questão 1

O céu de Ícaro é diferente do céu de Galileu, como diz a música da banda Paralamas do Sucesso. Galileu Galilei (1564-1642) é o pai da Física Experimental, realizou vários experimentos e abalou os fundamentos do cosmo, como era conhecido na Idade Média.

Entre as contribuições deste revolucionário cientista, nessa época, pode-se destacar a criação:

- a. da segunda lei da mecânica;
- b. do método científico;
- c. da lei da ação e reação;
- d. da lei da gravitação universal.



Galileu Galilei.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Galileo.arp.300pix.jpg>

Questão 2

Segundo o Site World Stadiums, apesar de o estádio do Maracanã já ter comportado 205 mil pessoas, durante a Copa do Mundo de 1950, atualmente cabem pouco mais de 120 mil pessoas, sendo que a capacidade divulgada é de 87.101 lugares (todos sentados), por motivo de segurança. O Maracanã é o 9º maior estádio do mundo e o 2º maior das Américas.



Maracanã.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Maracana_internal_view_april_2013.jpg

Foto: Érica Ramalho.

Esse número atual de capacidade, divulgada em notação científica é expresso por:

- a. $8,7 \times 10^4$;
- b. $1,2 \times 10^3$;
- c. $2,0 \times 10^3$;
- d. $9,0 \times 10^4$.

Questão 3

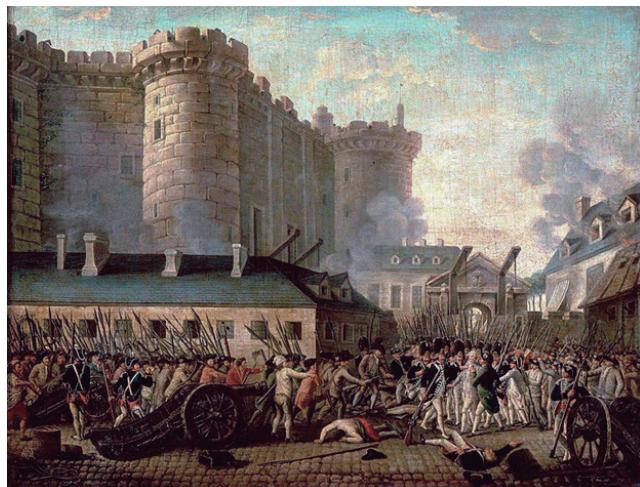
Ligeirinha é uma tartaruga que adora andar em uma mesma direção. Geralmente ela se desloca 0,01 km a cada hora, durante seu percurso.

A distância percorrida pela Ligeirinha durante 3 horas, em metros, é de:

- a. 3;
- b. 30;
- c. 300;
- d. 3000.

Questão 4

O Sistema Internacional de Unidades, conhecido como SI, foi criado durante a Revolução Francesa para uniformizar os diversos padrões de medidas existentes na época.



A obra, atualmente localizada no Museu de História da França, em Versailles, retrata a Queda da Bastilha e prisão do governador M. de Launay, 14 de julho de 1789, eventos importantes na Revolução Francesa.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Revolução_Francesa.

Neste sistema, a unidade padrão de velocidade é:

- a. m/s;
- b. km/s;
- c. km/h;
- d. milhas/h.

Questão 5

Conforme comentamos na questão 4, o Sistema Internacional de Unidades, conhecido como SI, foi criado durante a Revolução Francesa para uniformizar os diversos padrões de medidas existentes na época.



A Liberdade Guiando o Povo. Este é o título da tela de Delacroix, de 1830, que encontra-se, atualmente, em Paris, no Museu do Louvre.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Eug%C3%A8ne_Delacroix_-_La_libert%C3%A9_guidant_le_peuple.jpg

Neste sistema, a unidade padrão de comprimento é:

- a. polegadas;
- b. km;
- c. cm;
- d. m.

Gabarito

Questão 1

- A B C D
-

Questão 2

- A B C D
-

Questão 3

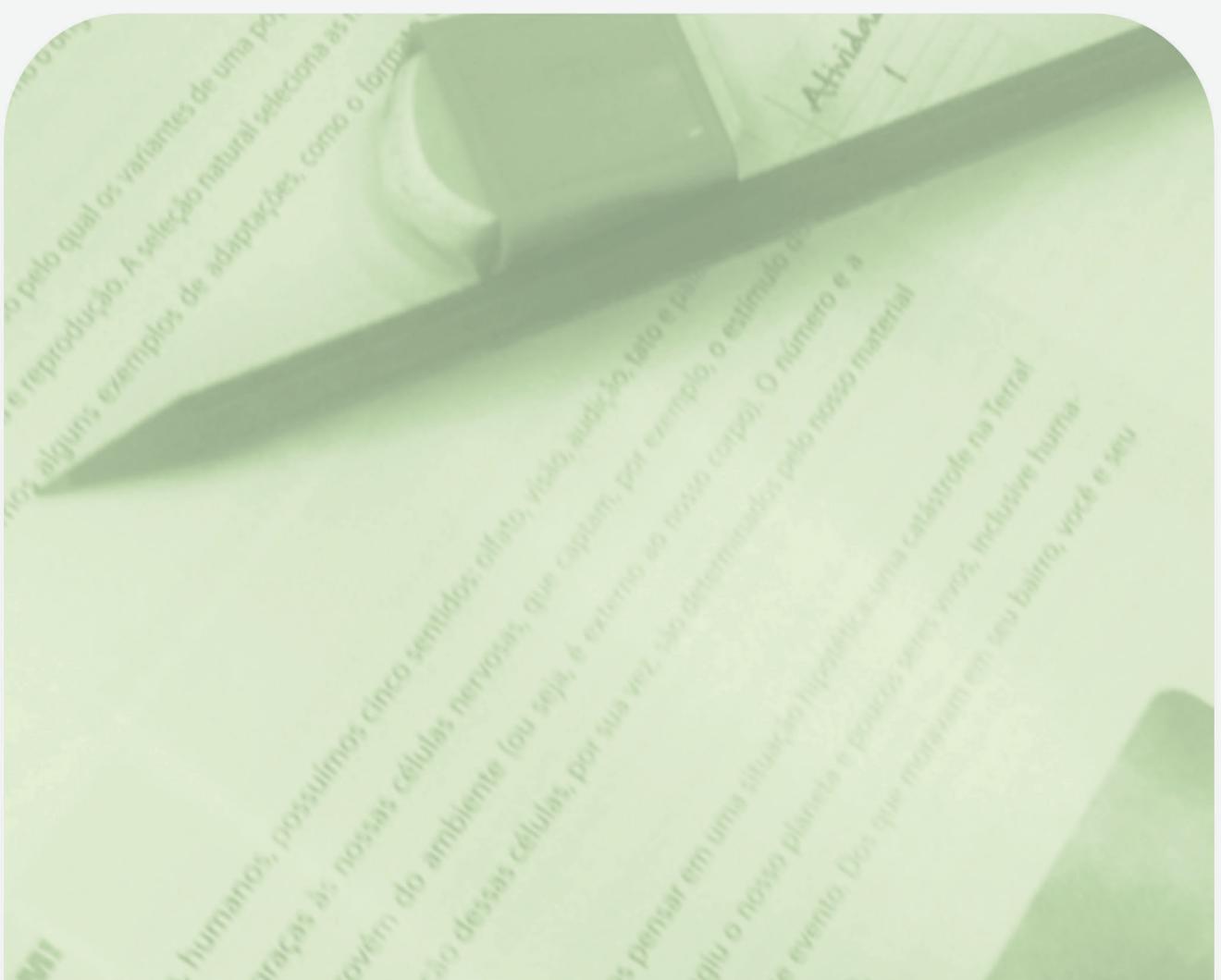
- A B C D
-

Questão 4

- A B C D
-

Questão 5

- A B C D
-



A vida em movimento

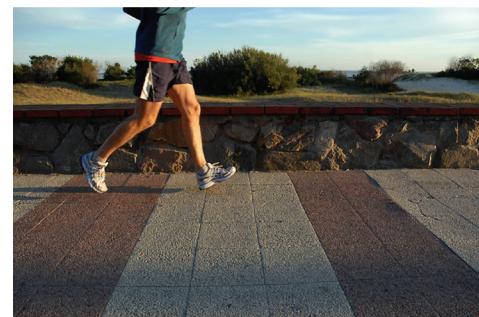
Fascículo 1
Unidade 2

A vida em movimento

Para Início de conversa...

De modo geral, sempre ouvimos falar que praticar atividades físicas ajuda na boa manutenção da saúde. Ao começar a prática de uma atividade física, devemos procurar um médico para que ele possa indicar a melhor maneira de se entrar nesse estilo de vida. Geralmente é recomendado para os sedentários que se comece com uma caminhada leve de 30 minutos a 1 hora e reeducação alimentar, se necessário. Ultrapassada essa fase, recomenda-se o aumento gradativo da intensidade da atividade. Agora o praticante já pode correr aumentando o esforço e a velocidade de sua prática esportiva.

Nesse texto, você acabou de ler a palavra “velocidade” e, muito provavelmente, você não sentiu dificuldades para entender o que ela quer dizer. Conforme veremos, o conceito de velocidade é um dos principais objetos de estudo desta unidade.



Objetivos de aprendizagem

- construir o conceito de velocidade média e instantânea;
- aplicar o conceito de velocidade em situações de seu cotidiano;
- traçar retas tangentes em um ponto de uma curva;
- relacionar a inclinação da reta tangente à curva no gráfico $S \times t$ à velocidade instantânea;
- associar o conceito de aceleração à variação da velocidade no tempo.

Seção 1

“A 1000 por hora...”

Quando dissemos, no início desta unidade, que se recomenda o aumento da intensidade e da velocidade, você percebeu que a corrida ou caminhada deve se dar de maneira mais rápida, e isso é o que está por trás do conceito de velocidade: a rapidez com que um corpo ou objeto se locomove.

Por exemplo, suponha que você se desloque de sua casa para o trabalho de bicicleta. Como você faria para percorrer esse trajeto mais depressa? Uma possível solução, que depende do trânsito, seria usar um veículo motorizado. Todas as possíveis soluções para este problema têm em comum o fato de encurtar o intervalo de tempo gasto no trajeto. Isto é, quanto menos tempo se gasta em um determinado caminho, mais rápido o percorremos, ou seja, **maior será a sua velocidade**. Dizemos que grandezas que se comportam dessa forma são inversamente proporcionais: enquanto uma cresce, a outra diminui, na mesma proporção.

Para medir distância, podemos usar o metro (m), o quilômetro (km), o centímetro (cm), entre outros. Já para medir o tempo podemos usar a hora (h), o segundo (s), o dia (um dia vale $24h = 24 \times 60 \text{ min} = 24 \times 60 \times 60 = 86400\text{s}$). Entretanto, seguiremos o sistema internacional de unidades (S.I) que utiliza o metro e o segundo para esses casos. No fundo, a escolha de unidades dependerá, em um problema prático, da conveniência de se usar essa ou aquela unidade.



Figura 1: No velocímetro do carro podemos observar duas medições: a velocidade, indicada pelo ponteiro, e a distância percorrida, indicada na numeração da parte de baixo, que é chamada de odômetro.

Unidades de Medidas

A unidade de medida é um valor padrão que utilizamos para mensurar as coisas. Por exemplo, o metro não tem uma razão específica para ter o comprimento que tem, foi apenas uma distância que se achou conveniente para se ter como padrão para medir objetos.

Mas imagine que você tem que medir o comprimento de seu dedo com um bastão de 1 metro. Parece uma tarefa impossível. Para dar conta desse problema, dividimos o metro em 100 partes iguais chamadas centímetros que servem para medir distâncias pequenas. Ou então medir a distância entre duas cidades com o mesmo bastão, haja paciência e tempo! Por isso, multiplicamos o metro por 1000, chamado quilômetro (km), o que deixa essa tarefa menos tediosa. Não é à toa que o odômetro dos carros mede distâncias em km.

Em verdade, podemos multiplicar e dividir qualquer unidade para adequá-la a uma tarefa que estejamos enfrentando.

Entretanto, o sistema de unidades que se baseia no metro (km, dm, cm etc.) é chamado de sistema decimal, porque as unidades são separadas por potências de 10 (por exemplo, $1\text{ m} = 100\text{ cm}$ e $1\text{ km} = 1000\text{ m}$).



Imagine que um iniciante em atividades físicas esteja caminhando perto de sua casa (veja Figura 2). Digamos que ele dê 2 passos a cada segundo e que cada passo meça precisamente 1 m. Qual seria a sua velocidade em metros por segundo (m/s)?

Metros por segundo é a unidade que devemos utilizar para essa velocidade, pois estamos falando da razão entre uma grandeza medida em metros e outra medida em segundos. Sem fazer nenhum tipo de conta no papel, somos capazes de responder a essa pergunta.

Veja: se uma pessoa imprime uma velocidade de 2 passos por segundo, e cada passo mede 1 metro, essa pessoa caminha a 2 metros por segundo ($v = 2\text{ m/s}$). Entretanto, poderíamos fazer essa mesma pergunta de outra forma. Digamos que essa pessoa dê 12 passos a cada 6 segundos medidos no cronômetro. Quanto valeria a sua velocidade?

Saiba Mais

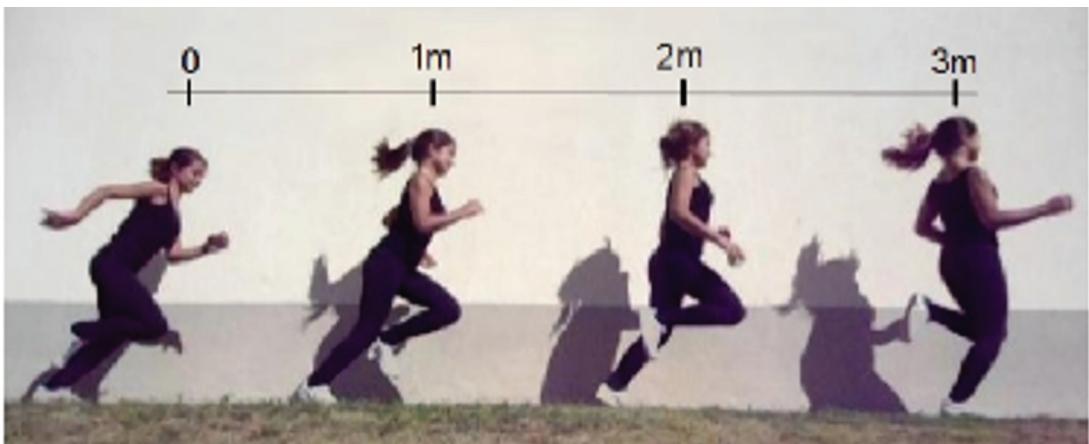


Figura 2: Imagem estroboscópica do movimento de uma menina.

Agora, é conveniente armarmos a expressão para velocidade:

$$v = \frac{\text{deslocamento}}{\text{tempo}}$$

O deslocamento será de 12 passos x 1 metro, pois cada passo mede 1 metro: $12 \times 1 = 12\text{m}$

Agora podemos fazer a conta:

$$v = \frac{12}{6} = 2\text{m / s}$$

Note que a velocidade encontrada é a mesma da situação anterior. Nós apenas aumentamos o intervalo de tempo de 1 para 6 segundos, contando o número de passos decorridos, que aumentaram proporcionalmente. Podemos dizer também que essa mesma pessoa dava 10 passos a cada 5 segundos, ou 20 passos a cada 10 segundos. Inúmeros exemplos são possíveis para essa mesma velocidade, inclusive com unidades diferentes das usadas. Podemos dizer que o passo dessa pessoa mede 100 cm ou 0,001 km.

Essa é uma primeira ideia do conceito de velocidade. Devemos entender que essa pessoa pode variar o ritmo da caminhada, fazendo com que a velocidade varie. Digamos que durante todo o trajeto esse indivíduo percorreu 5 km (ou 5000 m) e levou 1 hora (ou 3600 segundos). Com esses valores, podemos calcular a sua velocidade:

$$V = \frac{5000}{3600} = 1,39 \text{ m/s}$$

Isso não significa que a pessoa percorreu todo esse trajeto com essa velocidade. Na verdade, muitas coisas podem ter ocorrido: ele pode ter diminuído o ritmo, imprimindo menos passos por segundo; ter diminuído a distância entre as passadas ou até mesmo parado para tomar uma água de coco no caminho. Enfim, a velocidade que obtivemos para esse exemplo é apenas um valor que caracteriza, na média, a velocidade num certo caminho. Vamos agora apresentar a expressão que nos fornece a velocidade média desenvolvida em determinado percurso:

$$\text{velocidade média} = \frac{\text{distância total}}{\text{intervalo de tempo total}}$$

Lembre-se do exemplo que discutimos anteriormente. Aquele em que consideramos que uma pessoa caminhe a uma velocidade de 2 passos a cada segundo. Esta velocidade também representa uma velocidade média relativa ao movimento da pessoa. Entretanto, como o intervalo de tempo em questão é de apenas um segundo, podemos pensar que a velocidade desenvolvida pela pessoa corresponde à velocidade que ela, de fato, obtinha naquele instante.

Imagen estroboscópica

Na imagem a seguir, temos vários momentos distintos do movimento de uma bilha de aço que rola sobre um trilho de alumínio.



Imagen estroboscópica do movimento de uma bilha sobre uma superfície horizontal.

De que maneira podemos construir imagens como esta?

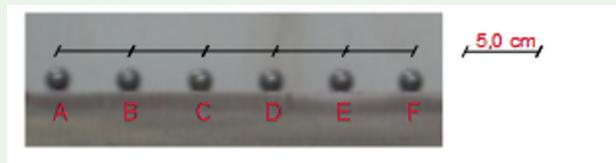
Uma solução é tirar várias fotografias, espaçadas em intervalos iguais de tempo, assim como fizemos na Figura 2 (e na figura anterior). Nesta, temos uma sequência de quatro fotografias, tiradas uma a cada segundo e “coladas” em uma mesma imagem. Chamamos este tipo de figura de imagem estroboscópica.

Repare que na figura da atividade 1 (mais à frente) as distâncias entre duas imagens sucessivas da bolinha são sempre iguais. Isso indica que a velocidade da bolinha praticamente não se altera. Ainda mais, a velocidade média da bolinha para qualquer par de imagens escolhida será a mesma.





Velocidade média

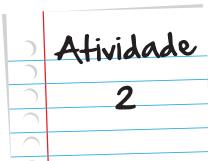


Nessa figura, temos a imagem estroboscópica do movimento de uma bilha sobre um trilho de alumínio. Repare que a velocidade da bilha é constante.

Sabendo que cada uma das fotos da imagem estroboscópica acima (da bilha) foi tirada em intervalos de tempo iguais a 0,1 s, calcule a velocidade média entre os pontos:

- a) A e B; b) C e D; c) B e E; d) A e F.

Anote suas
respostas em
seu caderno



Indo para a batalha

Suponha que você more a uma distância de 20 km do trabalho. Se o tempo que você levou para percorrer esta distância foi de 30 min, calcule a velocidade média da sua viagem.

