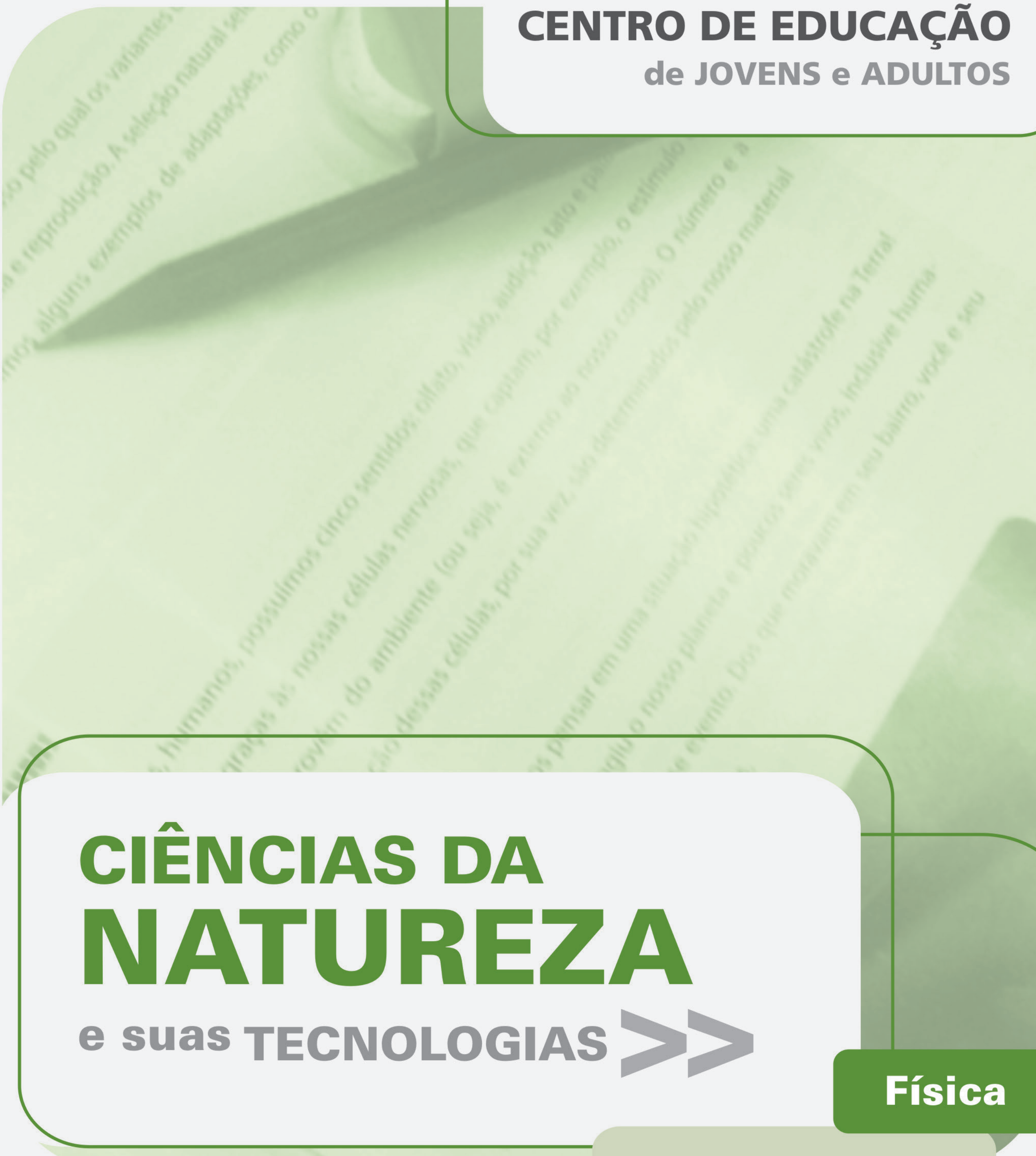
CEJA

CENTRO DE EDUCAÇÃO de JOVENS e ADULTOS



CIÊNCIAS DA NATUREZA e suas TECNOLOGIAS

Física

Fascículo 2

Unidades 4 e 5

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

Imagem da Capa e da Abertura das Unidades

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

Diagramação

Equipe Cederj

Ilustração

Bianca Giacomelli

Clara Gomes

Fernado Romeiro

Jefferson Caçador

Sami Souza

Produção Gráfica

Verônica Paranhos

Sumário

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.

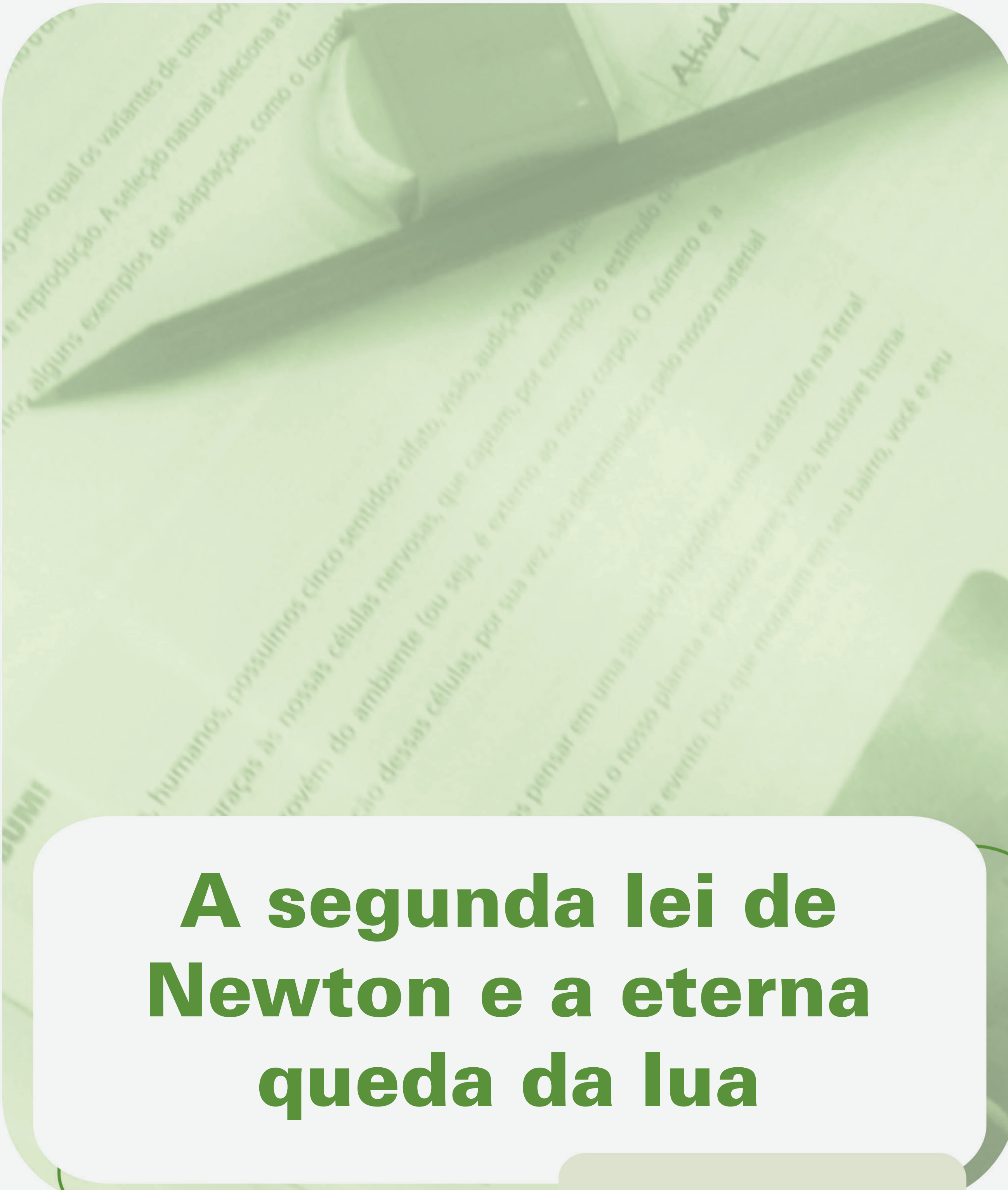
Você também pode postar as suas dúvidas nos fóruns de dúvida. Lembre-se que o fórum não é uma ferramenta síncrona, ou seja, seu professor pode não estar online no momento em que você postar seu questionamento, mas assim que possível irá retornar com uma resposta para você.

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!

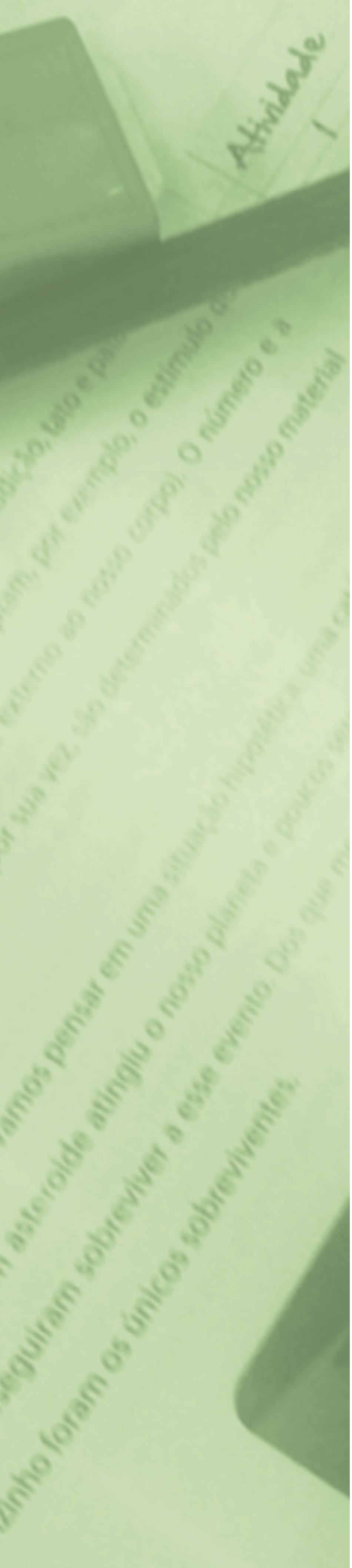


A segunda lei de Newton e a eterna queda da lua

Fascículo 2

Unidade 4

Fundação CECIERJ



A segunda lei de Newton e a eterna queda da lua

Para início de conversa...

O movimento é um dos conceitos mais importantes em Física. A nossa época é a época do movimento: tudo muito rápido! Na TV vemos carros a 200 km/h, foguetes cruzando o espaço entre as estrelas, lanchas velozes em filmes de espionagem, atletas nas olimpíadas... A Mecânica é a parte da Física que descreve o movimento.

É interessante observar que o desenvolvimento da Mecânica começou com as observações dos movimentos celestes. Há vários milênios, as pessoas observam o movimento dos astros no céu. Do século XVII em diante começou-se a tentar descrever o movimento dos astros no céu e o movimento de projéteis com as mesmas leis. Essa conexão foi muito importante para o desenvolvimento da física.

As leis da Mecânica são muito simples de serem enunciadas, mas estão longe de serem óbvias.

O conceito central desta unidade é o de força. Na Física clássica, um corpo interage com outro por meio de forças, que podem ser de alguns tipos, como veremos.

Você provavelmente já deve ter ouvido a frase "Que a força esteja com você!". Ela era dita na série de ficção científica "Guerra nas Estrelas", antes de alguma batalha, e ficou muito famosa entre os fãs desses filmes.

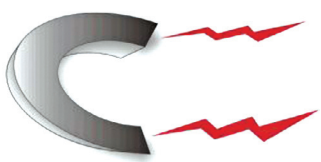
Esperamos que ao final desta unidade você tenha de forma clara que a força newtoniana não tem nada a ver com a força da Guerra nas Estrelas!

Objetivos de Aprendizagem

- Definir os conceitos básicos relacionados à segunda lei de Newton;
- aplicar a segunda lei de Newton a problemas simples de Mecânica.
- descrever o movimento dos planetas em torno do Sol.

Seção 1
Forças, massa e aceleração

Os corpos físicos interagem (influenciam uns ao outros) por meio de forças. As forças se dividem entre duas grandes categorias: forças de contato e forças a distância (ou mais propriamente forças de campo). As forças de contato (como um empurrão ou um puxão) são as mais intuitivas, pois fazem parte da nossa experiência cotidiana – todo mundo já empurrou um carro enguiçado ou um velocípede de uma criança. As forças de ação a distância são as forças gravitacionais (como a força gravitacional entre o Sol e a Terra) ou as eletromagnéticas (como a interação entre dois ímãs de geladeira). Por enquanto nos concentraremos nas forças de contato. As forças gravitacionais vão aparecer em uma seção seguinte desta aula. As forças eletromagnéticas serão discutidas no último módulo.



Como obter a segunda lei de Newton de experimentos

Vimos que a aceleração quantifica a alteração do movimento. Se a velocidade aumenta, a aceleração foi positiva, e se a velocidade diminui a aceleração é negativa. Qualquer objeto que acelera está sob a ação de uma força. Na realidade, geralmente há mais de uma força atuando no objeto. Por exemplo, um bloco sendo empurrado em uma superfície plana geralmente desliza com dificuldade devido ao atrito entre o bloco e a superfície. Vamos quantificar a força de atrito depois, mas por enquanto imaginemos o caso mais simples possível: um bloco deslizando em uma superfície extremamente lisa, de modo que o bloco deslize suavemente, sem atrito com a superfície. Observe a figura 1 a seguir:

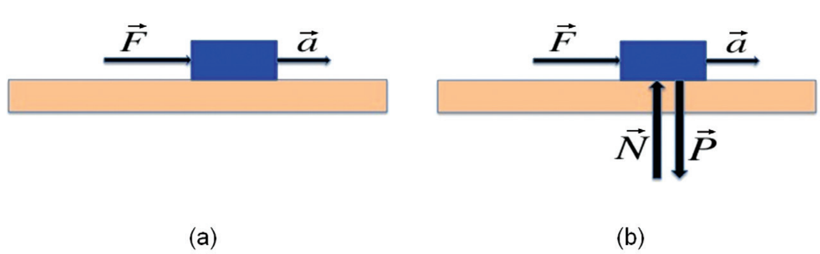


Figura 1: Em (a) temos que o bloco desliza sobre uma mesa sem atrito. Uma força F age no bloco e causa uma aceleração a. Em (b), além da força F, agem no bloco duas outras forças, o peso P do bloco e a força de contato entre o bloco e a mesa, denominada força normal N. Na figura são mostradas todas as forças que agem no bloco.

