

versão preliminar

leituras de
física

GRAF

MECÂNICA

para ler, fazer e pensar

21 a 26

21. coisas que produzem movimentos 24. A gravidade armazena energia
22. Trabalho, trabalho, trabalho! 25. A energia dos movimentos
23. Máquinas Potentes 26. Como facilitar um trabalho

Leituras de Física é uma publicação do

**GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física
Instituto de Física da USP**

EQUIPE DE ELABORAÇÃO DAS LEITURAS DE FÍSICA

Anna Cecília Copelli
Carlos Toscano
Dorival Rodrigues Teixeira
Isilda Sampaio Silva
Jairo Alves Pereira
João Martins
Luís Carlos de Menezes (coordenador)
Luís Paulo de Carvalho Piassi
Suely Baldin Pelaes
Wilton da Silva Dias
Yassuko Hosoume (coordenadora)

ILUSTRAÇÕES:

Fernando Chuí de Menezes
Mário Kano

**GRAF - Instituto de Física da USP
rua do Matão, travessa R, 187
Edifício Principal, Ala 2, sala 305
05508-900 São Paulo - SP
fone: (011) 818-7011 fax:(011) 818-7057**

financiamento e apoio:

Convênio USP/MEC-FNDE

Sub-programa de educação para as Ciências (CAPES-MEC)

FAPESP / MEC - Programa Pró-Ciência

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo - CENP

A reprodução deste material é permitida, desde que observadas as seguintes condições:

- 1. Esta página deve estar presente em todas as cópias impressas ou eletrônicas.**
- 2. Nenhuma alteração, exclusão ou acréscimo de qualquer espécie podem ser efetuados no material.**
- 3. As cópias impressas ou eletrônicas não podem ser utilizadas com fins comerciais de qualquer espécie.**

junho de 1998

— 21 —

Coisas que produzem
movimentos

De que formas os
movimentos podem ser
produzidos?



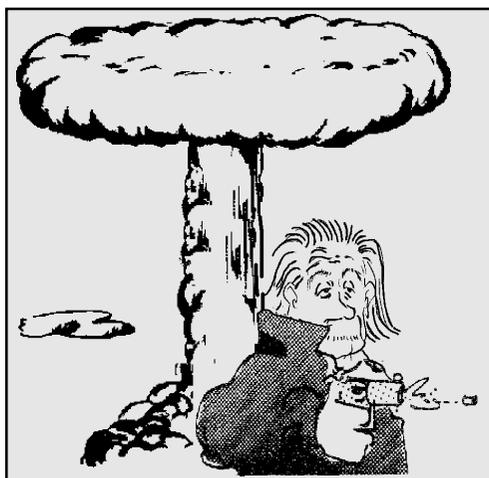
**Exclusivo: jogue do Ceará supera carrão
BMW em teste PÁG. 128**

UMA ÚNICA BALA DE 38 PODE DETONAR UMA CIDADE INTEIRA

**Teoria diz que uma
única bala pode
destruir cidade de
100 mil habitantes
e matar todo
mundo**

**30
JOULES**

**NOTÍCIAS
energéticas
O JORNAL DO TRABALHO**



Absurdo. Um cara muito louco chamado Einstein descobriu que todas as coisas têm energia prá caramba. Um punhadinho de qualquer material tem energia suficiente para causar o maior estrago. Ele inventou uma fórmula esquisita ($E = m.c^2$) que mostra que uma única bala de 38 tem energia equivalente a 65 mil toneladas de dinamite. É ruim, hein? Isso dá para destruir uma cidade inteira. O problema é que ainda não inventaram um jeito fácil de usar todo esse poder.

Futebol

TRELÊ REVELA: ZELÃO É BEM MAIS POTENTE QUE TILICO MAS TILICO TEM MAIS RESISTÊNCIA

A maioria dos torcedores do São Páulio não sabe é que o timaço do MorunTri faz testes de potência e resistência com todos os seus craques. O grande técnico Trelézão diz que os testes feitos mostraram que o atacante Zelão detona na potência anaeróbica. Isso quer dizer que o super-craçaço corre igual a um corredor de 100 metros rasos. Animal!!

Já o meia Tilico é um cara que detona na resistência anaeróbica. Quer dizer que gatão do MorunTri não corre tanto, mas consegue aguentar o jogo todo sem perder o gás. É igual um cara que corre nas corridas mais longas, que não precisa ser tão rápido, mas tem que ter maior resistência.

Vai ver que é por causa dessa resistência toda que a mulherada não sai da cola do craque. Sorte dele.

●●● A HORA É ESSA! ●●●

TUDO EM 6 X SEM ENTRADA!!!



**PULA-PULA
ELÉTRICO**

6 x 116,00
À VISTA 116,00



**ROLEMAN CAR
TRAÇÃO NAS 4
RODAS**

6 x 94,00
À VISTA 95,50



**PATINETE
A DIESEL**

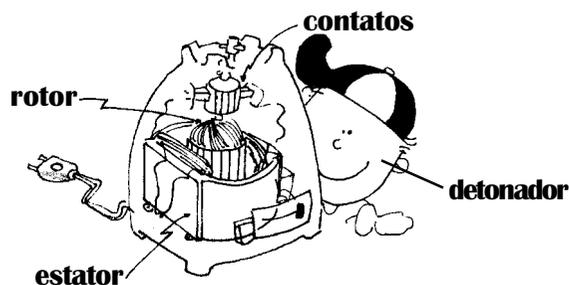
6 x 136,00
À VISTA 136,60

Sito Car tudo o que você precisa

81

Eletricidade e movimento

Motores elétricos convertem *energia elétrica* em *energia cinética*. Os fios servem como “meio” que transporta a energia elétrica da fonte de energia elétrica (uma usina elétrica, uma bateria ou uma pilha, por exemplo) até o motor que irá produzir o movimento. Dentro do motor, a passagem da corrente elétrica provoca um efeito magnético de repulsão entre o rotor, que é a parte interna giratória e o estator, que é a parte externa do motor.



Os motores elétricos são mais eficientes do que os motores a combustão, no que diz respeito à porcentagem de energia transformada em cinética, atingindo taxas superiores a 80%.

Porém, há uma coisa que não pensamos: de onde vem a energia elétrica? Ela é realmente “produzida” nas usinas e nas pilhas? Na verdade, a energia elétrica das pilhas e baterias provém da energia química de substâncias que reagem em seu interior, enquanto a energia elétrica das usinas provém do movimento de turbinas que fazem girar um gerador. Esse movimento pode ser obtido, por exemplo, de quedas d’água, como é o caso das usinas hidrelétricas.

E por falar em quedas, de onde vem a energia cinética das coisas que caem? Será que ela surge do nada ou, ao contrário, também é originada da transformação de alguma outra forma de energia em movimento?

Gravidade e movimento

A gravidade também armazena energia. Quando uma bomba de água eleva a água de um poço até uma caixa d’água, está usando a energia elétrica para efetuar uma certa tarefa. Mas para onde vai essa energia? Se perde?

Não, a energia fica armazenada na forma de *energia gravitacional*. Quando a torneira é aberta, a atração gravitacional faz a água se mover e você pode lavar suas mãos.

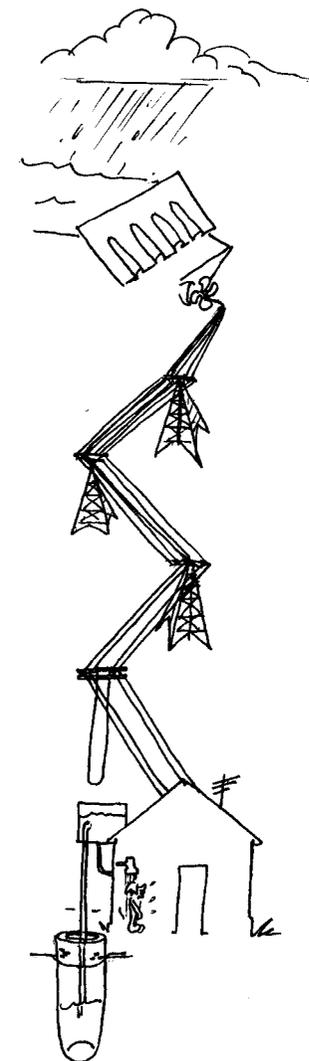
Mas a energia da água armazenada em lugares altos poderia ser usada para realizar outras tarefas, como por exemplo, produzir energia elétrica em uma usina hidrelétrica.