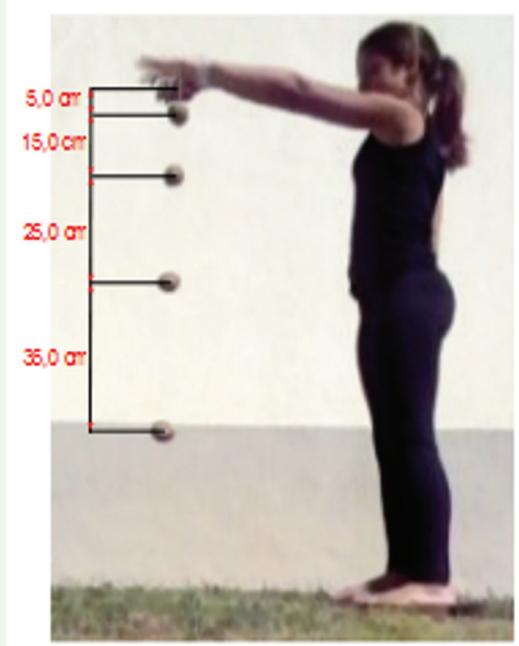
Anote suas
respostas em
seu caderno

"Deixa Caír"

Atividade

3

Veja a imagem estroboscópica da figura.



Uma menina solta uma pedra de sua mão. As fotos estão espaçadas por um intervalo de tempo igual a 0,1 s.

- Calcule a velocidade média da pedra para as distâncias representadas na figura da menina, sabendo-se que cada uma das fotografias da pedra nesta figura está espaçada em 0,1 s.

Para cada um dos quatro intervalos do item anterior, calcule quanto a velocidade média aumentou (por exemplo, se num intervalo a velocidade média vale 1,0 cm/s e no intervalo seguinte ela passa a valer 5,0 cm/s, o aumento foi de 4,0 cm/s, porque $4,0 = 5,0 - 1,0$).

Above suas
respostas em
seu caderno

Na Atividade 3 você calculou a velocidade média da pedra em 4 intervalos de tempo distintos. Note que a velocidade calculada aumenta conforme a pedra cai, diferentemente do que vimos na figura da Atividade 1, em que a velocidade foi a mesma em todos os casos. Esses dois tipos de movimento são bastante diferentes. O primeiro deles, aquele em que a velocidade não se alterou (da Atividade 1), é o que chamamos de movimento uniforme. Já o segundo caso, em que a velocidade se modifica (da Atividade 3), é o que chamamos de movimento variado.

Todo movimento em que o valor da velocidade do objeto se modifica é chamado de movimento variado. O segundo caso apresentado, no qual a velocidade aumenta regularmente (isto é, em intervalos de tempo iguais, a velocidade aumenta sempre da mesma quantia), é somente um caso particular de movimento variado, que chamamos de movimento uniformemente variado. Mais à frente, trataremos este tipo de movimento com mais detalhes. Vamos agora introduzir de maneira mais precisa os conceitos de posição e deslocamento, juntamente com os gráficos de posição *por* tempo ($S \times t$) e velocidade *por* tempo ($v \times t$).

Seção 2

Posição, Deslocamento e Gráficos

Para discutir os conceitos de posição e deslocamento, vamos começar distinguindo os diferentes tipos de movimento que podem ocorrer no espaço. Observe a figura a seguir:

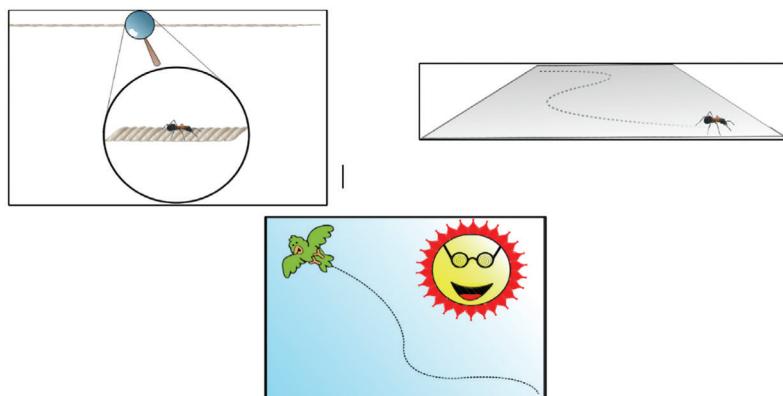


Figura 4: Exemplo de movimento em uma única dimensão (formiga na corda), em duas dimensões (formiga sobre o chão de cimento fresco) e em três dimensões (voo de um pássaro).

Perceba que um movimento pode se dar de três formas diferentes:

- Em linha reta (ou unidimensional), como uma formiga andando sobre um corda;

- em um plano (ou bidimensional), como o movimento de uma formiga sobre um piso com cimento fresco;
- ou pode ser tridimensional, como no caso do voo de um pássaro.

Devido às dificuldades operacionais envolvidas na análise dos movimentos bidimensional e tridimensional, vamos nos restringir ao movimento em uma linha reta (unidimensional), como na Figura 5.

Para começar a análise do movimento em uma linha reta (movimento retilíneo), é importante que a linha em questão possua marcações, para que possamos determinar em que posição se encontra um dado objeto. Entretanto, devemos escolher um ponto especial, que chamaremos de origem (ou marco zero), e a partir deste ponto marcaremos as posições restantes (veja a Figura 5).

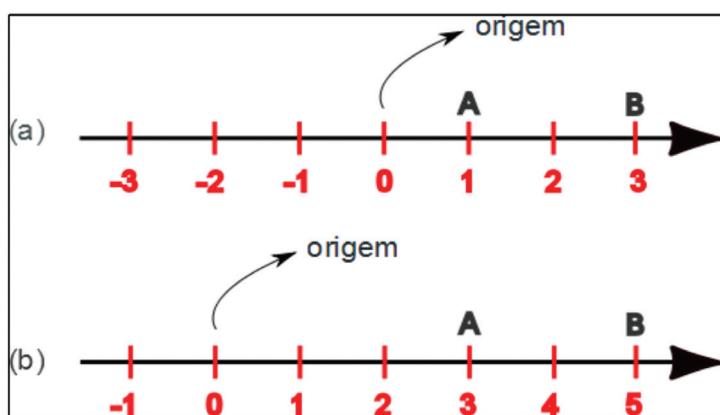


Figura 5: Movimento em uma linha reta (uma dimensão). Escolhendo origens distintas, as posições marcadas na reta se modificam. Entretanto, o deslocamento (distância entre dois pontos) não se altera, conforme podemos constatar pela distância entre os pontos A e B. Em ambos os casos, a distância entre estes pontos vale 2.

É importante ressaltar que quando fazemos isso todas as posições marcadas são relativas à origem que escolhemos. A escolha de outra origem altera o valor da posição de todos os pontos (veja a Figura 5).

Outra grandeza importante, relacionada à posição, é o deslocamento. O deslocamento percorrido por um corpo em certo intervalo de tempo é a diferença entre a posição ocupada pelo corpo ao final deste intervalo de tempo e a posição ocupada pelo mesmo no início do intervalo.

Por exemplo, se quisermos obter o deslocamento percorrido por um objeto que vai do ponto A ao ponto B da Figura 5, temos que subtrair sua posição final (em B) da sua posição inicial (em A). Repare que, considerando a origem indicada no item (a) desta figura, teremos:

$$\Delta s = B - A = 3 - 1 = 2$$

Δ

A letra grega Δ (delta) é utilizada em Ciências para representar intervalos ou variações.

Se repetirmos o procedimento considerando a origem indicada no item (b) desta mesma figura, também obteremos:

$$\Delta s = B - A = 5 - 3 = 2$$

Isso significa que o deslocamento percorrido por um corpo não depende do ponto que escolhemos para ser a origem, como podemos observar na Figura 5.

Formalizando um pouco mais o que acabamos de ver, podemos escrever, então, para um caso mais geral que o deslocamento percorrido por determinado corpo é dado por

$$\Delta s = S_f - S_i$$

onde temos que o deslocamento (dado pela variação no espaço Δs) é igual à posição final (dado por S_f) menos a posição inicial (dado por S_i).

Vamos agora iniciar uma nova discussão. Como podemos caracterizar o movimento de um certo corpo? Para ilustrar como fazer isso, considere o movimento estroboscópico representado na figura da atividade 1 (repetida a seguir).

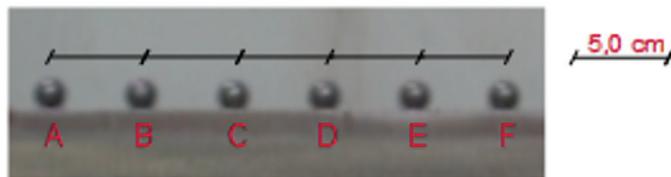


Figura 6: Imagem estroboscópica do movimento de uma bilha sobre um trilho de alumínio apresentada na Atividade 1.

Podemos construir uma tabela que forneça a posição do objeto em diferentes instantes de tempo. Sabendo que cada par de fotos sucessivas nesta figura está separada por um intervalo de tempo igual a 0,1 segundo, a tabela desejada terá a seguinte forma (escolhemos o ponto A da figura como sendo a origem):

Tabela 1: Posição e tempo relacionados a pontos indicados no gráfico.

| Ponto | Posição (cm) | Tempo (s) |
|-------|--------------|-----------|
| A | 0 | 0 |
| B | 5 | 0,1 |
| C | 10 | 0,2 |
| D | 15 | 0,3 |
| E | 20 | 0,4 |
| F | 25 | 0,5 |

Lembre-se de que o espaçamento temporal entre fotos sucessivas é sempre igual. Entretanto, essas imagens estroboscópicas têm em comum mais uma propriedade. A distância entre duas fotos sucessivas também é igual. Podemos ver este fato através da tabela construída.

É bastante comum o uso de tabelas para representar o movimento de certo corpo. Outra maneira muito comum de representar o movimento de um objeto é fazendo uso de gráficos. Utilizando a tabela, podemos construir um gráfico que dispõe a posição do objeto como função do tempo. A construção de um gráfico lembra um jogo bastante popular, que você provavelmente conhece: a batalha naval.

Cada ponto do gráfico corresponde a dois números: o primeiro deles está relacionado à coordenada horizontal, e o segundo, à coordenada vertical (a mesma coisa acontece no caso da batalha naval. Neste caso, a letra escolhida corresponde à coordenada horizontal, e o número subsequente, à coordenada vertical).

Repare que as curvas representadas no gráfico da Figura 7 correspondem ao movimento uniforme. Podemos ver isso de duas maneiras. A primeira delas vem do movimento estroboscópico associado a essas curvas. Em intervalos de tempo iguais, os objetos percorrem sempre a mesma distância.

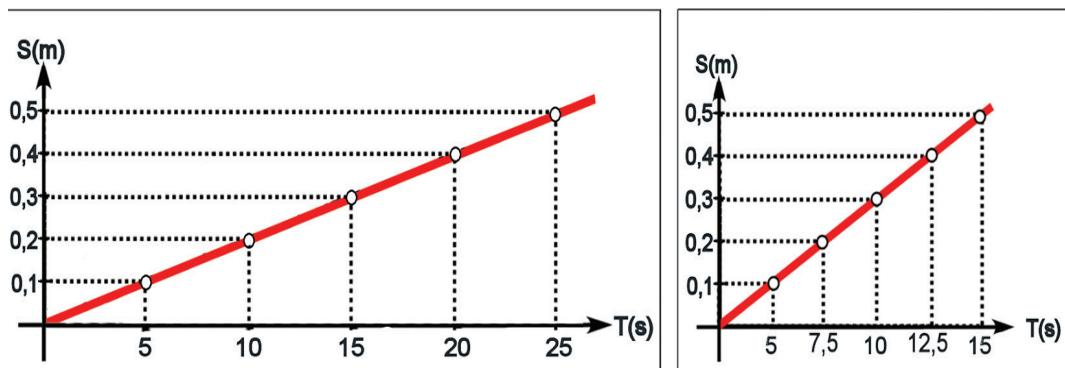


Figura 7: Dois gráficos $S \times t$. Temos duas curvas distintas, correspondentes ao movimento de dois corpos distintos.

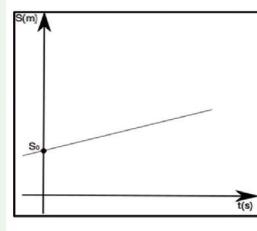
No gráfico, isso se reflete da seguinte forma: a curva associada ao movimento do objeto será uma reta. Perceba, entretanto, que, embora ambos os movimentos sejam uniformes, as retas associadas ao movimento de cada um deles têm inclinações distintas. O movimento estroboscópico em que a distância entre duas fotos consecutivas é maior corresponde à reta mais inclinada. Não é mera coincidência. Objetos que possuem grandes velocidades percorrem uma distância maior num pequeno intervalo de tempo. Isso nos permite concluir que a velocidade de um objeto está diretamente relacionada à inclinação da curva do gráfico associado ao seu movimento. Quanto maior a inclinação, maior será o valor da velocidade de um corpo. O motivo disso é que uma reta mais inclinada indica que o corpo percorre um grande deslocamento num pequeno intervalo de tempo, enquanto uma reta menos inclinada corresponde a um movimento que percorre um deslocamento menor num intervalo de tempo maior. Podemos ver isso observando com detalhes a Figura 7.

Atividade

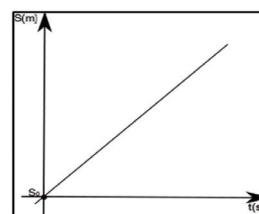
4

Quem é mais rápido?

Considerando que os gráficos a seguir têm eixos com mesmos valores de tamanho, a qual das curvas corresponde o movimento do corpo mais rápido?



(A)



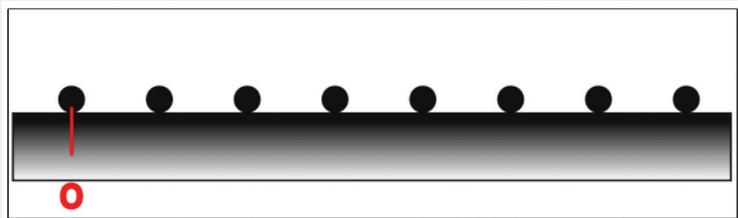
(B)

Aproveite!
Anote suas
respostas em
seu caderno

Atividade

5

Para o movimento estroboscópico da figura a seguir, construa:



- Uma tabela que disponha, para cada intervalo de tempo, a posição do objeto, sabendo que imagens consecutivas da bolinha estão separadas por um intervalo temporal de 0,1 s, que as marcações estão separadas por 5 cm e que o "0" indicado na figura é a origem.
- Um gráfico de $S \times t$.

Aproveite!
Anote suas
respostas em
seu caderno

Seção 3

Saindo pela tangente

Na figura 8, temos um gráfico de posição contra tempo, de dois grandes recordistas numa corrida de 100 metros rasos, Usain Bolt e Richard Thompson.

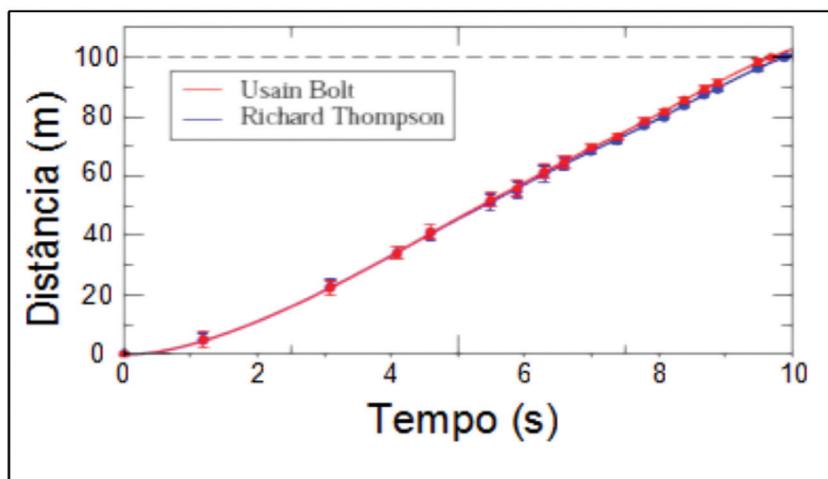


Figura 8: Gráfico do movimento de dois velocistas famosos, competidores dos 100 metros rasos.

Perceba que um movimento não idealizado é consideravelmente mais complicado do que os casos que analisamos até o momento. As curvas no gráfico $S \times t$ acima não são linhas retas, o que nos permite caracterizar o movimento como sendo não uniforme. Mesmo assim, apenas com o gráfico de $S \times t$ podemos comparar as velocidades dos corredores em diferentes instantes de tempo.

Para que possamos fazer tais comparações, vamos apresentar a ideia de velocidade instantânea, isto é, a velocidade que o objeto possui num momento exato. Por exemplo, imagine que você está acompanhando o velocímetro de um ônibus, conforme ele viaja. Se você quiser saber a velocidade do mesmo em determinado instante, basta ler a marcação no velocímetro. De maneira um pouco mais formal, dizemos que a velocidade instantânea corresponde à velocidade média de um certo corpo num intervalo de tempo muito pequeno, porque, sendo esse tempo muito pequeno, não há tempo para a velocidade variar consideravelmente. Primeiramente, lembre-se de que, em um gráfico $S \times t$, associamos a velocidade do corpo à inclinação da reta. Podemos estender este conceito para o caso em que a curva relacionada ao movimento de um corpo não seja uma reta. Neste caso, temos que considerar a reta tangente a um ponto. Como podemos fazer isso?

Daremos a você um pequeno conjunto de instruções, que permite que você mesmo seja capaz de traçar uma reta tangente a uma curva em um certo ponto qualquer da mesma. Conforme veremos, este procedimento é bastante simples. Considere a curva e o ponto A pertencente à mesma. Ambos estão representados na Figura 9.

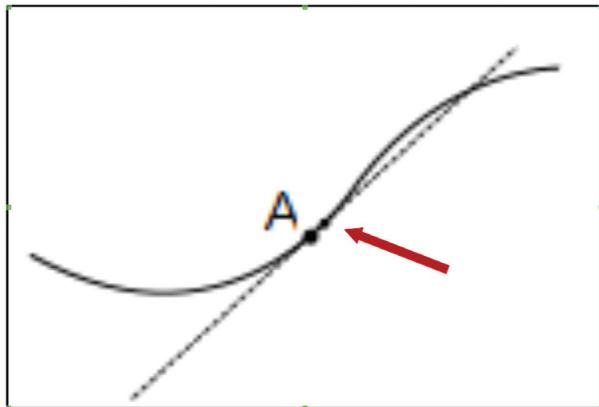


Figura 9: Uma curva e um ponto A pertencente à mesma. Desenhando um ponto muito próximo a A (indicado pela seta vermelha), somos capazes de traçar a reta tangente à curva no ponto A (é a reta que passa por ambos os pontos).