Na Figura 1ª, o empurrão no bloco está representado por uma flecha que dá a direção do empurrão e é simbolizada pela letra $\vec{F}$. Experimentando com a força, descobrimos que uma força $\vec{F}$ causa uma aceleração $\vec{a}$, uma força $2\vec{F}$ causa uma aceleração $2\vec{a}$, uma força $0.3\vec{F}$ causa uma aceleração $0.3\vec{a}$ etc. Assim observamos, diretamente dos experimentos, que a aceleração é diretamente proporcional à força aplicada. Logo, podemos concluir que:

Importante

A aceleração de um objeto é diretamente proporcional e na mesma direção e sentido da força agindo sobre o objeto.

Como vimos na discussão sobre vetores, na realidade, deveríamos dizer que é proporcional à soma das forças agindo no corpo, ou, mais exatamente, à sua resultante.

Na Figura 1b mostramos outras forças que agem sobre o bloco, apoiado na mesa. Uma delas é a força de contato entre o bloco e a mesa, denominada força normal e representada pela letra $\vec{N}$. A outra força representada é o peso do bloco, ou seja, a força com que a Terra o atrai. A força normal é a resposta da mesa sobre o bloco que o impede de penetrar nela. Sendo assim, a mesa exerce a força normal sobre o bloco.

Vamos discutir melhor essas forças mais tarde; aqui o importante é que elas se anulam e sua soma (ou seja, a força resultante), que atua no bloco, é apenas a força $\vec{F}$.

A massa é a quantidade de matéria que o corpo contém e, ao mesmo tempo, é a resistência à mudança de movimento. Assim, quando uma força é aplicada a um corpo, como no caso do bloco da Figura 1a, a aceleração que o corpo vai desenvolver depende da massa do corpo.

Agora refaçamos os experimentos anteriores, só que dessa vez vamos manter a força $\vec{F}$ constante e variar a massa do bloco. Se a nova massa é 2m, ou seja, dobramos a massa no carrinho, a aceleração agora será $\vec{a}/2$. Se triplicarmos a massa, 3m, a aceleração será $\vec{a}/3$, e assim por diante.

Concluímos que:

Importante

A aceleração é inversamente proporcional à massa do objeto sob a ação da força.

As duas conclusões às quais chegamos podem ser resumidas na famosa fórmula da segunda lei de Newton:

A força resultante agindo num corpo de massa m provoca uma aceleração na mesma direção e sentido da força de modo que a relação abaixo seja satisfeita:

$$\overrightarrow{FR} = m\vec{a}$$

Esta é a equação mais básica da Mecânica e, portanto, de toda a Física. Observe que não importa o tipo de força; pode ser de contato ou ação a distância, a segunda lei sempre vale.

Forças são medidas em newtons: 1 N = 1 kg . m/s^2.

Vamos aplicar a segunda lei em um exemplo bem simples. Suponha que o bloco da Figura 1a tenha 20 kg de massa e seja empurrado com uma força horizontal constante de 40 N sem atrito com a mesa. Qual a aceleração dele?

Como já mencionamos no comentário sobre a Figura 1b, na realidade, outras forças agem no bloco, mas a resultante é a própria força horizontal. Assim, da relação F = ma (agora tomada em módulo) a = F/m = 40/20 = 2 m/s^2.

A força de atrito

O que é mais fácil? Passar uma flanela em uma mesa de madeira ou passar uma lixa sobre ela?

Se você já fez esse teste, provavelmente já percebeu que temos que colocar mais força na mão para deslizar a lixa sobre a mesa do que deslizar a flanela. Isso se deve à força de atrito que é gerada no contato dos dois materiais: em um caso, o contato da flanela com a madeira e, no outro, da lixa com a madeira.

1

Quando duas superfícies em contato deslizam uma sobre a outra, geralmente aparece uma **FORÇA DE ATRITO.** A força de atrito sempre se opõe ao movimento. Veja a Figura 2. Dizemos que há uma força de atrito estático quando as superfícies não se deslocam uma sobre a outra (por exemplo, um bloco em uma superfície áspera que é empurrado mas não se move). Se o bloco se move, a força de atrito entre o bloco e a superfície é denominada força de atrito dinâmico.

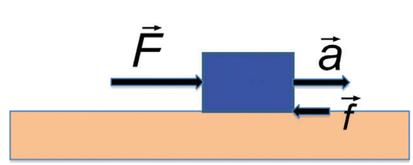


Figura 2: O bloco desliza sobre uma mesa com atrito. Uma força F age no bloco e causa uma aceleração a, mas a força de atrito age na direção oposta ao movimento.

No caso em que há força de atrito, a resultante na direção horizontal é $\overrightarrow{F_{res}} = \vec{F} - \vec{f}$, e a segunda lei fica $\overrightarrow{F_{res}} = m\vec{a}$. É claro que a força de atrito acaba diminuindo a aceleração. Façamos um exemplo numérico. Suponha que o bloco da Figura 2 tenha 20 kg de massa e seja empurrado com uma força horizontal constante de 40 N sobre a mesa. A força de atrito entre o bloco e a mesa é de 10 N. Qual a aceleração dele?

As forças na direção vertical (que aparecem na Figura 1b) se anulam no bloco. As forças horizontais têm como resultante (tomando o módulo):

$F_{res} = F - f = 40 - 10 = 30N$

E da segunda lei:

$F_{res} = ma$, temos

30 = 20 x a, logo

a = 1,5 m/s^2.

A força de atrito é uma força que só existe se houver movimento ou tentativa de movimento de um corpo sobre o outro (estamos excluindo o movimento em fluidos etc.). Imagine o bloco do exemplo anterior em repouso em cima da mesa. Não há força aplicada F e, portanto, não há força de atrito f. Agora imagine que lentamente a força F vá crescendo. O bloco tenta se deslocar para a direita, mas aí aparece a força de atrito e ele não se move. A força F vai crescendo e a força de atrito cresce também, até que a força de atrito atinge seu valor máximo (que depende das propriedades das superfícies do bloco e da mesa). Então, a força aplicada F torna-se maior do que a força de atrito e o bloco começa a ser acelerado para a direita. Na realidade, a força de atrito, quando o bloco está em movimento, é um pouco menor do que a força de atrito estático máxima.

Saiba Mais

Atrito, o burro e o freio

Uma questão interessante sobre atrito é a seguinte. Imagine um burro puxando uma carroça. Sabemos que, pela terceira lei de Newton, a força que o burro faz na carroça é a mesma força que a carroça faz no burro.

Se isso é verdade, como a carroça se move?

Uma dica para a resposta é pensar em uma estrada muito escorregadia (por exemplo, o burro puxando a carroça no gelo). O que faz a carroça andar, na realidade, é a força de atrito entre as patas do burro e a estrada. O burro empurra a estrada para trás com as patas e é empurrado de volta para a frente pela reação da estrada. Se não houver atrito, as patas deslizam e o burro não se move.

Outra questão interessante sobre atrito é um carro freando bruscamente, digamos, em caso de emergência. Se o freio for pisado com muita força, as rodas podem travar. Enquanto as rodas estão girando, elas não estão escorregando no chão e, portanto, o atrito entre a roda e o chão é estático, e acabamos de ver que o atrito estático é maior do que o atrito de movimento. Alguns carros mais modernos já incorporam um sistema de frenagem que evita o travamento da roda.

Saiba Mais

Isso explica, por exemplo, por que escorregamos em um piso ensaboado. Se você pisar em um chão de cerâmica seco, não vai escorregar, mas se pisar nesse mesmo chão com sabão provavelmente não vai conseguir sair do lugar, mesmo colocando a mesma força nos pés, pois o sabão diminui consideravelmente a força de atrito entre seus pés e o chão. Você já escorregou lavando o chão da cozinha?

Atividade 1

Corredora e o atrito

Supondo que a maior força de atrito possível entre a sola dos sapatos de uma corredora e a pista de corrida seja 70% do peso dela, qual a maior aceleração que ela pode obter?

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Atividade 2

O paraquedas

Após o paraquedas se abrir, a moça cai com velocidade constante de $4ms^{-1}$. Qual a força total que age nela?

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Importante

Veja um experimento clássico que mostra como a força de atrito reage em relação à força peso. Acesse os três links a seguir:

Parte 1 - http://youtu.be/QMiNRVQzAUY

Parte 2 - http://youtu.be/t3AgZjSk3G4

Parte 3 - http://youtu.be/-69AbAmEQKI

Seção 2
Massa e Peso

Os conceitos de massa e peso são frequentemente misturados na linguagem cotidiana, mas há que se tomar cuidado em distinguir os dois. Massa é a quantidade de matéria, medida em quilogramas. Um bloco de um quilograma tem uma massa de um quilograma, em qualquer lugar onde ele esteja, seja na Terra, na Lua ou no espaço. Já o peso do bloco é a força gravitacional que age nele. Um corpo de massa m na vizinhança da Terra pesa $P = mg$, onde $g \approx 9{,}8$ m/s^2 é a chamada aceleração da gravidade. Assim, o bloco de um quilograma de massa vai pesar P = 9.8 N (pois o peso é uma força). Mas, se estivermos na superfície da Lua, a aceleração da gravidade é muito menor: $g_{Lua} = g/6$. Assim, o bloco de um quilograma pesaria cerca de 1,6 N na Lua, mas sua massa continuaria a mesma, um quilograma!

Além de medir a quantidade de matéria, a massa mede a **inércia** de um corpo, ou seja, a dificuldade do corpo de mudar o seu estado de movimento (conforme discutido na segunda aula deste módulo). O peso de um corpo depende de onde ele estiver. Já vimos que depende da gravidade presente no lugar onde o corpo estiver. Imagine um astronauta bem longe da Terra e bem longe de qualquer outro planeta ou estrela. Não há gravidade significativa presente. Imagine que ele tem uma pedra bem pesada na astronave. O peso da pedra é nulo no espaço interestelar, mas a inércia da pedra continua igual. Assim, se o astronauta quiser balançar a pedra de um lado para o outro, ele terá a mesma dificuldade que ele tem na Terra (exceto pelo fato se não precisar sustentar a pedra, como na Terra), mesmo que a pedra não pese nada no espaço interestelar. Isso ilustra bem a diferença do peso (que indica uma determinada quantidade de matéria num campo gravitacional) e a inércia (que indica a dificuldade de mudar o estado de movimento) da pedra.

Já vimos em aulas passadas que a aceleração da gravidade também significa quanto um corpo é acelerado na vizinhança da Terra quando solto no ar. Ele cai com aceleração g. Se ele for solto na vizinhança da Lua, ele cai com aceleração menor ou igual a um sexto de g.

Normalmente a massa de uma pessoa é medida com uma balança de molas, como na Figura 5. A pessoa pisa na balança e seu peso, P, faz com que a mola da balança encolha até que a força que a mola faz na pessoa, para cima, N, equilibre o peso, como mostrado na Figura 3a. Assim, $P = mg = N$. O que lemos na balança, a força N, que é normalmente mostrado em quilos, é numericamente igual à força P, que é $P = mg$, conforme explicitado na igualdade anterior. Como na realidade queremos saber m, a balança já dá direto $m_b = N/g$ e vemos na balança 50 kg, por exemplo. Neste caso, a massa medida pela balança m_b é igual à massa "real" da pessoa, que supusemos ser m = 50 kg.

Agora vamos supor que a pessoa se pese dentro de um elevador que está acelerando para cima com a aceleração a = $2m/s^2$, conforme ilustrado na Figura 3b. Sabemos que a resultante das forças é igual à massa vezes a aceleração, conforme discutido anteriormente. Assim, neste caso:

$$ma = N - P$$

$$ma = N - mg$$

$$N = ma + mg = m(a+g)$$

Portanto, o que vai ser lido na balança é, como no exemplo anterior:

$$m_b = \frac{N}{g} = \frac{m(a+g)}{g}$$

e neste caso, substituindo os valores m_b = 50 x (2+9.8)/9.8 = 60,2 kg!

Ou seja, a massa medida pela balança no elevador acelerado é muito maior do que a correta. Observe que uma pessoa não engorda no elevador, mas a balança, que na realidade mede a força que a pessoa faz na mola da balança, mostra um valor da massa maior do que o real. É intuitivo pensar que, se o elevador está acelerando para cima, a tendência da massa (por sua inércia) é ficar para trás, ou seja, pressionar mais a mola da balança.

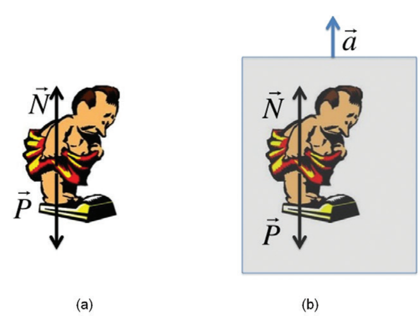


Figura 3: (a) A força normal N, que é a força que a balança faz na pessoa, equilibra o peso. O que se lê na balança é m = N/g (em quilos). (b) Pesagem em um elevador acelerado. A pessoa também está acelerada para cima e, portanto, a resultante das forças N-P = ma. Veja texto em que mostramos que a massa dada pela balança no elevador acelerando para cima parece maior do que a real.

Massa menor no elevador

Atividade 3

Estudando cuidadosamente o problema de se pesar no elevador, argumente que a massa medida pela balança será menor do que a massa real da pessoa que se pesa, se o elevador acelera para baixo.

