

1. Física, eu?
2. Pondo as coisas no lugar
3. Coisas que se deslocam
4. A conservação dos movimentos
5. Trombadas
6. Trombadas ainda piores!
7. Como empurrar um planeta
8. Coisas que giram
9. Os giros também se conservam
10. Gente que gira
11. Coisas que controlam movimentos
12. Onde estão as forças?
13. Peso, massa e gravidade
14. Medindo forças
15. Quando é difícil parar
16. Batendo, ralando e esfregando...



1 a 34

Vol. 1

17. O ar que te segura
18. Acelera!
19. Quem com ferro fere...
20. Pit stop para um test drive
21. Coisas que produzem movimento
22. Trabalho, trabalho, trabalho!
23. Máquinas Potentes
24. A gravidade armazena energia
25. A energia dos movimentos
26. Como facilitar um trabalho
27. O "mapa" do Universo
28. Quem disse que a Terra é redonda?
29. Construa seu relógio de sol
30. A Lua e a Terra
31. O Sistema Solar
32. A gravidade da gravidade
33. Evolução estelar
34. O Universo não é tudo?

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 Antonio Kanno

COLABORADORES ACADÊMICOS:

Marcelo de Carvalho Bonetti
Marcos Rogério Tofoli

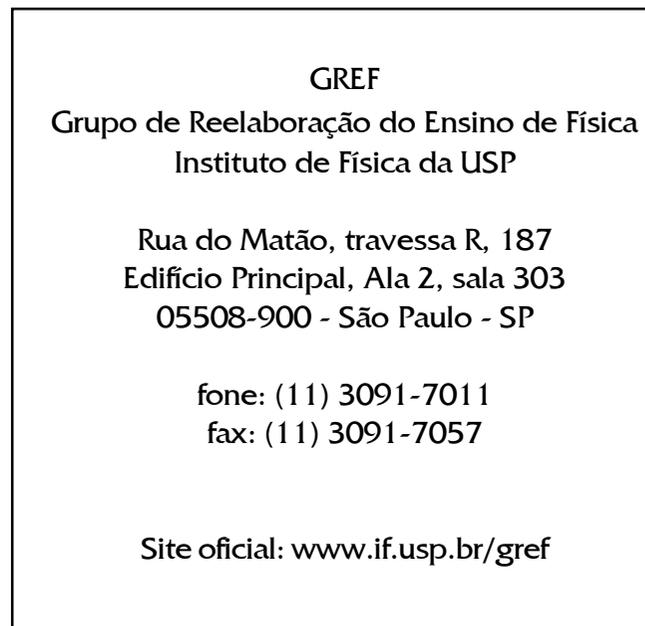
ELABORADORES PARTICIPANTES DE ETAPAS ANTERIORES:

Cassio Costa Laranjeiras
Cintia Cristina Paganini
Marco Antonio Corrêa
Rebeca Villas Boas Cardoso de Oliveira

APLICADORES: Centenas de professores do ensino público, com seus alunos, fizeram uso de versões anteriores de diferentes partes desta publicação, tendo contribuído para sua avaliação e aperfeiçoamento, que deve prosseguir na presente utilização.

Financiamento e apoio:

Convênio USP/MEC-FNDE
Subprograma 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 nenhuma espécie.

fevereiro de 2006

Apresentação

O GREF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, reuniu por vários anos no Instituto de Física da Universidade de São Paulo alguns docentes universitários e vários professores da rede estadual paulista de ensino público. Essa equipe, dedicada ao aperfeiçoamento em serviço de professores de física, apresentou em três livros¹ sua proposta de ensino. Em seguida, concebeu estas Leituras de Física para alunos, que têm sido continuamente aperfeiçoadas a partir de sugestões decorrentes de sua aplicação escolar.

A concepção de educação dialógica de Paulo Freire, na discussão de temas da vida real, está entre as que inspiraram o trabalho do GREF, resultando em critérios incorporados às Leituras, mas que podem ser explicitados para os professores que as utilizem:

- Processos e equipamentos, do cotidiano de alunos e professores, interligam a realidade vivida e os conteúdos científicos escolares, o que facilita o desenvolvimento de habilidades práticas nos alunos, associadas a uma compreensão universal da física.
- Os alunos são interlocutores essenciais, desde o primeiro dia, participando do levantamento temático de conceitos, equipamentos e processos relacionados ao assunto tratado, como Mecânica, Termodinâmica, Óptica ou Eletromagnetismo.
- A linguagem e o formato das Leituras procuram facilitar seu uso e cadenciar o aprendizado. Uma primeira página apresenta o assunto, duas páginas centrais problematizam e desenvolvem os conteúdos científicos e uma quarta página sugere atividades, exercícios e desafios.
- O número de Leituras leva em conta a quantidade de aulas usualmente reservadas à física, para poupar o professor da necessidade de promover cortes substanciais nos conteúdos gerais e específicos tratados.

O trabalho desenvolvido pelo GREF, que também teve eco nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino de Ciências e Matemática, dá margem aos professores de ciências em geral a tratar as suas disciplinas de forma articulada com o aprendizado da física. As Leituras de Física do GREF para alunos têm sido utilizadas há vários anos na forma de apostilas, em nossa rede estadual e em nível nacional, numa grande variedade de escolas públicas de ensino médio regular e de ensino técnico. Professores e alunos têm feito uso de cópias obtidas diretamente pela internet², e espera-se que isso continue acontecendo, sem finalidade lucrativa.

Os que conceberam estas Leituras se alegram com a presente edição, pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, que fará chegar o resultado de seu trabalho a um número maior de alunos, na forma de três livros.

Bom trabalho!

Coordenadores e elaboradores do GREF/IFUSP

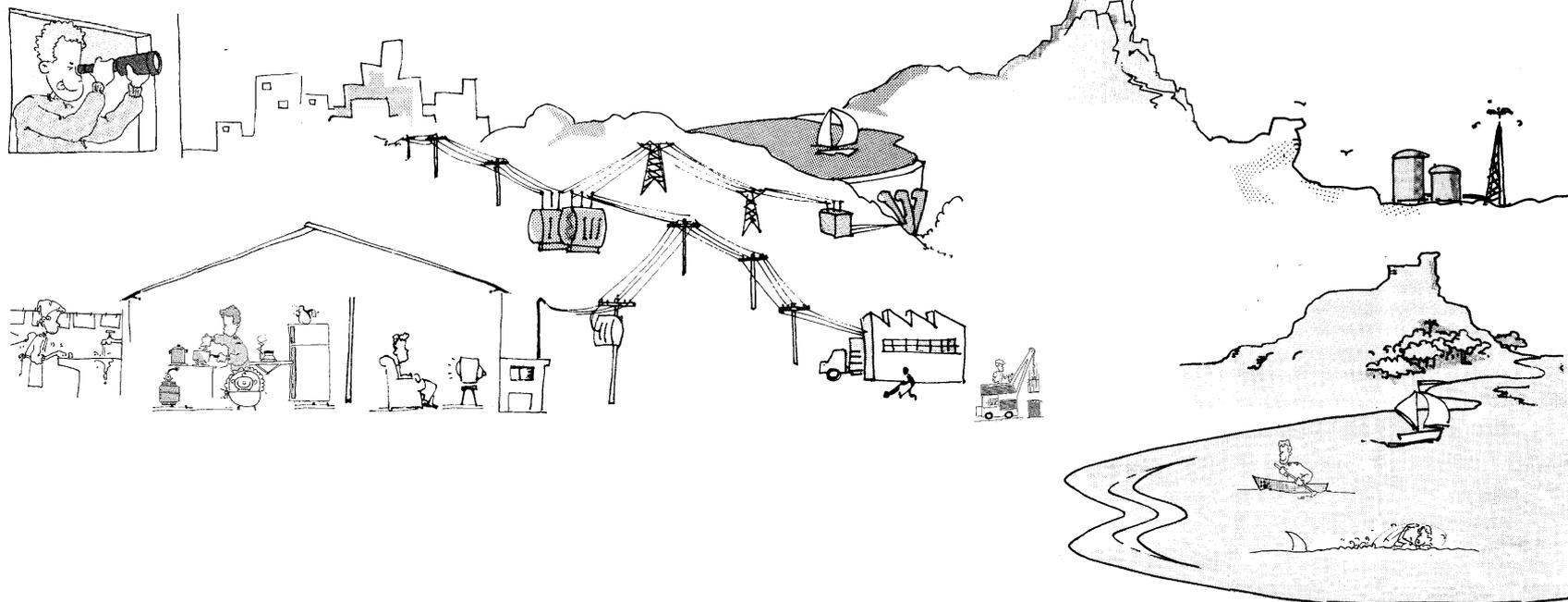
¹ Mecânica (Vol. 1); Física Térmica e Óptica (Vol. 2) e Eletromagnetismo (Vol. 3), publicados pela EDUSP, Editora da Universidade de São Paulo.

² www.if.usp.br/gref

1

Física, eu?

A Física está aí perto
de você, à sua volta.
Nessa primeira leitura,
iremos "enxergá-la".



Desde que você nasceu, começou a aprender uma infinidade de coisas: segurar a mamadeira, derrubar os brinquedos do berço, destruir os enfeites da casa ... Pode parecer que não, mas essas atividades tão edificantes eram o início do seu aprendizado de física.



assim nasce
um físico

Com o tempo, você passou a executar tarefas mais complicadas, tais como atravessar uma rua movimentada, tomar sopa, enfiar linha na agulha e quem sabe até andar na corda bamba ...



Laerte. Anabel Lee.