Portanto, a energia elétrica que a usina produz tem origem na energia gravitacional armazenada pela água, que se transforma em energia cinética, movimentando as turbinas. A energia elétrica é transmitida pela rede elétrica para ser convertida em outras formas de energia, como energia térmica em um chuveiro, em cinética em um ventilador, e até novamente em energia gravitacional em uma bomba d’água elétrica.

Esses exemplos nos mostram que a energia, de fato, sofre transformações. Na verdade, ela não pode ser “produzida” nem “eliminada”. O que ocorre, na verdade é sua conversão de uma forma em outra. Estamos falando de uma lei fundamental da Física:

Lei da Conservação da Energia:

“Em um sistema isolado a energia total se conserva, independente das transformações ocorridas”

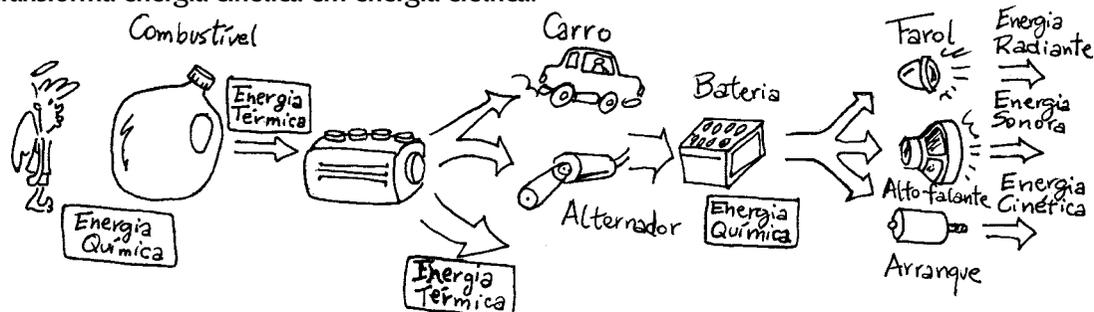


transformações de energia

Em um carro

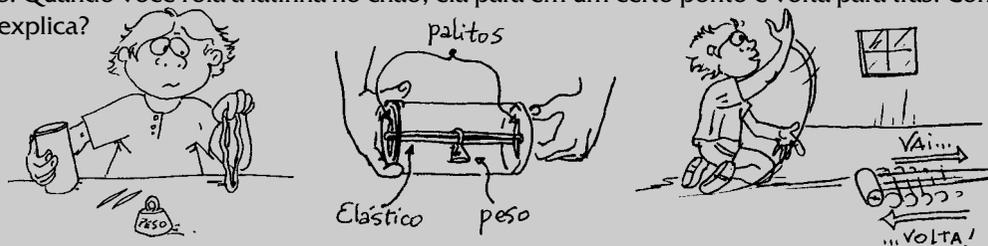
O carro conta com duas fontes principais de energia: a bateria e o combustível. A parte elétrica do carro é acionada através da bateria que transforma a energia química em energia elétrica. Os faróis usam essa energia para gerar luz, que é energia eletromagnética na forma radiante. A buzina e os alto-falantes geram energia “sonora”, que é uma forma específica da energia cinética do ar: as ondas sonoras. A partida do carro consome grande energia elétrica, que é convertida em energia cinética no chamado motor de arranque.

Quando o carro está em movimento, a energia química do combustível é transformada em energia térmica, e parte dessa energia se converte em energia cinética. Parte dessa energia cinética é usada para recarregar a bateria através de um elemento chamado dínamo ou alternador, que transforma energia cinética em energia elétrica.



Elásticos também armazenam energia

Quando você usa um estilingue está armazenando a energia no elástico, que será liberada repentinamente durante o disparo, na forma de energia cinética. O elástico esticado possui aquilo que chamamos de energia potencial elástica. O mesmo ocorre ao se dar corda em um brinquedo, acionar a fricção de um carrinho ou armar um arco antes de disparar uma flecha. Tente fazer o brinquedo “latinha vai e volta”, usando uma latinha, um elástico, peso e dois palitos. Quando você rola a latinha no chão, ela pára em um certo ponto e volta para trás. Como você explica?



na cozinha da sua casa

Faça um esquema mostrando as possíveis transformações de energia nos equipamentos de uma cozinha que sugerimos a seguir.



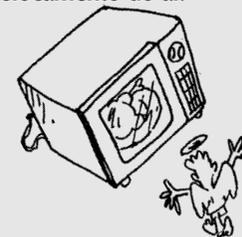
FOGÃO

Leve em conta as transformações de energia desde o gás até os movimentos que ocasionalmente ocorrem na água durante um cozimento.



LIQUIDIFICADOR

A energia certamente provém da rede elétrica, e sofre transformações durante o funcionamento do liquidificador. O som também é uma forma de energia cinética, porque se dá através do deslocamento do ar.



MICROONDAS

Antes de produzir o calor, o forno de microondas emite energia na forma da energia “radiante” das microondas. Essa energia é também uma forma de energia elétrica.

—22—

Trabalho, Trabalho,
Trabalho!

Você trabalha? Muito ou pouco? Será que há alguma maneira de se medir o trabalho?

Calma! Não é com você! Este anúncio foi publicado no Diário Popular, de São Paulo, em 24/09/1901 e reproduzido do Boletim Histórico da Eletropaulo nº 1, de Abril de 1985.

BURROS

A Companhia

Light & Power

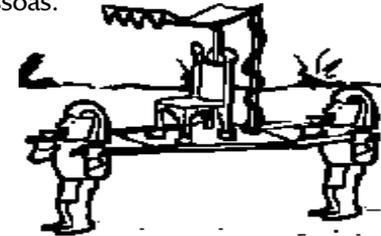
tendo suprimido algumas linhas de tracção animada nos bairros já servidos por bonds electricos, tem á venda grande numero de excelentes animaes para carroça, arado, trollys, etc., etc. Para tratar e mais informações no Escriptorio da Gerencia de Tracção, á rua Direita, 7, sobrado.

—15—4

No início do século, o principal meio de transporte urbano em São Paulo era o *bonde a burro*. Todo trabalho de transportar pessoas e cargas era feito através do esforço físico dos animais. Em 1900 chega ao Brasil a companhia Light, responsável pela distribuição de energia elétrica e implantação do bonde elétrico. Além do desemprego em massa dos burros e demais quadrúpedes, a cidade foi tomada por uma grande desconfiança em relação ao novo e revolucionário meio de transporte.

A idéia de trabalho, portanto, não está relacionada apenas a uma atividade humana. Animais e máquinas também realizam trabalho, substituindo atividades humanas. No período imperial, por exemplo, as damas da corte eram

transportadas em uma espécie de cadeira coberta (liteira) transportada por dois escravos. Esse meio de transporte porém, levava uma única pessoa por vez, enquanto o bonde a burro transportava por volta de 10 pessoas ao mesmo tempo, com dois burros. Podemos dizer, portanto que um par de burros realiza um trabalho muito maior que um par de pessoas.

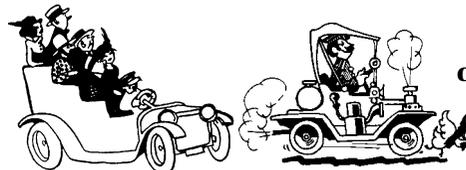


A liteira é um veículo muito ineficiente.

E por falar em eficiência ...

Uma forma de comparar meios de transporte é verificar a relação entre o consumo de energia e o *trabalho de transporte* que ele realiza. Para fazer isso temos que levar em conta o número de passageiros transportados e a distância percorrida. Um carro que transporta cinco pessoas realiza um *trabalho útil* maior do que o mesmo carro transportando apenas o motorista. Dessa forma, a energia é melhor aproveitada porque a energia gasta *por passageiro transportado* é menor. Observe a tabela a seguir:

Meio de transporte	Energia consumida por pessoa (em quilojoules por km)
Bicicleta	65
Pessoa	230
Ônibus	240
Carro (5 pessoas)	500
Carro (só o motorista)	2250



Qual destes carros consome menos energia por pessoa?