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Seção 3
Gravitação

A força da gravitação é uma força de atração entre quaisquer duas massas. Ela é responsável pela queda de uma maçã (e obviamente pela queda de qualquer corpo solto na vizinhança da Terra). Ela é também responsável pelo fato de a Lua girar em torno da Terra e por muitos outros fenômenos. A gravitação é uma das quatro interações fundamentais da natureza na física contemporânea. A descoberta da força da gravitação deveu-se mais uma vez a Newton. Ele percebeu que a força que ocasionava a queda das maçãs e a força que mantinha a Lua em órbita deveriam ser as mesmas.

Posteriormente, as órbitas de todos os planetas em torno do Sol foram compreendidas como manifestação da força de gravitação agindo entre o Sol e cada um dos planetas. Em resumo:

Existe uma força atrativa entre quaisquer dois corpos que é proporcional à massa dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.

Podemos resumir a frase anterior com a expressão

$$F = \frac{Gm_1m_2}{d^2}$$

onde G é a constante gravitacional e tem o valor de $6{,}67 \times 10^{-11}\ m^3/(s^2 \cdot kg)$. Observe que F, na expressão dada, é o módulo do vetor força, ilustrado na Figura 4.

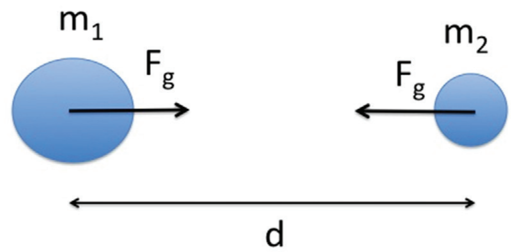


Figura 4: Dois corpos com massas, m1 e m2, a uma distância d se atraem mutuamente com a mesma força F (força gravitacional). A força age na linha que une os centros (mais exatamente os centros de massa) dos dois corpos.

Conforme indicado na Figura 4, os dois corpos sofrem a mesma força de atração gravitacional. Elas formam um par ação–reação.

A constante G que aparece na expressão citada foi medida pelo físico Henry Cavendish, em 1798. Ele conseguiu medir a força de atração entre duas esferas de chumbo em seu laboratório com métodos experimentais muito engenhosos. Sabendo a massa das esferas e a distância entre elas, ele **DETERMINOU G**.

Atividade 4

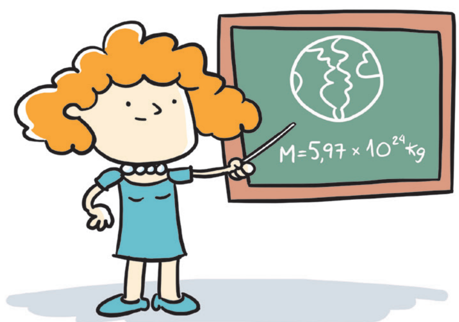
Atração mútua

Qual a força gravitacional entre dois corpos de um quilograma cada separados à distância de um metro?

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Seção 4

Quem pesou a Terra?



"A Terra tem massa de 5,97 x 10^{24} kg", diz a professora. "Como é que você sabe? Que balança consegue pesar a Terra?", pergunta o menino de forma desafiadora, lembrando da balança de dois pratos que ele vê no mercado.

Bom, a pergunta é muito interessante e a resposta não é tão óbvia. Vamos pensar na força que uma pedra de massa m sente na vizinhança da Terra. Já vimos que é o peso: P = mg. Mas, de acordo com a fórmula (a lei da gravitação), a força entre a pedra de massa m e a Terra que tem massa M_T é dada por

$$F = \frac{GM_T m}{R_T^2}$$

onde R_T é a distância entre a massa m na superfície da Terra e o centro da Terra, ou seja, o raio da Terra. Igualando as duas expressões:

$$F = P$$

$$\frac{GM_T m}{R_T^2} = mg$$

$$M_T = \frac{gR_T^2}{G}$$

dado que R_T = 6.378 km, g = 9,8 m/s^2 e G = 6,67 x $10^{-11}$$m^3$/($s^2$.kg), substituindo os valores, chegamos a M_T = 6,0 x 10^{+24} kg, que é muito próximo ao valor mais preciso encontrado nas tabelas de constantes astronômicas.

Observe que a expressão frequentemente usada para a força de gravitação na superfície da Terra, P = mg, é uma aproximação da equação na Seção 3 que dá a força de atração entre duas massas em uma distância d. Essa aproximação vale quando uma das massas é muito pequena comparada com a massa da Terra, e está localizada a uma altura muito menor do que o raio da Terra.

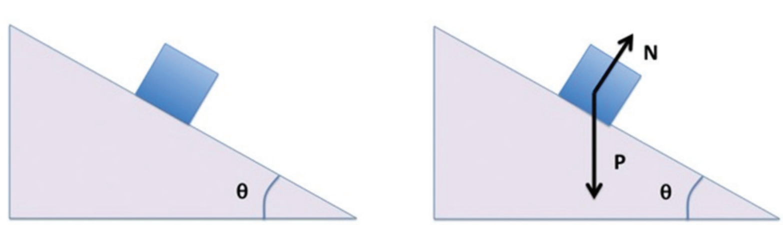
Atividade 5

Na expressão dada para M_T podemos isolar g e escrever $g = \frac{GM_T}{R_T^2}$, que dá a expressão da gravidade. Sabendo-se que a massa da Lua é $0.012M_T$ e que o raio da Lua é de $0.27R_T$, calcule quanto é a gravidade na superfície da Lua.

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Seção 5
Plano Inclinado

Um problema frequente nas aulas de Mecânica é o do plano inclinado liso. Observe a Figura 5a, onde vemos um plano inclinado de um ângulo θ (lê-se ângulo teta) em relação à horizontal. Como o plano é liso, ou seja, sem atrito, é intuitivo que o bloco, colocado em repouso sobre o plano inclinado, comece a deslizar e a adquirir velocidade. O nosso objetivo aqui é entender que forças atuam sobre o bloco e que aceleração o bloco adquire. Na Figura 5b estão ilustradas as forças aplicadas ao bloco. Temos a força de contato bloco-plano N, que é perpendicular ao plano, e a força peso P, que aponta para o centro da Terra. Como veremos adiante, essas forças agem em direções diferentes, e a força resultante vai causar uma aceleração do bloco.



(a) (b)

Figura 5: Em (a), um bloco de massa m sobre um plano inclinado de um ângulo θ que pode deslizar sem atrito. Em (b), as forças que agem no bloco: força peso P e a força de contato ou reação da mesa sobre o bloco, N, chamada força normal.

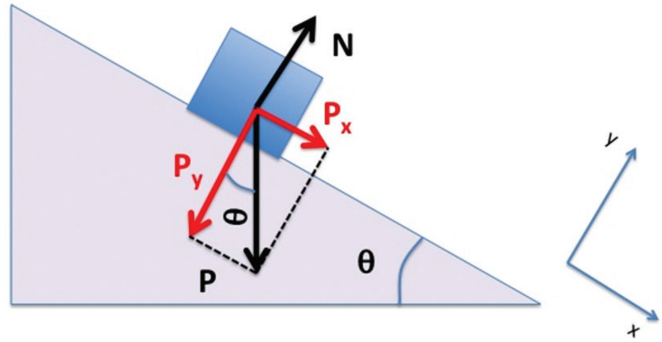


Figura 6: Bloco num plano inclinado. O sistema de coordenadas foi escolhido de modo que o eixo y seja perpendicular à superfície do plano inclinado, como mostrado na figura. As componentes da força peso nos eixos x e y estão ilustradas em vermelho.

Na Figura 6 estamos usando eixos de coordenadas inclinados; isso não tem nenhum problema, pois os eixos são convenções nossas. Nesta figura mostramos duas coisas adicionais. A primeira é a decomposição da força peso nas suas duas componentes, uma na direção de N, denominada Py, e outra na direção perpendicular, denominada Px.

Observe que todo vetor pode ser decomposto em duas componentes perpendiculares, e nós escolhemos as direções convenientemente: uma perpendicular ao plano, Py, e outra na direção do plano, Px.

Deixemos claro aqui que as forças presentes continuam a ser apenas a força peso e a força normal. Apenas decompusemos a força peso em duas componentes.

Além disso, na Figura 6 mostramos que o ângulo entre a força P e sua componente Py é θ também. Isso pode ser demonstrado por geometria, pois o ângulo θ original é entre o plano horizontal e o plano inclinado. Mas P é perpendicular ao plano horizontal, e Py é perpendicular ao plano inclinado, ou seja, o ângulo entre eles é o mesmo que o ângulo entre os planos.

Para se convencer disso, imagine que o plano inclinado lentamente se aproxima do plano horizontal, ou seja, o ângulo θ entre os dois planos vai diminuindo. É simples ver que, nesse caso, o ângulo entre **Py** e **P** também diminui (e no limite em que os dois planos estão um sobre o outro, elas são iguais: **Py=P**). Podemos ver também que **Px = P sen θ e Py= P cos θ**.

Agora vamos escrever as expressões das forças. No eixo perpendicular ao plano inclinado, agem a força normal N e a componente Py do peso. Nesta direção, o bloco não se movimenta (o bloco não sai do plano nem afunda nele), não existe aceleração nesta direção. A soma das forças é nula. Assim, a segunda lei de Newton neste eixo é dada por:

$$P_y - N = 0 \qquad P\cos\theta = N$$

No eixo x podemos escrever

$$P_x = ma \qquad P sen\theta = ma$$

Mas, como **P = mg**, temos o resultado que a aceleração no plano inclinado é **a = g sen θ**, e a força que o bloco faz no plano (e que o plano faz no bloco) é **N = mg cos θ**.

Observe que uma suposição muito importante para esses resultados valerem é que o plano é liso, ou seja, o movimento se dá sem a força de atrito. Em algumas situações, essa aproximação é razoável. Por exemplo, uma criança descendo uma ladeira em um carrinho de rolimã com as rodinhas bem alinhadas e sem atrito e sem resistência do ar (o que é razoável para baixas velocidades). Ela desce com aceleração a = g sen θ, onde θ é a inclinação da ladeira.

O problema do plano inclinado serve de modelo para várias aplicações das leis de Newton.

Atividade 6

Ladeira abaixo

Calcule a aceleração de uma criança em um carrinho de rolimã descendo uma ladeira cuja inclinação com relação à horizontal é de 30 graus.

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Atividade 7

Plano horizontal

No problema do plano inclinado, faça o ângulo θ tender a zero (ou seja, o plano deixar de ser inclinado). Qual será o valor da aceleração do bloco? E da força normal? É o que você adivinhou sem fazer contas?

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Recursos Completares

Nesta seção, você encontrará o material não formatado indicado ao longo do texto. Ou seja, não faz parte do conteúdo principal da aula, mas deve ser usado por você como recurso complementar para a sua formação.

Conhecendo a força de atrito

1

Para você entender melhor a força de atrito e como a calculamos, não deixe de acessar os seguintes links:

http://www.infoescola.com/mecanica/forcas-de-atrito/

http://www.youtube.com/watch?v=v_TYvAHoFn4

Experimento de Cavendish e a determinação da constate G

2

Para conhecer como a constante G foi descoberta, não deixe de visitar o link a seguir que exemplifica o experimento de Cavendish.

http://www.if.ufrgs.br/historia/cavendish.html

Resumo

- Nesta unidade enunciamos a segunda lei de Newton, que nos diz que a força resultante em um corpo é igual à sua massa vezes a sua aceleração.
- Você pôde perceber que massa e peso são grandezas distintas, sendo o peso uma força e a massa uma grandeza que quantifica o grau de resistência do corpo à aceleração.
- Você viu também que a gravitação é uma força de interação entre dois corpos quaisquer e está relacionada diretamente à massa desses corpos e inversamente à distância entre eles.

Veja Ainda

A queda da maçã e a órbita da Lua

Antigamente pensava-se que as leis que regiam o Universo supralunar (acima da órbita da Lua) eram totalmente diferentes das leis que regiam o Universo sublunar (abaixo da Lua), uma herança da visão aristotélica do mundo. Nesta concepção, abaixo da Lua todos os seres e objetos eram compostos por quatro elementos (terra, água, ar e fogo), e cada um deles possuía um movimento dito natural (terra e água para baixo, ar e fogo para cima). Mas outros movimentos, chamados "violentos", também eram permitidos abaixo da Lua.

Acima da Lua, no entanto, era o reino da perfeição: os corpos celestes eram constituídos por um quinto elemento, o éter, que só era encontrado nessa região. Esferas de cristal giravam em círculos perfeitos carregando consigo os corpos celestes. Cometas, novas estrelas, meteoros, tudo que era passageiro era encarado como pertencendo ao universo sublunar, pois no universo supralunar tudo era perfeitamente ordenado, nada mudava.

Um dos grandes feitos de Newton, consolidando o trabalho de outros anteriores a ele (como Galileu, Ticho Brahe e Kepler), foi unificar o mundo supralunar e o sublunar: a queda da maçã e o movimento orbital da Lua em torno da Terra têm a mesma causa. O argumento de Newton está claramente ilustrado na Figura 4, que tomamos diretamente do famoso livro de Newton "Princípios Matemáticos".

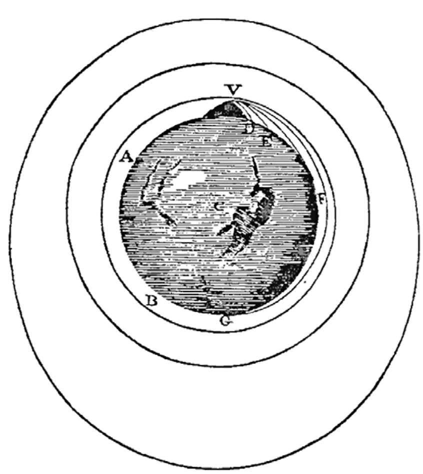


Figura 7: Diagrama extraído do livro "Princípios Matemáticos", de Isaac Newton, publicado em 1687.