Folha de S.Paulo, 4/4/93

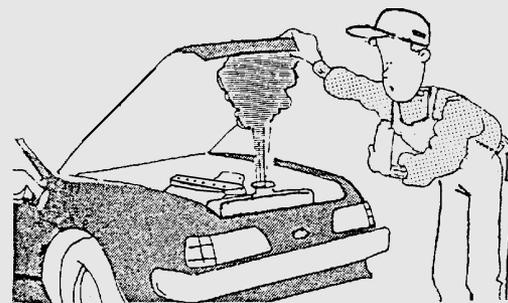
E assim sua mente teve de construir uma verdadeira "física prática". Você faz uso dessa "física" quando joga bola, anda de bicicleta, aperta um parafuso: são coisas ligadas a uma parte da física chamada Mecânica. Da mesma maneira, coisas ligadas à sua visão fazem parte de um ramo chamado Óptica, enquanto a sensação de frio e calor faz parte da Física Térmica. O Eletromagnetismo é uma outra parte da física que está relacionada ao uso de aparelhos elétricos em geral. Vamos discutir um pouco mais cada uma delas:

Mecânica



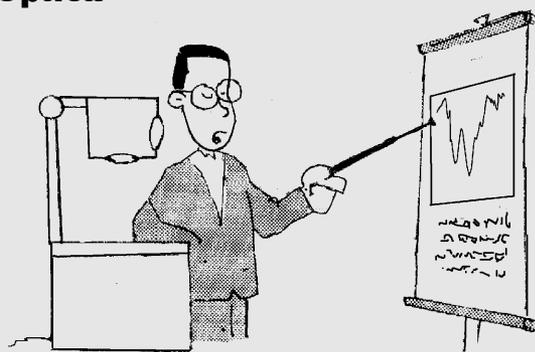
Tudo o que envolve *movimento*, *força* e *equilíbrio* relaciona-se à Mecânica. Estão ligadas a ela, entre outras, as atividades de pedreiros, marceneiros e motoristas. Ela também está presente nas máquinas e ferramentas, no treinamento esportivo, nas construções e em muitas outras coisas.

Física Térmica



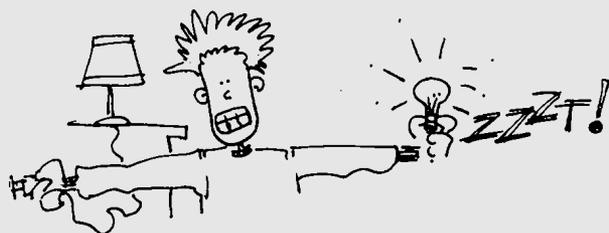
Coisas que estão ligadas ao calor e à temperatura, como um fogão, uma geladeira ou um automóvel estão relacionados à Física Térmica. Um cozinheiro, um padeiro, um técnico de refrigeração e um mecânico têm muito contato com essa parte da física.

Óptica



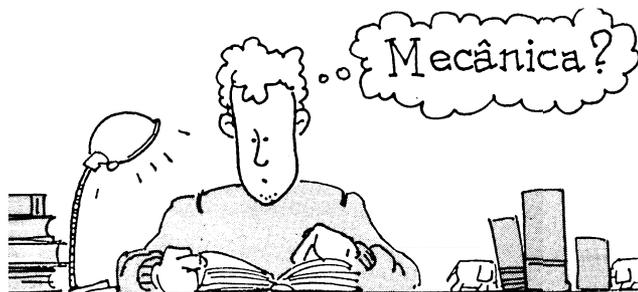
A Óptica estuda os fenômenos luminosos. Faz parte dela o estudo de lentes e instrumentos ópticos, das cores, da fotografia e muitas outras coisas. Vitrinistas, oculistas, pintores são exemplos de pessoas que lidam diretamente com a Óptica.

Eletromagnetismo



De aparelhos elétricos e eletrônicos até os raios que ocorrem em tempestades, é difícil imaginar uma atividade hoje em dia que não envolva o Eletromagnetismo. Em qualquer lugar as pessoas convivem com aparelhos elétricos e precisam aprender a usá-los. Eletricistas e técnicos de rádio e TV estão entre os profissionais que necessitam de um maior conhecimento dessa área.

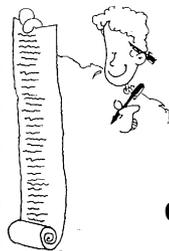
Este livro será dedicado ao estudo da Mecânica. Para uma primeira compreensão do significado desse ramo da física, um dicionário pode nos ajudar.



Se você procurar no dicionário a palavra Mecânica encontrará a seguinte definição:

Mecânica. [Do gr. *mechaniké*, 'a arte de construir uma máquina', pelo lat. *mechanica*.] *S. f.* 1. Ciência que investiga os movimentos e as forças que os provocam. 2. Obra, atividade ou teoria que trata de tal ciência: *a mecânica de Laplace*. 3. O conjunto das leis do movimento. 4. Estrutura e funcionamento orgânicos; mecanismo: *a mecânica do aparelho digestivo; a mecânica do relógio*. 5. Aplicação prática dos princípios de uma arte ou ciência. 6. Tratado ou compêndio de mecânica. 7. Exemplar de um desses tratados ou compêndios. 8. *Fig.* Combinação de meios, de recursos; mecanismo: *a mecânica política*.

Pela definição do dicionário, percebemos que Mecânica pode ser muita coisa. E realmente é. Na figura que abre este capítulo, podemos visualizar muitas coisas e situações ligadas a essa parte da física. Da mesma forma, se pensarmos nas coisas que você usa, faz ou conhece também encontraremos muitas outras ligações com a Mecânica.



Tente lembrar de coisas ou situações que você conhece e que estão relacionadas à Mecânica

Novo Dicionário da Língua Portuguesa. Aurélio Buarque de Holanda Ferreira.

a mecânica nos esportes



basquete

O basquete é um dos esportes mais populares atualmente. A prática desse esporte envolve técnicas que, em boa parte, podem ser aprimoradas com o auxílio da Mecânica. Vamos ver algumas delas.

Passé

Um jogador tem de passar a bola para seu companheiro de equipe antes que um adversário possa interceptá-la. Para que a bola atinja a velocidade necessária o atleta deve usar as forças de que pode dispor mais rapidamente: flexão dos dedos e punhos e extensão dos cotovelos. Forças maiores, como as do tronco e das pernas, são mais lentas, devendo ser usadas principalmente em passes longos.

Arremesso

O arremesso ao cesto é semelhante ao passe, mas envolve fatores ligados à trajetória da bola: altura, velocidade, ângulo de soltura e resistência do ar. Dependendo da distância ao cesto, o jogador deve combinar a velocidade e o ângulo de lançamento, para fazer a cesta. A possibilidade de acerto também varia de acordo com o ângulo com que a bola se aproxima da cesta.

Um jogador precisa treinar e estar atento a tudo isso se quiser ser um bom arremessador



natação

A natação é um esporte que tem evoluído bastante em suas técnicas ao longo dos anos. O estudo da propulsão, da sustentação e da resistência da água tem trazido soluções para aumentar a velocidade dos nadadores.

A velocidade do nadador

A velocidade do nadador depende do comprimento de sua braçada, que é a distância percorrida pelo braço dentro da água, e da frequência da braçada, que é o número de braçadas que ele dá por minuto. Aumentando uma delas, a outra diminui. Ele tem de conseguir balancear as duas coisas para obter o melhor resultado, dentro de cada estilo.

Propulsão e resistência

A força de propulsão de um nadador depende do estilo de nado. No nado de peito, ela vem basicamente do movimento de pernas. No *crawl* os braços são a maior fonte de propulsão, enquanto no nado borboleta vem igualmente dos dois.

A água dificulta o movimento através da força de resistência, podendo segurar mais ou menos o nadador dependendo da posição das mãos e da forma como ele bate as pernas. A posição da cabeça e do corpo também influem bastante.



atletismo

Dos esportes olímpicos, o mais popular é sem dúvida a corrida. Desde a roupa e os calçados até as características físicas do atleta influem nos resultados obtidos nessa modalidade.

O comprimento das passadas

Para atingir uma alta velocidade o atleta depende do tamanho da passada e de sua frequência. Um dos fatores que determina o comprimento da passada é a distância de impulsão, ou seja, a distância horizontal entre a ponta do pé que fica no chão e o centro de gravidade do atleta (próximo ao umbigo). Por causa disso, nas corridas de curta distância os corredores inclinam mais o corpo na hora da largada. Esse é um dos temas mais estudados pelos pesquisadores.

A frequência das passadas

Para obter boas velocidades, em geral, é melhor aumentar a frequência das passadas do que seu comprimento. A frequência é determinada pelo tempo que ele fica no ar e o tempo que ele permanece em contato com o solo.

Dependendo do sistema muscular e nervoso do atleta ele pode diminuir o tempo para distender e contrair os músculos da perna. Esses atletas são os que conseguem a maior frequência, e portanto o melhor desempenho.



Pondo as coisas no
lugar

Um carro anda; um ventilador gira; uma viga sustenta; por trás disso está a Mecânica de cada coisa.