Esta tabela mostra, que do ponto de vista da economia de energia é muito melhor andar de bicicleta. Porém, trata-se de um meio de transporte lento (e cansativo). Por outro lado, uma pessoa andando consome quase o mesmo que um ônibus. Mas a distância percorrida e a velocidade no ônibus são maiores, e o cansaço, bem menor.

Comparações semelhantes podem ser feitas em relação a outras máquinas, sempre levando em conta o trabalho que elas realizam e a forma de medi-lo. Máquinas industriais para a fabricação de tecidos podem ser avaliadas em função de sua capacidade de produção (em metragem de tecidos, por exemplo) e da energia que consomem; máquinas de colheita agrícola são comparadas em função de sua capacidade de colheita (quantas toneladas colhe) e do combustível que consomem; um guindaste, em função da carga que pode erguer e da altura a que pode levá-la, e também do consumo de combustível. Em todos os casos, é interessante a máquina que realiza o maior trabalho útil com o menor consumo de energia.

A unidade de energia no Sistema Internacional (SI) é o Joule (J)

Como medir um trabalho?

A Física fornece uma forma geral de medir o trabalho de máquinas, ou de qualquer outra coisa. Digamos que esta coisa seja o **Sr. Hércules Pereira da Silva**, trabalhador da construção civil, que no cumprimento do seu dever, transporta materiais de construção para o alto de um prédio em construção, com o auxílio de um elevador manual

No começo do dia, Hércules está totalmente envolvido com o seu dever e lota o elevador com 50 kg de areia,

para elevá-la ao alto do prédio, a 6 metros de altura. É um trabalho e tanto. Na segunda viagem, ele decide que vai transportar só 25 kg de areia de cada vez. Nesse caso, em cada viagem ele realiza metade do trabalho. Outra maneira de realizar somente metade do trabalho, é descarregar a areia em um andaime, a 3 metros de altura. A idéia de trabalho que a Física usa é igual à do Hércules. Quanto maior a força e a distância percorrida, maior o trabalho. Isso pode ser expresso assim:



$$T = F \times d$$

T : trabalho

F : força

d : distância

T

TRABALHO

UNIDADE MAIS COMUM:

Joule (J)

Os Trabalhos de Hércules

A força que o Hércules faz é igual ao peso da areia mais o peso do elevador. Mas vamos considerar só o peso da areia, porque estamos calculando só o trabalho útil. Quando a massa de areia é 50 kg, o peso será $P = m \cdot g \Rightarrow P = 50 \cdot 10 = 500$ N. Assim, quando a massa de areia for 25 kg, o peso será $P = 250$ N. Sabendo isso, vamos usar a fórmula para calcular o trabalho em três situações:

Trabalho 1

Elevar 50 kg de areia a 6 metros de altura:

$$T = F \cdot d = 500 \cdot 6 = 3.000 \text{ joules}$$

Trabalho 2

Elevar 25 kg de areia a 6 metros de altura:

$$T = F \cdot d = 250 \cdot 6 = 1.500 \text{ joules}$$

Trabalho 3

Elevar 50 kg de areia a 3 metros de altura:

$$T = F \cdot d = 500 \cdot 3 = 1.500 \text{ joules}$$

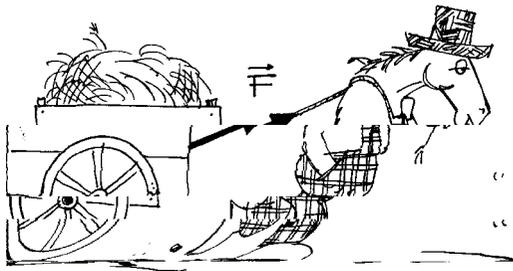
Como fazer força sem realizar trabalho

Claro que o que todo mundo quer saber é como realizar trabalho sem fazer força. Mas isso ainda nós não sabemos.

Porém, é possível fazer força e não realizar trabalho. Forças que realizam trabalho têm que provocar deslocamento. Se não houver deslocamento, não há trabalho, no sentido físico do termo.

Portanto, quando você segura um saco de cimento na cabeça, não está realizando trabalho, apesar da grande força necessária para isso. Fisicamente, quer dizer que você não está transferindo energia para o saco de cimento.

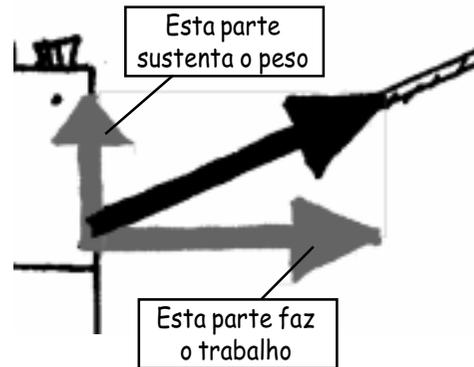
Um exemplo clássico é alguém arrastando um carrinho com uma cordinha, como na figura:



Neste caso, nem toda a força que o nosso amigo faz está servindo para realizar o trabalho de puxar a carroça.

Isso porque a força está inclinada em relação ao movimento. Somente uma parte dela, a componente horizontal está realmente

puxando a carroça. A outra, digamos assim, está sustentando parte do peso da carroça:

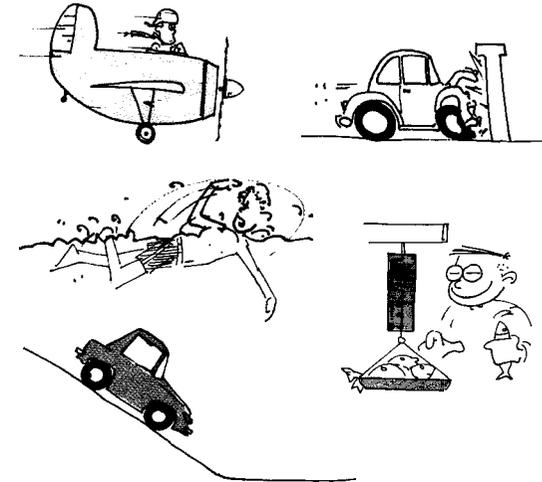


Portanto, para se calcular corretamente o trabalho sempre precisamos saber que parte da força realmente está realizando este trabalho. Somente as forças que fornecem ou retiram energia cinética do corpo é que realizam trabalho. Forças que apenas sustentam ou desviam não estão realizando qualquer trabalho.

Para se obter o valor da parte da força que realiza o trabalho, às vezes é necessário usar um cálculo matemático chamado co-seno. No exemplo da carroça, se a corda estiver inclinada de 20 graus, o valor do co-seno será 0,94. Quer dizer que se a força total for de 100 newton, apenas 94 newton serão realmente utilizados para realizar o trabalho. Esse valor se obtém multiplicando 0,94 por 100 newton. Você pode obter valores de co-senos para outros ângulos em uma tabela apropriada.

Descubra as forças que realizam e as que não realizam trabalho.

Identifique as forças existentes nas cenas abaixo e aponte aquelas que realizam trabalho e as que não realizam



Calcule se for capaz!

O trabalho do nosso amigo ao arrastar a carroça, com a força de 100 N, por 20 metros, com três ângulos diferentes. Desenhe cada situação, indicando o ângulo.

No caso, o que significa um ângulo igual a zero? E como fica o cálculo?

E quando o ângulo for 90 graus? Desenhe e explique o que acontece!

ângulo	co-seno	ângulo	co-seno
0	1	50	0,64
10	0,98	60	0,5
20	0,94	70	0,34
30	0,87	80	0,17
40	0,77	90	0

Várias máquinas podem realizar um mesmo trabalho, mas algumas são mais rápidas. Isso é potência.

Esses recordes foram publicados no *Novo Guinness Book 1995*. Editora Três. São Paulo.

ALGUNS RECORDES INTERESSANTES

Luzes mais brilhantes. O mais poderoso holofote até hoje desenvolvido consumia 600 kW. Foi produzido durante a II Guerra Mundial pela General Electric Company Ltd., no Centro de Pesquisas de Hirst, em Wembley, Inglaterra.

Temperaturas e dimensões. O Sol possui temperatura central de aproximadamente de 15.400.000°C. Utiliza quase 4 milhões de toneladas de hidrogênio por segundo, o que equivale a uma liberação de energia de 385 quinquilhões de MW, sendo necessário 10 bilhões de anos para exaurir seu suprimento de energia.