Newton argumenta que, se um objeto for atirado de uma montanha alta numa direção paralela à superfície da Terra, ele vai cair em algum lugar perto da base da montanha. A distância que ele vai atingir depende da altura da montanha, da força da gravidade e da velocidade inicial. Se o objeto for lançado sempre da mesma montanha, a altura e a força da gravidade podem ser consideradas constantes. Agora imagine que o objeto seja lançado com mais velocidade. Ele vai parar mais longe, conforme ilustrado na Figura 4. Se o objeto é lançado ainda com mais velocidade, ele pode cair na Terra no lado oposto ao da montanha. Se finalmente aumentamos mais ainda a velocidade, o objeto daria uma volta em torno da Terra, e se não houvesse resistência do ar ele ficaria circulando em torno da Terra, sempre caindo, mas sem nunca realmente atingir a Terra! Ou seja, o objeto entraria em órbita em torno da Terra.

A Lua está em órbita em torno da Terra, ou seja, ela está sempre caindo para a Terra, mas nunca atinge a Terra. Ou seja, como antecipamos, Newton unificou os fenômenos sublunares (a queda da maçã) e os fenômenos supralunares (a órbita da Lua). Claro que o trabalho de Newton é muito completo e cheio de detalhes matemáticos que não poderemos discutir aqui, mas a ideia central é essa.

Multimídia

Assista ao vídeo sobre a vida de Newton (em português):

http://www.youtube.com/watch?v=4ZIYMmJ2ewE

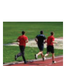
Bibliografia

- HEWITT, Paul G. Física conceitual. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- CASSIDY, David; HOLTON, Gerald; RUTHERFORD, James. Understanding Physics. Springer, 2002.

Imagens

- André Guimarães

- http://www.sxc.hu/photo/1213873.

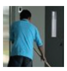


- http://www.sxc.hu/photo/1183538.

- http://www.sxc.hu/photo/598323.

- http://www.sxc.hu/photo/1145177.

- http://www.sxc.hu/photo/981072.



- http://www.sxc.hu/photo/521192.

- http://www.sxc.hu/photo/1186277.

- http://www.sxc.hu/photo/1385352.

- domínio público.

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

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

Respostas das Atividades

Atividade 1

Como a força que impulsiona a corredora para frente é a força de atrito, a segunda lei fica: $0.7\ mg = ma$, ou seja, $a = 0.7g$, que é cerca de $7\ ms^{-2}$.

Atividade 2

Como a velocidade é constante, a aceleração é nula, portanto, a resultante das forças é nula também, pela segunda lei de Newton. Assim, a força total é nula.

Atividade 3

Se a aceleração está apontando para baixo, na Figura 3b do texto, vemos que a resultante das forças aponta para baixo. Daí,

$$ma = P - N$$
$$ma = mg - N$$
$$N = mg - ma = m(g - a)$$

Portanto, o que vai ser lido na balança é de forma similar ao discutido no texto:

$$m_b = \frac{N}{g} = \frac{m(g-a)}{g}$$

e, neste caso, substituindo os valores mb = 50 x (9.8-2)/9.8 = 39.8 kg!

Atividade 4

Resposta: Na fórmula $G=6{,}67\times10^{-11}$, faça $m_1 = m_2 = 1$ kg, R=1 m e obtenha $F = 6.67 \times 10^{-11}$ N, que é uma força extremamente pequena.

Atividade 5

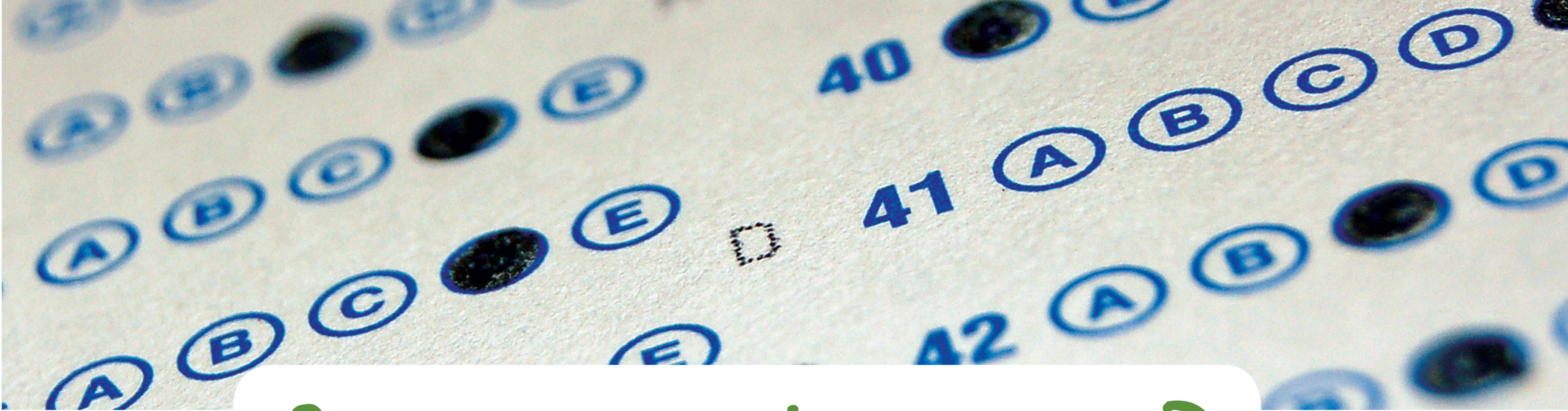
Resposta: $g_L = \dfrac{G(0.012M_T)}{0.27R_T^2} = \dfrac{0.012}{0.27^2}g = 0.17g = \dfrac{1}{6}g$

Atividade 6

Resposta: a = g senθ = 10 x sen(30°) = 10 x 0.5 = 5 ms^{-2}. Observe que a aceleração não depende da massa do menino mais carrinho.

Atividade 7

Resposta: Quando θ=0, sen θ=0 e cos θ = 1. Daí, a = 0 e N = mg, que são os valores usuais para um bloco em repouso numa superfície plana.



O que perguntam por aí?

(UFPE)

Um elevador partindo do repouso tem a seguinte sequência de movimentos:

1. De 0 a t, desce com movimento uniformemente acelerado.

2. De t1 a t2 desce com movimento uniforme.

3. De t2 a t3 desce com movimento uniformemente retardado até parar.

Um homem, dentro do elevador, está sobre uma balança calibrada em newtons.

O peso do homem tem intensidade P e a indicação da balança, nos três intervalos citados, assume os valores F_1, F_2 e F_3, respectivamente:

Assinale a opção correta:

a. F1 = F2 = F3 = P

b. F1 < P; F2 = P; F3 < P

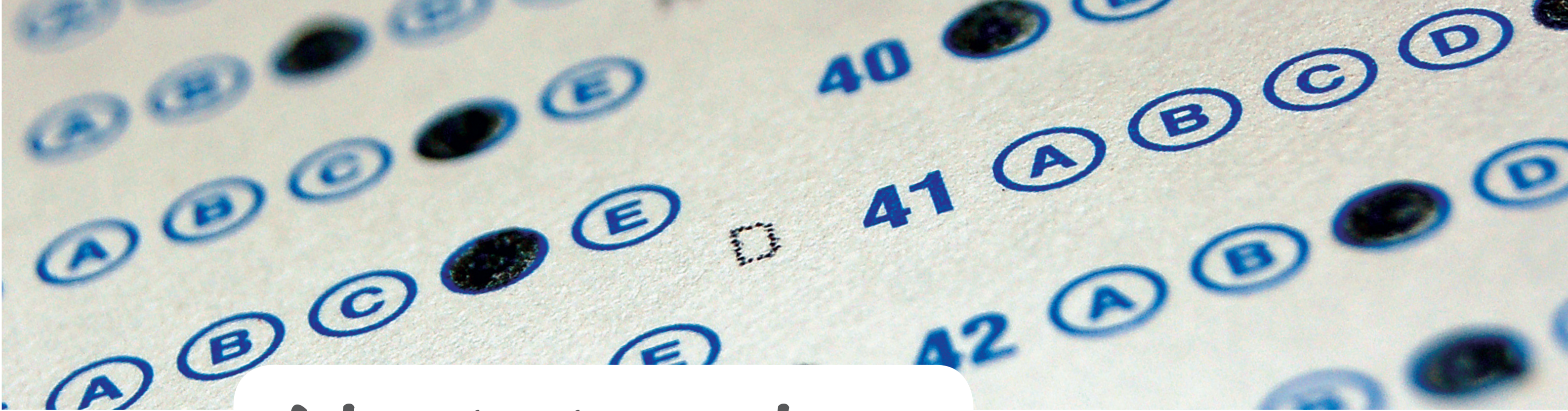
c. F1 < P; F2 = P; F3 > P

d. F1 > P; F2 = P; F3 < P

e. F1 > P; F2 = P; F3 > P

Resposta: opção C.

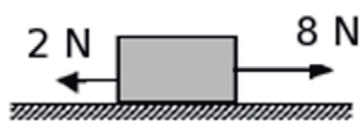
Comentário: Este exercício é uma aplicação simples do que foi discutido na seção 2. O peso que a balança fornece na realidade é a força normal que atua no homem. A força normal é maior do que o peso quando o elevador está acelerando para cima (ou desce com movimento uniformemente retardado), é igual ao peso quando não há aceleração e é menor do que o peso quando o elevador está acelerando para baixo. Se o elevador caísse em queda livre, o homem estaria se movendo com aceleração máxima para baixo e a balança marcaria peso nulo!



Atividade extra

Questão 1 (Adaptado de CEJA - São Gonçalo)

Um bloco de massa igual a 4 kg é arrastado, sobre uma superfície horizontal, por uma força constante, de módulo igual a 8 N, na direção horizontal. Entre o bloco e a superfície de contato, há uma força de atrito constante de módulo igual a 2 N.



A força resultante desse sistema é de:

a. 10 N;

b. 8 N;

c. 6 N;

d. 2 N.

Questão 2 (Adaptado de SAERJINHO - 2012)

Desde a antiguidade, existiram teorias sobre a concepção do universo. Por exemplo, a teoria Aristotélica, denominada Geocentrismo. Hoje, já se sabe que a trajetória de qualquer corpo é determinada a partir de uma força de ação a distância, através da qual dois corpos se atraem mutuamente com a intensidade proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa.

Esse argumento, utilizado por Newton para explicar o movimento dos astros, é possível através da Lei:

a. de Hook;

b. de Kepler;

c. da ação e reação;

d. da gravitação universal.

Questão 3 (Adaptado de SAERJINHO - 2012)

Reconhecendo a diferença entre os conceitos de peso e massa, uma pessoa ficou curiosa por saber quantos newtons pesa sua caixa de livros, cuja massa é de 13 kg.

Essa pessoa recorreu, então, a um instrumento de medição apropriado e constatou que a caixa de livros pesa, em newtons, considerando a aceleração gravitacional igual a 10 m/s^2,

a. 1,3;

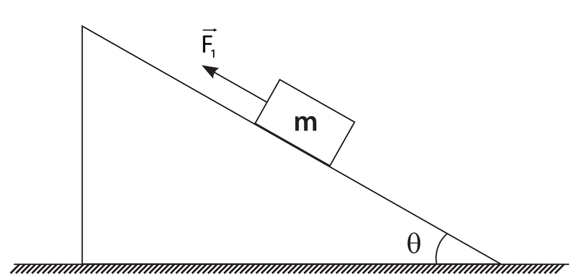
b. 13;

c. 130;

d. 133.

Questão 4 (Cecierj - 2013)

Um bloco de massa m é arrastado ao longo de um plano inclinado sem atrito, conforme a figura.



Para que o bloco adquira uma aceleração qualquer para cima, a intensidade de $\vec{F}_1$ deverá ser necessariamente:

a. igual ao peso do bloco;

b. igual à reação do plano;

c. maior que o peso do bloco;

d. menor que o peso do bloco.

Questão 5 (Adaptado de CEFET ES - 2006)

Uma pessoa de 60 kg encontra-se em pé no interior de um elevador inicialmente parado. Logo em seguida, o elevador começa a subir com aceleração de $2m/s^2$.

Diga se o valor da força normal que o piso exerce sobre os pés da pessoa, no momento em que o elevador começa a subir, é, igual, maior ou menor do que quando o elevador estava parado. Determine também o valor da força normal durante a subida. Adote $g=10\ m/s^2$.

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

O valor da força normal que o piso exerce sobre os pés da pessoa, no momento que o elevador começa a subir, é maior do que no momento em que o elevador estava parado.