classifísica

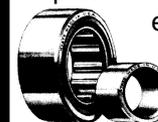
MECÂNICA

Coisas que se Deslocam	Bailarina Oferece-se para abrilhantar festas. Qualquer tipo de dança e muito rodopio. 555-5555.	Mamonas Óleo de mamonas assassinas. Combustível alternativo que pode ser adicionado ao álcool e à gasolina. Especial para veículos de cor amarela. 555-5555.	Coisas que Ampliam Forças	Descaroce! Chega de fazer força à toa. Compre já um descarçador de azeitona modelo 486, com memória e programa para 1024 tipos de azeitonas diferentes. Não consome energia elétrica e vem com controle remoto. Sem uso, na caixa. Fone (055)-555-5055.
Skate Tração nas quatro rodas. Já vem com o moleque em cima. Não aceitamos devolução do moleque. (055) 555-5555.	Big Ventilador Hélice de 80 cm. Pode ser usado como helicóptero individual em pequenos trajetos, que podem ser ampliados com o uso de uma extensão. Telefone 555-5555.	Chute Serviço recente de sucesso extraordinário. Chutamos qualquer coisa e não erramos (muito). Estamos fazendo contrato com grandes clubes de camisas verdes. Tel.: 555-5555.	Macaco Para automóveis e embarcações. Macacos manuais e hidráulicos movidos a bananas. Modelo especial "Gorila" para levantar caminhões ou para segurança em festas. \$ 1200,00 - grátis modelo "Mico" para erguer bicicletas. Ligue: 0500-555555.	Coisas que ficam em Equilíbrio
Transatlântico Estacionado na praça Tiradentes, em frente à banca de frutas. É só pegar e levar. (55) 555-5555.	Roda-Gigante Portátil. Pode ser instalada em qualquer espaço, inclusive no quintal de sua casa. Cadeirinhas para vinte crianças não muito grandes. Telefone p/555-5555.	Coisas que Controlam Movimentos	Tesoura 3D Corte perfeito a laser em três dimensões. Nunca perde o fio. Não precisa de óculos 3D. Acompanha um kit de facas Gansu. Mande fax para 55-5555.	Rio-Niterói Vendo ponte sobre baía da Guanabara, com tudo que tem em cima, incluindo 17 veículos importados novinhos ou troco por um Opala 92. F.: 555-5555.
Asa Delta Para ir pro serviço. Não polui e não pega trânsito. Não pega rodízio. Preço do ônibus.	Furadeira Poderosa. Fura cimento, concreto, metais e água. Buracos redondos e quadrados. É broca. Ligar para 555-5555 (HC).	Pastilhas Pastilhas de freio em vários sabores. Tocam musiquinha enquanto seu veículo está brecando. Podem ser usadas também como dropes. Ligue agora mesmo para 0555-555-555.	Pé-de-cabra, bode e bezero. Temos também o novo pé-de-pato "Mangalô 3 Veis". Facilitamos em até 3 Veis. Alugamos pé-de-cabra p/ serviços rápidos. (055)-55-5555.	*** Torre *** Edificação europeia em estilo antigo. Potencial turístico ilimitado. Excelente para experiências sobre gravidade.
Fiat 148 Faz de 0 a 100 em menos de 5 minutos, com pouco barulho. Corre bem na descida. Na subida, é levinho pra empurrar. Impecável. Freios sem atrito. Fone 555-5555.	Pião A álcool. Gira em cinco velocidades simultâneas e sincronizadas. 6 marchas para a frente e duas para trás. Fleira automática e eixo móvel. (055) 555-5555, ramal 55.	Volantes Esportivos e clássicos. Quadrados e redondos. Vários modelos e tamanhos. Trabalhamos também com modelos para carrinhos de rolimã. Ligue para o meu celular: 555-5555.	Cortador Multiuso. Corta nhhas, grama, garrafas de vidro, tênis, latas, salários etc. Lig-Kort 555-5555.	Pirâmide Grupo chinês oferece seus serviços de pirâmide humana. Alcançamos onde nem o Magic Johnson alcança. Podemos trabalhar de cabeça para baixo e segurando taças de cristal. Ligar para: 55-55-55-55, ramal 5.
Prancha de Surfe Pode crer. Maior legal. Liga aí.	Coisas que Produzem Movimentos	Motorista De bicicleta. Bom de perna. Com carta de referência. Leva até três pessoas na garupa, uma no cano e mais uma no ombro. Lotação para o centro da cidade via Av. Brasil. Saída da padaria Flor da Vila Margarida às 4:30.		
Ônibus Em bom estado. 30 anos de experiência de fins de semana na Praia Grande. Sobe a serra sem pressa. F.: 555-5555.	Vento Pacotes de 8 kg embalado a vácuo. Pode ser usado para mover pequenas embarcações a vela ou em noites calorentas. Facilmente reciclável. Ligue já. 555-5555.	Trilho Vendo 5 km de trilho de bonde quase sem uso, que pode ser utilizado com vários tipos de bonde, inclusive movido a burro. Grátis um burro sem orelhas. Fone 55-55-55.		
Trem Trem bão danado, sô. Se ocê pega um trem desses num larga mais não. Liga pra Barbacena. Fone 55.	Coisas que Giram			
Planeta Ótima localização. Área de lazer. Completamente despoluído. Linda vista de Saturno e de várias luas. O maior terreno da região. A 30 minutos (luz) do Centro.	Minimotor Acoplável a perna de pau, produz velocidades de até 35 km/h. Pode ser usado para motorizar bicicletas, patins, pranchas de surfe e fusquinhas. Funciona com uma pilha grande e uma pequena.			

CURSO DE MECÂNICA

Garanta seu futuro agora!!!!

Aprenda mecânica de modo rápido e eficiente. Conserte tudo usando um clipe e o jeito brasileiro



rua Parafuseta, 555 - perto do Metrô

Para iniciar nosso estudo pedimos que você imaginasse várias coisas que possuíssem ligação com a Mecânica, principalmente aquelas que lhe trazem dúvidas ou curiosidade. Todas essas coisas podem fazer parte do nosso estudo, mas para lidarmos com elas é necessário arranjar alguma forma de organizá-las.

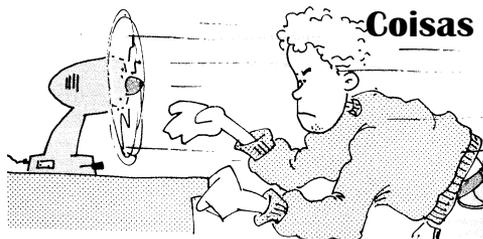
Vamos agrupá-las de um modo que torne mais fácil pensar nelas sob o ponto de vista da Mecânica. Uma maneira de fazer isso é ver de que forma tais coisas se encaixam nas idéias de **MOVIMENTOS, FORÇAS e EQUILÍBRIO**.

Movimentos



Coisas que se deslocam

Quando falamos, por exemplo, em *um carro em movimento*, entende-se que o veículo está se deslocando, ou seja, saindo do lugar. Na Física, esse tipo de movimento recebe o nome de **translação**.



Coisas que giram

No entanto, quando falamos de *um ventilador em movimento*, não entendemos o aparelho *saindo do lugar*, mas funcionando pelo giro de sua hélice. Na Física, chamamos os movimentos giratórios de **rotação**.

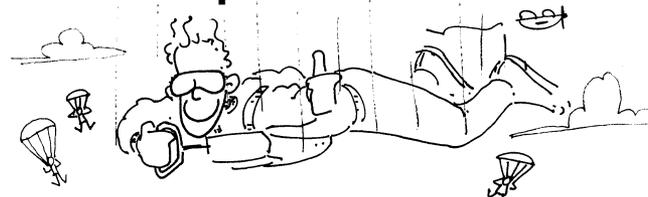
Forças

Coisas que produzem movimentos

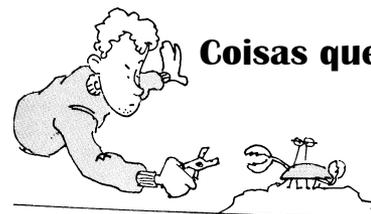


Os motores e combustíveis são exemplos de coisas que produzem movimentos: é graças ao motor e à energia do combustível que um carro pode se mover

Coisas que controlam movimentos



Existem coisas cuja função é **controlar um movimento**: um pára-quedas suaviza a queda do pára-quedista; o freio de um carro pode impedir seu movimento ou simplesmente diminuí-lo; e o volante controla a direção do movimento.



Coisas que ampliam a nossa força

Um outro tipo de coisa também estudado pela Mecânica são os equipamentos ou ferramentas cuja função é **ampliar nossa capacidade de exercer força**. Você já tentou cortar um arame sem um alicate ou levantar um carro sem um macaco?

Equilíbrio



Coisas que permanecem em equilíbrio

Em outras situações, é o **equilíbrio** que aparece como algo essencial. É o que ocorre, por exemplo, em uma ponte. A falta de equilíbrio nesse caso pode ter conseqüências graves...

Procure classificar as "coisas da Mecânica" que você conhece em coisas que:

- se deslocam
- giram
- produzem movimentos
- controlam movimentos
- ampliam a nossa força
- ficam em equilíbrio.



Essas idéias permitem analisar a maioria das coisas e situações ligadas à Mecânica. Numa bicicleta, por exemplo, podemos encontrar todas elas: o freio e o guidão controlam o movimento, o ciclista mantém o equilíbrio e produz o movimento, o pedal e o freio ampliam forças e assim por diante.

A tabela abaixo mostra um pequeno exemplo de classificação possível.

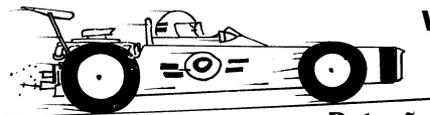


MOVIMENTO		FORÇAS			EQUILÍBRIO
se deslocam	giram	produzem movimento	controlam movimento	ampliam forças	ficam em equilíbrio
avião	hélices	motor	freio	martelo	ponte
bola	bola	vento	volante	alicate	balança
foguete	satélite	gasolina	trilho	macaco	bicicleta

entrevista com um mecânico

Empregando como guia as idéias da classificação da Mecânica, você pode fazer uma pesquisa sobre o automóvel. Para conseguir as informações você pode entrevistar um mecânico ou “entendido” no assunto ou procurá-las em livros, revistas etc.

Movimentos



Velocidade:

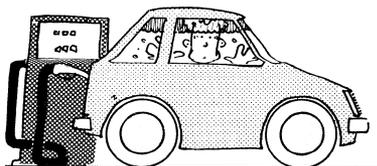
1 Quais são os fatores que determinam a velocidade de um automóvel?

Rotação do motor:

2 Como é feita a transmissão da rotação do motor para as rodas?

3 Qual a ligação entre a velocidade de giro do motor (rpm) e a potência e velocidade do carro?

Forças



Produção do movimento:

4 Como a queima do combustível produz o movimento do motor?



Controle do movimento e ampliação de forças:

5 Como funciona o sistema de direção de um carro? Existem sistemas de direção que exigem menor força?

6 Como funciona o sistema de freios de um carro? Existem sistemas de freios que exigem menor força?

Equilíbrio



Equilíbrio e estabilidade do veículo:

7 Quais são os fatores que determinam a estabilidade de um automóvel? Como eles funcionam?

3

Coisas que se deslocam

Iniciaremos o estudo da Mecânica nos perguntando: como as coisas fazem para se mover?

MOVIMENTOS

100.000 m/s



10.000 m/s



1.000 m/s



som no ar
340 m/s

100 m/s



10 m/s



1 m/s

pessoa correndo
3 m/s



0,1 m/s



0,01 m/s

bicho-preguiça
0,07 m/s



Cada coisa "que se desloca" parece se mover através de um meio diferente. Automóveis e caminhões usam rodas, animais terrestres usam pernas, aviões e pássaros usam asas e assim por diante. Apesar dessa variedade, podemos perceber determinados aspectos que aparecem em todos eles.

Para entender isso, vamos analisar separadamente o movimento das coisas que possuem algum meio próprio de se mover, como motores e pernas e coisas que dependem de um impulso de algum outro objeto para obter movimento.

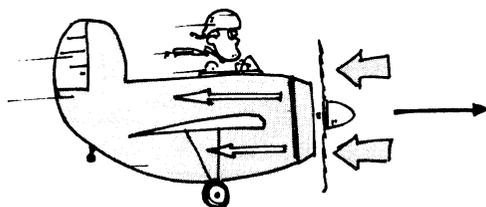
Coisas que parecem se mover sozinhas...