Se quisermos traçar a tangente à curva no ponto A da Figura 9, desenhamos um segundo ponto, que esteja bastante próximo do primeiro. Agora só precisamos traçar uma reta que passe pelo ponto A e pelo ponto próximo a ele, que acabamos de desenhar. Resumindo:

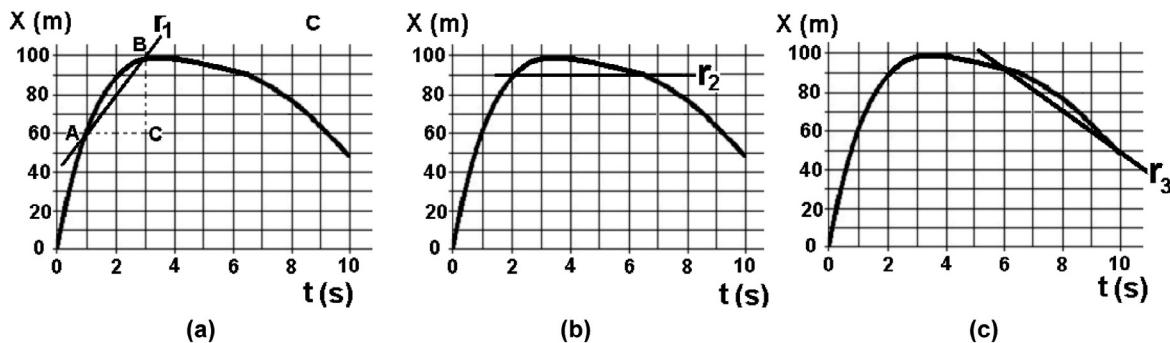
1. Escolha o ponto da curva onde você deseja traçar a tangente.
2. Desenhe um segundo ponto que esteja bastante próximo ao primeiro.
3. Trace uma reta que passe pelos dois pontos, e esta será a reta tangente.

Observação: Repare que, na verdade, o que temos é uma aproximação de uma reta tangente. A reta verdadeiramente tangente precisa ser construída utilizando-se um ponto extremamente (infinitesimalmente) próximo ao ponto original. Entretanto, esses conceitos estão associados ao cálculo diferencial e integral, e portanto não nos aprofundaremos neles.

Agora que sabemos como traçar uma reta tangente a um ponto qualquer de uma curva, introduzimos a ideia de velocidade instantânea como sendo uma medida da inclinação da reta tangente à curva no instante desejado. Isso significa que podemos comparar as velocidades instantâneas em dois pontos quaisquer de uma curva, mesmo que ela não seja uma reta. A curva que possuir uma inclinação maior (isto é, aquela onde o ângulo formado pela reta tangente e a horizontal é maior) corresponde a maior velocidade instantânea.

No gráfico posição x tempo, a **velocidade média** é dada pela **inclinação da reta secante**.

A inclinação da reta pode ser positiva, nula ou negativa. A figura abaixo mostra que, em (a), a secante r_1 , tem inclinação positiva $\Rightarrow V_m > 0$; em (b), a secante r_2 , paralela ao eixo dos tempos, tem inclinação nula $\Rightarrow V_m = 0$; e, em (c), a secante r_3 tem inclinação negativa $\Rightarrow V_m < 0$.



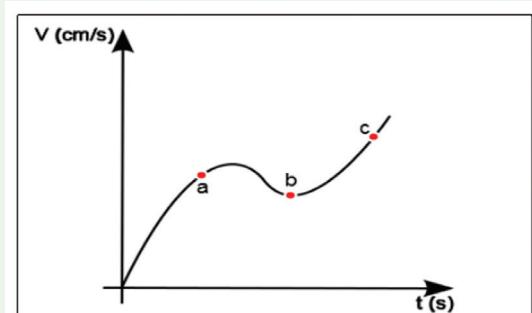
Aprendemos na matemática que a inclinação - ou coeficiente angular - da reta é igual à tangente do ângulo que a reta faz com o eixo das abscissas. Isto só é verdade se a escala do gráfico for 1:1, ou seja, se a escala utilizada na abscissa for a mesma da ordenada. Na física quase sempre essas escalas são diferentes.

Atividade

6

No parque de diversões

O gráfico a seguir representa a velocidade de um carrinho bate-bate em um parque de diversões. Em qual dos instantes representados no gráfico a seguir a velocidade do móvel é maior? E menor? Coloque as velocidades em ordem crescente, da menor para a maior.



Above:
Anotie suas
respostas em
seu caderno

Pegando um ônibus

Suponha que você esteja em pé em um ônibus em movimento, ao lado do motorista. Suponha também que você esteja atrasado para um compromisso, e portanto está acompanhando ansiosamente o velocímetro do ônibus. A tabela a seguir mostra o que você observou no velocímetro.



| v (km/h) | t(s) |
|----------|------|
| 0 | 0 |
| 2,5 | 1 |
| 10 | 2 |
| 22,5 | 3 |
| 40 | 4 |

- Construa um gráfico que tenha no eixo vertical os valores da velocidade, e no eixo horizontal, os valores de tempo correspondentes.
- Em qual dos instantes de tempo a inclinação da curva, logo a aceleração, obtida é maior?

Aproveite!
Anote suas
respostas em
seu caderno

Seção 4 Acelera, coração!

Conforme discutimos anteriormente, os movimentos reais, não idealizados, são muito mais complicados do que os casos simples que estudamos até aqui. O movimento de um velocista ou mesmo de um ônibus, por exemplo, não se dá à velocidade constante. O que vemos, na verdade, é que a velocidade se altera conforme o tempo passa (veja a Figura 10 a seguir retirada da atividade 3).

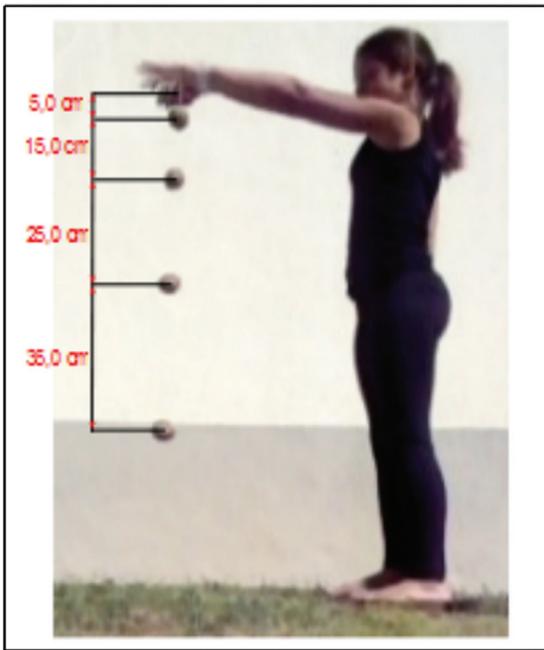


Figura 10: Queda livre de um corpo.

Lembre-se do que discutimos quando introduzimos o conceito de velocidade. Interpretamos este conceito como sendo a rapidez com que a posição de um corpo se altera. Podemos associar à velocidade uma grandeza muito parecida. A rapidez com que a velocidade de um corpo se altera à medida que o tempo passa é o que chamamos de aceleração. Para ilustrar de maneira simples este conceito, vamos voltar a analisar um dos tipos de movimento mais comuns, cuja velocidade do corpo se altera: a queda livre.

Lembre-se agora de como montamos a Tabela 1. Podemos construir uma tabela (Tabela 2) semelhante a esta, com base na Figura 10, e a partir desta tabela obter o gráfico S x t do movimento da pedra em queda (veja a Figura 11).

Tabela 2: Posição e tempo relacionados a pontos indicados na figura

| Posição (cm) | Tempo (s) |
|--------------|-----------|
| 0 | 0 |
| 5,0 | 0,1 |
| 20,0 | 0,2 |
| 45,0 | 0,3 |
| 80,0 | 0,4 |

Agora podemos calcular a velocidade média para os intervalos de décimo de segundo representados no gráfico da Figura 11. Para os intervalos, temos (veja a Atividade 1, onde foi montada a tabela do movimento) as seguintes velocidades médias: 50 cm/s , 150 cm/s, 250 cm/s e 350 cm/s.

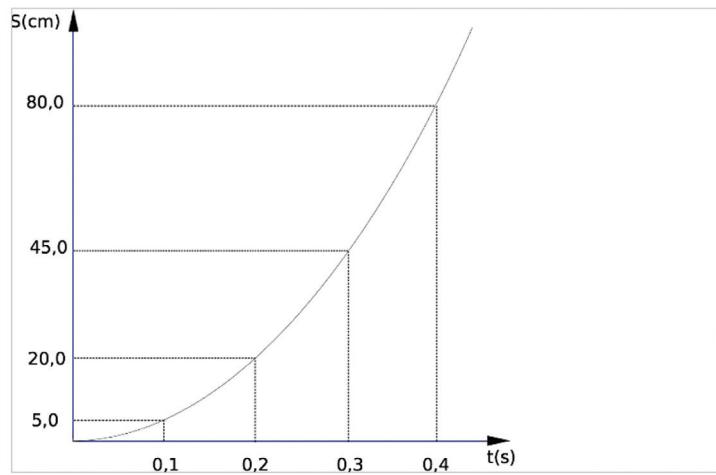


Figura 11: Gráfico da posição da pedra como função do tempo, para o movimento da pedra na imagem estroboscópica da Figura 10.

De posse dessas velocidades, podemos dispor de um gráfico da velocidade média como função do tempo. Primeiramente, construímos uma tabela da velocidade média em função do tempo:

Tabela 3: Velocidade média (em intervalos de 0,1s) em função do tempo.

| Velocidade média (cm/s) | Tempo (s) |
|-------------------------|-----------|
| 0 | 0 |
| 50 | 0,1 |
| 150 | 0,2 |
| 250 | 0,3 |
| 350 | 0,4 |

Perceba que a cada décimo de segundo (por exemplo, de 0,1 para 0,2 ou de 0,3 para 0,4) a velocidade é aumentada de 100 cm/s (excetuando-se o intervalo de 0 a 1 décimos de segundo). Quando o aumento na velocidade é igual para intervalos de tempo iguais, dizemos que o movimento é do tipo movimento uniformemente variado (MUV). Repare que a aceleração é a taxa com que a velocidade varia no tempo. Deste modo, podemos concluir que o MUV corresponde a uma aceleração constante, ou seja, que não varia no tempo. Uma vez com a Tabela 3 em mão, faça o gráfico $v \times t$ para o MUV.

Repare que a curva correspondente ao MUV no gráfico $v \times t$ é uma linha reta. Novamente frisamos que até mesmo o MUV é uma espécie de movimento idealizado. Excetuando-se a queda livre nas proximidades da superfície da terra, a maioria dos movimentos que ocorrem na natureza não possui aceleração constante. Apresentamos como exemplo a velocidade dos corredores Usain Bolt e Richard Thompson como função do tempo, na corrida de 100 metros rasos.



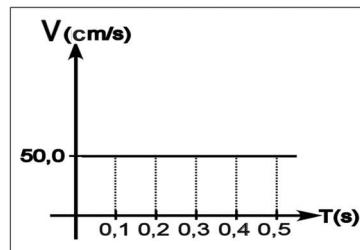
Saiba Mais

A área do gráfico pode nos dizer muita coisa.

Vamos começar esta discussão construindo uma tabela referente a velocidade e tempo para o movimento da bilha da primeira figura da Atividade 1, como na Tabela 2.

| Velocidade (cm/s) | Tempo (s) |
|-------------------|-----------|
| 50 cm/s | 0 |
| 50 cm/s | 0,1 |
| 50 cm/s | 0,2 |
| 50 cm/s | 0,3 |
| 50 cm/s | 0,4 |
| 50 cm/s | 0,5 |

Com a tabela em mãos, fica fácil construir um gráfico de $v \times t$ (veja na figura a seguir).



Repare que a curva correspondente a este movimento é uma linha reta horizontal. E mais, veja que, se calcularmos a área do retângulo formado, obteremos o seguinte:

Área = base x altura = $0,5\text{s} \times 50\text{cm/s} = 25\text{cm}$

que é exatamente a distância total percorrida pela bilha. Isso não é mera coincidência. Veja que a base deste retângulo é medida em segundos (já que o eixo horizontal é o eixo do tempo), e a altura é medida em m/s (porque o eixo vertical é a velocidade). Quando calculamos a área do retângulo, estamos multiplicando o intervalo de tempo pela velocidade:

$$\text{cm/s} \times \text{s} = \text{cm}$$

Mesmo nos casos em que a curva correspondente ao movimento do objeto no gráfico $v \times t$ não for uma reta, ainda podemos aplicar a mesma técnica. O fato é que, no gráfico $v \times t$, a área sob a curva será o deslocamento percorrido pelo corpo, mesmo que não saibamos como calculá-la.

Saiba Mais

Finalmente, pelo conceito apresentado de aceleração, podemos escrever a seguinte equação para a mesma:

$$am = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Isto é, a aceleração é a razão entre a variação da velocidade (Δv) em determinado intervalo de tempo (Δt). Devido ao fato de medirmos velocidade em m/s e tempo em s no SI, a unidade de aceleração do SI é $(\text{m/s})/\text{s} = \text{m/s} \times 1/\text{s} = \text{m/s}^2$.

Seção 5

Queda Livre e o MUV

Discutiremos o problema de queda livre como o exemplo maior do MUV. Lembre-se do que vimos na seção anterior. Sob certas condições, a queda de um corpo corresponde a um movimento de aceleração constante. Chamamos esta aceleração de aceleração da gravidade (g). O valor da aceleração da gravidade é de aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$, mas para simplificar possíveis contas consideraremos $g = 10 \text{ m/s}^2$.



Multimídia

Desprezando a resistência do ar

Uma condição indispensável para que o movimento de queda possua uma aceleração constante $g = 10 \text{ m/s}^2$ é que a resistência do ar possa ser desprezada. Você já deve ter percebido que objetos tais como folhas de papel caem de maneira bastante peculiar. Entretanto, se não houvesse atmosfera aqui na Terra, esses objetos cairiam com a mesma aceleração $g = 10 \text{ m/s}^2$. Na verdade, na ausência da resistência do ar, qualquer corpo, independente do valor da sua massa, cai com a mesma aceleração da gravidade. A resistência do ar faz com que detalhes, como o formato do corpo, passem a influenciar no movimento de queda do mesmo. Tanto é assim que uma folha de papel, uma vez amassada de modo a virar uma bolinha, cai da mesma forma que outro objeto de maior massa, conforme você pode constatar largando ambos juntos de uma mesma altura. Antes de ser amassada, a folha teria uma queda bastante diferente. Um vídeo bem interessante que ilustra esse fato é o seguinte:

<http://www.youtube.com/watch?v=KDp1tiUsZw8>

Ao final da última caminhada na superfície lunar feita pela equipe da Apolo XV, o comandante David Scott faz a seguinte experiência: diante das câmeras, ele larga ao mesmo tempo uma pluma e um martelo. Conforme podemos constatar, ambos os corpos atingem o solo ao mesmo tempo. Esse vídeo serve como justificativa para a afirmativa de que a Lua não possui uma atmosfera (o que não é de todo verdade; a diferença essencial, além das composições diferentes de gases, é que a atmosfera da Lua é consideravelmente menos densa que a da Terra).

Vamos abordar outras informações acerca do MUV. Lembre-se de como construímos o gráfico de S x t para a queda da pedra na Figura 11. Perceba que a posição S como função do tempo obedece à seguinte equação:

$$S = \frac{1}{2}gt^2$$

onde g é a aceleração da gravidade ($g = 10 \text{ m/s}^2$) e t indica tempo. É simples verificar isso. Utilizando uma calculadora, veja que, se substituirmos $g = 10 \text{ m/s}^2$ na equação e os valores de tempo $t = 0, 0,1, 0,2, 0,3$ e $0,4 \text{ s}$, obteremos:

$$S(0) = (\frac{1}{2}) 10 \times 0^2 = 0 \text{ m}$$

$$S(0.1) = (\frac{1}{2}) 10 \times 0.1^2 = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

$$S(0.2) = (\frac{1}{2}) 10 \times 0.2^2 = 0,20 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

$$S(0.3) = (\frac{1}{2}) 10 \times 0.3^2 = 0,45 \text{ m} = 45 \text{ cm}$$

$$S(0.4) = (\frac{1}{2}) 10 \times 0.4^2 = 0,80 \text{ m} = 80 \text{ cm}$$

Que são exatamente os valores das posições ocupadas pela pedra na Figura 10.

Sempre que um objeto executar um MUV, sua posição exibirá um comportamento quadrático no tempo. Já com respeito à velocidade, como vimos anteriormente, existe uma relação linear com o tempo. Como seria a forma da curva da aceleração em função do tempo?

Bem, podemos construir uma tabela, como nos outros casos, dos valores da aceleração para intervalos iguais de tempo. Entretanto, conforme vimos, a aceleração no MUV é constante, o que facilita muito na hora de construir o gráfico a x t.

Podemos perceber que a forma da curva, nesse gráfico, é a de uma linha reta horizontal (paralela ao eixo do tempo), pois à medida que o tempo passa o valor da aceleração não se altera.

Por fim, podemos resumir o MUV da seguinte maneira: no MUV, a velocidade do corpo se altera. Entretanto, a variação de velocidade do corpo, em um mesmo intervalo de tempo, será sempre igual (basta se lembrar do que observamos no exemplo da Seção 4. Naquele caso, a velocidade média em intervalos de tempo iguais aumentou sempre do mesmo valor). Podemos dizer que este é um traço marcante do MUV.

Testando seus reflexos!

Como uma aplicação interessante do que vimos no MUV, sugerimos a você a seguinte atividade: pegue uma régua de 30 cm e peça auxílio de outra pessoa para que segure a régua. Em seguida, posicione uma de suas mãos em forma de garra, em torno da régua, na marcação "0" da mesma. Agora, peça que esta outra pessoa largue a régua, sem lhe avisar quando, e tente agarrar a mesma, antes de ela cair no chão (veja a figura a seguir para uma descrição visual do que está escrito nesta atividade).

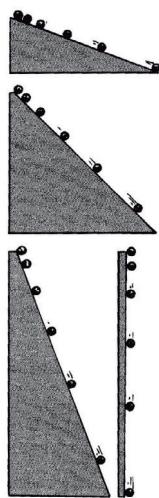
Lendo na régua qual foi a marcação onde você a agarrou, você será capaz de dizer o quanto a régua caiu (um exemplo típico seria algo em torno de 20 cm). Finalmente, utilizando a fórmula $S = 5t^2$ (onde já utilizamos $g = 10 \text{ m/s}^2$ para o valor da aceleração), você saberá aproximadamente o quão rápido é o seu reflexo.



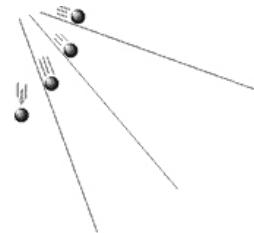


Saiba Mais

O movimento de queda livre é muito rápido sendo impossível medir tempos de queda com um relógio de água - clepsidra. Atualmente, também, com um cronômetro comum de competição.