O valor da força normal pode ser determinado considerando que a resultante das forças é igual à massa, vezes a aceleração. Assim, neste caso:

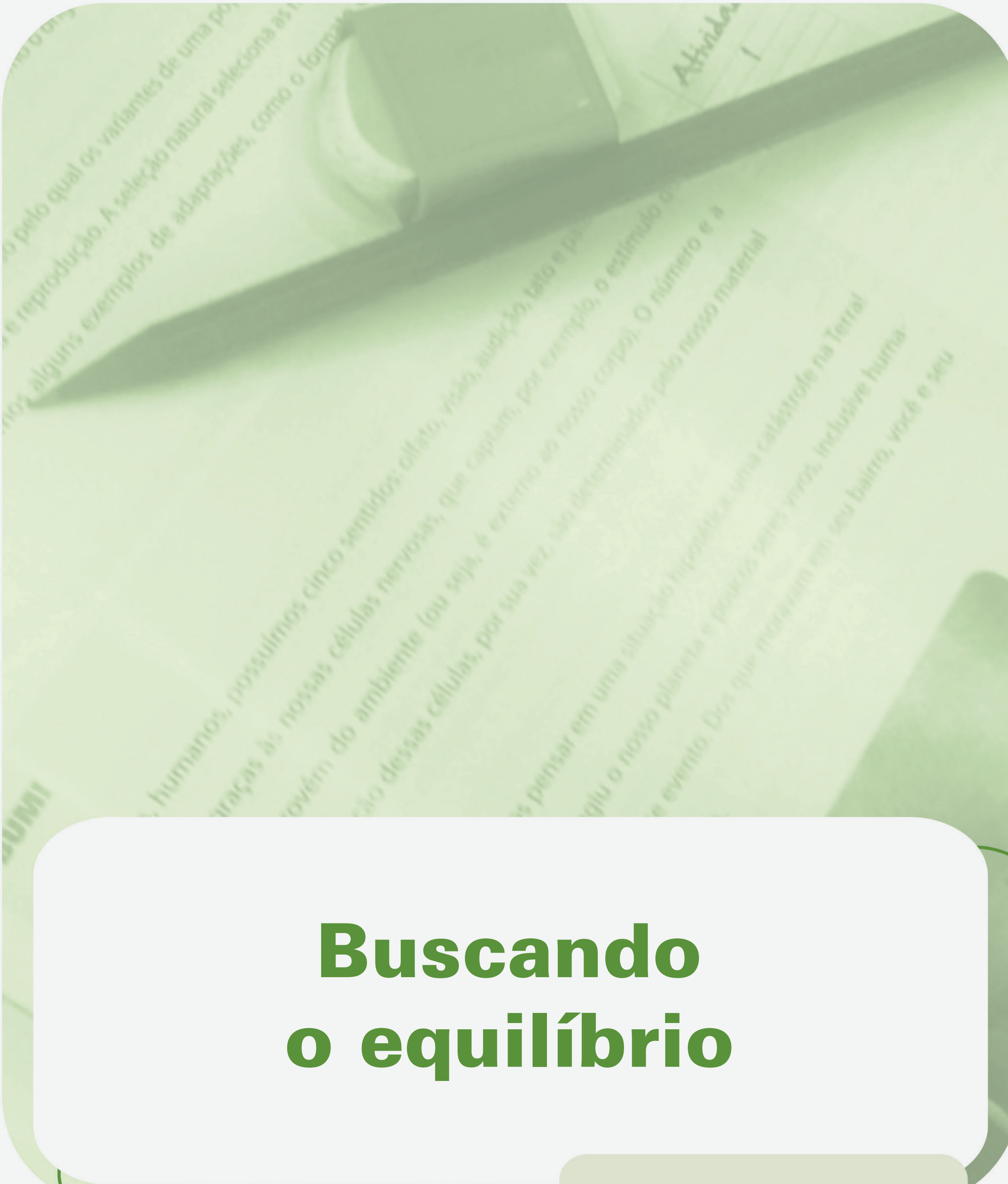
$ma = N - P$

$ma = N - mg$

$N = ma + mg.$

$N = m(a+g)$. Portanto, o valor da força normal é: $N = 60 \cdot (2+10)$,

$N = 720$ N.

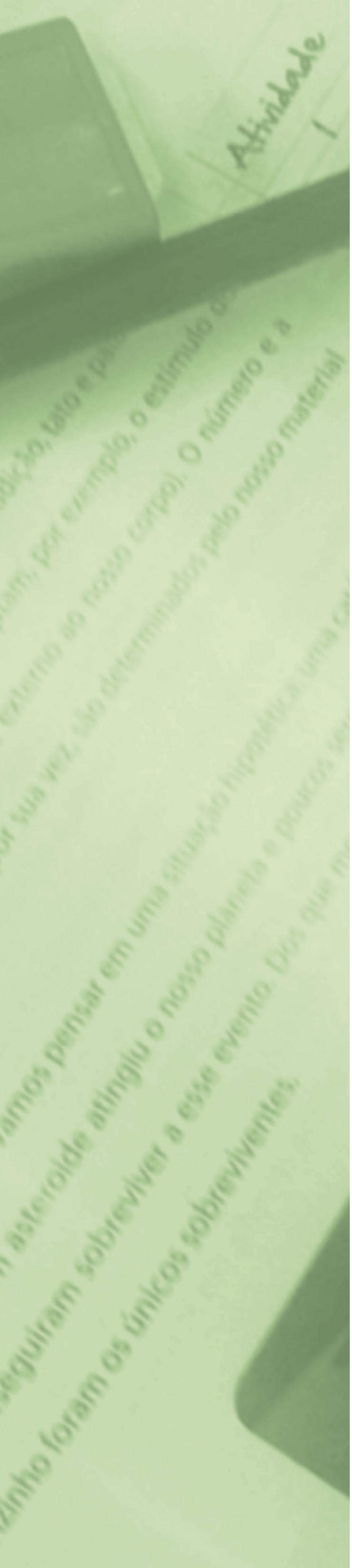


Buscando o equilíbrio

Fascículo 2

Unidade 5

Fundação CECIERJ



Buscando o equilíbrio

Para início de conversa...

No dia a dia, é comum ouvirmos falar na importância de manter o equilíbrio. Esta é uma expressão que pode dar margem a uma série de interpretações. Como o equilíbrio emocional, financeiro, entre outros. No contexto da Física, a necessidade do equilíbrio verifica-se em várias situações. No caso da navegação, por exemplo, o equilíbrio é condição indispensável para que o transporte da carga seja feito com segurança. E é nesse contexto onde surge uma série de questões que muitas vezes nos intrigam, como por exemplo: como é possível um pequeno tijolo afundar e um enorme navio flutuar? Esta unidade pretende apresentar conceitos e fenômenos de hidrostática, uma área da Física que pode auxiliá-lo a compreender melhor esses fenômenos e responder a essas questões.

Figura 1: O que faz um navio flutuar na água?

Objetivos de aprendizagem

- Conceituar pressão;
- Diferenciar os conceitos de massa específica e densidade;
- Calcular a pressão hidrostática em líquidos a partir do Teorema de Stevin;
- Reconhecer o Teorema de Torricelli;
- Identificar situações de equilíbrio em líquidos que não se misturam;
- Identificar o Princípio de Pascal e o funcionamento da prensa hidráulica;
- Reconhecer o Teorema de Arquimedes e calcular o empuxo.

Seção 1
Pressão

Um antigo truque, utilizado pelos ilusionistas, é aquele onde o faquir deita-se sobre uma cama, contendo milhares de pregos sem se machucar. Se o mesmo faquir fosse desafiado a se deitar sobre um único prego, certamente ele não aceitaria o desafio. Você saberia explicar por quê? Para entendermos o porquê da provável recusa, precisamos compreender o conceito de pressão.

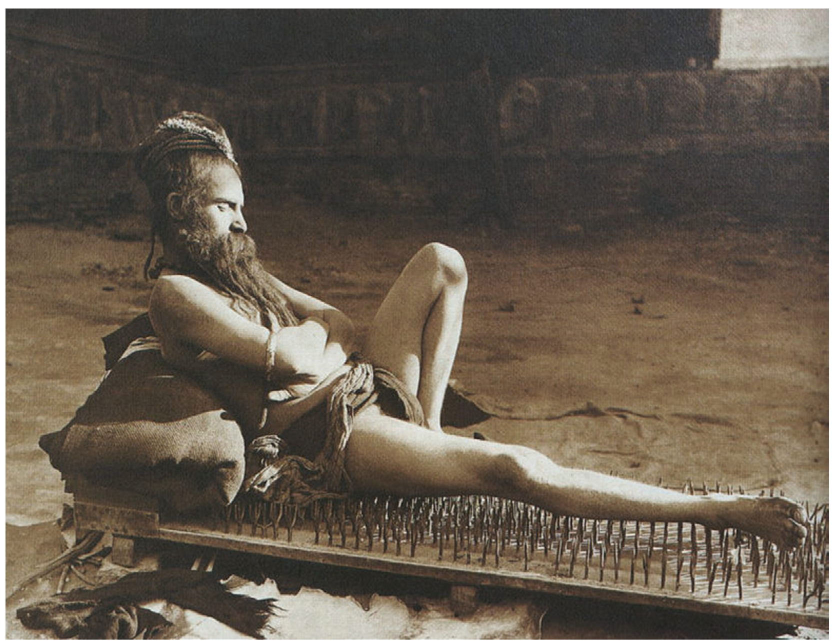
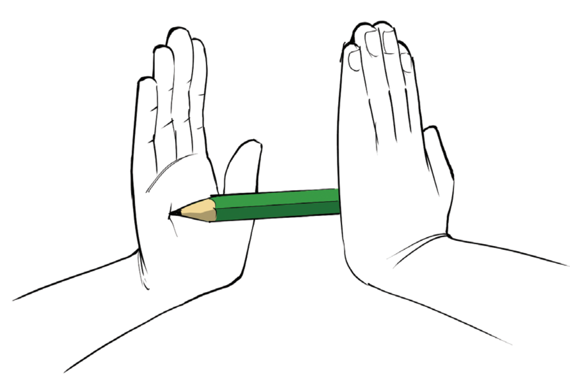


Figura 2: Um dos truques mais famosos de ilusionismo é o do faquir que se deita em uma camade pregos sem ser furado por eles.

Apoiando entre as duas mãos um lápis, que esteja apontado em apenas uma das extremidades e exercendo uma força sobre ele, é fácil verificar que o incômodo provocado na mão que está em contato com a extremidade apontada será maior do que na outra mão. Faça você mesmo o teste e comprove. Este incômodo é causado porque a pressão provocada pela extremidade apontada sobre a pele é maior.



Seja F a força resultante de um conjunto de forças que atuam perpendicularmente sobre uma região de área A, a pressão (p) dessa resultante sobre a superfície é definida pela razão entre a resultante (F) e a área (A). Matematicamente, escreve-se:

$$p = \frac{F}{A}$$

A unidade de pressão no sistema internacional (SI) é o N/m^2 (Newton por metro quadrado), que também pode ser chamada de pascal, cujo símbolo é Pa.

76 cm de mercúrio equivalem à pressão de 1 atmosfera. Quanto maior for a altitude, menor será a pressão.

1 atmosfera = 10^5 N/m^2

Altitude (m)	Pressão (em Hg)
0	76
500	72
1000	67
2000	60
3000	53
4000	47
5000	41
6000	36
7000	31
8000	27
9000	24
10000	21

Voltando ao problema da cama de pregos, se pensarmos que a soma das áreas das pontas de milhares de pregos é maior do que a área da cabeça de um único prego. Logo, a pressão que o conjunto de pregos exerce sobre a pele do faquir é muito menor, em função da área por onde a força distribui-se ser muito maior, do que no caso do desafio, onde a área é limitada por um único prego e, consequentemente, a pressão é enorme e vai perfurar a pele do faquir. Daí a recusa.

Seção 2
Massa específica e densidade

É muito comum entre os estudantes, no início dos seus estudos de Física, fazer confusão entre os conceitos de massa específica e densidade. Você sabe a diferença?

Matematicamente, a massa específica (μ, lê-se mi) e a densidade (ρ, lê-se rô) são definidas como a razão entre a massa de um corpo (m) e o seu volume (V).

$$\mu = \frac{m}{V} \quad \text{e} \quad \rho = \frac{m}{V}\ .$$

Entretanto, no caso da massa específica, esta se refere a uma propriedade da matéria, ou seja, da substância que constitui o corpo em questão. O seu cálculo leva em conta um corpo maciço e homogêneo, e o volume considerado é o equivalente ao da quantidade de matéria que constitui o corpo.

No caso da densidade, seu cálculo está relacionado com o volume do corpo. Assim, não faz diferença se realizarmos o cálculo do volume de um corpo esférico maciço e homogêneo, ou de um corpo esférico oco. Embora a quantidade de matéria utilizada em cada caso seja diferente, teremos valores iguais para os dois cálculos. Logo, devemos ser cuidadosos com nossas interpretações e estar atentos para não cometermos erros conceituais que nos levem a erros de cálculo.

Saiba Mais

Calculando a densidade

A densidade dos corpos é propriedade importante para a Física e para outras ciências, como a Química. Sendo ela definida como uma razão entre massa e volume, sua unidade no Sistema Internacional (SI) é o Kg/m^3. Entretanto, em função do contexto, ela pode ser expressa de outras maneiras, como em g/cm^3 (a mais utilizada) ou em Kg/l, onde:

$$\frac{1\ g}{1\ cm^3} = \frac{10^{-3}\,Kg}{10^{-6}\,m^3} = 10^3\,Kg\,/\,m^3$$

$$1\ g\,/\,cm^3 = 10^3\,Kg\,/\,m^3$$

Ou

$$1m^3 = 10^3\,l\ell$$

$$1\frac{g}{cm^3} = \frac{10^3\,Kg}{m^3} = \frac{10^3\,Kg}{10^3\,l\ell}$$

$$1\frac{g}{cm^3} = \frac{Kg}{1\,l\ell} = 10^3\,\frac{Kg}{m^3}$$

A densidade da água é $1g/cm^3$

Seção 3
A pressão nos líquidos

A figura a seguir exibe um recipiente cheio de um **líquido ideal**, cuja densidade é ρ, em equilíbrio. No interior, está representada uma porção isolada desse líquido, de formato cilíndrico, com as seguintes dimensões: altura = h e área da base = A. A base superior do cilindro imaginário coincide com a superfície do líquido.

Líquido ideal

É aquele que é homogêneo e não permite compressão, ou seja, não se comprime.

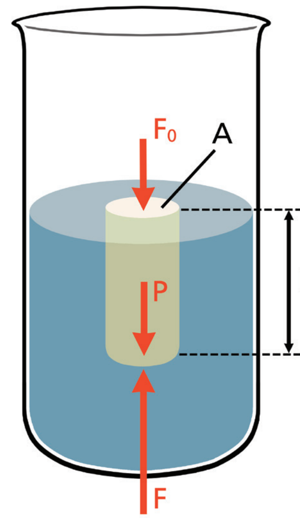


Figura 3: Cilindro imaginário imerso no líquido.

Considere que sobre a face superior do cilindro atue uma força F_0 para baixo e que na face inferior atue uma força F para cima. Além disso, atua sobre o cilindro o peso (P) que a Terra exerce sobre a massa da água que está contida na região do cilindro imaginário.