Coisas que voam

Se você perguntar a qualquer um o que faz um avião voar, a primeira resposta provavelmente será "as asas". É uma resposta correta, mas não é uma resposta completa. Para que as asas de um avião possam sustentá-lo no ar, é preciso que ele atinja uma certa velocidade inicial, e que se mantenha em movimento no mínimo com essa velocidade.

Para que essa velocidade seja atingida é que são empregados os motores a jato ou então as hélices. Tanto as hélices quanto os motores a jato têm a função de estabelecer uma forte corrente de ar para trás, que faz com que a aeronave seja empurrada para a frente.

Batendo as asas, os pássaros também empurram ar para trás e para baixo, e conseguem se locomover no ar. No espaço, onde não há ar para ser "empurrado", a locomoção pode ser feita com foguetes, que expõem gases a altíssima velocidade.



As hélices "jogam" o ar para trás, impulsionado o avião.

Coisas que "nadam"

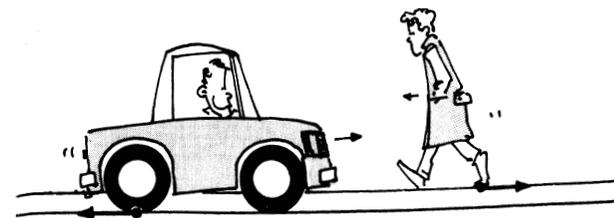
A locomoção sobre a água também exige "empurrar" algo para trás. Em geral, esse "algo" é a própria água, que pode ser empurrada por uma hélice, por um remo ou jato de *jet-ski*.

A natação também exige que se empurre água para trás. Isso é feito com o movimento de braços e pernas. Sob a água peixes e outros animais marítimos também empurram a água usando suas nadadeiras.

Coisas que "andam"

Os movimentos sobre a Terra também obedecem o mesmo princípio. Embora não seja muito visível, a locomoção de um automóvel ou de uma pessoa se dá a partir de um impulso para trás dado pelas rodas ou pelos pés.

Portanto, mesmo contando com motores, pernas, nadadeiras ou asas, os veículos e os animais precisam de algo para empurrarem para trás para conseguirem sua locomoção. Esse "algo" pode ser o ar, a água ou até mesmo o próprio solo sobre o qual eles se movimentam.

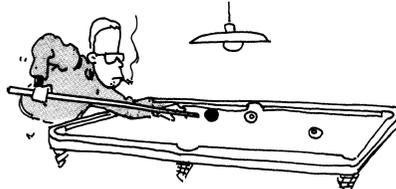


Coisas que realmente parecem não se mover sozinhas

Pois é. Parece que para se mover, um objeto sempre depende de outro. Mas há situações nas quais isso fica ainda mais evidente: uma bola de futebol não se move sozinha; seu movimento depende do chute pelo jogador. Da mesma forma, um barco a vela depende do vento para obter movimento.

Em ambos os casos, um movimento que já existia anteriormente (no pé e no vento) parece estar sendo parcialmente transmitido para um outro corpo (a bola e o barco).

Essa transmissão de movimento é mais visível em um jogo de bilhar ou sinuca, quando uma bola, ao atingir outra "em cheio", perde boa parte de seu movimento, enquanto a bola atingida passa a se mover. Parece que o movimento que estava na primeira bola foi transferido para a segunda.



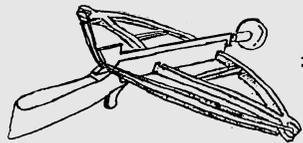
**Professores de Física
ilustrando a transmissão
de movimentos**

O mesmo acontece quando uma onda atinge uma prancha de surfe, cedendo a ela parte de seu movimento, dando ao *brother* a devida diversão.

Em todos esses exemplos, um corpo sem motor ou alguma outra fonte de propulsão própria obtém seu movimento de um outro que já se movia antes, retirando-lhe parte de seu movimento.

Gaste seu tempo

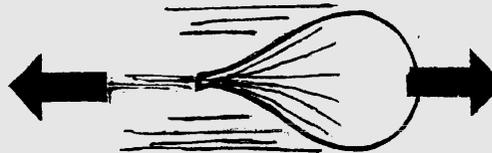
Estas três pequenas atividades mostram como os movimentos surgem aos pares: algo para a frente, algo para trás. Experimente e divirta-se!



A bestinha Soltando a bexiga

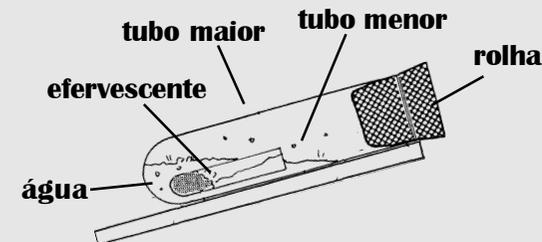
A figura mostra um brinquedo que é uma miniatura plástica de uma arma antiga usada para disparar flechas, conhecida pelo nome de "besta". Quando deixamos uma "bestinha" cair no chão, às vezes ela dispara e percebemos que a flechinha vai para um lado e a arma para o outro.

Tente fazer este teste. Há alguma semelhança com o "reco" de uma arma de fogo? Explique.



Tente acoplar a bexiga a um carrinho e veja se consegue fazê-lo se mover com a força gerada pelo escape do ar. Procure explicar o movimento do carrinho, comparando-o aos exemplos que discutimos nas páginas anteriores.

Canhão efervescente



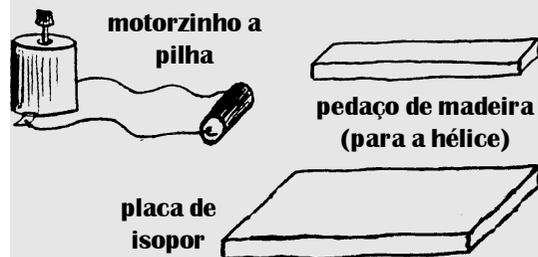
Se um canhão recua ao disparar, temos aí um possível sistema de propulsão. A montagem acima simula um canhãozinho, que também pode ser acoplado a um carrinho. Uma dica: aperte bem a rolha no tubo. Explique os movimentos das partes do sistema.

Construa hoje mesmo um barquinho que (não) se move sozinho!

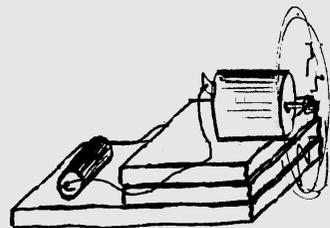
ESSAS TRÊS MONTAGENS SÃO IDÉIAS MAIS SOFISTICADAS PARA MOSTRAR COMO PODEMOS EMPURRAR ÁGUA PARA TRÁS PARA CONSEGUIR MOVIMENTO

Hélices

As hélices são empregadas como propulsão em grande parte de embarcações e aeronaves. Seu formato especial faz com que lance água ou ar para trás e impulse o veículo. Você pode fazer um barquinho que se move com hélice usando o seguinte material:



Com um canivete, "esculpa" uma hélice em um pedaço de madeira e acople-a ao motor. Monte um barquinho como na figura e coloque-o na água.



Explique como o formato da hélice faz com que o ar seja lançado para trás enquanto ela gira.

Se os pólos da pilha forem ligados ao contrário, ocorre algum efeito diferente? Por quê?

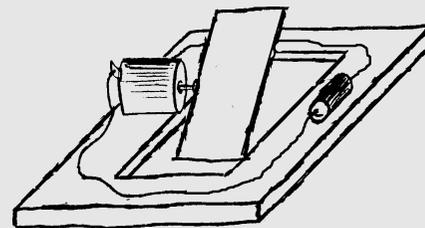
O que você faria para obter uma velocidade maior com esse barquinho?

Remos e pás

Os remos e as nadadeiras de alguns animais aquáticos servem para empurrar a água para trás, fazendo com que eles obtenham movimento para a frente. Isso é fácil perceber no barquinho que sugerimos para você montar, usando o material abaixo:



Usando a cartolina faça uma pá e acople ao motor. Faça uma abertura no isopor para o movimento da pá e posicione o motorzinho conforme ilustra a figura.



A velocidade de giro da pá é a mesma quando ela está no ar e quando está na água? Por quê?

Você acha que o tamanho da pá influi no desempenho do barquinho? Explique.

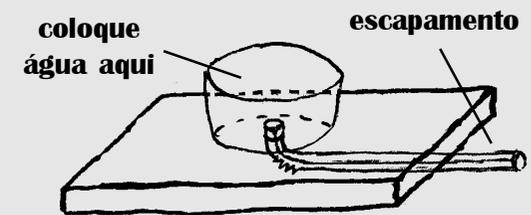
O que você faria para obter uma velocidade maior com esse barquinho?

Jatos

O jato é o sistema de propulsão mais poderoso, mas seu princípio é simples: expulsar ar, gases ou água a alta velocidade. Nosso barquinho expulsará água devido a força da gravidade, por isso sua velocidade não será muito alta. De qualquer forma, acredite: ele funciona!



A vasilha pode ser a parte de baixo de um copo plástico. Fure seu fundo e coloque o canudo, formando um "escapamento". Ponha água na vasilha para o barquinho se mover.



A velocidade do barquinho é maior no início ou no fim do trajeto? Por quê?

Você acha que o formato da vasilha influi no desempenho do barquinho? Explique.

O que você faria para obter uma velocidade maior com esse barquinho?

4

A conservação dos movimentos

Pode parecer estranho, mas é verdade: todo, absolutamente todo o movimento do universo se conserva.

Maurício de Souza.
Essa historinha é um resumo. O original completo encontra-se na revista *Cascão* nº 98.



Nessa história todos os meninos ganham ou perdem figurinhas. Mas há algo que se conserva. O que é?

4 A conservação dos movimentos

Bem, agora que você já leu a historinha, suponha que antes de perder para o Tonhão o garotinho tivesse 40 figurinhas. Imagine que o próprio Tonhão tivesse 50 figurinhas e o Cascão, 30. Então, antes de começar a historinha, teríamos a seguinte situação:

	Garotinho	Tonhão	Cascão	Total
Antes	40	50	30	120
Garotinho perde	0	90	30	120
Cascão ganha	0	0	120	120
Cascão devolve	40	0	80	120
Garotinho ganha	120	0	0	120

Você deve ter percebido que a quantidade total de figurinhas se conserva, já que nenhuma delas foi destruída ou perdida, como no último quadrinho da história.

O grande chute!

Vejamos então como a idéia de conservação pode ser aplicada a uma situação de transferência de movimento...



Jim Davis.
Folha de S.Paulo.