Galileu percebeu que num plano inclinado o movimento de queda reproduz a mesma estrutura da queda livre - diluindo a força da gravidade, sendo mais fácil medi-lo. E concluiu que se os resultados obtidos num plano inclinado raso se mantivessem válidos em planos de maior inclinação, então, também, seriam válidos num plano inclinado de inclinação máxima ou seja a queda livre.



Devido às limitações tecnológicas de medição da época, Galileu associou métodos hipotéticos-dedutivos ao processo de medição experimental. Levantou a hipótese de que a velocidade deveria ser proporcional ao tempo de queda e deduziu que o deslocamentos deveriam ser proporcionais ao quadrado do tempo. Em consequência, os deslocamentos efetuados em intervalos de tempos iguais deveriam ser proporcionais à série de números ímpares - 1:3:5:7:9:11..., tornando possível realizar medições com uma relógio de água.

Após inúmeras experiências sua hipótese foi comprovada e Galileu pode estabelecer a lei da queda dos corpos (desprezando-se efeitos provocados pela resistência do ar): A velocidade dos corpos em queda livre é proporcional ao tempo de queda.

Em símbolos matemáticos:



$v = g \cdot t$, onde g é uma constante de proporcionalidade que caracteriza a aceleração da gravidade no local.

Movimento relativo! – Pense e responda

1. Suponha que uma pessoa M esteja sentada em um ônibus que se move em relação à Terra. Duas cadeiras à frente, uma pessoa N também está sentada.
 - a. A pessoa N está parada ou está em movimento em relação à Terra?
 - b. E em relação à pessoa M?
2. Uma pessoa, em um carro, observa um poste na calçada de uma rua, ao passar por ele. O poste está em repouso ou em movimento? Explique.
3. De acordo com as ideias da física atual (nem tão atual assim, pois sabemos disso desde a época de Galileu), a diferença fundamental entre os modelos heliocêntrico (Copérnico) e geocêntrico (Ptolomeu) era simplesmente uma escolha de referenciais diferentes. Qual o referencial que Copérnico estava adotando ao propor o sistema heliocêntrico?

Atividade

8

Resumo

Nessa unidade adentramos o estudo da cinemática, onde aprendemos conceitos como velocidade e aceleração. Podemos definir a velocidade como sendo a rapidez com que um corpo se move. Matematicamente, traduzimos como a razão entre a distância percorrida por um corpo e o tempo gasto nesse trajeto. Mas bem sabemos que essa é a velocidade média. Existe outro conceito de velocidade, que é a velocidade instantânea. Essa exprime o quanto rápido um corpo se move em um intervalo curto de tempo. Já a aceleração diríamos que é a velocidade da velocidade, ou seja, o quanto rápido um corpo varia a sua velocidade. De certo, a grande maioria dos movimentos que presenciamos em nosso cotidiano não é constante ou uniformemente variado. A aceleração varia também, entretanto, todo estudo de física, ou até mesmo de ciências, é uma adaptação de simplificação da realidade. E isso nos permite prever e controlar fenômenos naturais.

Veja Ainda

Tudo não passa de um ponto de vista!

Apesar de termos estudado os conceitos de velocidade, posição, deslocamento etc., há um conceito muito importante e fundamental que ainda não vimos: a ideia de velocidade relativa.

Talvez você já tenha ouvido alguém dizer, em tom informal, que “tudo é relativo”. Esta frase estabelece a ideia de que não há valores fundamentais por si mesmos, e sim que os valores se estabelecem de uma certa perspectiva. Não entraremos nos pormenores do relativismo cultural, mas focaremos na relatividade de Galileu.

Sugerimos que aprecie um vídeo que conta um pouco da história de Galileu Galilei, tido por muitos como o pai da física e de toda a ciência moderna:

- <http://www.youtube.com/watch?v=m84brvmGgs0>

Galileu foi um pesquisador bastante prolífico. Dentre os diversos assuntos estudados por ele, o movimento dos corpos tem um papel fundamental. Podemos, inclusive, atribuir a ele a criação da física recente. Dizemos isso por que ele foi o primeiro a associar a física a constantes práticas experimentais. Antes dele, os filósofos gregos já elaboravam uma série de modelos complexos. Entretanto, pouquíssimos deles confrontavam as proposições de seus modelos experimentalmente.

A ideia é a seguinte: imagine que você está viajando no banco do carona de um carro. Olhando para o motorista, você deve ter a nítida impressão de que ele está em repouso, assim como você. Ao olhar pela janela e focar num poste, entretanto, o mesmo lhe dará a impressão de se mover. Quando questionado a respeito do estado de movimento real dos objetos, você provavelmente diria:

“Eu, o carro e o motorista é que estamos em movimento. Os postes estão presos ao chão, então são eles que estão em repouso, assim como a estrada.”

À luz da relatividade galileana, esta seria uma resposta equivocada. Sempre que dizemos que um objeto está em movimento, devemos dizer também em relação a qual outro corpo (que chamaremos de referencial) este movimento se dá. Dizemos então que a velocidade do corpo que estamos estudando é sempre relativa a um referencial. Quando você imagina que o poste está em repouso, lembre-se de que na verdade o poste, você e todas as pessoas que você conhece estão no planeta Terra. Este, por sua vez, movimenta-se em nosso sistema solar, com uma velocidade de cerca de 30 km/s em relação ao Sol. Deste modo, sempre que dissermos que um objeto possui certa velocidade, devemos ter em mente que esta velocidade é relativa a um determinado referencial, mesmo que não falemos isso explicitamente. Assim, o conceito de referencial é fundamental em física. Veremos no próximo módulo a relação que existe entre referenciais e as leis de Newton.

Atividade 1

- c. Como estudamos nesse início de aula, a velocidade média é uma razão entre o espaço percorrido, pela esfera de aço, e o tempo que ela levou para percorrer essa distância. Logo, entre os pontos A e B temos $d = 5,0 \text{ cm}$ e $t = 0,1 \text{ s}$. Note que o intervalo de tempo decorrido entre uma foto e outra é de 0,1, exatamente o tempo gasto para a esfera percorrer 5,0 m. Logo, temos: $V_m = 5 / 0,1 = 50 \text{ cm/s}$.
- d. Entre os pontos C e D a distância também é de 5,0 cm e ocorreram apenas duas fotos, cujo intervalo de tempo entre elas é de 0,1s. Portanto, teremos a mesma conta da letra a) e a velocidade média vale 50,0 cm/s.
- c. Entre os pontos B e E temos três fotos, logo $3 \times 1,0 = 0,3 \text{ s}$ para o tempo e 15,0 cm para a distância. Dessa forma, a velocidade média = $15/0,3 = 50 \text{ cm/s}$.
- d. Entre os pontos A e F vemos que ocorreram 5 fotos, ou seja, toda a imagem estroboscópica. Logo, temos: 5 x 0,1 para o tempo e 5 x 5 para a distância. Vemos que a velocidade média vale 50 cm/s.

Atividade 2

Nesse caso, não poderemos dividir o espaço pelo tempo indiscriminadamente. Você já viu alguma velocidade cuja unidade era dada em km/min? Muito provavelmente não! Vamos dar essa resposta em km/h e para isso temos que passar 30 min para hora. Bem, 1 h tem 60 min, logo 30 min nada mais é que 0,5 h. Agora basta aplicarmos a definição: $V_m = 20/0,5 = 40 \text{ km/h}$.

Atividade 3

- Aplicando o conceito de velocidade média, podemos resolver esse problema rapidamente. Podemos notar que a primeira distância vale 5 cm, e o tempo que a bolinha levou para percorrer essa distância é de 0,1 s (esse tempo é igual para todo percurso consecutivo de bolinhas). Logo, $Vm^1 = 5/0,1 = 50 \text{ cm/s}$. Para o segundo, $Vm^2 = 15/0,1 = 150 \text{ cm/s}$. Você já deve ter notado que, nesse caso, basta dividir a distância entre uma foto e outra pelo tempo, que é de 0,1! Daí teremos $Vm^3 = 250 \text{ cm/s}$, $Vm^4 = 350 \text{ cm/s}$.
- Note que há aumento de 100 cm/s na velocidade em cada passo que damos no tempo! Isso gera uma aceleração de 100 cm/s^2 , como veremos na próxima seção.

Atividade 4

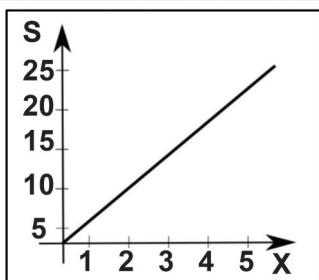
O gráfico da direita representa o movimento de maior, pois tem maior inclinação. Isso nos mostra que, para intervalos iguais de tempo, o móvel desse gráfico percorre uma distância maior que a do gráfico da esquerda.

Atividade 5

a.

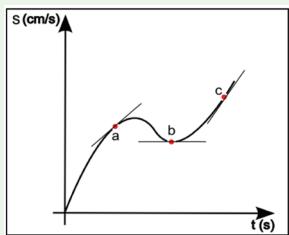
| Tempo (s) | Distância (cm) |
|-----------|----------------|
| 0,0 | 0 |
| 0,1 | 5 |
| 0,2 | 10 |
| 0,3 | 15 |
| 0,4 | 20 |
| 0,5 | 25 |

b.



Respostas
das
Atividades

Atividade 6

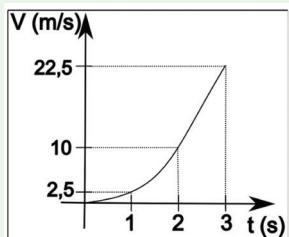


Note que na imagem acima traçamos uma reta tangente em cada ponto. Com essa reta podemos comparar as velocidades em cada um desses instantes. O que tiver a maior inclinação tem a maior velocidade, que é o ponto c.

No gráfico posição x tempo, a **velocidade média** é dada pela **inclinação da reta secante**.

Atividade 7

a.



- b. No instante $t = 3\text{ s}$.

Atividade 8

1.
 - a. Em movimento.
 - b. Parada.
2. Em movimento, pois a pergunta refere-se ao passageiro. Logo, do ponto de vista do passageiro, quem está em movimento é o poste.
3. O Sol, pois supunha que a Terra e os demais planetas do Sistema Solar estavam em movimento em relação ao Astro Rei.

Bibliografia

- HEWITT, Paul. Física Conceitual, 9^a. Edição. Porto Alegre: ARTMED Ed., 2002
- LUZ, Antonio Máximo Ribeiro da e ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. Curso de física. São Paulo: Scipione. 2007.
- Boa, M. F. & Guimarães, L. A. Física: Termologia e óptica Ensino Médio São Paulo: Harbra, 2007

Imagens



- André Guimarães



- [http://www.sxc.hu/photo/1239807.](http://www.sxc.hu/photo/1239807)



- [http://www.sxc.hu/photo/956386.](http://www.sxc.hu/photo/956386)



- [http://www.sxc.hu/photo/1056593.](http://www.sxc.hu/photo/1056593)



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- http://www.sxc.hu/photo/517386 • David Hartman.



- http://www.sxc.hu/985516_96035528.



O que perguntam por aí?

ENEM 2011

Para medir o tempo de reação de uma pessoa, pode-se realizar a seguinte experiência:

- I. Mantenha uma régua (com cerca de 30cm) suspensa verticalmente, segurando-a pela extremidade superior, de modo que o zero da régua esteja situado na extremidade inferior.
- II. A pessoa deve colocar os dedos de sua mão, em forma de pinça, próximos do zero da régua, sem tocá-la.
- III. Sem aviso prévio, a pessoa que estiver segurando a régua deve soltá-la. A outra pessoa deve procurar segurá-la o mais rapidamente possível e observar a posição onde conseguiu segurar a régua, isto é, a distância que ela percorre durante a queda.

O quadro seguinte mostra a posição em que três pessoas conseguiram segurar a régua e os respectivos tempos de reação.

| Distância percorrida pela régua durante a queda (metro) | Tempo de reação (segundo) |
|---|---------------------------|
| 0,30 | 0,04 |
| 0,15 | 0,17 |
| 0,10 | 0,14 |

A distância percorrida pela régua aumenta mais rapidamente que o tempo de reação porque a

- a) energia mecânica da régua aumenta, o que a faz cair mais rápido.
- b) resistência do ar aumenta, o que faz a régua cair com menor velocidade.
- c) aceleração de queda da régua varia, o que provoca um movimento acelerado.

- d) força peso da régua tem valor constante, o que gera um movimento acelerado.
- e) velocidade da régua é constante, o que provoca uma passagem linear de tempo.

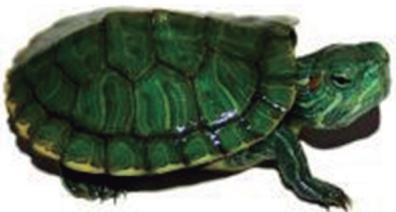
Resposta: Ao largar a régua, esta ganha velocidade devido ao movimento acelerado gerado a partir da ação da aceleração da gravidade, sentida por todos os corpos. Como o corpo em questão possui a mesma massa ao longo da trajetória e a aceleração da gravidade pode ser considerada constante, sua força peso, resultante do produto da massa pela gravidade, é constante. Letra D.



Atividade extra

Questão 1

Ligeirinha é uma tartaruga que adora andar em uma mesma direção. Geralmente ela se desloca 0,01Km a cada hora, durante o seu percurso.



Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/1150376>

A distância percorrida por Ligeirinha durante 3h, em metros, é de:

- a. 3;
- b. 30;
- c. 300;
- d. 3000.

Questão 2

Durante uma competição de foguetes, um dos foguetes lançados deslocava-se com velocidade escalar de 25 m/s e, em 5 segundos, aumentou sua velocidade para 90 m/s.



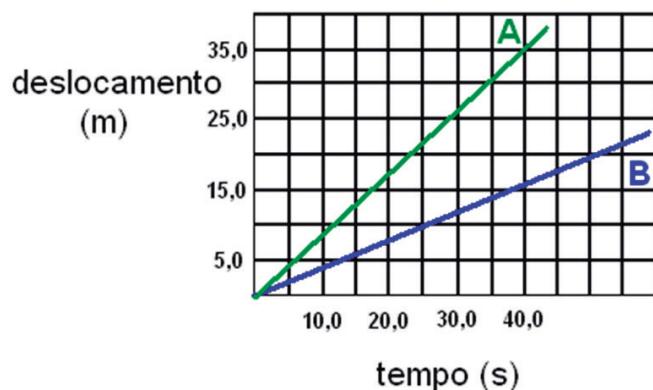
Fonte: http://farm5.staticflickr.com/4024/4640891790_c0eb399be9_o.jpg

Com base nestes dados, pode-se dizer que sua aceleração escalar média, em módulo, neste intervalo de tempo foi, em m/s^2 , de:

- a. 5;
- b. 25;
- c. 13;
- d. 90.

Questão 3

O gráfico na figura ao lado representa as posições de dois foguetes, A e B, que se deslocam verticalmente, em função do tempo.

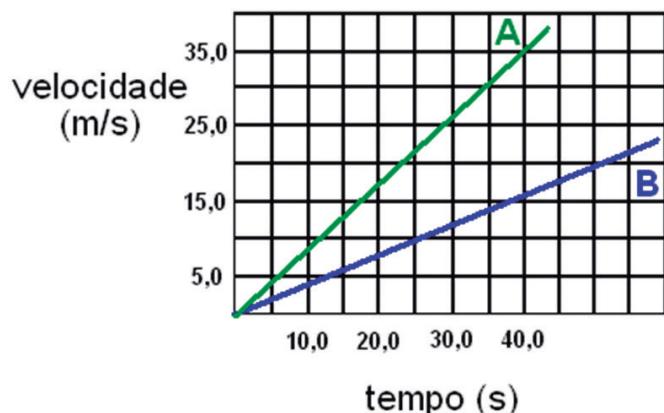


A partir deste gráfico, analisando a inclinação da reta, é possível concluir que no intervalo de 10,0 a 40,0 segundos,

- a. a velocidade do veículo A é maior que a do veículo B;
- b. a velocidade do veículo A é menor que a do veículo B;
- c. a velocidade do veículo A é a mesma do veículo B;
- d. a velocidade do veículo A e a velocidade do veículo B são nulas.

Questão 4

O gráfico na figura ao lado representa as posições de dois foguetes, A e B, que se deslocam verticalmente, em função do tempo.



A partir deste gráfico, analisando a inclinação da reta, é possível concluir que no intervalo de 10,0 a 40,0 segundos,

- a. a aceleração do veículo A é menor que a do veículo B;
- b. a aceleração do veículo A é maior que a do veículo B;
- c. a aceleração do veículo A é a mesma do veículo B;
- d. a aceleração do veículo A e aceleração do veículo B são nulas.

Questão 5

Um corpo, abandonado do alto de uma torre de 125 m de altura, chega ao chão em 5s, desenvolvendo uma aceleração de 10 m/s^2 .

Qual a velocidade do corpo no instante em que atinge o solo?

- a. 5,0 m/s;
- b. 10,0 m/s;
- c. 50,0 m/s;
- d. 125,0 m/s.