Como o líquido está em equilíbrio, a resultante das forças que atuam sobre o cilindro deve ser nula. Assim, podemos escrever:

$$F = F_0 + P$$

Podemos escrever o peso, utilizando a expressão da 2ª Lei de Newton:

$$P = mg$$

Ou

$$P = \mu V g$$

Substituindo na expressão do equilíbrio:

$$F = F_0 + \mu V g$$

Se dividirmos toda a expressão pela área A, teremos:

$$\frac{F}{A} = \frac{F_0}{A} + \frac{\mu V g}{A}$$

em que:

$$\frac{F}{A} = p \text{ (pressão exercida sobre a base inferior do cilindro)}$$

$$\frac{F_0}{A} = p_0 \text{ (pressão exercida pelo ar sobre a base superior do cilindro)}$$

O terceiro termo pode ser escrito:

$$\frac{\mu V g}{A} = \frac{\mu A h g}{A} = \mu g h$$

Substituindo os termos encontrados, podemos escrever a expressão matemática que traduz o Teorema de Stevin, em que p_0 é a pressão que o ar exerce sobre a superfície do líquido, chamada de pressão atmosférica.

$$p = p_0 + \mu g h$$

Traduzindo em palavras, o Teorema de Stevin afirma que a pressão exercida sobre um ponto situado à profundidade h no interior de um líquido em equilíbrio é dada pela pressão atmosférica ($p_0 = p_{atm}$) exercida sobre a superfície do líquido, mais a pressão exercida pela coluna de líquido, situada acima do ponto.

A partir do Teorema de Stevin é possível prever a existência de superfícies onde a pressão mantém-se constante em todos os pontos. No caso do problema estudado, isso ocorre desde que a superfície seja horizontal.

A pressão exercida pela coluna de líquido recebe o nome de pressão hidrostática (p_H) e pode ser calculada a partir do produto μgh que forma o terceiro termo da expressão.

Logo, podemos reescrever:

$$p = p_{atm} + p_H$$

Ou

$$p = p_{atm} + \mu g h$$

Seção 4

A medida da pressão atmosférica – Experiência de Torricelli

Com o objetivo de criar uma forma de medir a pressão atmosférica, Torricelli realizou o seguinte experimento: encheu com mercúrio um recipiente e um tubo de vidro de 120 cm de comprimento. No caso do tubo, ele encheu até a borda. Em seguida, tapou a extremidade aberta do tubo, inverteu a sua posição e mergulhou a extremidade tapada no mercúrio que estava no recipiente. Ao remover o dedo, destampando o tubo, o líquido desceu até certa altura e depois parou atingindo uma situação de equilíbrio. Esta situação de equilíbrio encontra-se representada na figura a seguir, que mostra a coluna de mercúrio com 76 cm de altura em relação ao nível do mercúrio no recipiente.

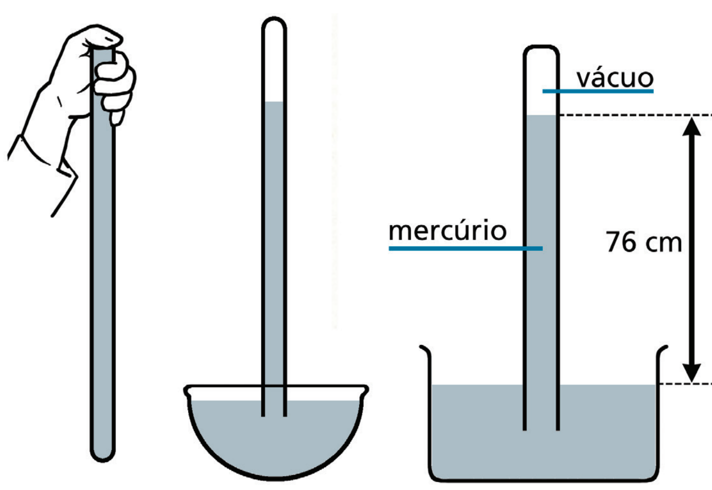


Figura 4: Experiência de Torricelli.

Esta altura de 76 cm se repete toda vez que o experimento é realizado no nível do mar. Quando este experimento é realizado em locais de maior altitude, como as montanhas, esse valor será menor que 76 cm.

A explicação para isso está no fato de que no alto da montanha a quantidade de ar, exercendo força sobre a superfície do mercúrio no recipiente é menor, e, por consequência, a pressão será menor. Com isso, o equilíbrio ocorre para colunas menores do que 76 cm.

Saiba Mais

A relação entre as unidades

Na situação de equilíbrio, a pressão hidrostática exercida pela coluna de mercúrio iguala-se à pressão exercida pela atmosfera. Quando a experiência é realizada no nível do mar, convencionou-se que esta pressão equivale a uma atmosfera (1 atm), uma das unidades utilizadas para medir pressão. Esta unidade guarda uma relação de equivalência com a altura da coluna de mercúrio igual a 76 cm.

Assim, podemos expressar a pressão tanto em atm quanto em cm de Hg (símbolo químico do mercúrio), considerando a seguinte relação de transformação:

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cm Hg}$$

No Sistema Internacional (SI), a unidade de pressão é dada pela razão entre as unidades de força e de área (N/m^2). Esta razão recebe o nome de Pascal (Pa).

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

Para correlacionar as três unidades aqui apresentadas, por meio de uma relação de transformação, podemos realizar o seguinte cálculo:

A pressão hidrostática equivalente aos 76 cm de Hg pode ser calculada:

$$p_H = \mu_{Hg} \times g \times h$$

Saiba Mais

Podemos encontrar o valor da densidade do mercúrio ($\mu Hg = 13{,}6.103 \text{ Kg/m}^3$) em uma tabela e utilizar $g = 9{,}8 \text{ m/s}^2$. Substituindo esses valores, teremos:

76 cm Hg = 0,76 m Hg

$$p_H = 13{,}6 \times 10^3 \times 9{,}8 \times 0{,}76$$

$$p_H = 1{,}01 \times 10^5 \, N/m^2$$

$$p_H = 1{,}01 \times 10^5 \, Pa$$

Assim, teremos:

$$1 \, atm = 76 \, cmHg = 1{,}01 \times 10^5 \, Pa$$

Calculando a pressão

Atividade 1

Um cubo possui 10 cm de aresta e massa igual a 3 Kg. Determine a pressão exercida por uma das faces deste cubo, quando ele se encontra apoiado sobre uma mesa.

Anote suas respostas em seu caderno

Mergulhando fundo

Atividade 2

Um mergulhador nada a uma profundidade de 10 m. Determine a pressão no ponto onde este mergulhador encontra-se.

Anote suas respostas em seu caderno

Atividade 3

Será que a água vaza?

Procure obter o seguinte material:

- Um copo de vidro
- Meia folha de papel A4 em branco.

Encha o copo com água até que o nível atinja, mais ou menos, 1 cm da borda.

Coloque a folha de papel sobre a boca do copo. Segure o copo com uma das mãos e com a palma da outra mão pressione a folha sobre a boca do copo, a fim de evitar que a água escape entre a folha e a borda do copo. Vire o copo de cabeça para baixo, mantendo pressionada a folha de maneira que não haja vazamento da água. Mantenha esta posição por uns 5 segundos e, em seguida, remova com cuidado a mão que está segurando o papel.

O que você observou? Como você explica o que aconteceu, baseado no seu aprendizado de Física até aqui?

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 5
Equilíbrio em líquidos que não se misturam

A figura a seguir ilustra uma situação em que dois líquidos com densidades diferentes, como óleo e água, por exemplo, são colocados cuidadosamente em um tubo em formato de U, de maneira que não se misturem.

Na situação de equilíbrio, o líquido à esquerda representa o óleo, cuja densidade ρ_1 é menor do que a da água (à direita), cuja densidade é ρ_2.

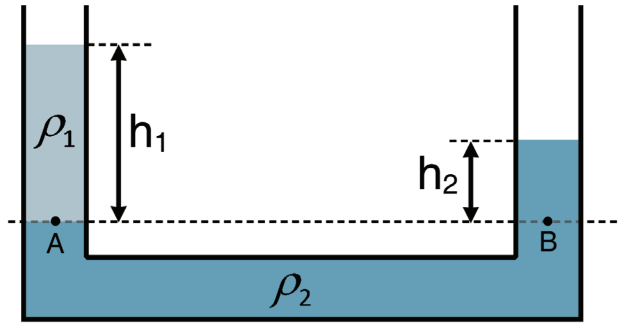


Figura 5: Equilíbrio em líquidos que não se misturam.

De acordo com o Teorema de Stevin, a pressão no ponto A (p_A) é igual a pressão no ponto B (p_B), já que eles se encontram sobre a mesma superfície **isobárica** imaginária. Logo:

$p_A = p_B$

Escrevendo as expressões de p_A e p_B de outra forma:

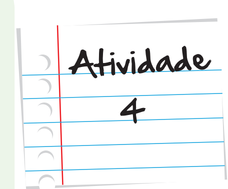
$$p_A = p_{atm} + \mu_1 \times g \times h_1$$

$$p_B = p_{atm} + \mu_2 \times g \times h_2$$

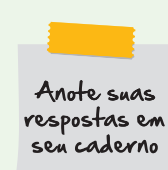
Isobárico

É toda e qualquer transformação ou ambiente que possua pressão constante.

Água e óleo não se misturam



Em um tubo em forma de U foram colocados água e um tipo de óleo, cuja densidade é igual a 0,6 g/cm³. Sabendo-se que a coluna de óleo mede 5 m, determine a altura da coluna de água medida a partir do nível onde os líquidos se encontram em contato. Utilize para a água a densidade de 1g/cm³.



Seção 6
O Princípio de Pascal e a prensa hidráulica

De acordo com o Princípio de Pascal, qualquer aumento de pressão, aplicado em um ponto de um líquido em equilíbrio, é transmitido integralmente a todos os pontos deste líquido e também a todos os pontos das paredes do recipiente que o contém. O Princípio de Pascal encontra aplicações em aparatos tecnológicos como o freio a disco, utilizado em automóveis, e o elevador hidráulico, utilizada para elevar cargas pesadas.

A figura a seguir ilustra o funcionamento de uma prensa que consiste de dois cilindros de diferentes diâmetros, interligados e contendo um líquido. Em cada lado, é colocado um êmbolo e as áreas das superfícies desses êmbolos são, respectivamente, A_1 e A_2, sobre as quais atuam as forças F_1 e F_2.

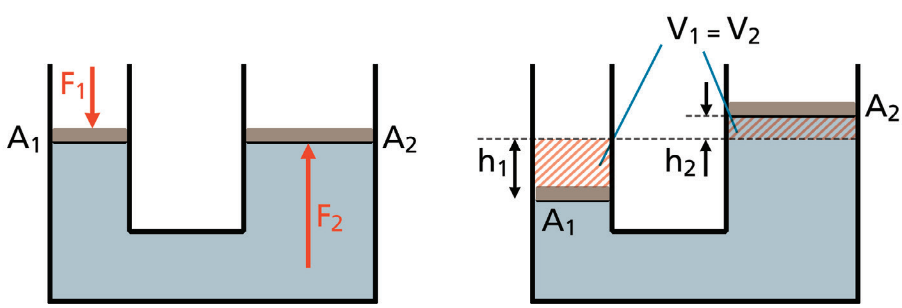


Figura 6: Prensa hidráulica.

Nesse caso, F_2 ocorre no segundo êmbolo pelo fato de haver sido aplicada a força F_1 no primeiro êmbolo. A explicação para o aparecimento da força F_2 está no Princípio de Pascal, pois a aplicação de F_1 provoca um aumento de pressão no líquido que irá se transmitir até o segundo êmbolo, submetendo-o a uma força F_2.

Observando a figura, é possível concluir que a pressão p_1 (sobre o primeiro êmbolo) é dada por:

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

Da mesma forma, a pressão p_2 (sobre o segundo êmbolo) é dada por:

$$p_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

De acordo com o Princípio de Pascal:

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Portanto, há uma relação direta entre as intensidades das forças aplicadas e as áreas dos êmbolos. Assim, é possível compreender o funcionamento da prensa hidráulica, verificando que a força aplicada do lado esquerdo (F_1) pode ser muito menor do que a força obtida do lado direito (F_2), dependendo da relação entre as áreas. Em uma situação limite, seria possível imaginar que, com um único dedo aplicado do lado esquerdo, poderíamos elevar um caminhão posicionado no lado direito, caso o equipamento seja projetado com esta finalidade.

Outra análise possível envolve a relação entre a altura que o primeiro êmbolo desloca (h_1) - se e a altura do deslocamento do segundo êmbolo (h_2).

É fácil verificar que, não havendo qualquer tipo de vazamento de líquido, o volume de líquido deslocado do lado esquerdo (V_1) para baixo deve ser igual ao volume deslocado do lado direito (V_2) para cima. Logo:

$$V_1 = V_2$$

V_1 e V_2 podem ser escritos, respectivamente, como:

$$V_1 = h_1 \times A_1 \text{ e } V_2 = h_2 \times A_2$$

Assim, podemos obter uma expressão matemática que relacione as duas alturas, substituindo na expressão anterior.

Subindo com o peso

Atividade 5

Um elevador de carga hidráulico opera por meio de um cilindro de área igual a 4.10^{-5} m² e deve elevar um container de 4.10^{3} Kg que se encontra apoiado em um êmbolo de 8.10^{-3} m² de área. Determine a intensidade mínima da força necessária para elevar o container, e o deslocamento que deve ser realizado no primeiro êmbolo para que o container eleve-se em 20 cm.

Anote suas respostas em seu caderno

Saiba Mais

A água de lastro e seus problemas ambientais

Um navio cargueiro é desenvolvido para navegar longas distâncias com seus compartimentos cheios de carga. Essa carga pode, muitas vezes, apresentar uma grande quantidade de massa, dependendo do tamanho da embarcação. Esse peso a ser transportado é levado em conta no projeto dessas embarcações, influenciando no volume de casco que ficará submerso, enquanto o navio estiver com sua carga máxima sendo utilizada. Assim, o que fazer quando a embarcação precisa navegar vazia – sem carga –, já que o equilíbrio pode ficar comprometido em função da ausência do peso? Nesse caso, costuma-se carregar um volume extra, denominado de lastro, no lugar da carga, a fim de preservar o equilíbrio do navio.