Levantamento de barril de cerveja. Tom Gaskin levantou acima de sua cabeça um barril de cerveja pesando 63,1 kg por 720 vezes em um período de 6 horas, na Irlanda, a 2 de abril de 1994.

Caminhão. A 4 de junho de 1989, no autódromo de Monterrey, México, Les Shockley, dirigiu seu caminhão *ShockWave*, equipado com três motores a jato de 36.000 hp, à velocidade recorde de 412 km/h durante 6,36 segundos por um percurso de 400 metros, partindo do zero.

Maior usina hidrelétrica. A usina hidrelétrica de Itaipu, localizada no rio Paraná, na fronteira Brasil-Paraguai é a maior do mundo. Começou a gerar energia em 25 de outubro de 1984, sendo sua capacidade atual de 12.600 MW.

Maior explosão. A misteriosa explosão, equivalente a 10-15 megatons, ocorrida sobre a bacia do rio Podkamennaya Tunguska a 30 de junho de 1908, resultou na devastação de uma área de 3.900 km², sendo a onda de choque sentida a 1.000 km de distância. A causa foi recentemente atribuída à energia liberada pela total desintegração de um meteoróide.

Mais potente. O carro de produção em série mais potente da atualidade é o Mc Laren F1, que desenvolve mais de 627 hp.

Mais barulhento. Os pulsos de baixa frequência emitidos pelas baleias azuis quando se comunicam podem atingir até 188 db, o que lhes confere o título do som mais elevado por qualquer fonte viva, já tendo sido detectados a 850 km de distância.

A palavra potência está ligada à idéia de poder. Quando falamos em uma coisa potente, imaginamos algo poderoso, capaz de realizar grandes tarefas em um tempo curto. Você pode usar um caminhão para carregar mercadorias, mas sabe que um trem é bem mais potente, pois carrega muito mais. Um navio é ainda mais potente, pois pode carregar não só a carga, mas o próprio caminhão, se for necessário.

Todos os recordes da página anterior, extraídos do *Guinness Book*, estão ligados à idéia de potência. Em

alguns casos são dados alguns valores de potência (ou algo parecido) envolvidos no recorde:

Para podermos comparar as diversas potências seria necessário usar a mesma unidade de potência em todos os casos. Em geral, estaremos usando o watt (W), que é a unidade usada internacionalmente, e seus múltiplos. Em alguns exemplos, o valor dado nem é exatamente a potência, mas de algo próximo. Na baleia, o valor dado é do nível de pressão sonora e no meteorito, da energia liberada. Mas tanto em um caso como outro, podemos obter o valor da potência.

coisa	valor da potência	unidade
Som da baleia	188 db	decibel
Carro	627 hp	cavalo de força
Caminhão	108.000 hp	cavalo de força
Usina	12.600 MW	megawatt
Sol	385 quinquilhões de MW	megawatt
Meteorito	10 a 15 megatons	megaton
Lâmpada	600 kW	quillowatt

Calculando potências

Mas como medir o “poder” de uma coisa, nesse sentido que estamos dizendo? Em que essa idéia é diferente da idéia de trabalho que estivemos discutindo há pouco?

É muito simples: o trabalho realizado por uma máquina (ou qualquer outra coisa) está ligado à tarefa que ela realiza. Mas dependendo da máquina, ela pode realizar esse trabalho mais rapidamente ou mais lentamente. Compare, como exemplo, uma viagem de avião e uma de ônibus. Qual dos veículos é mais potente?

Se você preferir, pode pensar também que, num mesmo tempo, uma máquina pode realizar muito mais trabalho do que outra. Compare, por exemplo, o caminhão ao trem. Portanto, a potência de uma coisa está relacionada

com o trabalho que ela realiza e com o tempo que ela leva para realizá-lo, da seguinte forma:

MAIOR POTÊNCIA \Rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{maior trabalho} \\ \text{menor tempo} \end{array} \right.$

Que poderia ser expressa matematicamente da seguinte maneira:

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

P : potência
T : trabalho
 Δt : tempo

Levantando barris de cerveja

Vamos usar a nossa nova fórmula para ESTIMAR a potência do nosso amigo levantador de barris de cerveja.

Suponha que o sujeito leve um segundo para elevar o barril até o alto de sua cabeça. Raciocinemos ...

Para usar a fórmula ...
$$P = \frac{T}{\Delta t}$$

... precisamos obter o valor do trabalho.

Para obter o trabalho ...
$$T = F \times d$$

... precisamos do valor da força e da distância.

A distância é a que vai do chão até o alto da cabeça do levantador. Pode ser, por exemplo, 2,20 m. A força tem que ser, no mínimo, igual ao peso do barril. que deve ser calculado pela fórmula $P = m \times g$. Isso vai dar:

$$P = 63,1 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N/kg} = 618,38 \text{ N}$$

O trabalho será então $T = P \times d$. O resultado é:

$$T = 618,38 \text{ N} \times 2,20 \text{ m} = 1360 \text{ J}$$

A potência será esse valor dividido pelo tempo $P = \frac{T}{\Delta t}$.

$$P = \frac{1360 \text{ J}}{1 \text{ s}} = 1360 \text{ W}$$

Uau! É maior que a potência de um aspirador de pó!

Unidades ...

Watts, quilowatts e megawatts

No Sistema Internacional, usa-se o watt como unidade de potência. Um watt significa 1 joule por segundo. Um quilowatt (kW) são 1000 watts e um megawatt (MW) vale 1 milhão de watts. É muito comum utilizar-se essas unidades multiplicadas por hora (unidade de tempo). Neste caso você tem uma unidade de energia e não de potência. O kWh (quilowatt-hora) é o mais usado e equivale a 3.600.000 joules. Veja em sua conta de energia elétrica quantos kWh gasta-se em sua casa por mês.

Cavalos

Cavalo-vapor (cv) e cavalo-de-força (HP) são unidades criadas nos primórdios dos estudos sobre máquinas. Seus nomes indicam sua origem: medidas de potência com cavalos. O cv vale 735 watts e é usado muito em automóveis e o HP vale 745,7 watts, sendo empregado comercialmente em motores diversos (barcos, compressores, etc.)

Cilindradas

A cilindrada é usada em geral como uma referência de medida de potência para carros e motos, mas não é realmente uma unidade de potência. Ela é, na verdade, o volume total da câmara de combustão, onde explodem os combustíveis no motor. Nas motos de 125 cc, temos 125 cm³ de volume e em um carro 1.0 temos 1 litro de volume. Quanto maior esse volume, maior a potência do motor, mas essa potência depende também de outros fatores.

Calorias

A Caloria alimentar (Cal, com C maiúsculo) é uma unidade de energia usada para determinar o conteúdo energético de alimentos. Ela equivale a uma quilocaloria (kcal, ou 1000 calorias (cal, com c minúsculo), usada em Física e Química. Quando se fala, "tal coisa tem 100 Calorias" quase sempre se refere à Caloria alimentícia, que é igual à quilocaloria. Veja os valores na tabela ao lado.

UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Caloria Alimentar	Cal	4180 J
Quilocaloria	kcal	4180 J
caloria	cal	4,18 J

24

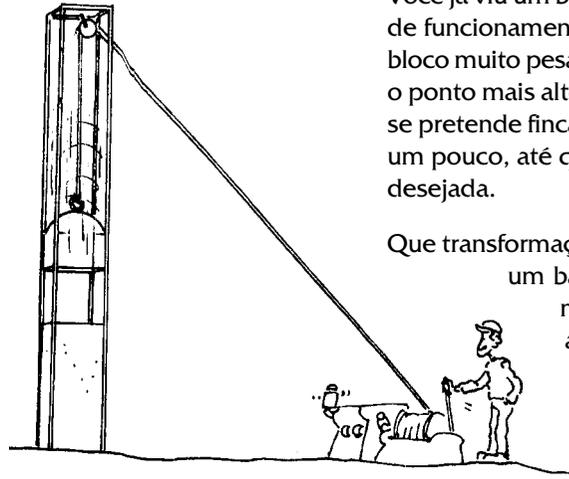
A gravidade
armazena energia

Você sabia que pode
armazenar energia em
cima de seu guarda-
roupas? Descubra como.