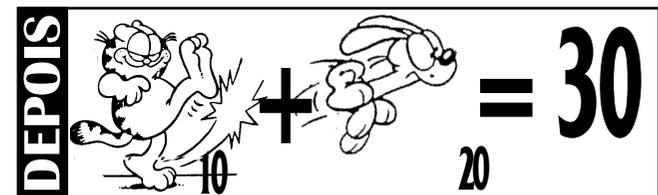
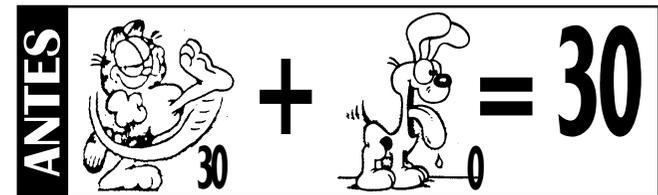
O cãozinho inicia seu movimento ao ser atingido pelo pé do Garfield. Assim, uma parte do movimento do pé é transferida ao cachorro. Como exemplo, imagine que a quantidade de movimento do pé do gato seja igual a 30. Como o cachorro ainda está parado, sua quantidade de movimento é igual a zero. Assim, a quantidade de movimento total antes do chute é trinta, pois $30 + 0 = 30$.

Mas se outra pessoa tivesse participado (quem sabe a Mônica ou o Cebolinha...) teríamos de levá-la em conta também, para que a conservação se verificasse. Todos que participam têm de ser incluídos, senão não funciona.

Mas como essa idéia de conservação pode se aplicar ao estudo dos movimentos? **René Descartes**, filósofo do século XVII, foi quem primeiro a empregou. Segundo ele, Deus teria criado no Universo uma quantidade certa de repouso e movimento que permaneceriam eternamente imutáveis. Embora a Física atual não utilize idéias religiosas, a noção de conservação dos movimentos presente na concepção de Descartes ainda permanece válida.

Ou seja, se um corpo perde seu movimento, um outro corpo deve receber esse movimento, de modo que a quantidade de movimento total se mantém sempre a mesma.

Durante o chute, uma parte da quantidade de movimento do pé do Garfield é transferida para o corpo do cachorro. Acompanhe o esquema:



Dessa forma, a quantidade de movimento **total** se conserva, embora variem as quantidades de movimento do pé do Garfield e do cachorro.

Você acaba de conhecer uma das leis mais importantes de toda a Física: a lei da conservação da quantidade de movimento. Uma lei da Física é uma regra que, acreditamos, as coisas sempre obedecem. A lei que acabamos de apresentar pode ser escrita assim:

Lei da Conservação da Quantidade de Movimento:

“Em um sistema isolado a quantidade de movimento total se conserva”

"Sistema" significa um conjunto de coisas ou objetos. Portanto, um sistema isolado é um conjunto de objetos sem contato com outros. É como o exemplo do Cascão, do Tonhão e do menino: como só eles três participaram, podemos dizer que a quantidade total de figurinhas nesse conjunto se conserva. Se o Cebolinha também participasse, não poderíamos mais garantir que a soma de figurinhas Cascão + Tonhão + garotinho se conservasse: o sistema não está mais isolado. Isso poderia ser resolvido muito facilmente incluindo o Cebolinha no sistema.

Na Física, para definir sistema isolado, temos de incluir todos os objetos que estão em **interação** uns com os outros. Interação pode ser um chute, uma explosão, uma batida, um empurrão, um toque, ou seja, qualquer tipo de ação entre objetos.

Procure no dicionário as palavras “sistema” e “interação”. Use-as para impressionar.



Grandes desastres da história

Nesta coluna, você irá encontrar exercícios em forma de historinha. Leia atentamente e tente responder à pergunta, baseando-se no texto que acabou de ler.

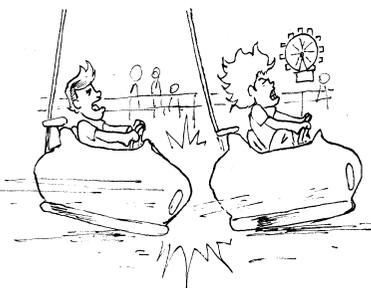
1975 O terrível acidente de Pierre e Sabine



Em 1975, o francês Pierre Carrefour, 23 anos, corria perigosamente com seu carrinho de supermercado vazio com uma quantidade de movimento de 500 unidades. Ao distrair-se, olhando para Sabine Bon Marché, 19 anos, largou seu carrinho, que atingiu dois outros carrinhos vazios enfileirados logo adiante. Com o choque, o carrinho da frente ficou com 410 unidades de quantidade de movimento, enquanto o carrinho do meio adquiriu 60 unidades.

O que aconteceu ao carrinho lançado por Pierre? Explique.

1977 A fantástica batida no parque



John Play Center dirigia seu carrinho elétrico em um parque de diversões em Massachusetts, numa tarde morna de 1977, com uma quantidade de movimento de 3000 unidades. De repente, Camila Park entra em sua frente em seu veículo com 1000 unidades de quantidade de movimento, movendo-se no mesmo sentido. O carro de Play Center chocou-se em cheio atrás do carro de Park, que ficou com 2500 unidades de quantidade de movimento.

O que aconteceu ao carrinho de Play Center: parou, voltou ou continuou em frente? Explique.

Robô



Folha de S.Paulo, 1993

A tirinha acima mostra algo que estivemos discutindo. O menino da história evidentemente não leu as duas páginas anteriores deste nosso texto. Mas você leu, a menos que esteja folheando o livro só para ler as tirinhas. De qualquer forma, temos duas tarefas para você:

- Tente explicar o funcionamento do brinquedo pelo “princípio científico” que acabamos de apresentar.
- Usando duas régua como “trilho”, lance uma bolinha de gude sobre uma fileira de bolinhas iguais paradas. Veja o que acontece. Depois, tente lançar duas, três ou mais bolinhas. O que você vê e como explica?

Garfield



Garfield na Maior, 1985

Quando o taco atinge a bolinha, temos um transferência de movimento, mas o taco ainda permanece com uma razoável quantidade de movimento. Tente fazer um esquema semelhante ao que fizemos no texto, na outra tirinha do Garfield, “chutando” valores para as quantidades de movimento da bola e do taco e indicando a quantidade de movimento total antes da tacada e após.

As leis da Física

...

Quando falamos em leis, parece que sempre lembramos das leis jurídicas, como as leis do trânsito ou a legislação trabalhista. Mas as leis formuladas pelas ciências, mais conhecidas como “leis da natureza”, são algo bem diferente. Nas figuras abaixo temos duas “regras” ou “leis” ilustradas. Qual delas é do tipo “jurídico”? Qual delas seria uma “lei da natureza”?



Se você já descobriu, tente fazer uma listinha das principais diferenças que você percebe entre esses dois tipos de lei.

5

Trombadas

Trombadas são as melhores, mais caras e mais perigosas situações para estudar conservação dos movimentos.

produzindo trombadas em casa

o que vamos fazer

Usando duas miniaturas de carros você pode simular situações que ilustram a conservação da quantidade de movimento. Com isso, poderá entender também como se dá essa conservação em casos nos quais os corpos estão em movimento em sentidos contrários.

Procure dois carrinhos iguais ou bem parecidos em tamanho, forma e peso e que possuam rodas bem livres. Arranje uma "pista" para o seu "racha", que pode ser uma mesa bem lisa e horizontal.

material necessário



duas miniaturas de automóveis de metal iguais



alguém para ajudar



mãos firmes

batidas, batidas, batidas!

1



Faça um carrinho bater no outro, parado logo à sua frente.

- O que acontece ao carrinho da frente?
- O que acontece ao carrinho de trás?
- A velocidade do carrinho da frente é igual à que o outro tinha antes de bater nele?

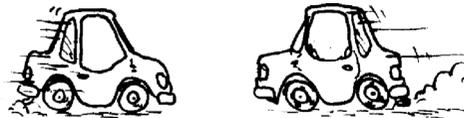
2



Faça-os bater de frente, ambos com a mesma velocidade.

- O que acontece a cada carrinho após a batida?
- A velocidade dos dois carrinhos é igual após a colisão?

3

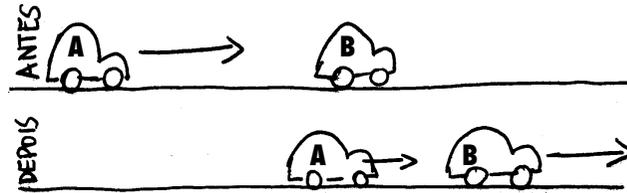


Faça-os bater de frente, um deles com velocidade bem superior.

- O que acontece ao carrinho mais veloz após bater?
- E com o carrinho mais lento, o que acontece?

Batida Traseira

Você deve ter notado que, quando tudo corre bem, o carrinho de trás perde algum movimento, e o da frente ganha movimento. Algo assim:



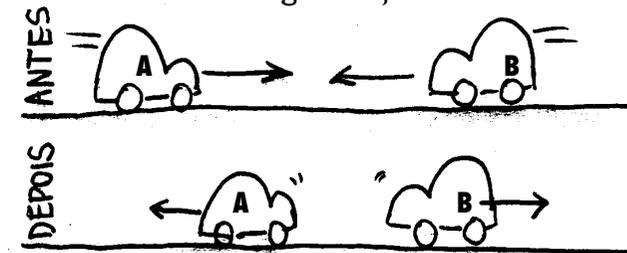
Este exemplo é idêntico aos que vimos antes, como o chute do Garfield. Suponha que a quantidade de movimento inicial do carrinho de trás fosse igual a 100. Se após a batida o carrinho de trás ficasse com quantidade de movimento igual a 40, quanto seria a quantidade do carrinho da frente? Observe a "conta" no quadro-negro:

	CARRO A		CARRO B	TOTAL
ANTES	100	+	0	= 100
DEPOIS	40	+	x	= 100

Se $40 + x = 100$, é lógico que $x=60$. Ou não?