Qualquer material utilizado para manter um objeto em equilíbrio é chamado de lastro. Nas embarcações antigas, era comum a utilização de sacos de areia ou pedras. Atualmente, os novos projetos resolvem o problema, transportando a água do mar como lastro, que preenche compartimentos do navio para completar o peso. Quando não é mais necessária, esta água é eliminada.

Um dos problemas relacionados com a utilização da água de lastro é o impacto ambiental. Ao encher os seus tanques com água do mar e transportá-la para outro local, o navio estará transportando, junto com a água, espécies marinhas e microorganismos nem sempre compatíveis com o ambiente onde essa água será descartada. Muitas vezes, as espécies transferidas são predadoras das espécies locais e podem causar grandes impactos no Meio Ambiente. Além disso, doenças podem ser transportadas juntamente com essa água. Por isso, estudos sobre o impacto causado por água de lastro vêm se intensificando no mundo inteiro.

Seção 7
O Teorema de Arquimedes e o cálculo do empuxo

No boxe Saiba Mais anterior estivemos discutindo brevemente alguns problemas, causados pela água de lastro, utilizada nos navios de carga e a necessidade da sua utilização para manter o equilíbrio dessas embarcações. Nesta seção, vamos estudar a força de empuxo, que no caso dessas embarcações, pode colocar em risco a sua estabilidade, quando estas se encontram descarregadas.

Quando carregamos uma criança nos braços e a mergulhamos em uma piscina, temos uma sensação de conforto em relação à força que realizamos para mantê-la nos braços. Ela parece que “fica mais leve”. É como se o líquido a empurrasse para cima, “aliviando” o seu peso.

A explicação para este fenômeno foi elaborada pela primeira vez por Arquimedes (282 – 212 a. C.), e está traduzida no seu teorema que afirma que todo corpo sólido submerso em um líquido em equilíbrio fica sujeito à ação de uma força vertical e voltada para cima, cuja intensidade é equivalente ao peso do líquido que o corpo deslocou.

Essa força foi denominada empuxo (E), e pode ser calculada matematicamente a partir do peso do líquido deslocado, ou seja:

$$E = P_{\text{líquido}}$$

Sendo m_l a massa do líquido:

$$P_{\text{líquido}} = m_l \times g$$

Escrevendo a massa em função da densidade do líquido (ρl):

$$m_l = \mu_l \times V_l$$

Substituindo na expressão do empuxo:

$$E = \mu_l \times V_l \times g$$

A figura a seguir mostra um corpo de volume igual a V submerso em um líquido de densidade µ1 onde atuam sobre ele o peso (P) e o empuxo (E).

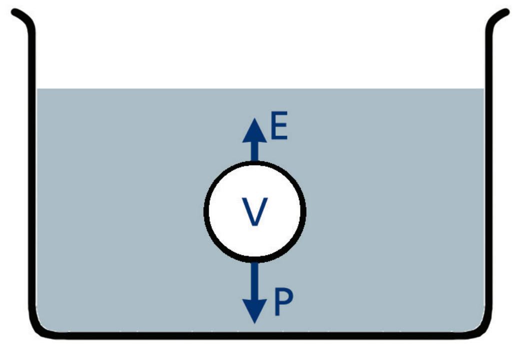


Figura 7: Empuxo sobre um corpo submerso.

Nessa situação, o empuxo pode ser obtido, considerando-se que o volume de líquido deslocado é exatamente igual ao volume do corpo (V), já que o corpo está totalmente submerso. Logo:

$$V_l = V$$

Assim,

$$E = \mu_l \times V \times g$$

O exemplo exibido na figura anterior não caracteriza uma situação de equilíbrio.

Atividade 6

Uma esfera de 100 g de massa e 2.10^{-4} m^3 de volume encontra-se totalmente submersa em água e presa ao fundo de uma piscina por um fio que a impede de subir. Determine a tração no fio.

Anote suas respostas em seu caderno

Resumo

Nesta unidade, você viu que:

- A pressão é dada pela razão entre a força e a área onde esta é aplicada: $p = \frac{F}{A}$;
- A massa específica diferencia-se da densidades pelo fato da primeira se referir ao material puro, enquanto que a densidade refere-se ao objeto que pode ser constituído de vários materiais diferentes. Ambas são definidas com a razão entre a massa e o volume do objeto: $\mu = \frac{m}{V}$ e $\rho = \frac{m}{V}$;
- A pressão no interior de um líquido é dada pela profundidade dentro do líquido, multipicado pela densidade do líquido, vezes a gravidade mais o valor de uma atmosfera (quando se está no nível do mar): $p = p_o + \mu g h$;
- O experimento de Torricelli mostrou a relação entre a medida de uma atmosfera e uma coluna de mercúrio, identificando a relação 1 atm= 76cm/Hg;
- O princípio de Pascal, que rege o funcionamento de mecanismos hidráulicos é dado pela relação entre as razões entre as forças aplicadas e suas respectivas áreas dos cilindros: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$.

Veja ainda

Voltando ao problema da água de lastro

Como já foi dito anteriormente, a manutenção do equilíbrio em embarcações é extremamente importante. A análise do problema do equilíbrio nas embarcações de carga pode envolver duas situações. Com o navio cheio de carga, o casco mais submerso desloca um volume maior de líquido e o empuxo é maior, contrabalançando o peso. Por outro lado, com o navio vazio, o casco fica menos submerso e o empuxo necessário para contrabalançar o peso também é menor. Com o casco pouco submerso, a embarcação fica sujeita a instabilidades e a solução encontrada para recuperar a estabilidade é o enchimento dos compartimentos da embarcação com a água do mar, a fim de aumentar o seu peso e, consequentemente, ter o seu casco mais submerso.

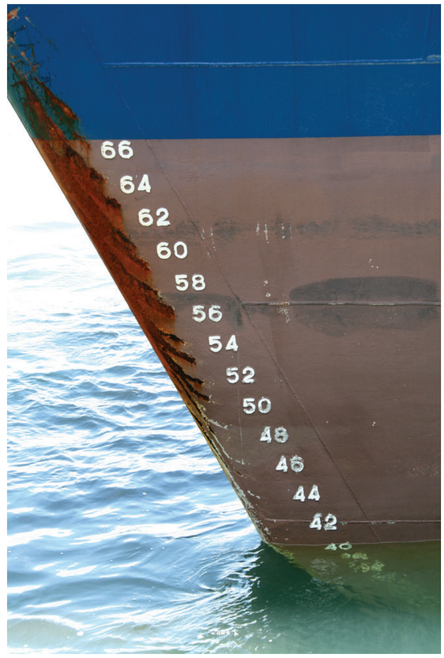


Figura 8: Quando um navio de carga está em sua capacidade máxima, parte de seu casco afunda na água. Quando não há carga a ser transportada, utiliza-se um lastro para que ele afunde na água a mesma quantidade do casco que afundaria se ele estivesse carregado, isso mantém o equilíbrio dele durante a navegação.

Atividade 1

A pressão pode ser determinada pela expressão $p = \frac{F}{A}$, onde F é a força de contato entre a face do cubo e a mesa, e A a área da face.

Sendo

$$A = (aresta)^2 = (10)^2 = 100cm^2 = 100 \,.\, (10^{-2})^2 = 10^{-2}m^2$$

$$A = 10^{-2}m^2$$

E a força de contato igual ao peso do cubo:

$F = P$

$F = mg$

Utilizando $g=10m/s^2$ teremos:

$F = 3 \,.\, 10$

Calculando a pressão:

$p = \frac{30}{10^{-2}}$

$p = 3000\ Pa$

Atividade 2

Podemos resolver o problema, utilizando a expressão:

$p = p_{atm} + \mu gh$

Onde:

$p_{atm} = 10^5 Pa$

$h = 10m$

$g = 10m/s^2$

$\mu = 1g/cm^3 = 10^3 kg/m^3$

Substituindo os dados:

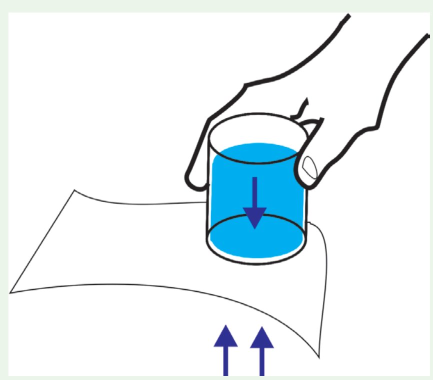
$p = 10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 10$

$p = 2 \cdot 10^5\ Pa$

$p = 2atm$

Atividade 3

Após a retirada da mão que segura o papel a folha não deve cair e a água não sai do copo. Isso ocorre porque a pressão que atua de baixo para cima na folha é a pressão atmosférica, de valor igual à soma da pressão que a coluna de água exerce na folha de cima para baixo, com a pressão que a pouca quantidade de ar disponível na parte superior do copo (vazia) exerce também para baixo, configurando uma situação de equilíbrio.



Atividade 4

O problema pode ser resolvido, utilizando-se a expressão $\mu_1 h_1 = \mu_2 h_2$, onde $\mu_1 = 1$ g/cm³ e $\mu_2 = 0{,}6$ g/cm³.

Assim:

$$h_1 = \frac{\mu_2}{\mu_1} h_2$$

Substituindo os dados:

$$h_1 = \frac{0{,}6}{1} \cdot 5$$

$$h_1 = 3m$$

Atividade 5

Respostas das Atividades

Para determinar a intensidade mínima da força F_1 pode ser utilizada a expressão $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$, com $g = 10m/s^2$ e os demais dados fornecidos pelo problema:

$$A_1 = 4 \cdot 10^{-5} m^2$$

$$A_2 = 8 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$m = 4 \cdot 10^3 Kg$$

Calculando o valor de F_2, que é igual ao peso do container:

$$F_2 = mg = 4 \cdot 10^3 \cdot 10$$

$$F_2 = 4 \cdot 10^4 N$$

Substituindo todos os dados na expressão, teremos:

$$F_1 = \frac{A_1}{A_2} \cdot F_2$$

$$F_1 = \frac{4.10^{-5}}{8.10^{-3}} \cdot 4 \cdot 10^4$$

$$F_1 = 2.10^2 N$$

Para determinar o valor do deslocamento h_1, pode ser utilizada a expressão $h_1 A_1 = h_2 A_2$, e o valor de h_2 fornecido pelo problema: $h_2 = 20cm$.

Substituindo os dados:

$$h_1 = \frac{A_2}{A_1} \cdot h_2$$

$$h_1 = \frac{8.10^{-3}}{4.10^{-5}} \cdot 20$$

$$h_1 = 2.10^2 .20$$

$$h_1 = 4000cm$$

$$h_1 = 40m$$

Respostas das Atividades

Atividade 6

Sobre a esfera, atuam as seguintes forças: o peso (P) e a tração do fio (T) para baixo, além do empuxo *(E)* para cima. Como a esfera está em equilíbrio, podemos escrever:

$$T + P = E$$

Para calcularmos o peso:

$$P = mg$$

Utilizando:

$$g = 1m/s^2 \text{ e } m = 100g = 10^{-1}Kg$$

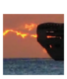
$$P = 10^{-1} \cdot 10$$

$$P = 1N$$

Para calcularmos o empuxo:

$$E = p_l \cdot V_l \cdot g$$

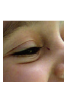
Imagens

 • http://www.sxc.hu/photo/923717

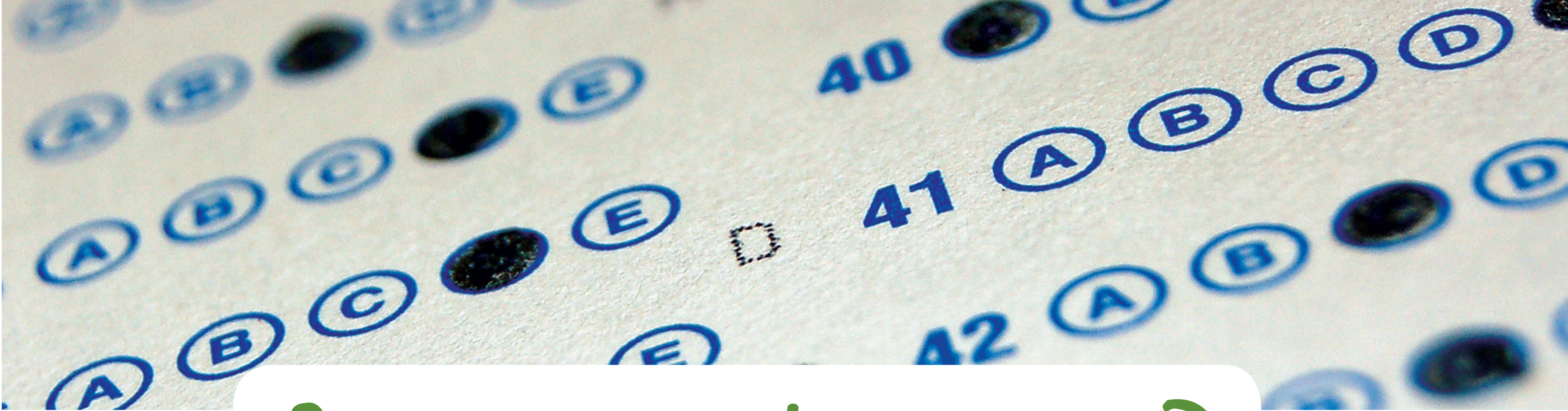
 • http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:RGS_13.jpg

 • http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Torricelli.jpg

 • http://www.sxc.hu/photo/1355471

 • http://www.sxc.hu/photo/984332

• http://www.sxc.hu/photo/1133571



O que perguntam por aí?