ENERGIAS

CINÉTICA	GRAVITACIONAL	ELÉTRICA	TÉRMICA	QUÍMICA
1 PJ				
1 TJ				
1 GJ avião 2 GJ satélite artificial 3 GJ 				botijão de gás 4 GJ
1 MJ automóvel 450 kJ 				
1 kJ bala 2,5 kJ 				
1 J pessoa 120 J				
1 mJ				
1 μJ				

O bate-estacas



Você já viu um bate-estacas de construção? Seu princípio de funcionamento é muito simples: um motor eleva um bloco muito pesado a uma certa altura. Quando ele atinge o ponto mais alto, é solto sobre a estaca de concreto que se pretende fincar no solo. A cada impacto a estaca entra um pouco, até que finalmente ela atinge a profundidade desejada.

Que transformações de energia estão presentes no uso de um bate-estacas? Em primeiro lugar temos o motor, que pode ser elétrico ou pode ser a combustão. Nesse caso, há uma transformação de energia química em energia cinética, no caso de um motor a combustão, ou de energia elétrica em energia cinética se o motor for elétrico.

Essa energia cinética é usada para realizar o trabalho de erguer o bloco. Neste trabalho, a energia está sendo acumulada na forma de **energia potencial gravitacional**.

Essa energia gravitacional será liberada quando o bloco for solto, transformando-se novamente em energia cinética. Quando o bloco atingir a estaca, a energia será usada para realizar o trabalho de deformação do solo, que irá resultar na fixação da estaca.

Faça um esquema das transformações de energia que ocorrem no bate-estacas.

Como calcular a energia potencial gravitacional

Por que “potencial”?

A palavra *potencial* é usada quando estamos falando de uma forma de energia que está acumulada ou armazenada de alguma forma. Não está em uma forma perceptível como o movimento, o som ou a luz, mas *pode vir a se manifestar*.

Alguns exemplos: a energia elástica armazenada na corda de um relógio ou a energia química em uma bateria.

O exemplo do bate-estacas irá nos fornecer uma fórmula geral para calcular a energia potencial gravitacional. Suponha que a estaca tenha uma massa de 200 kg. Qual será o trabalho realizado para elevá-la a 5 metros de altura?

Basta usar a fórmula: $T = F \times d$. O valor da força será igual ao peso do bloco, se a máquina elevá-lo com velocidade constante, ou seja, $F = m \times g$. É o mesmo cálculo que fizemos nas leituras anteriores para estudar os elevadores.

Teremos então:

$$F = m \times g = 200 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} = 2.000 \text{ N}$$

$$T = F \times d = 2.000 \text{ N} \times 5 \text{ m} = \underline{10.000 \text{ J}}$$

Esse valor corresponde à energia que ficou armazenada

no bloco, como energia potencial gravitacional. Observe que para calcular essa energia você acabou multiplicando três coisas:

massa × campo gravitacional × altura

Essa é a nossa fórmula para a energia potencial gravitacional, que pode ser escrita assim:

$$E_g = m \times g \times h$$

E_g : energia gravitacional g : campo gravitacional

m : massa h : altura

Vamos tentar entender melhor o seu significado ...



Guardando energia em cima do guarda-roupa

Muito bem, agora você já deve saber que para guardar energia em cima do guarda-roupa basta colocar qualquer coisa sobre ele. O trabalho que você realiza, representa a energia que é acumulada na forma de energia potencial gravitacional. Quando o objeto cai, essa energia se converte em energia cinética.

Os gatos são mestres em acumular energia potencial sobre os guarda-roupas: subindo neles. Durante o salto para cima, sua energia cinética se converte em energia potencial. Essa energia vai depender do gato (gordo ou magro) do guarda-roupas (alto ou baixo) e do planeta onde o fenômeno se dá. Por quê? Vejamos...

gato no guarda-roupa de 2 metros

$$\begin{matrix} m & g & h \\ 2 & \times 10 & \times 2 \\ \text{kg} & \text{N/kg} & \text{m} \end{matrix}$$

40
joules

gato no guarda-roupa de 1 metro e 80 cm

$$\begin{matrix} m & g & h \\ 2 & \times 10 & \times 1,8 \\ \text{kg} & \text{N/kg} & \text{m} \end{matrix}$$

36
joules

gato gordo no guarda-roupa de 2 metros

$$\begin{matrix} m & g & h \\ 4 & \times 10 & \times 2 \\ \text{kg} & \text{N/kg} & \text{m} \end{matrix}$$

80
joules

gato lunar no guarda-roupa de 2 metros

$$\begin{matrix} m & g & h \\ 2 & \times 1,6 & \times 2 \\ \text{kg} & \text{N/kg} & \text{m} \end{matrix}$$

6,4
joules

O valor da energia potencial gravitacional é maior quando o gato é gordo, porque o trabalho para elevá-lo até em cima do guarda-roupa é maior. Se o guarda-roupa for menor, o gato terá mais facilidade de subir, e a energia potencial acumulada será menor.

Agora, se imaginarmos um gato em outro planeta ou na Lua, a energia dependerá da intensidade do campo gravitacional. Na Lua, é mais “fácil” subir no guarda-roupa, e assim também a energia potencial gravitacional armazenada é menor.

Potencial Hidrelétrico da Torneira da Cozinha

Será que você não poderia usar a torneira da cozinha como uma fonte de energia elétrica? Teoricamente, sim. Poderia usar um mini-gerador elétrico sob a torneira, acoplado a uma hélice, como na figura.

Mas o que é possível acionar com essa torneira hidrelétrica? Um ventilador? Uma lâmpada? Um chuveiro? Um trem?

Se você souber a altura do nível da água até a torneira (vamos "chutar" 4 metros) e a quanta água sai pela torneira (usando um balde e um relógio), poderá fazer este cálculo, pois a energia cinética da água ao sair vem de sua energia potencial, $m \cdot g \cdot h$. A potência será essa energia transformada por unidade de tempo.

$$\text{Teríamos o seguinte: } P = \frac{m \cdot g \cdot h}{\Delta t}$$

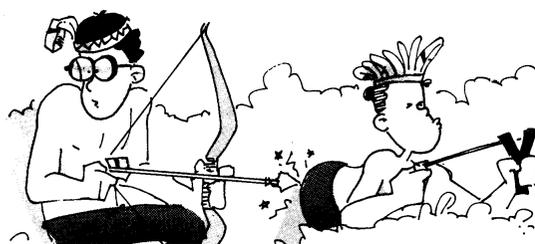
Um balde de 10 litros de água equivale a 10 quilos. Se ele levar 40 segundos para encher, teremos:

$$P = \frac{10 \times 10 \times 4}{40} = 10 \text{ W}$$

Talvez desse para ligar um radinho ...

••••• Cordas & Elásticos •••••

Uma das primeiras formas usadas para se armazenar energia foram as cordas e os elásticos. Em um sistema de arco e flecha, por exemplo, o arco serve para armazenar a energia e transmiti-la à flecha rapidamente no momento do disparo. O mesmo vale para estilingues e coisas do gênero.



Brinquedos de corda, caixinhas de música e coisas do gênero também armazenam energia de forma semelhante. O segredo é o que chamamos de elasticidade dos materiais. Quando você estica ou comprime algo, tem que consumir energia para realizar este trabalho. Essa energia que você "consumiu" fica armazenada no

material, desde que ele seja elástico, ou seja, retorne à sua forma original após cessada sua ação.

Essa energia acumulada se chama Energia Potencial Elástica, e pode ser calculada por uma fórmula simples:

$$E_p = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Nessa fórmula, a letra x representa o valor da deformação e a letra k a constante elástica do material (vide leitura 14). A energia elástica é chamada "potencial" porque pode ser armazenada, a exemplo da energia gravitacional. Da mesma forma, a energia química dos combustíveis e alimentos é uma forma de energia potencial, uma vez que fica armazenada nos alimentos. Quando você lê na embalagem de um alimento a indicação de suas calorias, está examinando sua energia potencial química, dada na unidade "Caloria Alimentar" (Cal, com "c" maiúsculo - vide leitura anterior.

Itaipu

Na usina de Itaipu, cada turbina é acionada por um volume de água de 700 mil litros por segundo, em queda de uma altura igual a 113 metros.

Tente calcular a potência "teórica" de cada turbina, usando os dados acima.