Batida Frontal nº 1

Não é fácil, mas quando eles batem bem de frente e à mesma velocidade, tendem a voltar para trás, com velocidades menores e iguais. Veja:



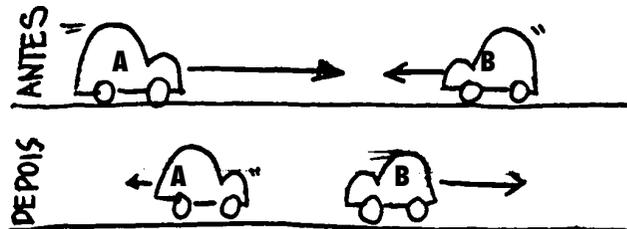
Se ambos avançam com 100, o total é 200, certo? E se cada um volta com 60, o total é 120, certo? Então, não há conservação, certo? ERRADO! Aqui estamos com movimentos opostos, que são representados por números opostos. Isso mesmo, negativo e positivo! Veja na lousa como a conservação acontece:

	CARRO A		CARRO B	TOTAL
ANTES	100	+	-100	= 0
DEPOIS	-60	+	60	= 0

Números e movimentos opostos se anulam!

Batida Frontal nº 2

Se você conseguiu fazer essa batida direitinho, deve ter notado que carro que corria mais volta devagar (ou pára), e o carro que corria menos volta mais depressa.



Ih! Complicou... Imagine que o rapidinho vem com uma quantidade de movimento igual a 100 e que o lento vem com -30 (é negativo!). O total é 70! Se o carro A voltar com quantidade de movimento igual a -10 (negativo, para a esquerda), como ficará o outro? Vejamos...

	CARRO A		CARRO B	TOTAL
ANTES	100	+	-30	= 70
DEPOIS	-10	+	x	= 70

Se $-10 + x = 70$, então $x=70+10$, ou seja, $x=80$. Ufa!

Por que negativo?

Nas trombadas frontais, algo estranho acontece. Como explicar, por exemplo, que dois carrinhos com quantidades de movimento iguais a 100, ao bater e parar, conservam essa quantidade de movimento? No início, a quantidade de movimento total seria $100 + 100 = 200$ unidades, e no fim ela seria zero. Não parece haver conservação...

Mas não é bem assim. Diferentemente da batida traseira, neste caso o movimento de um carro anula o do outro, porque estão em sentidos opostos.

E quando uma coisa anula outra, isso significa que uma delas é negativa, e a outra, positiva. É o que acontece quando você recebe o seu salário mas já está cheio de dívidas... As dívidas (negativas, muito negativas!) "anulam" seu salário (positivo, mesmo que não pareça...).

Os sinais positivo e negativo existem para representar quantidades opostas, e é isso que fazemos com os movimentos. Você só precisa escolher um sentido de movimento para ser positivo. O outro é negativo...

Essa escolha, porém, é arbitrária, quer dizer, não existe uma regra fixa, ou motivo, para escolher o que é positivo que não seja a nossa conveniência. Você pode dizer que um movimento no sentido Belém-Brasília é positivo e que o inverso é negativo. Mas pode escolher como positivo o sentido Brasília-Belém. Escolha o mais fácil, mas não se confunda depois, e deixe claro para os outros a escolha que você fez!

Nesse texto, a princípio, faremos sempre positivo o movimento para a direita, e negativo o movimento para a esquerda. É um costume geralmente utilizado em textos de Física e Matemática!

Sabendo de tudo isso, você pode agora se divertir com mais alguns "Grandes desastres da história"...

Grandes desastres da história II

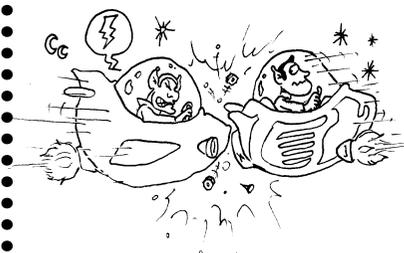
1992 Os inacreditáveis irmãos suicidas



Dois irmãos gêmeos, Jefferson Roller, 6 anos, e Tobias Pateen, 8 anos, patinavam em uma pista de gelo, no Marrocos, no verão de 1992. Estavam um atrás do outro com quantidades de movimento iguais de 100 unidades cada um quando, em uma atitude impensada, o menino de trás resolveu empurrar o da frente, que passou a se mover com 220 unidades.

Que aconteceu ao menino de trás?

2241 Acidente na frota estelar

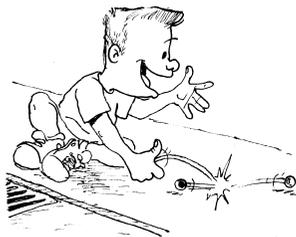


Na inauguração de mais um modelo da U.S.S. Enterprise, o andróide que ajudava as naves a manobrar estava gripado e faltou ao serviço, causando grave incidente. Uma nave que estava dando ré com uma quantidade de movimento de 250 Megaunidades foi atingida por outra que vinha em sentido oposto com 500 Megaunidades. A nave que estava indo para trás passou a ir para a frente com 300 Megaunidades de quantidade de movimento.

O que aconteceu à outra nave?

Qual foi o comentário do sr. Spock?*

1945 O espetacular desastre esférico



No verão de 1945, em Milão, Giovanni Bolina Digudi, 6 anos, deixou escapar sua veloz bolinha de gude com uma quantidade de movimento de 8 unidades. A pequena esfera atingiu uma outra posicionada cuidadosamente sobre um círculo desenhado na calçada de uma pizzeria. A esfera de Giovanni voltou para trás com uma quantidade de movimento de 4 unidades após o choque.

Qual foi a quantidade de movimento adquirida pela outra bolinha?

*Resposta na próxima página

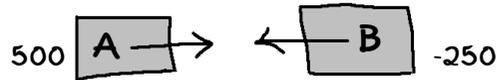
como resolver problemas de Física

Suponha que você tem um problema, por exemplo o "Acidente na frota estelar", da página anterior.

1ª ETAPA: LER O PROBLEMA: É preciso *saber ler*, quer dizer, ser capaz de imaginar a cena que o enunciado descreve. Nem sempre entendemos tudo o que está escrito, mas podemos estar atentos aos detalhes para "visualizar" corretamente o que se está dizendo. Leia o problema "Acidente na frota estelar" e tente imaginar a cena. Qual é a "outra" nave a que a pergunta se refere? O que você imagina que poderia acontecer a ela após a batida?

2ª ETAPA: FAZER UM ESQUEMA: Fazer um esquema ou desenho simples da situação ajuda a visualizá-la e a resolvê-la. Procure indicar em seus esquemas informações básicas como o sentido e os valores envolvidos. Note que a expressão "dar ré" indica o **sentido do movimento** do objeto em questão. No exemplo, se uma nave vai no sentido positivo, a outra estará no sentido negativo. Indique isso em seu esquema.

Esquema da batida (antes):



Esquema da batida (depois):



3ª ETAPA: MONTE AS EQUAÇÕES E FAÇA AS CONTAS: Uma equação só faz sentido se você sabe o que ela significa. Sabemos que é possível resolver a nossa questão porque há a conservação da quantidade de movimento total de um sistema. Quer dizer, a soma das quantidades de movimento antes e depois do choque deverá ter o mesmo valor. Com isso, você consegue montar as contas.

	A	B	Total
ANTES	500	-250	250
DEPOIS	x	300	250

$$x + 300 = 250$$

$$x = 250 - 300$$

$$x = -50$$

4ª ETAPA: INTERPRETE OS VALORES. (A ETAPA MAIS IMPORTANTE!) Muito bem, você achou um número! Mas ainda não resolveu o problema. Não queremos saber somente o número, mas também o que aconteceu. O número deve nos dizer isso. Olhando para ele você deve ser capaz de chegar a alguma conclusão. A nave parou? Continuou? Mas atenção: **DESCONFIE DOS NÚMEROS!!!** Existe uma coisa que se chama *erro nas contas*, que pode nos levar a resultados errados. Pense bem no que o número está lhe dizendo e avalie se é uma coisa razoável. Se achar que há um erro, confira suas contas e o seu raciocínio. Se o número insistir em lhe dizer coisas absurdas, considere a possibilidade de aquilo que você esperava não ser realmente o que acontece na prática. Procure, portanto, não responder o problema apenas com números, mas com algo como:

Resp.: A outra nave voltou para trás bem mais vagarosamente, pois sua quantidade de movimento é negativa e de pequeno valor.

Comentário de Spock:

Tradução do idioma vulcano não disponível.

DESAFIO

O professor pescador



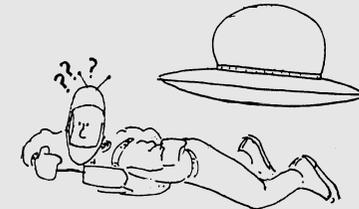
Um professor de Física em férias decide pescar na tranqüila lagoa do sítio de um conhecido. Porém, ao encostar o barco no cais para sair, percebe um problema. Quando ele anda para a frente o barco se move para trás, afastando-se da plataforma e dificultando a saída.

Como bom professor de Física e pescador de carteirinha, ele logo resolveu o problema.

E você, o que faria?

resposta em um desafio posterior

Salve o astronauta



Um astronauta foi abandonado em pleno espaço a uma distância de duzentos metros de sua espaçonave e procura desesperadamente um método que o faça retornar.

O que você sugere?

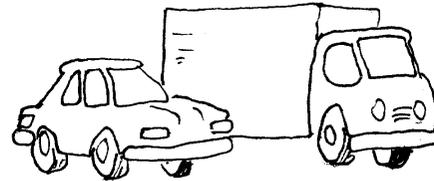
resposta em um desafio posterior

6

Trombadas ainda piores!

Quando as trombadas são entre carros de tamanhos muito diferentes, surgem novos efeitos muito interessantes.

produzindo MAIS trombadas em casa



O que vamos fazer desta vez?

Para você que não se satisfaz com batidinhas suaves, estamos propondo algo um pouco mais pesado. Que tal uma boa e velha batida ao estilo "fusquinha contra jamanta"? Você precisa apenas arranjar dois carrinhos, sendo um sensivelmente mais pesado do que o outro. Siga as instruções como se fosse uma receita médica!

1

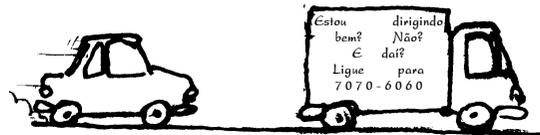


Sai da freeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeente!!!!

Atropele o carrinho estacionado com a sua querida jamanta de dois eixos.

Conte para a sua tia como foi essa espetacular experiência. Diga o que ocorreu ao carrinho!

2



Passa por cima!

Lance um pequeno veículo automotor para bater na traseira de sua jamanta em miniatura parada.

Não esqueça de nos contar o que aconteceu com cada um deles!

3



Eu não tenho medo...

Agora bata o carrinho e o caminhão de frente. Teste diversas velocidades para cada um deles.