Gabarito

Questão 1

- A B C D
-

Questão 2

- A B C D
-

Questão 3

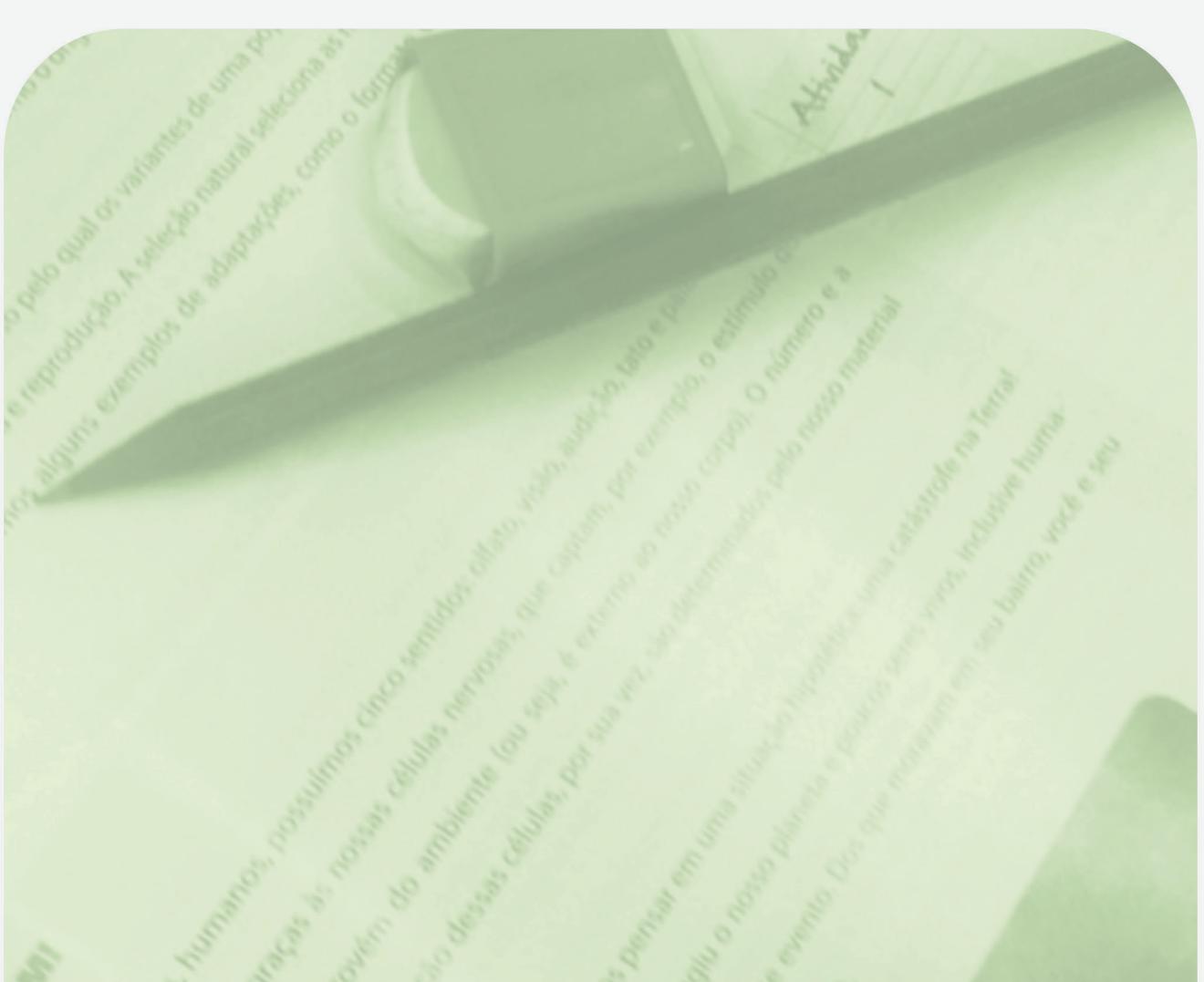
- A B C D
-

Questão 4

- A B C D
-

Questão 5

- A B C D
-



Eu tenho a força!

Fascículo 1
Unidade 3

Eu tenho a força!

Para Início de conversa...

Você já praticou musculação? Se a resposta for positiva, você deve ter visto na sua academia algumas pessoas bastante fortes, capazes de erguer uma carga bem acima do que uma pessoa normal é capaz (isto se você mesmo já não se encaixa nessa categoria). Também se costuma associar a palavra força a estivadores de porto, caminhoneiros e halterofilistas. O que essa palavra significa na Física?



Figura 1: Estivador de porto à esquerda e à direita, um halterofilista.

Conforme veremos neste módulo, as forças são responsáveis por alterar o *estado de movimento* dos corpos. Lembre-se que no módulo passado vimos diversos tipos de movimentos, mas em nenhum momento nos perguntamos o porquê destes movimentos ocorrerem. Desta vez, iremos mais a fundo e traçaremos relações entre o movimento dos corpos e as forças que agem neles.

Objetivos de aprendizagem

- Identificar em quais condições um corpo realiza um movimento retilíneo uniforme;
- Associar o conceito de força a interações entre os corpos;
- Desenvolver diagramas de corpo livre;
- Explicar fenômenos simples, utilizando a Lei da ação-reação;
- Associar a força peso à interação entre o planeta Terra e os objetos que nele residem;
- Diferenciar força normal de força peso;
- Associar a força normal a uma força perpendicular à superfície em questão.

Seção 1

Forçando a barra

Bem, no início desta unidade, vimos que empregamos constantemente a palavra força no nosso dia a dia. Um outro exemplo do emprego desta palavra em nosso cotidiano é quando pedimos uma força para um camarada. Na Física, associamos a palavra força à interação entre os corpos. Eventualmente, as forças que atuam num determinado objeto podem até mesmo deformá-lo.

Existe uma categoria de forças que atuam mesmo que os corpos em questão estejam separados por uma certa distância. É o caso, por exemplo, da força de atração entre um prego e um ímã. Mesmo quando estão um pouco distantes um do outro, o prego e o ímã atraem-se mutuamente, mesmo que estivessem em uma câmara evacuada (sem nenhum ar em seu interior). Veja a Figura 2.

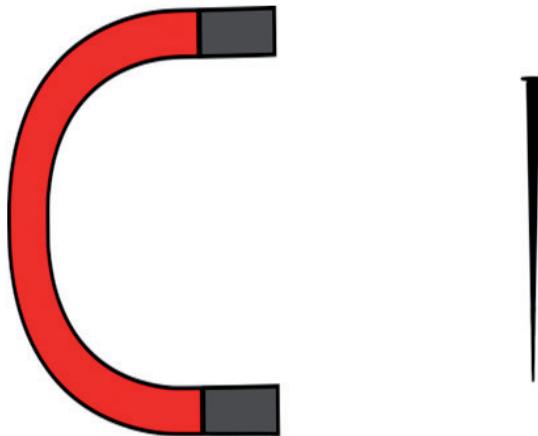


Figura 2: Imagem de um ímã e um prego. Mesmo afastados a uma certa distância, há uma interação (força) entre eles. Distâncias aqui é um certo exagero. Se os corpos em questão estiverem suficientemente afastados, o pedaço de ferro praticamente não sente a ação do ímã.

Chamamos esta interação, entre o ímã e o prego, de *força magnética*. Forças como a magnética, que atuam mesmo que os corpos não estejam em contato direto, são chamadas de *forças de campo*. Outros exemplos de forças de campo são a força peso (a força de atração gravitacional entre a Terra e todos nós), a força eletrostática e a força nuclear.

Para dar prosseguimento aos nossos estudos, é importante que saibamos como podemos medir na prática uma força. Para fazer isto, utilizaremos um dispositivo composto por um tubo, com uma **gradação** em milímetros em seu exterior e em seu interior uma mola, tal como pode ser visto na Figura 3. Chamamos este tipo de aparelho, que mede forças, de *dinamômetro*. Um tipo de dinamômetro muito conhecido é o utilizado em pesca, para medir o peso de um peixe capturado.

Gradação

Gradação – marcação de unidades de medida em um determinado objeto, como em uma régua onde há a marcação de cada milímetro, ou em uma balança onde há a marcação de cada grama.



Figura 3: Imagens de um dinamômetro com diferentes pesinhos. Cada um dos pesinhos tem 100g de massa. Podemos ver também a marcação apontada pelo dinamômetro, conforme vamos acrescentando os pesinhos, de um em um.

Utilizando alguns pesinhos, cada um de 100 gramas, realizamos a seguinte experiência: colocamos um único pesinho e constatamos que a marcação na gradação exterior do dinamômetro está em 1,0 cm. Colocando 2 pesinhos, vemos que a marcação na balança dobrou. Se pusermos um trio ao invés de um par, a marcação do dinamômetro passa a estar em 3 cm e, finalmente, quando dependurarmos 400 g no total (4 pesinhos de 100 g cada), a marcação do dinamômetro passa a apontar para 4 cm. Utilizando um dispositivo como este, podemos medir diversos tipos de forças.

Podemos montar um gráfico que contém a massa posta no dinamômetro e a deformação (expansão ou contração) correspondente, que é lida na marcação feita no mesmo (veja a Figura 4).

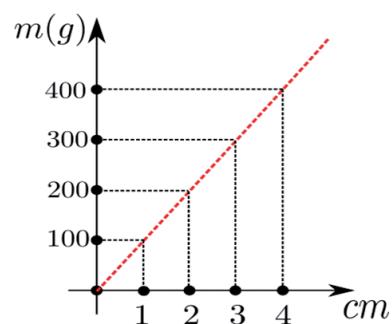


Figura 4: Gráfico construído a partir da utilização do dinamômetro da figura 3.

Como você pode observar no gráfico, conforme aumentamos gradativamente a quantidade de pesinhos, a deformação do dinamômetro aumenta proporcionalmente à massa dependurada.

Podemos então expressar esta relação como:

$$\text{Força} = \text{constante} \times \text{deformação da mola} \quad (1)$$



Esta fórmula é conhecida como *lei de Hooke*.

Você pode observar que há diferentes tipos de mola, desde espirais de caderno até molas utilizadas em suspensões de automóveis. O que diferencia estes tipos de mola? Certamente, será a resistência oferecida à força aplicada na mola. Por exemplo, com pouco esforço somos capazes de deformar a espiral de um caderno (a ponto, inclusive, de estragar a mola). Porém, para deformar uma mola, utilizada em suspensões de ônibus, teríamos de fazer uma força imensa, para verificar uma pequena deformação na mesma (lembre-se que elas são feitas para aguentar o peso da carroceria do ônibus e de mais de 40 passageiros ao mesmo tempo, dos mais variados pesos). O que caracteriza a resistência de uma mola é a constante que aparece na equação 1. Chamamos esta constante de *constante elástica*. Veja um exemplo de mola típico na Figura 5.

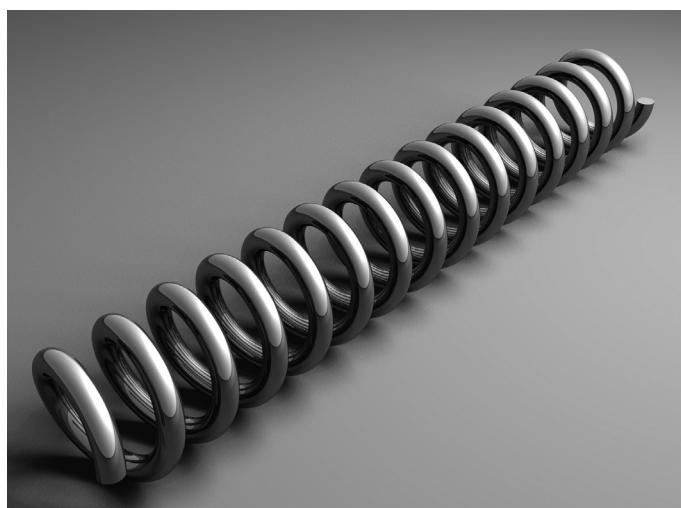


Figura 5: Exemplo típico de uma mola. Há diversas aplicações, como molas de espirais de caderno etc.

A unidade do Sistema Internacional para medir uma força é o Newton, representada pela letra N. Conforme veremos mais adiante, para determinar qual é a força peso que atua em um determinado objeto, devemos multiplicar o valor da sua massa pela aceleração da gravidade ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$, que aproximaremos por 10, para facilitar as contas), isto é, temos que

$$\text{Peso} = \text{Massa} \times \text{Aceleração da gravidade} \quad (2)$$

Deste modo, temos que cada um dos pesinhos do experimento anterior tem o seguinte peso:

$$P = 100 \text{ (g)} \times 10 \text{ (m/s}^2) = 0,1 \text{ (kg)} \times 10 = 1 \text{ kg m/s}^2 = 1 \text{ Newton (N).}$$

Logo, se cada pesinho colocado no dinamômetro do experimento exerce uma força de 1 Newton na mola, podemos descobrir a constante da fórmula (1) da seguinte forma:

$$\text{Força} = \text{constante} \times \text{deformação da mola}$$

$$1\text{N} = \text{constante} \times 1\text{cm} \quad \text{constante} = 1\text{N/cm}$$

Agora que sabemos medir forças, podemos representá-las em algumas situações. Com um dinamômetro, podemos determinar a *intensidade* (também chamada de **módulo**) de uma força. Entretanto, só a intensidade não nos permite caracterizar completamente uma força. Forças com mesma intensidade podem ter diferentes efeitos num objeto. Veja o exemplo da Figura 6.

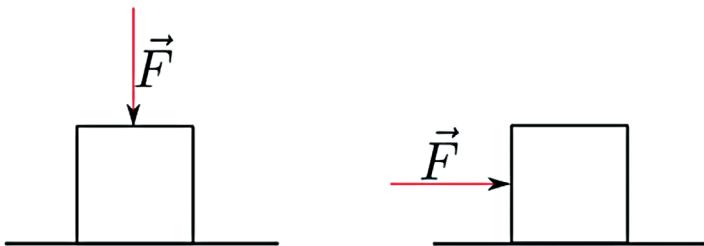


Figura 6: Uma mesma força F é aplicada em duas direções diferentes. Veja que o efeito causado pela força depende da direção e do sentido da mesma!

Duas forças com mesma intensidade tiveram efeitos bastante distintos no objeto da figura. Qual o motivo dessa diferença? Em um dos casos, a força aponta para a direita, enquanto que no outro, a mesma aponta para baixo. Por causa disto, precisamos sempre dizer em qual *direção e sentido* uma certa força aponta.

A *direção* de uma força nada mais é do que a linha reta onde a força se encontra. No caso do bloco que está à esquerda na Figura 6, esta linha é uma reta vertical, enquanto que para o bloco da direita, a força está na horizontal. Para representar a direção de uma força, você só precisa desenhar a linha reta sobre a qual a força se encontra.

Só que dizer apenas a linha reta onde a força localiza-se não é o bastante. Uma vez que fixamos a direção, sabemos apenas qual é a reta onde ela se encontra. Entretanto, um vetor sempre pode apontar para cada um dos dois lados de uma reta. Cada um destes lados vem a ser o que chamamos de *sentido*. Quando dizemos qual a *intensidade, direção e sentido* de uma força, caracterizamos esta força completamente. Grandezas deste tipo, que precisam destas três informações para ser efetivamente determinadas, são chamadas de *grandezas vetoriais*. Já vimos anteriormente outros exemplos de grandezas vetoriais, como, por exemplo, velocidade e aceleração. A partir de agora, utilizaremos setinhas para representar forças. O tamanho da seta indicará a intensidade da força, enquanto que a própria seta mostra a sua direção e sentido. Veja o exemplo da Figura 7.

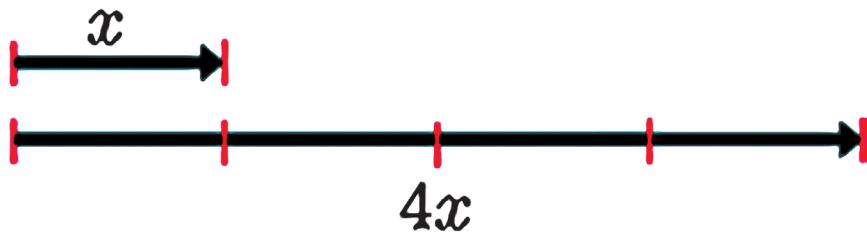


Figura 7: Temos dois vetores. Como o tamanho do vetor está relacionado ao seu módulo, temos que o módulo do de baixo é quatro (4) vezes maior que o do de cima.

Finalmente, vale a pena acrescentar que a representação de uma grandeza vetorial será feita, utilizando-se uma seta em cima da grandeza em questão. Exemplos: (\vec{F}), (\vec{V}), (\vec{S}), dentre outros.

Está perto ou distante?

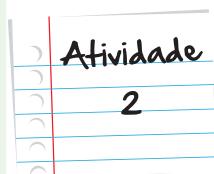
Dê 3 exemplos de situações onde encontramos uma força de contato e outros 3 onde encontramos forças que atuam a distância, ou seja, forças de campo.



Above a yellow sticky note: Anote suas respostas em seu caderno

Mudando de forma

Um objeto pode ter a sua forma deformada sem a aplicação de uma força?



Above a yellow sticky note: Anote suas respostas em seu caderno

Seção 2

2 + 2 é mesmo igual a 4?

Como vimos anteriormente, a força é uma grandeza física que se comporta vetorialmente. Ela tem módulo (a sua intensidade, que é representada pelo tamanho da “setinha”), direção (que é a reta onde o vetor se encontra) e sentido (que é um dos dois lados da reta que se pode seguir).

Pelo fato das forças serem representadas por vetores, precisamos aprender como fazer operações matemáticas com eles. Todas as grandezas vetoriais (como a força e a velocidade, por exemplo) não seguem a mesma forma da soma e da multiplicação de grandezas escalares (os números que conhecemos 0, 1, -15, pi, 357.18, ...), como estamos acostumados.

Dois vetores cujos módulos valem 2N podem ter como resultado de sua soma 4N ou qualquer valor que vá de 0 (zero) a 4N. Achou estranho? Então, veja o exemplo da Figura 8.

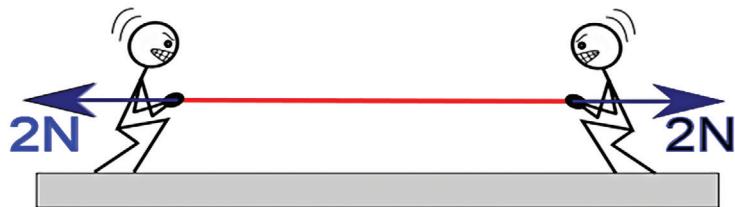


Figura 8: Dois amigos puxam uma corda, um da esquerda para direita e outro da direita para esquerda, com uma força de 2N cada.

Nesse caso, a soma das forças desses competitivos amigos vale zero. Veja por que: ambas as forças aplicadas valem 2N, as direções são iguais (neste caso, a direção seria a linha horizontal) e os sentidos são opostos. Para efetuar essa soma, precisamos escolher um sentido que indique qual das forças está em sentido positivo. Vamos escolher que o sentido positivo é o **da esquerda para a direita**. Sendo assim uma força é positiva (a que o amigo da direita faz) e outra é negativa, por que tem sentido oposto. Matematicamente, escrevemos:

$$2 + (-2) = 2 - 2 = 0 \quad (3)$$

Assim, podemos ver que o sinal da força depende do sentido da mesma. Se ela está no mesmo sentido ou no sentido oposto do que escolhemos como positivo.

Imagine agora que um dos amigos enfezou-se e aumentou a força que aplica na corda, e que o outro a manteve igual. Neste caso, essa soma deixará de ter resultado zero. Digamos que o rapaz da direita aumente a sua força para 5N. Agora a força que está no sentido positivo é maior que a que está no sentido negativo. Matematicamente, temos:

$$5 + (-2) = 5 - 2 = 3N \quad (4)$$

Desta vez, a resultante das forças vale $3N$, que acarretará numa aceleração (mudança na velocidade) da esquerda para direita (sentido que escolhemos como negativo. Note que se escolhêssemos o sentido oposto como positivo, o resultado não mudaria em módulo).

Neste caso, em que ambas as forças possuem a mesma direção (no caso a horizontal), foi simples determinar a soma vetorial. Mas se considerarmos vetores que podem ter direções diferentes, a soma vetorial já fica mais complicada. Por causa disso, apresentaremos a seguir um conjunto de instruções (também chamado de algoritmo, ou de “receita de bolo”) que nos permitirá determinar geometricamente a soma vetorial de uma quantidade qualquer de vetores.