Compare este valor aos 700 MW que essas turbinas realmente geram de energia elétrica. Há diferença? Por quê?

Açúcar

Um quilograma de açúcar possui uma energia de 3850 Cal (calorias alimentares). Se fosse possível transformar toda essa energia em energia potencial gravitacional, até que altura seria possível elevar essa quantidade de açúcar?

Para fazer o cálculo, primeiro transforme as calorias alimentares em joules.

— 25 —

A energia dos movimentos

Agora você irá aprender como se calcula a energia cinética e verá que esse cálculo possui muitas aplicações práticas.

Usando os dados da tabela, calcule o tempo de reação do motorista. Esse tempo varia de pessoa para pessoa e aumenta quando o motorista está sob efeito do álcool.



velocidade	distância percorrida pensando	distância percorrida freando	distância total percorrida
36 km/h (10 m/s)	6 m	6 m	12 m
72 km/h (20 m/s)	12 m	24 m	36 m
108 km/h (30 m/s)	18 m	54 m	72 m
144 km/h (40 m/s)	24 m	96 m	120 m

A tabela mostra quanto um carro percorre antes de parar em uma breca numa estrada. Após ver algo que exija a freada, o motorista leva um certo tempo para reagir e o carro percorre alguns metros. Essa distância será proporcional ao tempo de reação do motorista e à velocidade do carro.

...

Na terceira coluna está a distância percorrida após o acionamento do freio, até o veículo parar. Observe que quando o valor da velocidade é o dobro, essa distância se torna quatro vezes maior, e não apenas o dobro. Isso mostra que a altas velocidades a distância a ser mantida entre veículos deve ser em muito aumentada, para evitar acidentes. Mostra também que se o valor da velocidade for realmente muito alto será muito difícil o carro parar antes de atingir o obstáculo que exigiu a freada.

Quadrados

A tabela da página anterior está diretamente ligada à idéia de energia cinética. Por quê? Porque ao efetuar uma breca, o carro está perdendo toda a sua energia cinética, que será convertida em calor pelo atrito entre os pneus e o asfalto. A força responsável por esse trabalho é, portanto, uma força de atrito. O trabalho realizado por ela será igual ao valor da energia cinética perdida.

Se você olhar na tabela verá que quanto maior a velocidade do veículo, maior a distância de freada, o que indica que o trabalho foi maior, porque o carro tinha mais energia. Porém, quando a velocidade dobra de valor, a distância fica quatro vezes maior:

$$2 \times 36 \text{ km/h} = 72 \text{ km/h}$$

$$4 \times 6 \text{ metros} = 24 \text{ metros}$$

E quando a velocidade triplica, a distância fica nove vezes maior e não apenas três vezes. Observe:

$$3 \times 36 \text{ km/h} = 108 \text{ km/h}$$

$$9 \times 6 \text{ metros} = 54 \text{ metros}$$

Isso ocorre porque a energia cinética depende do quadrado da velocidade. Quadrado ???

Observe bem e você verá o quadrado:

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

E_c : en. cinética
 m : massa
 v : velocidade

A energia cinética depende também da massa, já que frear um veículo de grande porte é mais difícil do que parar um carro pequeno.

Vamos tentar usar essa fórmula para determinar o valor da energia cinética de um carro a várias velocidades. Imaginemos um automóvel de 800 kg em nas quatro velocidades da tabela:

$$v = 10 \text{ m/s}$$

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

$$E_c = \frac{1}{2} \times 800 \times 10^2$$

$$E_c = 40.000 \text{ J}$$

$$v = 20 \text{ m/s}$$

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

$$E_c = \frac{1}{2} \times 800 \times 20^2$$

$$E_c = 160.000 \text{ J}$$

$$v = 30 \text{ m/s}$$

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

$$E_c = \frac{1}{2} \times 800 \times 30^2$$

$$E_c = 360.000 \text{ J}$$

$$v = 40 \text{ m/s}$$

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

$$E_c = \frac{1}{2} \times 800 \times 40^2$$

$$E_c = 640.000 \text{ J}$$

quadrados

$$1^2=1$$

$$2^2=4$$

$$3^2=9$$

$$4^2=16$$

$$5^2=25$$

$$6^2=36$$

$$7^2=49$$

$$8^2=64$$

$$9^2=81$$

$$10^2=100$$

Uma colisão a 36 km/h corresponde a uma queda de 5 metros de altura

Imagine um carro caindo da janela de um edifício, de frente para o chão. Desprezando a resistência do ar, ele estaria sempre aumentando sua velocidade até atingir o solo. Quanto maior a altura, maior a velocidade ao chegar no chão. Durante a queda sua energia potencial irá, pouco a pouco se transformando em energia cinética.

Podemos montar uma tabela, relacionando altura de queda e velocidade ao se chegar ao solo, igualando a energia do corpo antes da queda (que era somente energia potencial gravitacional) à energia no fim da queda (somente energia cinética), da seguinte forma:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

Fazendo algumas peripécias você pode concluir que a fórmula para a altura é:

$$h = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

CONSULTE O LIMA SOBRE EXPRESSÕES ALGÉBRICAS

Para uma velocidade de 36 km/h, que corresponde a 10 m/s, e $g = 10 \text{ N/kg}$ podemos fazer esse cálculo e chegar ao valor de 5 metros.

Pode-se saber a velocidade de um carro antes de bater pelas marcas no asfalto?

É possível ter uma boa idéia, com este método. Imagine que um carro deixe uma marca de 15 metros de comprimento no asfalto e que na hora da colisão ele estava a 10 m/s. Será que ele corria muito antes de breicar? Consideremos que o coeficiente de atrito do pneu do carro com o asfalto seja igual a 1 (vide a leitura 16). Neste caso, a força de atrito terá valor igual ao da força normal, e se a pista for horizontal, será também igual ao peso do carro. O trabalho realizado pelo atrito é a retirada de energia cinética do carro, ou seja:

Energia cinética perdida = Trabalho do atrito

De acordo com o que discutimos isso irá nos dar a seguinte formulinha:

$$\frac{m \cdot v_{\text{depois}}^2}{2} - \frac{m \cdot v_{\text{antes}}^2}{2} = - m \cdot g \cdot d$$

Com a ajuda de um experiente matemático você pode chegar a uma forma mais simples:

$$v_{\text{antes}}^2 = v_{\text{depois}}^2 + 2 \cdot g \cdot d$$

Se você conseguir a façanha de realizar os cálculos, verá que o carro possuía 20 m/s de velocidade antes de frear.

Pelo amassado do carro podemos saber sua velocidade ao bater?

Quando o carro bate em um muro, por exemplo, a força de contato com o muro é muito grande, e pode ser considerada aproximadamente como sendo a resultante. Ela realiza o trabalho de amassar o carro de uma quantidade x , retirando-lhe toda sua energia cinética. Então podemos igualar:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = F \cdot x$$

Como a força é a resultante, ela vale $m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$.

Com essas duas fórmulas e o fato de que a velocidade final é zero após a batida, podemos ter fazer a seguinte conta:

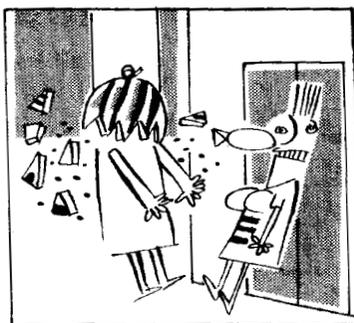
$$\frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot \frac{v}{\Delta t} \cdot x$$

Simplificando tudo, teremos um formula pequenininha para achar essa velocidade:

$$v = \frac{2 \cdot x}{\Delta t}$$

Uma colisão durando 0,1s e amassando meio metro indica uma velocidade de 10 m/s.

Casal Neuras



Glauco

Uma melancia de massa $m = 6 \text{ kg}$ é abandonada a partir do repouso de uma janela situada a uma altura $h = 20 \text{ m}$ da cabeça de um senhor de alcunha Ricardão. Considerando a intensidade do campo gravitacional da Terra como $g = 10 \text{ N/kg}$ e desprezando a resistência do ar sofrida pelo bólido vegetal:

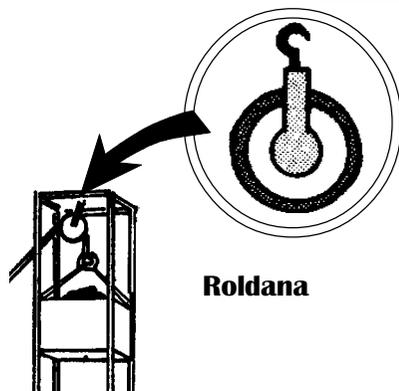
- Calcule a velocidade com que ele atinge seu alvo.
- O que mudaria se fosse uma laranja, ao invés de uma melancia? E o que não mudaria?