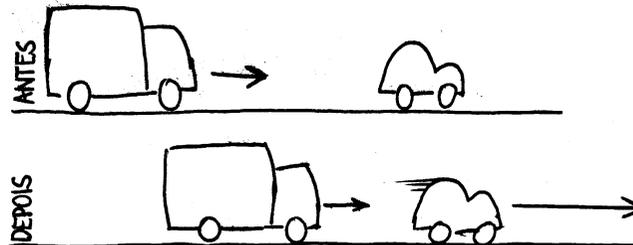
Para todas as colisões, relate minuciosamente ao seu superior o ocorrido com os veículos.

Você já se “massou” hoje?

Na Física empregamos a palavra **massa** para designar o que normalmente se chama de peso. A massa pode ser medida em gramas, quilogramas, toneladas e assim por diante. A palavra **peso** em Física é empregada em outras circunstâncias que estaremos discutindo mais adiante.

Batida “sai da frente”

Em geral, nesta trombada o carrinho sai a uma velocidade superior à que o caminhãozinho que bate possuía antes. E o caminhãozinho parece perder pouco movimento.



Baseado nisso alguém poderia propor os seguintes valores:

	JAMANTA	CARRO
ANTES	20 km/h	0 km/h
DEPOIS	10 km/h	25 km/h

Uai!? Cadê a conservação?

Como se explica isso?

Como você deve ter percebido, se simplesmente somarmos as velocidades dos veículos antes e depois, não obtemos nenhuma conservação. Isso porque não levamos em conta que um carrinho possui mais massa do que o outro.

Quando falamos em quantidade de movimento, estamos falando de “quanto movimento há”. Em um caminhão, há mais movimento do que em um carro com a mesma velocidade, simplesmente porque há mais matéria em movimento. Por isso, a quantidade de movimento é massa multiplicada pela velocidade.

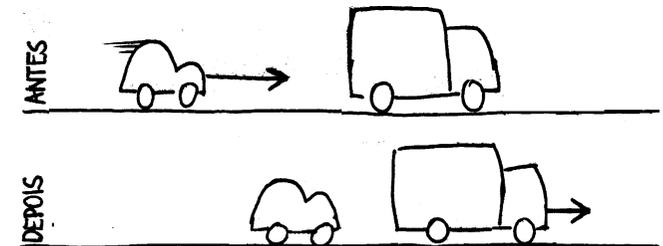
$$q = m \cdot v$$

Esperem aí! Antes de sair somando os valores, lembre-se: nesta batida os carrinhos não são iguais! Isso não influi em nada?

Claro que influi! O caminhãozinho tem uma **massa** maior. Suponha por exemplo 20 gramas para o carro e 50 para o caminhão. O caminhão equivale a mais de dois carrinhos!

	JAMANTA	CARRO
ANTES:	20 km/h x 50 g ----- 1000 g.km/h	0 km/h x 20 g ----- 0 g.km/h =
DEPOIS:	10 km/h x 50 g ----- 500 g.km/h	25 km/h x 20 g ----- 500 g.km/h =
	1000 g.km/h	1000 g.km/h

Se você fez a segunda batida, pode ter visto o carrinho parar e o caminhão ir para a frente bem devagarinho...



Usando os valores de massa do exemplo acima tente mostrar, numericamente, como a conservação da quantidade de movimento explica o fato de o caminhão sair devagarinho. Use o modelo da batida anterior.

Batida “eu não tenho medo”

Pensemos agora na batida frontal entre o carrinho e o caminhão. O que pode acontecer? Você deve ter visto que em geral o caminhão “manda” o carrinho de volta e ainda permanece em movimento. Poderia ser algo assim, por exemplo:

	JAMANTA	CARRO	
ANTES:	20 km/h	-20 km/h	
	x 50 g	x 20 g	
	1000 g.km/h	-400 g.km/h	= 600 g.km/h
DEPOIS:	8 km/h	10 km/h	
	x 50 g	x 20 g	
	400 g.km/h	200 g.km/h	= 600 g.km/h

Observe que o carrinho volta com 10 km/h e o caminhão continua em frente, com 8 km/h. Antes da batida a quantidade de movimento total era de 600 g.km/h, e assim permanece após a batida. Ou seja, mesmo estando à mesma velocidade que o carrinho, o caminhão tem mais quantidade de movimento do que ele.

Se você lançasse o carrinho com velocidade suficiente, ele poderia fazer o caminhão recuar? Tente fazer isso com os carrinhos. Quando conseguir, chute valores e faça as contas, como no exemplo acima.

O carro destruidor

Um caminhão de tamanho normal possui uma massa de 20 toneladas e trafega a 60 km/h em uma estrada de rodagem. Você, certamente, nunca deve ter visto um carro que empurrasse um caminhão, ao se chocar frontalmente contra ele. Isso porque sua velocidade teria de ser muito alta.

Você consegue estimar a velocidade que um carro precisaria ter para empurrar um caminhão?

Grandes desastres da história III

1799 O perigo sobre oito rodas



Em 29 de fevereiro de 1799, o professor de Física austríaco Frank Einstein fez uma macabra experiência em aula. Forçou a aluna Spat Fhada, de patins, a lançar para a frente um cão morto de 10 kg. Tudo isso sobre a mesa do professor, para que todos pudessem observar e anotar os dados. Em vida, a vítima... quer dizer, a aluna, declarava possuir uma massa igual a 50 kg e conseguiu lançar o animal com uma velocidade de 80 cm/s.

Faça os cálculos e diga o que ocorreu com Spat em todos os seus detalhes...

1909 Colisão fatal



Numa alameda em Paris, o conde Amassadini dirigia a 6 km/h seu veloz automóvel Alfa Morreo 1906 de massa igual a 1,2 t. No sentido contrário, sir Hard Arm colide de frente com seu Fort XT 1909, de 800 kg. Testemunhas relatam a parada imediata dos veículos ao colidirem, mas até hoje a justiça não sabe se sir Hard Arm conduzia seu veículo acima dos 10 km/h permitidos por lei.

Resolva de uma vez por todas essa antiga pendência judicial!

2209 Amor na explosão do planeta Analfa-β



Logo após a terrível explosão do planeta Analfa-β, um casal de andróides apaixonados, BXA-24, de 35 kg, e YAG-UI, de 84 kg, avistam-se em pleno espaço, quando imaginavam que jamais veriam seu amor novamente. Usando seus jatos individuais, deslocam-se velozmente um em direção ao outro, para se abraçarem. Ao fazerem contato, permanecem unidos e parados.

Dê valores possíveis para as velocidades de ambos os andróides antes da colisão, de acordo com a conservação da quantidade de movimento.

unidades de medida

CAIU! no Vestibular

Vagão Estadual de Londrina

Um vagão de 6,0 t de massa, movendo-se com velocidade escalar de 10 m/s, choca-se com outro vagão de massa igual a 4,0 t em repouso. Após o choque os vagões se engatam e passam a se mover com velocidade escalar, em m/s:

- a) 10,0 b) 8,0 c) 6,0 d) 5,0 e) 4,0

Abalroado Fuvest

Um carro de 800 kg, parado num sinal vermelho, é abalroado por trás por outro carro, de 1200 kg, com uma velocidade de 72 km/h. Imediatamente após o choque os dois carros se movem juntos. Calcule a velocidade do conjunto logo após a colisão.

Na Física e na vida é sempre necessário se preocupar com as unidades em que as quantidades são medidas. Massas podem ser medidas em gramas, quilogramas e toneladas. Tempo, em segundos, horas, séculos e outras. E distâncias e tamanhos são medidos em muitas unidades, das quais as mais usadas no Brasil são o milímetro, o centímetro, o metro e o quilômetro.

Quando fazemos cálculos, as unidades se misturam. Velocidades, por exemplo, misturam distâncias e tempos: **quilômetros** por **hora** ou **metros** por **segundo**. A quantidade de movimento mistura três unidades: a de massa, a de distância e a de tempo.

Em outros países, unidades “estranhas” como milhas, pés e polegadas são usadas para medir distâncias. Também são usadas outras unidades para a medida de massas e outras quantidades importantes do dia-a-dia. Internacionalmente, ficou definido que as unidades METRO, SEGUNDO e QUILOGRAMA seriam usadas como padrão. Elas são chamadas unidades do Sistema Internacional, ou unidades do SI. Veja a seguir um exemplo de unidades de medida diferentes e seu valor em unidades do SI.

COMPRIMENTO		MASSA		TEMPO	
milímetro (mm)	0,001 m	miligrama (mg)	0,000001 kg	minuto (min)	60 s
centímetro (cm)	0,01 m	grama (g)	0,001 kg	hora (h)	3.600 s
polegada (pol)	0,0254 m	libra (lb)	0,4536 kg	dia (d)	86.400 s
quilômetro (km)	1.000 m	tonelada (t)	1.000 kg	ano (a)	31.556.926 s

Mudando de unidades

Às vezes é necessário *mudar de unidades*. De gramas para quilogramas, de quilômetros para metros e assim por diante. Isso é fundamental para compararmos coisas que estão medidas em diferentes unidades. Na Física uma das coisas importantes é saber passar de **km/h** para **m/s** e de **m/s** para **km/h**. Tente responder:

Qual carro está correndo mais: um que está a 25 m/s ou outro que corre a 60 km/h?

Fazendo as contas.

Sabemos que:

$$1 \text{ km} = 1.000 \text{ metros}$$

$$1 \text{ h} = 3.600 \text{ segundos}$$

Então:

$$60 \text{ km} = 60.000 \text{ metros}$$

$$60 \text{ km/h} = 60.000 \div 3.600 \text{ m/s}$$

Calculando, temos: 16,7 m/s, ou seja, o segundo carro corre menos.

Velocímetros

Nos Estados Unidos os velocímetros dos automóveis são indicados em milhas por hora (mph) - uma milha vale 1609 m. Também seria possível fazer um velocímetro em metros por segundo. Você consegue imaginar esses dois velocímetros para um carro com velocidade máxima equivalente a 200 km/h? Lembre que o velocímetro deve indicar somente valores “redondos”, de 10 em 10, de 20 em 20 etc.

Desenhe velocímetros mph em m/s

7

Como empurrar um planeta

Você já empurrou seu planeta hoje? Empurre agora mesmo indo à padaria comprar pãezinhos.

Faça suas apostas!

No quadro ao lado mostramos várias colisões do Primeiro Campeonato Mundial de Colisões.