2.1 - Soma Vetorial: A Regra do Polígono

Agora, apresentaremos um conjunto de instruções que, se seguidas, permitirão que somemos uma quantidade qualquer de vetores. A soma de vetores também é um vetor (do mesmo jeito que a soma de dois números fornece outro número). Assim, imagine que queremos somar os vetores \vec{A} , \vec{B} , \vec{C} ..., isto é, obteremos o vetor $\overrightarrow{\text{SOMA}} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \dots$:

Primeiro, represente (desenhe) o primeiro vetor (no caso o \vec{A}) num espaço em branco;

Agora, pegue o próximo vetor da lista (\vec{B} , \vec{C} , \vec{D} , ...) e coloque a ponta final (início) deste vetor na cabeça do vetor anterior (\vec{A} , \vec{B} , \vec{C} , ...);

Repita o passo 2) até que não haja mais nenhum vetor que desejamos somar;

Finalmente, representaremos o vetor final. Ele será um vetor cuja ponta final sai do início do primeiro vetor da lista (no caso o \vec{A}) e vai terminar na cabeça do último vetor da lista.

Como aplicação deste algoritmo, considere que desejamos somar os três (3) vetores \vec{A} , \vec{B} e \vec{C} da Figura 9 do exemplo a seguir.

Exemplo:

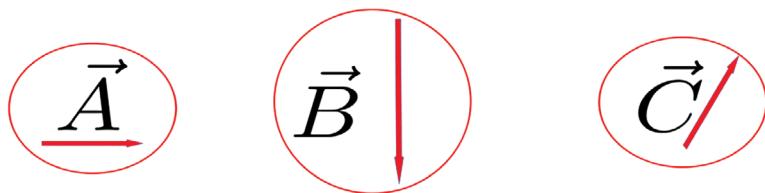


Figura 9: Representação de três vetores, \vec{A} , \vec{B} e \vec{C} , onde a soma é mostrada passo a passo na Figura 10.

Na Figura 10, temos a aplicação do algoritmo apresentado passo a passo.

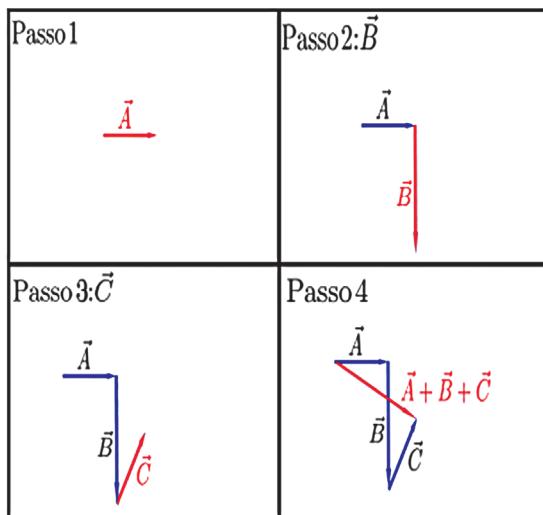


Figura 10: Diagrama que mostra passo a passo como aplicamos o algoritmo apresentado para os vetores da Figura 9.

Há um outro método que nos permite determinar o vetor soma resultante da soma de dois vetores, conhecido como *Regra do Paralelogramo*. Entretanto, não discutiremos esta regra aqui.



Para você entender melhor como uma força age, como funciona um vetor e como podemos realizar sua soma, veja a tele-aula do Telecurso 2000 que está disponível no *link* a seguir:
<http://youtu.be/f05sYSYb5fc>

Propomos agora que você aplique a regra do polígono em algumas situações simples.

Faça sua lista!

Liste as três características de um vetor que devem ser levadas em consideração numa operação como a soma.

Atividade

3

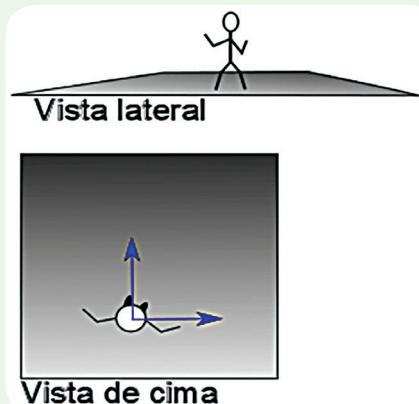
Anote suas
respostas em
seu caderno

Indicando a direção

Se uma pessoa sofre a ação de duas forças (indicadas pelas setas azuis), como mostra a figura a seguir, qual deve ser a direção para qual ela acelerará?

Atividade

4



Anote suas
respostas em
seu caderno

Seção 3

Saindo do normal

Um tipo bastante comum de força é a força perpendicular (também chamada de normal). Esta força existe para impedir que os corpos penetrem uns nos outros. Por exemplo, se você está lendo este texto, sentado em uma cadeira, esta impede que você penetre nela, fazendo uma força em você para cima. Quando você empurra um carro com as mãos, para ajudar um motorista com problemas em seu automóvel, a carroceria do carro impede que suas mãos penetrem no mesmo. Neste caso, a força também será a normal. Por que este tipo de força, que impede penetrações, leva este nome? Como o nome indica, o motivo deve-se ao fato de esta força ser sempre perpendicular (em Matemática, a palavra normal é sinônimo de perpendicular) à superfície de contato entre os corpos (veja a Figura 11).

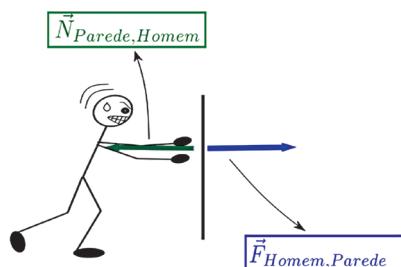


Figura 11: Um homem faz força sobre uma parede com suas mãos. Para evitar que as mãos do homem penetrem na parede, a parede exerce uma força Normal à sua superfície, nas mãos do homem.

A força *Normal* é sempre perpendicular à superfície onde ela atua (veja a Figura 12).

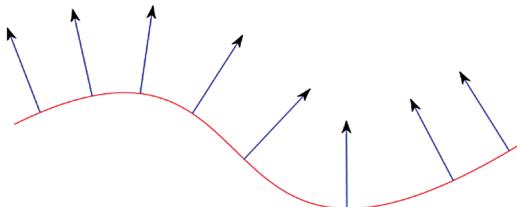


Figura 12: Temos uma linha sinuosa, para ilustrar o conceito de perpendicularidade. A força normal num ponto qualquer de uma superfície será sempre perpendicular à própria superfície naquele ponto.

Seção 4

Vale o quanto pesa

Você deve atentar para um fato importante. Quando subimos em uma balança, esse aparelho indica uma grandeza que não é o **peso** (como comumente chamamos), mas sim a intensidade da força de interação entre seus pés e a balança, que chamamos de *Normal*.

Uma maneira de visualizar o quanto essas duas grandezas (Peso e Normal) são diferentes é a seguinte. Fique em cima de uma balança e dê alguns pulinhos. Conforme você poderá constatar, a marcação da balança sofrerá alterações, à medida que você executa estes pequenos saltos. Entretanto, o seu peso não se altera neste processo. Isto acontece por que o contato entre seus pés e a plataforma da balança, e por conseguinte a força Normal, fica ora mais ora menos intensa.

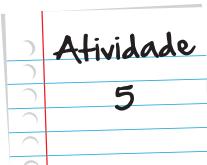
No início desta aula, vimos que existem alguns tipos de força. O peso na verdade é uma força, do tipo força de campo. Essa força não precisa de contato para existir: ela surge da interação entre dois corpos, mesmo a distância.

A força Peso sempre estará direcionada ao centro da terra. É ela a responsável pela queda das coisas. Quando deixamos um objeto cair, a força Peso faz com que ele acelere com o valor de g , o que corresponde a um acréscimo de 10 m/s em sua velocidade, a cada segundo (se não houver resistência do ar).

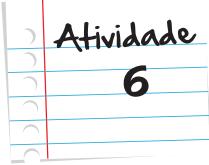


Treinando pesado!

Durante sua preparação para superar o conquistador de planetas Freiza, Goku fez um treinamento rigorosíssimo, onde o mesmo estava sujeito a uma gravidade 100 vezes a da Terra. Supondo que Goku tenha uma massa de 100 kg, qual seria o valor da força Peso, exercida sobre ele, enquanto está sob essa gravidade aumentada de 100 vezes ($100 \times g$). Na nossa gravidade, que objetos poderiam ter o valor do peso calculado de Goku na gravidade de $100 \times g$?



Above:
Anote suas
respostas em
seu caderno



Treinando PESADO: O Retorno!

Agora, suponha que Goku vá até uma Anã Branca (um objeto celeste que resulta da evolução de diversos tipos de estrelas, tais como o nosso Sol. Esta evolução dura bilhões de anos). A gravidade na superfície de uma Anã Branca pode chegar a até 100.000 vezes o valor da aceleração da gravidade na Terra ($100.000 \times g$). Se Goku conseguisse suportar essa gravidade, qual seria o valor da força Peso exercida sobre ele na superfície da Anã Branca? Na nossa gravidade, que objetos poderiam ter o valor do peso calculado de Goku na Anã Branca?

Anote suas respostas em seu caderno



Será que estou no sobrepeso?

Em que situação uma balança funciona corretamente, expressando o valor da massa do objeto que repousa sobre ele?

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 5

Diagramas de corpo livre

Para determinar o movimento de um corpo, é importante que primeiro saibamos quais são as forças que atuam sobre o mesmo. Para fazer isto, precisamos representar um *diagrama de corpo livre* (também chamado de *isolamento de forças*). Apresentaremos a seguir uma receita de bolo, que deverá ser sempre seguida, quando formos isolar as forças que atuam num objeto.

1. Represente *apenas* o corpo que será isolado. Não desenhe qualquer outro objeto no diagrama;
2. Identifique e marque primeiro quais forças de campo atuam no corpo em questão, utilizando sempre subíndices para representar o corpo que exerce a força e o corpo que a sofre (por exemplo, se estamos isolando um prego que está próximo de um ímã, a força exercida pelo ímã no prego será indicada como $F_{\text{ímã}, \text{prego}}$);
3. Veja quantos objetos estão em contato com o corpo que está sendo isolado. Marque *uma única* força para cada contato, usando a convenção de subíndices da regra 2 (por exemplo, se estamos isolando um livro que está sobre uma mesa, a força exercida pela mesa sobre o livro seria representada como $N_{\text{mesa}, \text{livro}}$. Utilizamos N neste caso por que a força é uma normal, que impede que o livro penetre na mesa). Vale a pena dar uma dica, que pode nos ajudar a verificar se realizamos o isolamento corretamente. Imagine que estamos isolando uma caneca que está sobre a mesa, conforme pode-se ver na Figura 13.

Lembre-se que quando isolamos um corpo, marcamos APENAS as forças que atuam SOBRE ele. Isto significa que, se seguimos corretamente os 3 passos da receita de bolo fornecida anteriormente, todas as forças devem ser do tipo $\vec{F}_{\text{mesa}, \text{caneca}}$, por que estamos isolando a caneca. Em outras palavras, se o segundo nome que aparece no subíndice das forças não for o mesmo nome do corpo que estamos isolando (neste caso, a caneca), comece a questionar o seu diagrama.

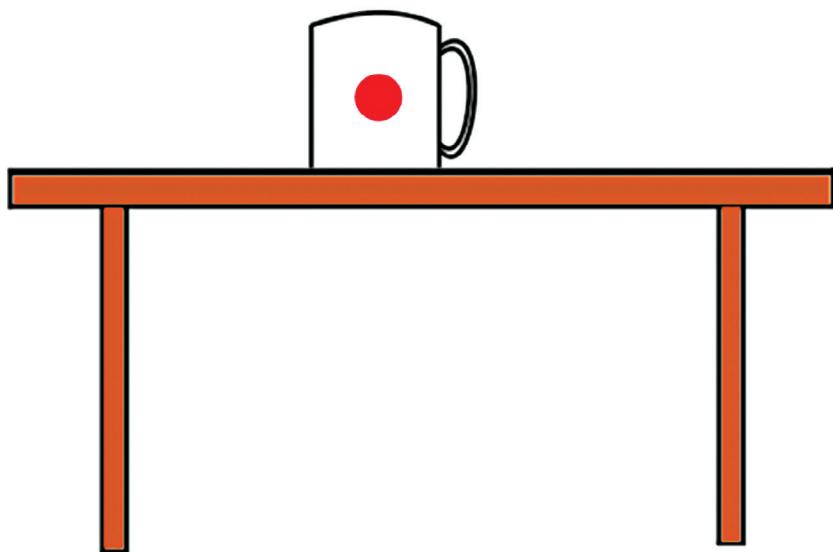


Figura 13: Figura de uma caneca sobre uma mesa.

Deste modo, o isolamento da caneca é representado na Figura 14.

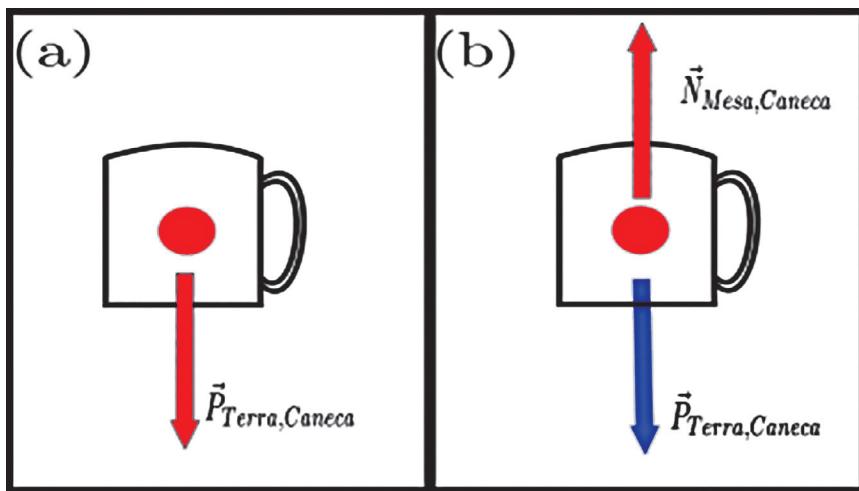


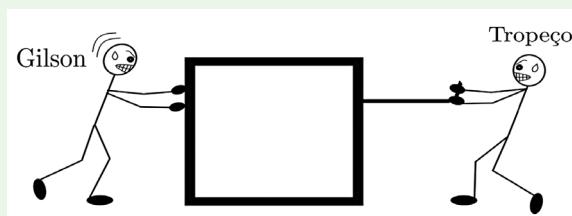
Figura 14: Representação do isolamento da caneca da Figura 12 passo a passo.

Bate na madeira! Isola!

Considere que dois amigos truculentos, Tropeço e Gilson, desejam transportar uma caixa muito pesada, tal como na figura desta atividade. Faça o diagrama de forças para Gilson, Tropeço e para a caixa, e responda à seguinte pergunta:

a. Tropeço está fazendo alguma força na caixa? E em Gilson? Justifique.

Agora que conhecemos alguns tipos de forças e sabemos como isolar os corpos, podemos nos perguntar qual a relação entre força e movimento. Esta pergunta será apenas parcialmente respondida neste módulo.



Anote suas respostas em seu caderno

Seção 6

A Lei do movimento (Primeira Lei de Newton, ou ainda Lei do Movimento de Galileu)

O que acontece quando a resultante das forças que atuam sobre um objeto não é nula? Por exemplo, considere o caso de um livro, que está sobre uma mesa áspera e que sofre um empurrão, de modo a entrar em movimento (veja a Figura 15).



Figura 15: Imagem que representa um livro que é posto a entrar em movimento, da esquerda para a direita com uma velocidade inicial v , numa mesa áspera. Uma força de atrito atuará sobre o livro, até o mesmo entrar em repouso.

Podemos constatar, através da experiência, que existe uma força de contato, chamada força de atrito, que a mesa exerce sobre o livro, enquanto este desliza sobre a superfície da mesa. Quanto maior for a força de atrito, mais rápido ele entrará em repouso. Agora, imagine que a mesa fosse de gelo. Neste caso, o coeficiente de atrito seria muito pequeno! Ao experimentar um empurrão numa mesa como essa, o livro iria percorrer uma distância enorme antes de parar.

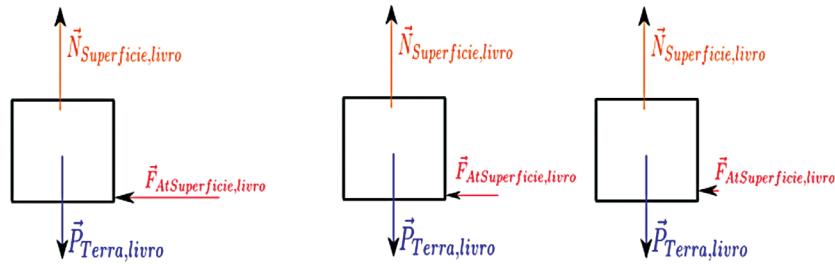


Figura 16: Representação do isolamento de forças para o livro, que está sobre a mesa áspera. Temos representadas três situações diferentes, onde variamos a aspereza entre o livro e a mesa. Quanto maior o coeficiente de atrito, maior será a força de atrito que o livro exerce na mesma.

Se representássemos a velocidade do livro como função do tempo, para as três situações descritas na Figura 16, obteríamos algo muito parecido com o descrito a seguir.

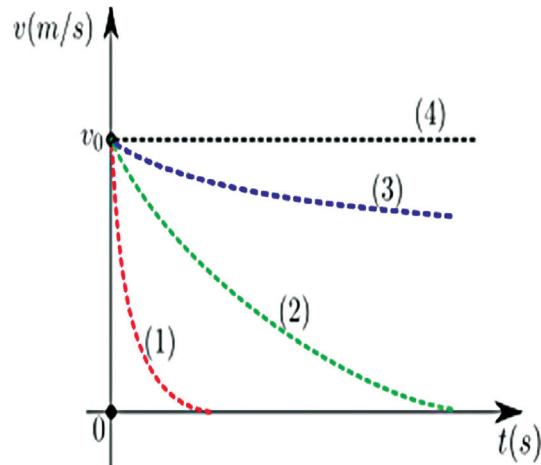


Figura 17: Curvas correspondentes às situações da Figura 16 e ao caso limite [curva (4)], onde o atrito é nulo.

Quanto maior a força de atrito, mais rapidamente o livro atingirá a sua velocidade final, de repouso ($v = 0$). Então, relacionando as situações da Figura 16 com as da 17, temos que a curva (1) corresponde ao caso onde a força de atrito é a maior de todas, enquanto que a curva (2) equivale ao caso intermediário da Figura 16. Já o caso onde o livro (ou a superfície) é de gelo, o gráfico mais adequado seria o da curva (3).

Newton imaginou o seguinte. Se fosse possível fazer com que o atrito fosse realmente nulo, isto é, se existisse uma superfície *plana e perfeitamente lisa*, o objeto que sofre um empurrão, obtendo uma certa velocidade inicial v_0 teria essa *velocidade constante* a partir daí, como na curva (4) da Figura 17. Isto significa que neste caso ideal, a velocidade do corpo não se altera.