— 26 —

Como facilitar um trabalho

Ok, você também que facilitar seu trabalho, não é? Agora você verá que até isso tem um preço!

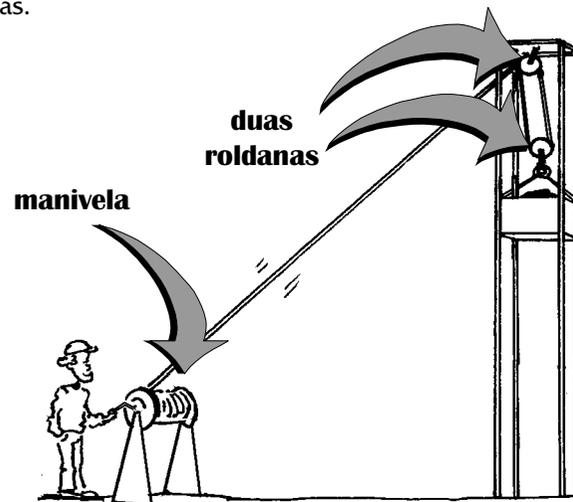
Você se lembra do Hércules?



Roldana

Sim, estamos falando de nosso velho amigo, o sr. Hércules Pereira da Silva, que em uma leitura anterior, estava levando areia para o alto de um prédio em construção. Imagine como seria elevar toda essa areia sem a ajuda de um poderosíssimo instrumento conhecido como roldana. Se não houvesse a roldana, ele teria que subir no telhado e puxar a caixa de areia para cima, ou mesmo subir uma escada com a caixa nas costas.

Mas existem outros mecanismos que podem facilitar um trabalho, diminuindo ainda mais a força necessária para realizá-lo. Com uma manivela e duas roldanas a força que Hércules precisa fazer é bem menor.



Flechas apenas para ilustração não incluídas no equipamento.

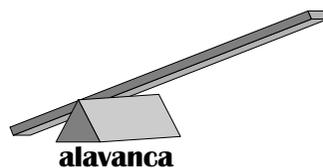


Como é possível alguém realizar um mesmo trabalho fazendo uma força menor?

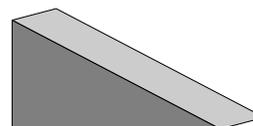
O truque é trocar **FORÇA** por **DISTÂNCIA**. Usando a manivela e duas roldanas a quantidade de corda que Hércules terá que puxar será bem maior, e a força, bem menor. Isso só é possível graças às incríveis, espetaculares e sensacionais ...

MÁQUINAS SIMPLES

Raramente percebemos, mas a maioria dos utensílios que usamos se baseiam em poucas idéias básicas que costumamos chamar de máquinas simples. São elas:



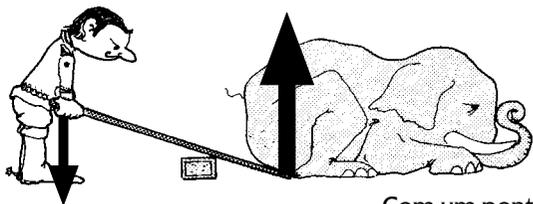
alavanca



plano inclinado

roda e eixo

Alavancas



Quantas vezes você não precisou levantar um elefante e senti dificuldade em fazê-lo? Para essa e outras tarefas importantes do nosso dia-a-dia é que existem as alavancas.

Com um ponto de apoio e uma barra nosso amigo constrói uma alavanca para facilitar seu trabalho. A força que ele faz em uma ponta é ampliada no outro lado da barra. Mas para isso ele tem que percorrer uma distância maior do que aquela que o elefante irá subir.

Se massa do bichinho é de 2 toneladas, ele terá que fazer uma força de 20.000 N. Para erguê-lo a 5 cm (0,05 metros) de altura terá que fazer um trabalho de 1000 joules. Com a alavanca ele realiza o mesmo trabalho com uma força de apenas 1000 N, que é o peso de um elefante bebê!. Porém, ele terá que fazer um deslocamento de 1 metro. Observe:

Sem alavanca: $20000\text{ N} \times 0,05\text{ m} = 1,000\text{ J}$

Com alavanca: $1000\text{ N} \times 1\text{ m} = 1,000\text{ J}$

O segredo da alavanca é ter dois "braços" de tamanhos diferentes. No braço maior fazemos a força, e no outro colocamos a carga:



Esse truque é usado, com algumas adaptações, em diversos equipamentos que usamos para as mais variadas tarefas. Embora a maior parte das alavancas possua o apoio entre a carga e a força, você pode imaginar outras posições para o ponto de apoio. Numa carriola de pedreiro, por exemplo, a carga é colocada entre o ponto de apoio e o ponto onde fazemos a força

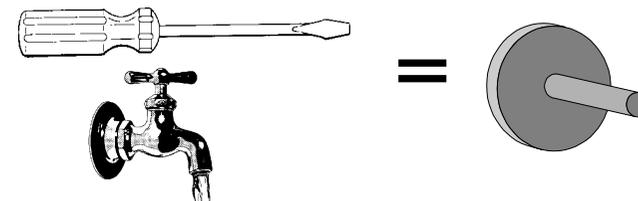
Rodas & eixos



As facilidades da vida moderna nos fazem esquecer antigos prazeres como retirar aquela água fresquinha do fundo do poço. Mas também poucos se lembram que para puxar aquele pesado balde de água para cima, contava-se sempre com a ajuda da prestativa **manivela** e seus inseparáveis companheiros **roda e eixo**.

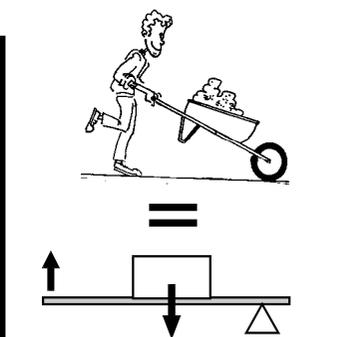
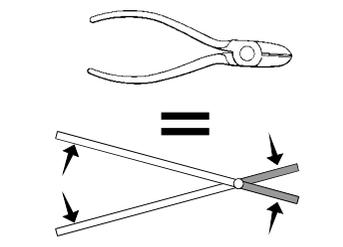
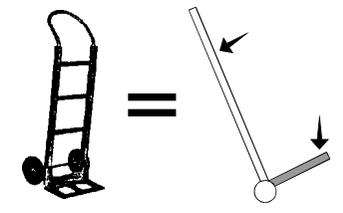
Qual é o segredo da manivela? Bem, não é mais um segredo: ela troca **força** por **distância**. O trabalho realizado com ou sem a manivela é o mesmo. Mas, com a manivela, a distância percorrida pela mão da pessoa é bem maior, e portanto, a força é bem menor:

E existem muitas coisas na sua vida, caro leitor, que funcionam da mesma maneira.



No caso da torneira, a "borboleta" faz o papel da roda, embora não seja propriamente uma roda, e o pino faz o papel do eixo. Mas o princípio é exatamente o mesmo, e você poderá ver isso em muitas outras coisas por aí.

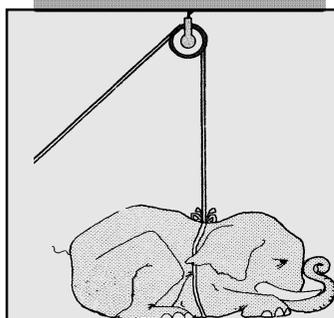
Algumas alavancas disfarçadas:



Roldanas

Um outro truque feito com rodas para facilitar o trabalho é o uso de roldanas. Com uma roldana você já facilita o trabalho porque pode fazer força para baixo para puxar algo para cima, como na primeira figura. Nesta caso, porém, não há ampliação de forças: é somente o seu próprio peso que está ajudando.