Questão 1 (ENEM 2011)

Certas ligas, estanho-chumbo com composição específica, formam um eutético simples, o que significa que uma liga com essas características comporta-se como uma substância pura, com um ponto de fusão definido, no caso, 183ºC. Essa é uma temperatura inferior mesmo ao ponto de fusão dos metais que compõem esta liga (os estanho puro funde a 232ºC e o chumbo puro a 320ºC), o que justifica sua ampla utilização na soldagem de componentes eletrônicos em que o excesso de aquecimento deve sempre ser evitado. De acordo com as normas internacionais, os valores mínimo e máximo das densidades para essas ligas são de 8,74 g/ml e 8,82 g/ml, respectivamente. As densidades do estanho e do chumbo são 7,3 g/ml e 11,3 g/ml, respectivamente.

Um lote, contendo cinco amostras de solda estanho-chumbo, foi analisado por um técnico, por meio da determinação de sua composição percentual em massa, cujos resultados estão mostrados no quadro a seguir.

Amostra	Porcentagem de Sn (%)	Porcentagem de Pb (%)
I	60	40
II	62	38
III	65	35
IV	63	37
V	59	41

Com base no texto a na análise realizada pelo técnico, as amostras que atendem às normas internacionais são:

a. I e II

b. I e III

c. II e IV

d. III e V

e. IV e V

Gabarito: A resposta correta é o item C.

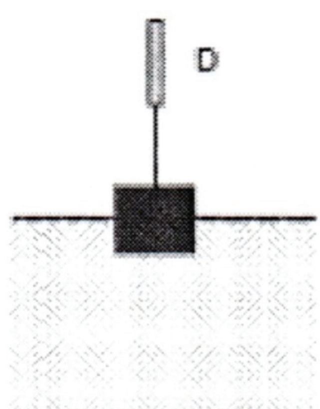
Comentário: A partir dos dados fornecidos, é possível calcular a densidade de cada liga, levando em conta os percentuais de participação dos elementos estanho e chumbo em cada caso. Depois de realizar os cálculos para os cinco itens, é possível identificar que as amostras II e IV são as que atendem às normas.

Cálculos das densidades:

$$\mu_I = 0{,}62\ .7{,}3 + 0{,}38\ .11{,}3 = 8{,}82 g\,/\,ml$$
$$\mu_{IV} = 0{,}63\ .7{,}3 + 0{,}37\ .11{,}3 = 8{,}78 g\,/\,ml$$

Questão 2 (ENEM 2011)

Em um experimento realizado para determinar a densidade da água de um lago, foram utilizados alguns materiais conforme ilustrado: um dinamômetro D com graduação de 0 N a 50 N e um cubo maciço e homogêneo de 10 cm de aresta e 3 Kg de massa. Inicialmente, foi conferida a calibração do dinamômetro, constatando-se a leitura de 30 N, quando o cubo era preso ao dinamômetro e suspenso no ar. Ao mergulhar o cubo na água do lago, até que metade do seu volume ficasse submersa, foi registrada a leitura de 24 N no dinamômetro.



Considerando que a aceleração da gravidade local é de 10 m/s^2, a densidade da água do lago, em g/cm^3, é:

a. 0,6

b. 1,2

c. 1,5

d. 2,4

e. 4,8

Gabarito: A resposta correta é o item B.

Comentário: Atuam sobre o cubo as seguintes forças: o peso (P) para baixo, o empuxo (E) para cima e a força que o dinamômetro exerce (F) também para cima. O problema fornece os seguintes dados:

$$\begin{aligned}
&aresta\,do\,cubo = a = 10\,cm = 10^{-1}\,m\\
&massa\,do\,cubo = m = 3Kg\\
&peso\,registrado\,com\,o\,cubo\,suspenso = P = 30\,N\\
&força\,registrada\,pelo\,dinamômetro\,com\,o\,cubo\,imerso = F = 24\,N
\end{aligned}$$

O problema informa que somente a metade do volume do cubo está submerso. Logo, o volume de líquido deslocado $V_l = \frac{V}{2}$, onde V é o volume do cubo.

O cálculo da densidade da água do lago seria possível se tivéssemos como obter o valor do empuxo, já que:

$$E = \mu.V_l.g$$

Ou

$$\mu = \frac{E}{V_l.g}$$

Na situação de equilíbrio, temos:

$$E + F = P$$

Ou ainda

$$E = P - F$$

Realizando alguns cálculos a partir dos dados fornecidos e utilizando g = 10 m/s^2:

$$P = m \times g$$

$$P = 3 \times 10$$

$$P = 30N$$

Substituindo na expressão do empuxo:

$$E = 30 - 24$$
$$E = 6N$$

Calculando o volume do líquido deslocado:

$$V_l = \frac{V}{2}$$

$$V_l = \frac{\left(10^1\right)^3}{2}$$

$$V_l = 5.10^{-4}\ m^3$$

Substituindo na expressão da densidade:

$$\mu = \frac{6}{5.10^{-4}.10}$$

$$\mu = 1,2.10^3\ Kg\ /\ m^3$$

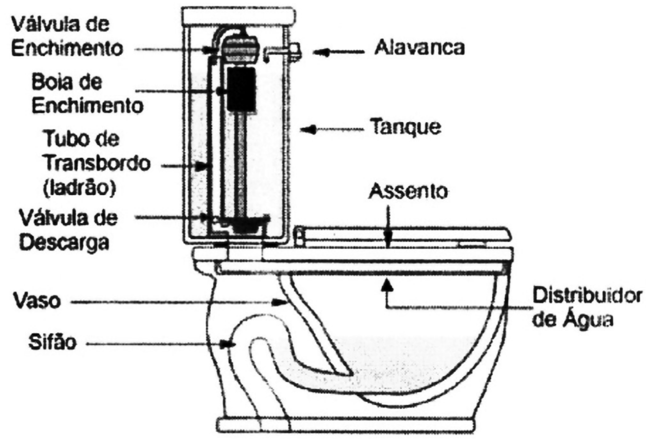
Ou ainda:

$$\mu = 1,2.10^3.\frac{10^3\ g}{10^6\ cm^3}$$

$$\mu = 1,2g\ /\ cm^3$$

Questão 3 (ENEM 2011)

Um tipo de vaso sanitário que vem substituindo as válvulas de descarga está esquematizado na figura a seguir. Ao acionar a alavanca, toda a água do tanque é escoada e aumenta o nível no vaso, até cobrir o sifão. De acordo com o Teorema de Stevin, quanto maior a profundidade maior a pressão. Assim, a água desce, levando os rejeitos até o sistema de esgoto. A válvula da caixa de descarga fecha-se e ocorre o seu enchimento. Em relação às válvulas de descarga, esse tipo de sistema proporciona maior economia de água.



A característica de funcionamento que garante essa economia é devida:

a. à altura do sifão de água;

b. ao volume do tanque de água;

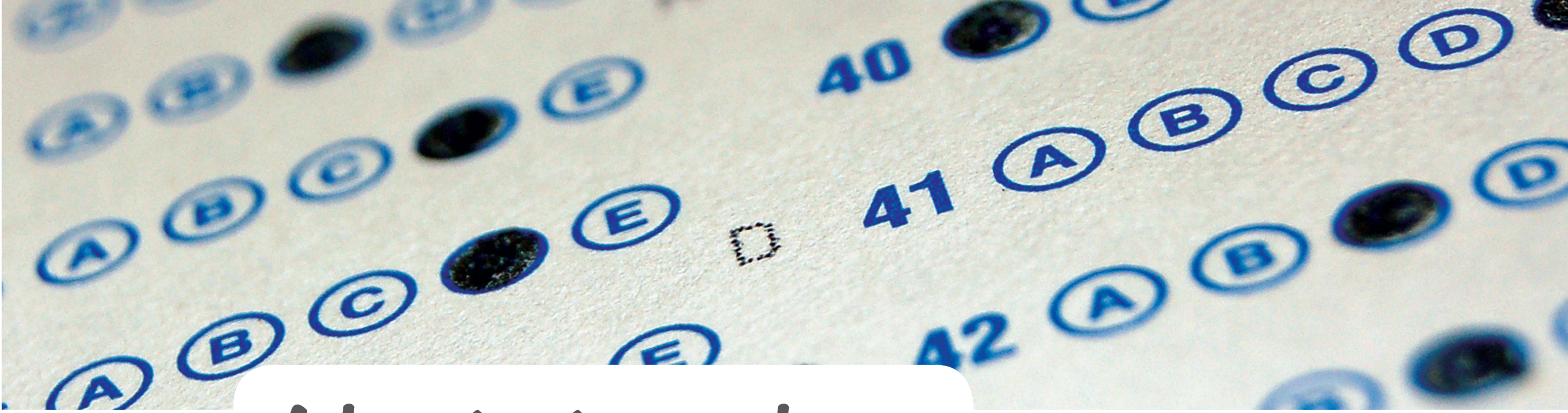
c. à altura do nível de água no vaso;

d. ao diâmetro do distribuidor de água;

e. à eficiência da válvula de enchimento do tanque.

Gabarito: A resposta correta é o item B.

Comentário: A economia de água não pode ser justificada pela altura do sifão porque seja com a descarga de válvula ou com a que utiliza o tanque a altura do sifão é a mesma. O mesmo acontece em relação à altura do nível da água no vaso. O diâmetro do distribuidor de água e a eficiência da válvula somente determinam o tempo de enchimento do tanque, o que não justifica a economia. Assim, o fator determinante para a economia é a presença do tanque que possui um volume definido para cada operação, evitando a utilização exagerada e o desperdício.



Atividade extra

Questão 1 (Adaptado de FURG - 2003)

Na prensa hidráulica, no elevador (macaco) hidráulico dos postos de serviços automotivos e na cadeira do dentista, encontramos exemplos de aplicação de um importante conceito de Física.

O nome deste conceito é:

a. Princípio de Arquimedes;

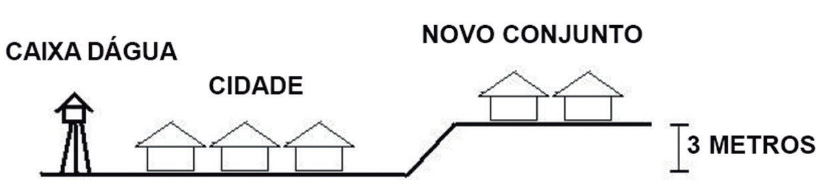
b. Princípio de Pascal;

c. Lei de Newton;

d. Lei de Hooke.

Questão 2 (Adaptado de ENCCEJA - 2005)

Em uma cidade, seu sistema de abastecimento de água foi projetado usando uma grande caixa d'água e funciona atendendo com eficiência a todos os consumidores.



Com a construção de um novo conjunto habitacional em um nível 3 m mais alto em relação ao plano da cidade, a distribuidora de água só poderá atender à nova ligação do conjunto se:

a. a altura da caixa d'água ficar a mesma;

b. a altura da caixa d'água for superior à do conjunto;

c. aumentar o volume da caixa d'água mantendo sua altura;

d. aumentar o volume da caixa d'água e diminuir a sua altura.

Questão 3 (Adaptado de UFSM)

Referindo-se à estrutura física, uma das causas importantes da degradação do solo na agricultura é a sua compactação por efeito das máquinas e da chuva.

Um trator tem rodas de grande diâmetro e largura para que exerça contra o solo:

a. pequena pressão;

b. pequeno atrito;

c. pequena força;

d. pequeno peso.

Questão 4 (Adaptado de UEMG - 2007)

Uma caixa flutua na água com uma pequena parte dela fora do líquido. Em relação a essa situação, é correto afirmar que o empuxo que atua na caixa é:

a. menor que o seu peso e a sua densidade é igual à da água;

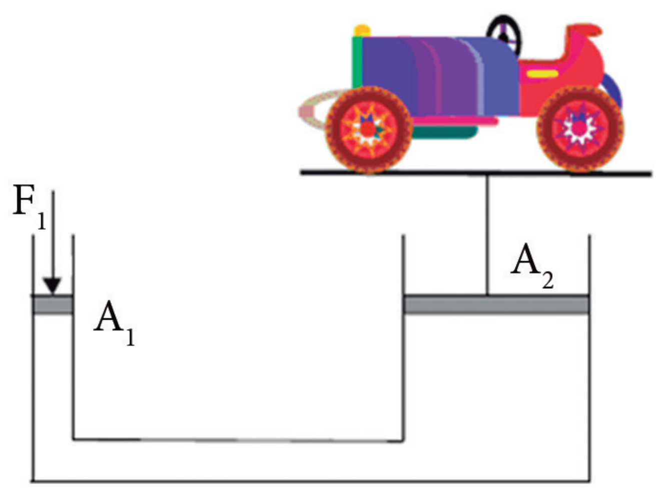
b. igual ao seu peso e a sua densidade é maior que a da água;

c. igual ao seu peso e a sua densidade é menor que a da água;

d. menor que o seu peso e a sua densidade é menor que a da água.

Questão 5 (Adaptado de UFSJ - 2006)

A figura representa um corte esquemático de um elevador hidráulico, muito usado em postos de gasolina e oficinas mecânicas para lavagem e manutenção de veículos. Basicamente constitui-se de dois cilindros, com áreas transversais de valores diferentes, vedados por pistões móveis. Os cilindros são conectados por uma tubulação, e todo o sistema é preenchido por um fluido. O pistão da direita sustenta uma plataforma de suspensão dos veículos, cujo peso, juntamente com o do veículo, é P = 5000 N. Sabe-se ainda que o pistão da esquerda tem área A_1=20 cm^2 e o da direita tem área A_2 =2000 cm^2.



Com base nessas informações, determine a intensidade mínima da força F_1 que deve ser aplicada no pistão da esquerda para manter a plataforma na posição indicada.

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

Para determinar a intensidade mínima da força F_1 deve-se considerar a pressão no ponto 1 igual à pressão no ponto 2. Pode-se utilizar a expressão:

$p_1 = p_2$, então,

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}.$$

$A_1 = 20\ cm^2$

$A_2 = 2000\ cm^2$

$P = F_2 = 5000\ N.$

Substituindo todos os dados na expressão, teremos:

$$F_1 = \frac{A_1 F_2}{A_2}$$

$$F_1 = \frac{2.10.5.10^3}{2.10^3}$$

$$F_1 = 50N.$$