E mais ainda, Newton generalizou o que discutimos com esse exemplo específico, dizendo que isto não ocorre apenas no caso de um livro deslizando sobre uma mesa. Esta vem a ser a chamada primeira lei de Newton: sempre que a resultante das forças que atuam num corpo for nula, o corpo em questão ou estará em repouso (conforme discutimos anteriormente), ou executará um Movimento Retilíneo Uniforme (M.R.U.- movimento em linha reta, com velocidade constante). Perceba que se um objeto está em repouso, sua velocidade vale zero (e portanto, é constante), então podemos dizer, de maneira mais geral, que se a resultante das forças que atuam sobre um corpo vale zero, a velocidade do corpo será *constante*.

Agora está na hora de aplicar o isolamento de forças em algumas situações diferentes e discutir a primeira Lei de Newton a estas situações.

Considere que uma pessoa empurra uma caixa (que poderia ser um tijolo ou um livro, por exemplo) sobre uma superfície, de tal maneira que a velocidade da caixa seja constante, como vemos na Figura 18.

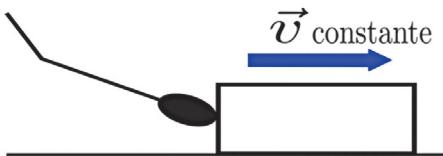


Figura 18: Imagem de uma pessoa que empurra uma caixa, de tal maneira que esta caixa desloca-se com velocidade constante sobre uma superfície.

Primeiro, vamos isolar as forças que atuam na caixa da Figura 18. Seguindo o procedimento descrito anteriormente, temos na Figura 19 o isolamento da caixa.

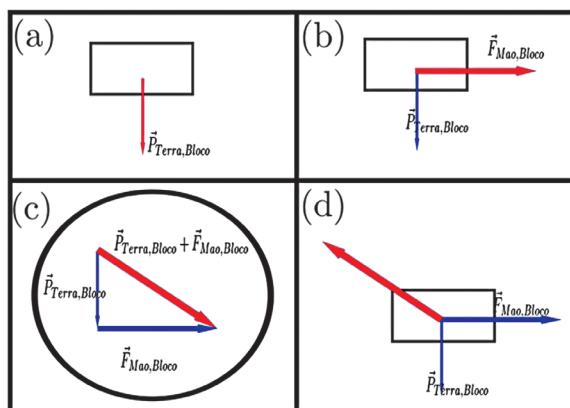
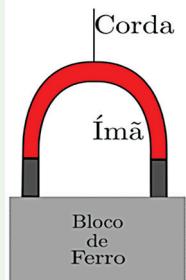
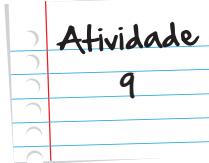


Figura 19: Representação esquemática do isolamento do bloco da Figura 18 passo a passo.

Veja que por causa da Primeira Lei de Newton, a soma das forças que atuam no corpo deve ser nula. Por isso, em (c) primeiro vimos qual é a soma da força peso e da força aplicada pela mão no bloco. Assim, em (d) representamos uma força idêntica à soma de (c), mas com sentido oposto. Deste modo, a soma das três forças anular-se-á.

Repare que só pelo desenho, nós sabemos que a força exercida pela superfície sobre o bloco é maior que as outras duas forças que atuam sobre ele (a força peso e a força que a mão faz no bloco). Neste caso, não é possível dizer se a força peso é maior ou menor que a força que a mão faz no bloco, ou seja, a força em vermelho em (D) é igual à soma de da força de atrito e da força normal que já foram apresentadas anteriormente.



Saia da Inércia

Na figura ao lado, temos um bloco de ferro que está preso a um ímã, sendo sustentado pelo magneto. O ímã encontra-se amarrado a um fio de massa desprezível, preso ao teto.

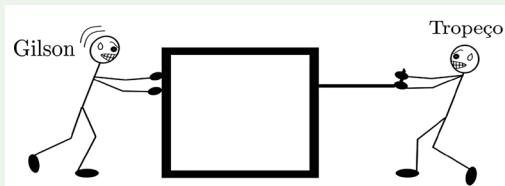
Isole, separadamente as forças que atuam no ímã e no bloco de ferro, e utilizando a Primeira Lei de Newton, compare o módulo das forças que aparecem no diagrama de corpo livre do ímã. Em seguida, repita o procedimento para as forças que aparecem no isolamento do bloco de ferro.

Above suas
respostas em
seu caderno

Puxa que vai!

Considere novamente a caixa, carregada por Gilson e Tropeço.

Sabendo que a caixa desliza à velocidade constante, compare algumas das forças que atuam na mesma.



Above a yellow sticky note: Anote suas respostas em seu caderno

Atividade

10

Saindo pela tangente!

Tropinho brinca com um carrinho que possui um bloco de madeira sobre ele, conforme pode-se ver na figura ao lado.

Num determinado instante Joaquim faz uma curva bem fechada. Diga o que pode acontecer com o bloco, utilizando a primeira lei de Newton, que estudamos há pouco.



Above a yellow sticky note: Anote suas respostas em seu caderno

Atividade

11

Seção 7

Tração nas 4, pra aumentar a Tensão!

Certamente, você já viu em algum lugar onde há uma obra em andamento (isto se você mesmo já não colocou/coloca a mão na massa), que há alguns dispositivos que se utilizam de cordas para realizar algumas atividades, tais como erguer um balde com cimento do térreo para um andar superior. Esses artefatos utilizam algumas propriedades de cordas para realizar este trabalho. Para entender como se pode utilizar um cabo para este tipo de fim, considere que temos uma corda de aço, amarrada de modo a ficar dependurada e presa nas suas extremidades, tal como na Figura 20.

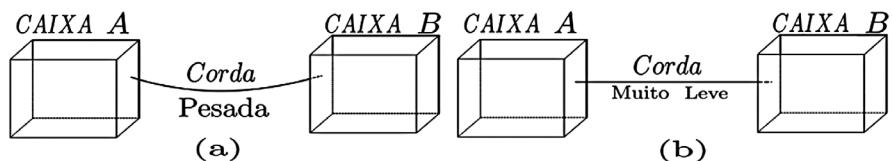


Figura 20: Em (a), temos uma corda que está presa a duas caixas, que chamamos de A (a da esquerda) e B (a da direita). Em (b), temos a mesma situação, mas dessa vez a corda é muito leve.

Por que representamos a corda curvada para baixo? Como no exemplo a corda que está presa aos blocos A e B da Figura 20 é de aço, temos que a massa da mesma (e consequentemente a força Peso) será elevada. Se a corda está em repouso, como seria o diagrama de corpo livre da mesma? Veja na Figura 21.

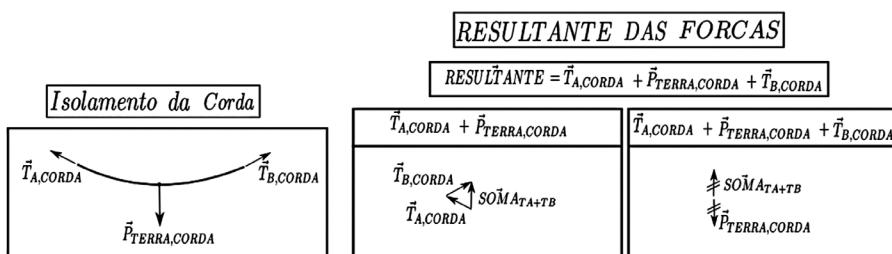


Figura 21: À esquerda, temos o isolamento da corda, que sofre o Peso.

Para que a soma das forças que atuam na corda anule-se, as trações, nas duas extremidades da corda devem ser inclinadas, como vemos no isolamento da corda na Figura 21. O motivo disto é que a força Peso, que a Terra exerce na corda e que aponta para baixo, deve ser cancelada, já que a corda está em repouso. Entretanto, em alguns

casos somos capazes de jurar que não há nenhuma “barriga” na corda formada, devido ao seu peso. Veja o caso da corda de um violão: uma vez que ela esteja devidamente tensionada no instrumento, não somos capazes de perceber a olho nu nenhuma barriga. Para que não seja formada nenhuma barriga na corda, é necessário que a força Peso exercida sobre a mesma, que aponta para baixo, seja muito menor que as trações que mantém a corda tensionada. Neste caso, podemos desprezar a força Peso da corda, e assim, nenhuma barriga se formará. Nesta situação, em que a massa da corda pode ser desprezada, a tração passa a ser a mesma em todos os pontos da corda. Este será o caso da esmagadora maioria (se não for de fato a totalidade) dos problemas que envolvem cordas nos problemas de física que você verá. Então, quando você ler num enunciado que a corda tem massa desprezível (ou algo parecido), só há uma tração na corda, independente do ponto, e a corda poderá ficar perfeitamente estirada na horizontal, sem formar nenhuma barriga (veja a Figura 21, à direita).

Como podemos utilizar cordas e fios para facilitar nossas atividades cotidianas? Veja que utilizamos fios e cordas para diversos fins: para formar as cordas de um instrumento musical, para amarrar seus calçados e até mesmo para sua higiene bucal. Uma aplicação interessante de cordas é a chamada *roldana*. Este instrumento é frequentemente utilizado em construções e obras. Nesses ambientes de trabalho, desejamos erguer objetos de grande peso, como sacos de cimento etc. (veja a Figura 22).

Vimos anteriormente que se submetemos uma tração na corda que seja muito maior que o peso dela, podemos considerar que a mesma não forma barriga (embora nesse caso ela não formaria barriga), e que nesse caso, temos que só existe uma tração na corda. Desprezando a massa da corda, temos então que a força que o rapaz da Figura 22 faz na extremidade esquerda da corda é a mesma força em todos os pontos da mesma. Para entender o que está acontecendo em mais detalhes, vamos representar o diagrama de forças para a roldana e para o balde (veja a Figura 23).

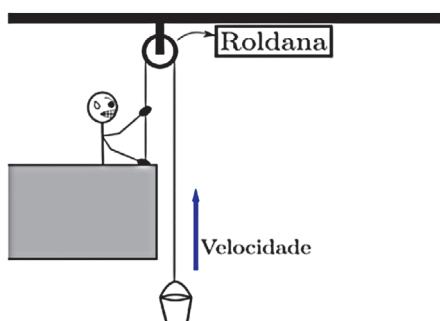


Figura 22: Imagem do uso de uma roldana para erguer diversos objetos

Conforme o que discutimos anteriormente, se a massa da corda for muito pequena, podemos dizer que a tração é a mesma em todos os pontos da corda. Se o balde da Figura 22 sobe com velocidade constante, sabemos

que a resultante das forças que atuam sobre ele é **zero**. Nesse caso, a tração na corda é igual ao peso do balde (veja a Figura 23 b). Então, se a massa do balde é de 20 kg, seu Peso (e a tração na corda) vale

$$P = mg = 200 \text{ N.}$$

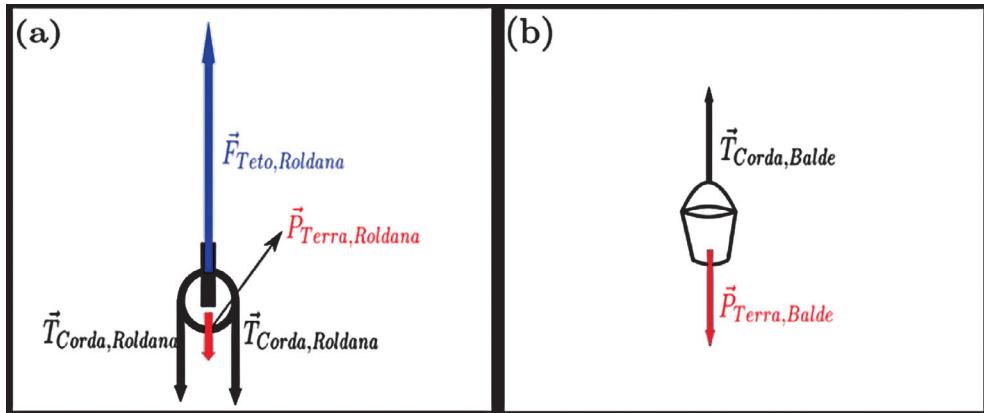


Figura 23: Em (a), temos o diagrama de forças para a roldana. Temos o mesmo em (b), desta vez para o balde.

Por sua vez, este será o valor da força exercida pelo rapaz, já que a tração na corda é a mesma em todos os pontos. Repare que se a roldana está parada (velocidade nula), pela primeira Lei de Newton a força que o teto faz na roldana para cima deve ser igual ao Peso da roldana mais duas vezes a tração na corda.



Quero ver se tu és brabo!

Imagine que você e um amigo estão competindo para ver quem é mais forte. Na procura de desafios, vocês fizeram queda de braço, cabo de guerra e até foram a uma academia para ver quem aguentava mais peso. Entretanto, em todos esses desafios vocês empataram! Ao comentar dessa disputa com o professor de Física, ele resolveu ajudar, passando-lhes um desafio final. O desafio consistia em arrumar uma pedra com mais de 5kg e amarrar uma corda, de maneira que sobrem duas pontas de tamanhos iguais e grandes o suficiente para que vocês possam segurar em ambas, veja a figura ao lado.

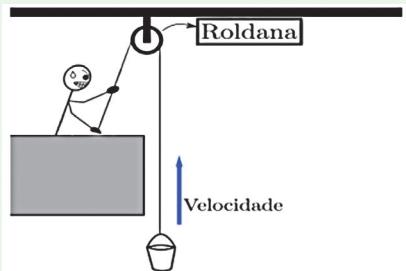
Então os participantes teriam que puxar nas duas pontas até que a corda fique totalmente reta na horizontal. Pergunta: algum dos dois amigos será capaz de completar a tarefa? Justifique a sua resposta.

Atividade
12

Anote suas
respostas em
seu caderno

Puxa que sobe!

Um trabalhador puxa um balde cheio de argamassa, pesando 150N, com auxílio de uma corda e uma roldana (veja figura a seguir).



Na primeira situação, o trabalhador puxa a corda de maneira vertical, já na segunda ele se inclina um pouco. Diga em qual das situações o rapaz tem de fazer mais força para erguer o balde. Justifique a sua resposta.

Aproveite!
Anote suas respostas em seu caderno

SEÇÃO 8

A Terceira Lei de Newton

("Já está quase no fim! Ânimo! Reaja!")

Conforme já adiantamos anteriormente, na discussão relativa à força Peso (força de interação gravitacional), quando consideramos a interação, referente a um par de corpos, temos que: a força que o corpo 1 faz no corpo 2 é a mesma força que o corpo 2 faz no corpo 1, independente do valor das massas dos corpos 1 e 2. Esta vem a ser a Terceira Lei de Newton (também conhecida como Lei da Ação-Reação):

“

Quando dois corpos interagem, exercendo-se forças mutuamente, temos que a força exercida pelo corpo A sobre o corpo B tem o mesmo módulo, mesma direção, mas sentido oposto ao da força exercida pelo corpo B sobre o corpo A.”

”

Um argumento interessante, que serve para argumentar em favor da Terceira Lei de Newton é o seguinte. considere o seguinte caso, relatado pelo chamado Barão de Munchausen. Este homem afirma ter conseguido escapar de uma maneira muito peculiar, por certa vez, de um pântano similar à areia movediça. Quando estava prestes a submergir completamente no lodo do pântano juntamente com seu cavalo, ele recorre à força que ainda guardava e ergue a si e à sua montaria, puxando-se pelos cabelos, para fora da armadilha mortal (veja a Figura 24).

O que você acha dos relatos deste homem? Eles são razoáveis? Ao refletirmos um pouco sobre a possibilidade de o acontecimento narrado pelo Barão ser de fato verídico, chegamos à conclusão de que este caso não passa de uma história de pescador. Se tivesse sido possível ao Barão tal ato, não haveria necessidade do mesmo utilizar carruagens de qualquer tipo. Bastaria erguer-se a si e viajar tal como o Peter Pan, cruzando os ares. De um ponto de vista lógico, podemos refutar esta história, baseando-nos na Terceira Lei de Newton. Para simplificar, vamos considerar que o Barão está sozinho, sem seu cavalo. Vamos então isolar a região do corpo do Barão em que ele pretende realizar sua “mágica”, isto é, suas mãos e seu cabelo (veja a Figura 24).



Figura 24: Temos o Barão de Munchausen erguendo-se pelos cabelos e retirando a si e ao seu cavalo de uma armadilha movediça, tal como descrito no texto.

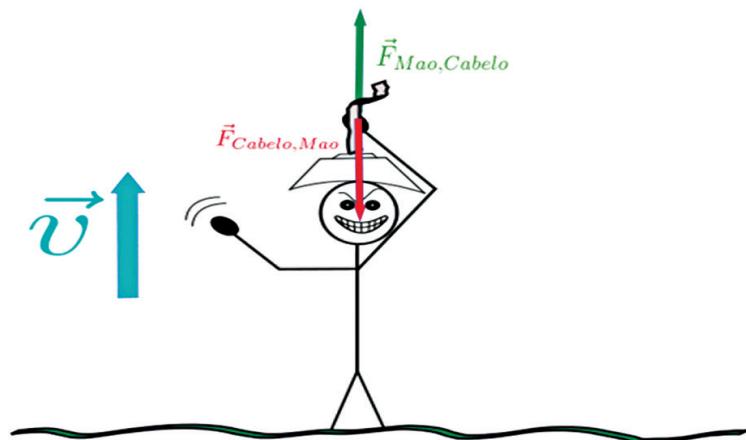
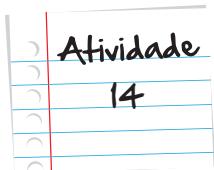


Figura 25: Isolamento de forças do Barão

Da figura 25, podemos concluir algumas coisas. Uma vez que os cabelos do Barão estão presos ao seu próprio corpo, temos que:

- As mãos do Barão exerçerão uma força nos cabelos para cima;
- Os cabelos do Barão exerçerão uma força nas mãos para baixo.

Deste modo, o corpo do Barão sofre a atuação de duas forças, que de acordo com a Terceira Lei de Newton, são iguais em módulo, direção e têm sentidos opostos, anulam-se. **NESSE** caso, por que o par ação-reação atua sobre um mesmo corpo (força da mão sobre os cabelos ou força dos cabelos sobre a mão: pouco importa. Não devemos pensar nos pares ação-reação como uma relação de causa-consequência. Em outras palavras, tanto faz a ação ser a força da mão sobre o cabelo ou a força do cabelo sobre a mão.



Bate-rebate

Um par ação-reação pode ser aplicado em um único corpo?

Anote suas respostas em seu caderno

Natureza das forças

Existe par ação-reação de naturezas distintas?

Atividade

15

Anote suas
respostas em
seu caderno

Resumo

Nesta unidade, começamos o estudo de diversos tipos de força que existem na Física, tais como: a força Peso, Tração, Normal e Força de Atrito. Vimos que de um modo geral as forças provocam alterações no estado de movimento de um corpo, ou causam-lhe deformações. Além disso, classificamos as forças em duas categorias distintas: forças de campo, que atuam mesmo que os corpos não estejam em contato direto e forças de contato, que existem apenas quando os corpos em questão estão encostados um no outro. Exploramos as três qualidades que caracterizam uma força: seu módulo, sua direção e seu sentido.