Mas quando você utiliza mais de uma roldana realmente consegue uma ajuda, em termos de ampliação de força. E, nesse caso, como não poderia deixar de ser, você estará trocando força por distância, ou seja, terá que puxar mais corda, proporcionalmente, ao aumento de força que conseguir, já que o trabalho realizado será sempre o mesmo.



Para levantar um elefante com uma roldana você tem que fazer uma força igual ao peso do bicho.

Um amigo poderia ajudar, fazendo metade da força. Para isso, é preciso três roldanas.

Se o amigo falhar, pode-se usar o teto para fazer metade da força. Mas terá que puxar o dobro de corda.

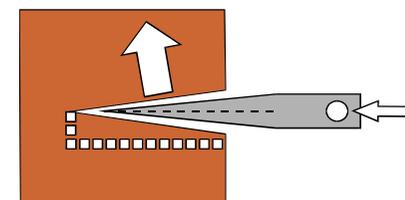
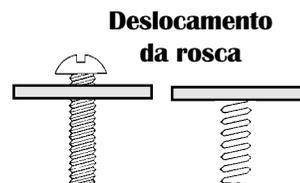
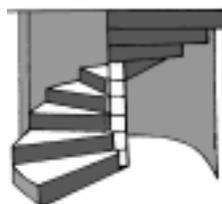
Plano inclinado

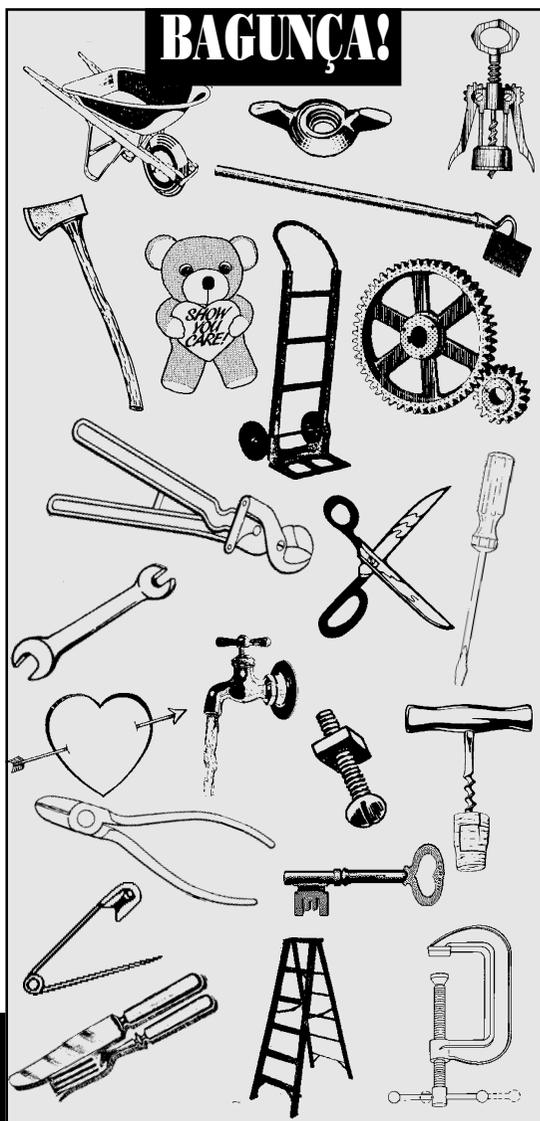
Agora você quer colocar seu elefante em um pedestal para enfeitar o jardim. Porém, o jardim não tem um teto para que você possa usar roldanas. O que fazer? Uma boa alternativa é usar uma rampa:

Em certas situações a rampa ideal acaba se tornando muito longa. Então, alguém teve a feliz idéia trocar essa rampa por várias rampinhas menores, ou então de dobrar ou enrolar a rampa grande. A idéia era tão boa que foi aproveitada também nas roscas e parafusos. A rosca é usada em ferramentas como macaco de automóveis, morsa e uma série de outros que permitem uma enorme ampliação de força. Isso ocorre porque a rosca dá muitas voltas para se deslocar apenas um pouquinho. Ou seja, aumenta-se muito a distância percorrida para diminuir muito a força a ser feita

O plano inclinado é usado também nas **cunhas** e nas **ferramentas de corte**. A lâmina de um machado percorre uma distância igual a $\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square$ enquanto afasta a madeira por uma distância de $\square\square$. Em compensação a força que ela faz para afastar a madeira é proporcionalmente maior. Essa é o segredo das lâminas. Quanto mais afiadas, mais ampliam a força, por que maior será a diferença entre as essas duas distâncias.

Se você tentar elevar o elefante diretamente, percorrerá uma distância menor, porém terá uma força grande, igual ao peso do belo animal. Mas se usar uma rampa, a distância percorrida aumenta, mas em compensação a força será menor. O velho truque de trocar **FORÇA** por **DISTÂNCIA** ...





Descubra no meio desta bagunça exemplos dos três tipos de máquinas simples discutidas nas páginas anteriores.

Qual é a vantagem?.....

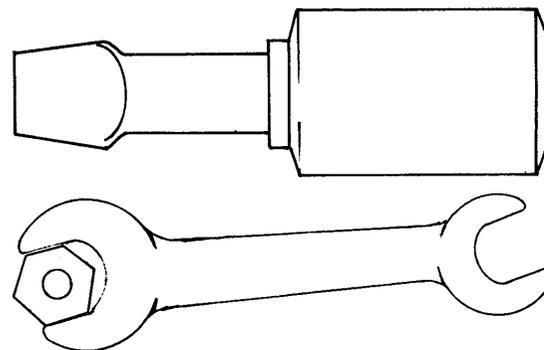
Quando você utiliza uma ferramenta, está obtendo algo que chamamos de vantagem mecânica. Essa "vantagem" nada mais é do que a ampliação de força que você consegue. No caso de uma alavanca, por exemplo, se o braço curto for metade do braço longo, sua força será ampliada duas vezes. Assim, você terá uma vantagem mecânica igual a 2. No caso de rodas com eixo, basta medir o diâmetro da roda e do eixo. Em uma torneira, isso seria igual ao comprimento da "borboleta" dividido pela espessura do pino, que pode ser, por exemplo, 9 vezes menor. Isso quer dizer que sua força é

ampliada nove vezes, e esse é o valor de sua vantagem mecânica.

No plano inclinado, basta comparar o comprimento da rampa com a altura. Dividindo um pelo outro, você tem a vantagem mecânica.

Se você entendeu isso, pegue algumas ferramentas, como um martelo, uma tesoura, uma torneira e muitos outros, e tente calcular sua vantagem mecânica. Depois, faça uma tabela comparativa em um cartaz e cole na parede de sua sala de aula. Ficará lindo!

Faça você mesmo!

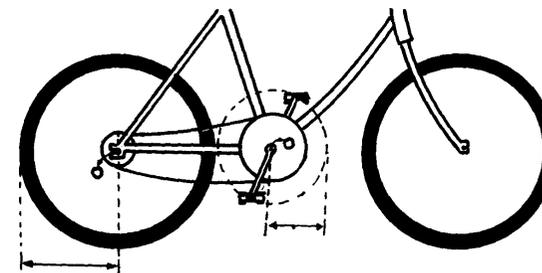


Usando sua régua horrível, que um candidato a deputado lhe deu na última eleição, faça cuidadosas medidas nas figuras acima e determine a vantagem mecânica de cada ferramenta.

Para comprovar a teoria na prática, fixe alguns parafusos em uma prancha de madeira com várias ferramentas diferentes (as duas acima, por exemplo) e sinta o resultado, pela força que você tem que fazer para colocar e retirar tais parafusos.

Força versus velocidade

Em uma bicicleta, ao invés de ampliar forças estamos reduzindo-as através dos sistemas de rodas e eixos. Você pode verificar isso comparando o raio da roda com o do pedal:



Acontece que neste caso, o que realmente nos interessa é um ganho de velocidade. A roda anda mais do que o pedal na mesma unidade de tempo, mas temos que fazer mais força. O mesmo acontece em um barco a remo, onde o remador aplica força no braço curto da alavanca (o remo!) para ganhar velocidade. Pois é, nem sempre aumentar a força é o que importa. Às vezes, queremos mesmo é percorrer uma certa distância em um tempo menor ...