Finalmente, relacionamos a soma de todas as forças que atuam sobre um corpo (Força Resultante) com o movimento adquirido por este corpo, através da Primeira Lei de Newton. Por fim, fomos capazes de relacionar as forças que um objeto exerce sobre outro (e vice-versa), utilizando a Terceira Lei de Newton (Lei da Ação-Reação). Aplicamos todos estes conceitos a diversas circunstâncias simples, tentando tomar como exemplos situações próximas à realidade do leitor.

Veja ainda

Caso você deseje aprofundar-se ainda mais no tema, dispomos a seguir um link que mostra como é possível construir materiais que facilitam a compreensão das Leis de Newton.

http://www.educared.org/educa/index.cfm?pg=ensinar_e_aprender.turbine_interna&id_dica=233

Atividade 1

Encontramos forças de contato em diversas circunstâncias. Basicamente, todas as forças que exercemos são forças de contato. Quando seguramos ou empurramos um objeto, realizamos uma força de contato sobre o mesmo.

As forças de campo também não são incomuns. Todos os objetos na superfície da Terra sentem uma força de campo, a força Peso. Outro exemplo bastante comum é a força magnética, responsável pela atração entre ímãs e alguns tipos de objeto (como o ferro, por exemplo).

Atividade 2

Pode. Quando alteramos a temperatura de um corpo, o mesmo normalmente tem seu volume alterado. Este efeito é conhecido como dilatação térmica. Exetuando-se este e possivelmente mais um ou outro caso isolado, as forças é que são responsáveis pelas deformações dos objetos.

Atividade 3

Na soma vetorial, devemos levar em consideração o módulo, o sentido e a direção dos vetores.

Atividade 4

Para responder a essa pergunta, devemos somar os vetores indicados na pessoa e tomar como referência a direção e o sentido do vetor resultante, pois é nessa direção que ele acelerará! Ao fazer essa soma, você verá que será na diagonal, direita para cima.

Atividade 5

Temos que a força Peso exercida pelo planeta Terra sobre um corpo nas proximidades de sua superfície é dada por $P = mg$.

Atividade 6

Neste caso, a gravidade é 100.000 vezes maior que a da Terra. Portanto, o peso de Goku na superfície de uma Anã Branca valeria $P = m \times g = 100 \times 1000\,000 = 10^8\text{N}$.

Para determinarmos a massa de um objeto que teria este peso na Terra, usamos novamente a fórmula $P = m \times g$

$$10^8 = m \times 10$$

$$m = 10^7 \text{ kg} \text{ (10 milhões de quilogramas – ou 10.000 toneladas).}$$

Para se ter uma ideia do valor desta massa, ela é equivalente ao peso da água de 4 piscinas olímpicas cheias até a borda.

Atividade 7

A balança funcionará corretamente, se você estiver em repouso sobre a mesma. Ela também funcionará corretamente, se você e ela estiverem se movimentando com velocidade constante.

Atividade 8

Tropeço não é capaz de realizar força nem em Gilson, e nem na caixa, afinal, ele não está em contato direto com estes objetos. Entretanto, Tropeço realiza uma força na corda, e esta sim, exerce força na caixa.

Atividade 9

No ímã, a força de tração deve ter o mesmo módulo que a soma entre as forças peso do ímã e a força que o bloco faz no ímã. Assim ele estará em repouso. Já no bloco de ferro a força peso do bloco deve ter o mesmo módulo da força que o ímã faz no bloco.

Atividade 10

Bem, se o bloco viaja com velocidade constante, sabemos que o somatório das forças deve ser zero! Logo, temos que o peso do bloco anulará a normal (força de contato entre o bloco e o chão) e a soma das forças que os homens aplicam deve ter sentido oposto e módulo igual a força de atrito entre a caixa e o chão. Assim, garantimos que a força resultante vale zero! Logo, o bloco só poderá estar parado ou se movimentando com velocidade constante.

Atividade 11

Antes de realizar a curva o bloco tenderá a se mover em linha reta e com velocidade constante, como diz a primeira lei de Newton. Logo, para que o bloco realize a curva, terá de surgir uma força que o acelere. Essa força é a força de atrito entre o fundo do carrinho e o bloco, que apontará para o centro da curva. Mas, se a rapidez com que Tropinho realizar a curva for muito grande, o bloco pode seguir em linha reta, pois assim a força de atrito será muito pequena para mudar a trajetória do bloco.

Atividade 12

Não! Note que ao puxar a corda estaremos aplicando duas forças, cujas componentes verticais têm de anular o peso da pedra. Entretanto, ao aplicar essa força, de inicio a pedra tenderá a subir. Pois o somatório dessas duas componentes será maior que o peso da pedra.

À medida que ela sobe maior tem de ser a força aplicada por você, pois menor será a componente. Em verdade podemos dizer que para deixar a corda totalmente horizontal a força aplicada por você terá de ser infinita.

Atividade 13

Na verdade, ele terá de aplicar a mesma força. Pois a inclinação obtida não influenciará na resultante. Talvez um desconforto, mas a força é a mesma e tem de ser igual a força peso.

Atividade 14

Sim, entretanto o objeto não acelerará. Essa pode ser uma definição de força interna!

Respostas
das
Atividades

Atividade 15

Não! Eles precisam ser de mesma natureza!

Bibliografia

- HEWITT, P. G. *Física Conceitual*. Ed. Bookman, 2008.
- GUIMARAES, L. A. M., FONTE BOA, M. C. *Física Mecânica*. Ed. Futura, 2004.

Imagens



- André Guimarães



- http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Dockworker_lashing_a_container.jpg



- http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Bundesarchiv_Bild_183-14928-0006,_Wuhlheide,_Volksfest,_DDR-Meister_Ludwig.jpg



- Vitor Lara



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- <http://www.sxc.hu/photo/935741>





- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- Fonte: <http://www.ils.uec.ac.jp/~dima/D/gravitsapa.htm>



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- Leonardo Pereira Vieira e Vitor Lara.



- <http://www.sxc.hu/photo/517386> • David Hartman.



- http://www.sxc.hu/985516_96035528.



O que perguntam por aí?

(UFMG)

Uma pessoa está empurrando um caixote. A força que essa pessoa exerce sobre o caixote é igual e contrária à força que o caixote exerce sobre ela. Com relação a essa situação assinale a alternativa correta:

- a pessoa poderá mover o caixote porque aplica a força sobre o caixote antes de ele poder anular essa força.
- a pessoa poderá mover o caixote porque as forças citadas não atuam no mesmo corpo.
- a pessoa poderá mover o caixote se tiver uma massa maior do que a massa do caixote.
- a pessoa terá grande dificuldade para mover o caixote, pois nunca consegue exercer uma força sobre ele maior do que a força que esse caixote exerce sobre ela.

(FAU.S.J.CAMPOS)

Se você empurrar um objeto sobre um plano horizontal que imagina tão polido como para não oferecer nenhuma oposição ao movimento, você faz com que ele se movimente com uma certa intensidade. No momento em que você solta o objeto:

- ele para imediatamente.
- diminui a intensidade da sua velocidade até parar.
- continua se movimentando, mantendo constante a sua velocidade vetorial.
- para após uma repentina diminuição da intensidade de sua velocidade.
- n.r.a.

Gabarito

1. B
2. C

Material Não Formatado_Links:



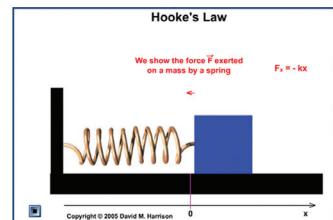
Simulação

Assunto: Lei de Hooke

Link: <http://faraday.physics.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/ClassMechanics/HookesLaw/HookesLaw.html>

Descrição: Recurso educacional que demonstra, através da mudança no sentido de um vetor, a força que está sendo exercida sobre um corpo quando uma mola é comprimida e estendida.

Veja que não é qualquer objeto que utilizamos no interior do dinamômetro. As molas em geral possuem uma propriedade bastante peculiar. Quando imprimimos uma força em uma espiral, ela se deforma, e exerce uma força contra você, na tentativa de trazer a mola ao seu formato original. Isto é, se esticarmos uma mola, ela exerce uma força na direção de fazê-la encolher-se e quando a comprimimos, ela nos exerce uma para crescer. Chamamos forças deste tipo de forças restauradoras. Veja que no exemplo anterior, o dos pesinhos, a força exercida pela mola cresce na mesma proporção que a deformação provocada por esta força. Isto é, quando dobrarmos o peso, a deformação dobrou, quando triplicarmos o peso, a deformação aumentou na mesma proporção etc..



Texto/animações

Assunto: Soma de vetores e regra do paralelogramo.

Link: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/11253/05_teoria.htm?sequence=65

Descrição: Recurso educacional que mostra noções básicas de vetores.



Um exemplo bastante comum de Força Normal será a força exercida pelo chão sobre um

objeto que esteja sobre ele. Se não fosse o chão, você estaria caindo neste exato momento, em direção ao centro da Terra. O chão faz em você uma força para cima que é sempre igual à força que você faz no chão evitando que você caia, porque o chão quer evitar que você penetre nele (tanto é que se no lugar do chão tivéssemos água, que é muito mais maleável, você penetraria na água, porque a mesma não consegue realizar uma força normal que impeça essa penetração).



Título: Existe uma força de atração entre você e os objetos a sua volta!

Assunto: Força campo

Link: O arquivo anexo ficará disponibilizado no AVA.

Existe uma força de atração entre você e os objetos a sua volta!

A afirmação feita no título desse anexo pode ser explicada através do conceito de *força campo*, aquela que não precisa de contato para existir. Para entender fisicamente essa força, usaremos o exemplo de atração que ocorre em nosso Sistema Solar.

Sabemos que todos os planetas do nosso Sistema Solar orbitam em torno do astro rei, o Sol. Os planetas giram em torno do Sol devido à interação gravitacional entre eles, de maneira análoga a uma pedra amarrada num barbante (conhecida popularmente como marimba), posta a girar por uma criança.

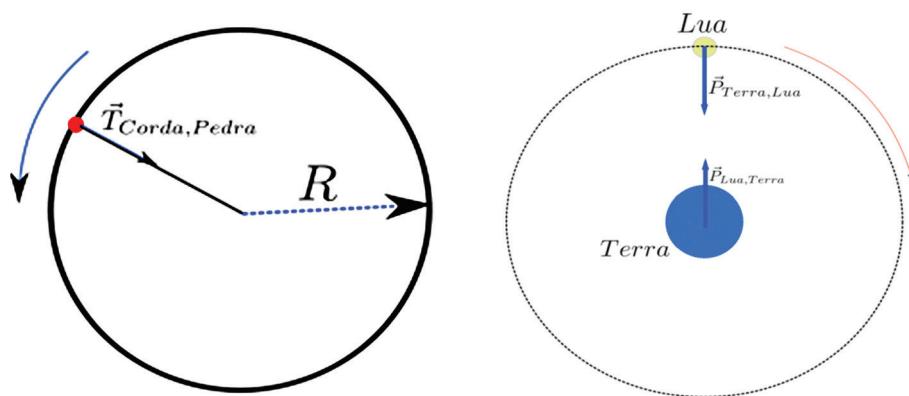


Figura 1: À esquerda temos uma marimba, posta a girar. À direita, temos a Lua, que gira em torno da Terra, devido à força de atração gravitacional.

No caso dos astros que compõe o Sistema Solar, estamos falando de objetos cuja massa ultrapassa a marca de trilhões de toneladas. Sir Isaac Newton, físico britânico e brilhante do século XVII, foi a primeira pessoa a dizer que a força que atrai todos os objetos na superfície da Terra para baixo tem a mesma natureza que a força que mantém os astros em movimento.

Na verdade, ele foi ainda mais longe. A Lei da Gravitação Universal de Newton estabelece que todo par de objetos, contanto que possuam massa, atraem-se mutuamente, como você verá na próxima unidade. No caso da interação entre os planetas e o Sol, as massas dos objetos são estupidamente grandes, o que faz com que a força gravitacional também seja bastante intensa. Entretanto, mesmo objetos cuja massa seja muito pequena em comparação à massa de planetas, tais como você e outros corpos ao seu redor, tais como lápis, cadeiras, carros, ou mesmo prédios etc. atraem-se mutuamente. Mas se estou afirmando que existe uma força de atração entre você e um objeto, por que esse objeto não se move até você e você não se move em direção a esse objeto?

A resposta é bem simples: a intensidade da interação gravitacional entre dois objetos depende da quantidade de matéria existente nesses corpos. Uma massa como a sua e de seu colega interagem muito fracamente, ou seja, a força de interação gravitacional entre vocês é extremamente pequena!

Concluindo, as forças de campo também são classificadas como forças de ação a distância. Quando pensamos em força de campo, imaginamos que o chamado campo é uma espécie de “mediador”, responsável pela interação entre dois corpos. Assim, existe um tempo para que o campo comunique a interação entre dois objetos que interagem, que depende da distância entre eles.

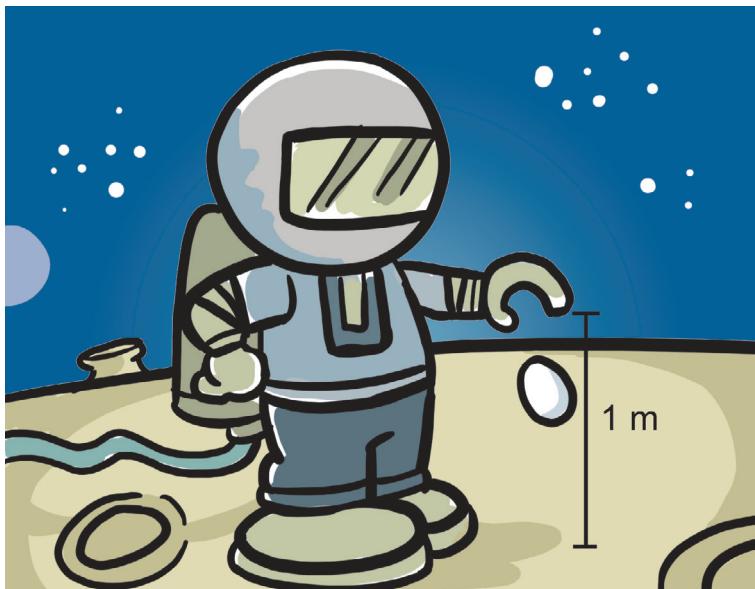


Atividade extra

Questão 1

Durante uma viagem de pesquisa à Lua, um astronauta deixa cair um ovo na superfície da Lua, de uma altura de um metro. A aceleração da gravidade na Lua é equivalente a um sexto da aceleração da gravidade da Terra.

Em relação ao movimento de queda do ovo, a velocidade do ovo, ao atingir a superfície é:



- a. cerca de 2,4 vezes menor do que a velocidade que atingiria na superfície da Terra;
- b. seis vezes maior do que a velocidade que atingiria na superfície da Terra;
- c. dez vezes maior do que a velocidade que atingiria na superfície da Terra;
- d. Exatamente igual à velocidade que atingiria na superfície da Terra.

Questão 2

Segundo a Organização Mundial de Saúde, 90% dos acidentes de trânsito são causados por falha humana , 6% são por questões relacionadas à estrada e 4%, por falhas mecânicas. No que tange aos motoristas, são três os principais problemas: imprudência, quando alguma regra é conscientemente quebrada; negligência, quando não há cuidado no cumprimento das normas; e imperícia, ou seja, falta da habilidade necessária à condução do veículo ou falta de uso do cinto de segurança.

A legislação exige o uso do cinto de segurança para prevenir lesões mais graves em motoristas e passageiros no caso de acidentes.



<http://www.sxc.hu/photo/602535>

Fisicamente, a função do cinto está relacionada com a:

- a. Primeira lei de Newton;
- b. Primeira lei de Snell;
- c. Lei de Ampére;
- d. Primeira Lei de Kepler.

Questão 3

Um astronauta de massa 60 Kg parte para uma expedição na Lua. Na Lua, a aceleração da gravidade tem valor igual a $1,6 \text{ m/s}^2$.

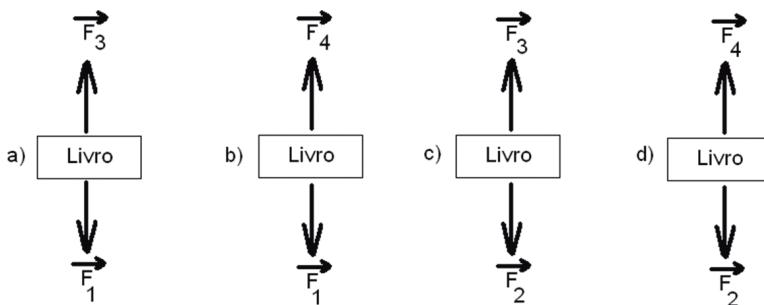
Qual deve ser o valor aproximado do peso do astronauta na Lua?

- a. 37,5 N;
- b. 60 N;
- c. 70 N;
- d. 96 N.

Questão 4

Um professor deixou seu livro de Física em cima da mesa da sala de aula e pediu para seus alunos analisarem as forças que atuam no livro.

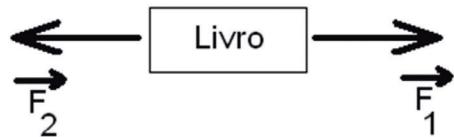
Qual das opções melhor representa a análise correta das forças que atuam no livro do professor?



- a. porque \vec{F}_1 representa o peso e porque \vec{F}_3 representa a força de contato com a mesa;
- b. porque \vec{F}_1 representa o peso e porque \vec{F}_4 representa a reação da força de contato com a mesa;
- c. porque \vec{F}_2 representa a reação do peso e porque \vec{F}_3 representa a força de contato com a mesa;
- d. porque \vec{F}_2 representa a reação do peso e porque \vec{F}_4 representa a reação da força de contato com a mesa.

Questão 5

Em um livro de Física, por problemas de impressão, em uma das questões saiu impresso um desenho com dois vetores \vec{F}_1 e \vec{F}_2 de mesmo tamanho, atuando no livro. Mas o texto informa que o vetor \vec{F}_1 tem módulo igual a 5 N e o vetor \vec{F}_2 tem módulo igual a 4 N.



Qual o valor da resultante das forças que atuam nesta questão do livro de Física?

- a. 9 N atuando no sentido de \vec{F}_2 ;
- b. 9 N atuando no sentido de \vec{F}_1 ;
- c. 1 N atuando no sentido de \vec{F}_2 ;
- d. 1 N atuando no sentido de \vec{F}_1 .

Gabarito

Questão 1

- A B C D
-

Questão 2

- A B C D
-

Questão 3

- A B C D
-

Questão 4

- A B C D
-

Questão 5

- A B C D
-