Tente descobrir quem irá ganhar em cada disputa, calculando sua quantidade de movimento.

COLISÕES QUE GOSTARÍAMOS DE VER

MOSCA

100 mg
12 m/s



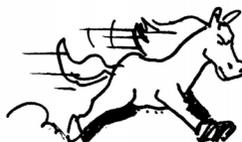
BOLA DE PINGUE-PONGUE

2 g
6 m/s



CAVALO

150 kg
40 km/h



MOTO CORRENDO

100 kg
100 km/h



ASTERÓIDE

100.000.000 t
120.000 m/s



PLANETA TERRA

6.000.000.000.000.000.000.000 t
106.000 km/h

BALEIA-AZUL

200 t
20 km/h



SUPERPETROLEIRO

500.000 t
10 km/h

BOLA DE BOLICHE

4 kg
6 m/s



BOLA DE FUTEBOL

450 g
100 km/h

DINOSSAURO

20 t
4 m/s



ELEFANTE

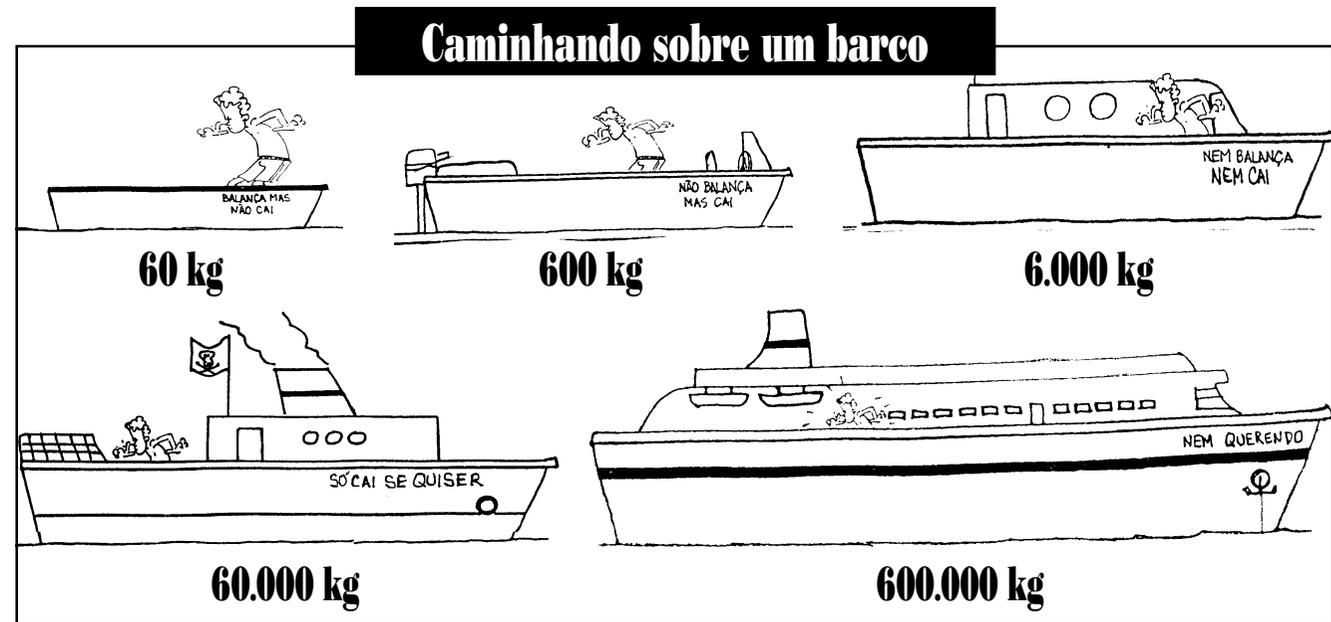
15 t
6 m/s

O Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento é uma lei da Física que se aplica **sem exceção** a todos os movimentos do Universo. Mas existem situações que parecem desobedecê-lo. Parecem...

Sabemos que quando caminhamos sobre um pequeno barco ele se desloca no sentido contrário e que qualquer movimento dos ocupantes balança a embarcação. É por isso que muitos pescadores voltam das pescarias com as

mãos abanando dizendo que “o barco virou”. Mas, quando andamos sobre um navio, ele não parece se deslocar para trás nem sofrer qualquer influência do nosso movimento. Como podemos explicar isso?

Para entender melhor esse problema, podemos imaginar exemplos concretos: suponha que você tenha **60 kg** e que caminhe sobre barcos de diversas massas diferentes. Veja o esquema:



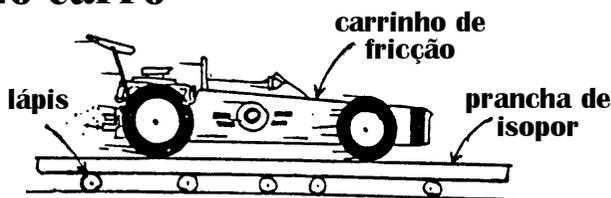
O que você acha que aconteceria durante uma caminhada em cada um desses barcos? Você acha que em todos os casos ele recua? Por quê?

Esses exemplos nos mostram uma coisa que nem sempre é percebida: quando andamos realmente empurramos o chão para trás. Quando o chão é “leve”, desloca-se para trás visivelmente. É o que acontece em um pequeno bote. Se o “chão” tem uma massa muito superior a quem anda, o efeito se torna muito pequeno, podendo até se tornar totalmente imperceptível.

É o que verificamos no caso de um navio de 600 toneladas.

formas práticas de empurrar a Terra

No carro



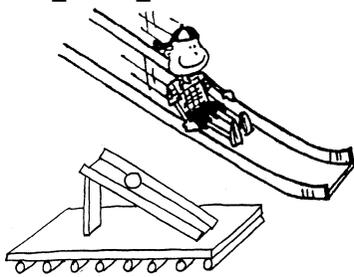
Faça uma montagem como a da figura ao lado. Para isso coloque uma prancha de isopor sobre vários lápis enfileirados, dê a fricção em um carrinho e coloque-o sobre a prancha. Será que o “chão” vai para trás? O que você acha?

Tente também:

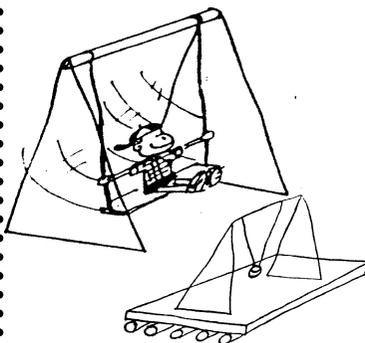
1 Fazer a mesma experiência com pranchas de outros tamanhos, observe o que acontece de diferente e tente explicar. Uma maquete de rua sobre a prancha é uma idéia para feiras de ciências ou simples diversão.

2 Arranje dois carrinhos e una-os por um barbante de 20 cm, de forma que o da frente possa rebocar o de trás. Coloque o de trás sobre o isopor e o outro na mesa, mais à frente, e fricção só o da frente. Use o da frente para rebocar o outro. A prancha recua? Por quê?

No parquinho



Quando você desce por um escorregador, parece que está surgindo um movimento “do nada”. Mas você desce e vai para a frente, e “algo” tem de se mover em sentido oposto. Você poderá perceber que o chão recebe um impulso em uma “escorregada” montando uma maquete de escorregador com cartolina sobre uma pequena prancha de isopor colocada sobre alguns lápis. Solte uma bolinha do alto da rampa de cartolina e veja o que acontece.



Em um balanço, a criança vai para um lado e para o outro e também nada parece ir no sentido contrário. A verdade é que o movimento no balanço provoca também impulsos no chão exatamente no sentido oposto ao movimento da criança sobre o balanço. Arranje um arame, barbante, fita adesiva e uma bolinha de gude e monte um balanço sobre uma pequena prancha de isopor. Coloque vários lápis sob a prancha. Segure sua balança enquanto ergue a bolinha e solte tudo ao mesmo tempo. Enquanto a bolinha vai e vem o que ocorre ao resto?

Quem “pesou” a Terra?

A Terra tem massa, muita massa. Como conseguiram determinar o valor dessa massa? Isso tem a ver com a **gravidade** da Terra. A Terra puxa os objetos para baixo com uma determinada força, e quem já levou um tombo sabe dizer que é uma força e tanto.

Pois bem, outros planetas também puxam os objetos para baixo, mas com forças diferentes, dependendo do seu tamanho e da sua massa.

Se você sabe o tamanho de um planeta ou outro astro e a força com que ele puxa os objetos, você consegue encontrar sua massa. A Lua, por exemplo, é menor e atrai os objetos com uma força 6 vezes menor que a Terra, e sua massa é também muito menor que a da Terra.

Foi o cientista inglês Isaac Newton que, no século XVIII, encontrou essa relação entre gravidade e massa. Essa relação, entretanto, dependia da medida de um certo valor chamado Constante de Gravitação Universal, que foi determinado em uma experiência idealizada por um outro físico inglês, Henry Cavendish, em 1798. Com o valor dessa Constante determinou-se a massa da Terra e de outros astros.

8

Coisas que giram

A partir desta leitura estaremos nos preocupando com os movimento de rotação.

Roda mundo, roda-gigante
Roda moinho, roda pião,
O tempo rodou num instante
Nas voltas do meu coração.

Chico Buarque
Roda Viva

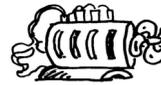
VELOCIDADES ANGULARES

1000 rad/s

Motor de carro
Fórmula 1
1900 rad/s



100 rad/s



motor
200 rad/s

furadeira
370 rad/s



10 rad/s

Roda de bicicleta
15 rad/s



1 rad/s



toca-discos
3,5 rad/s

0,1 rad/s

ponteiro dos segundos
0,1 rad/s



0,01 rad/s

ponteiro dos minutos
0,011 rad/s



0,001 rad/s

furacão
0,002 rad/s



0,0001 rad/s

ponteiro das horas
0,00091 rad/s



Terra
0,000073 rad/s



Quando fizemos o levantamento das coisas ligadas à Mecânica, vimos que grande parte dos movimentos são rotações. Elas aparecem no funcionamento de engrenagens, rodas ou discos presentes nas máquinas, motores, veículos e muitos tipos de brinquedo.

A partir desta leitura estaremos analisando esses movimentos. Muito do que discutimos nas leituras anteriores, para os movimentos de translação, irá valer igualmente aqui, nos movimentos de rotação.

Para iniciar esse estudo seria interessante tentarmos

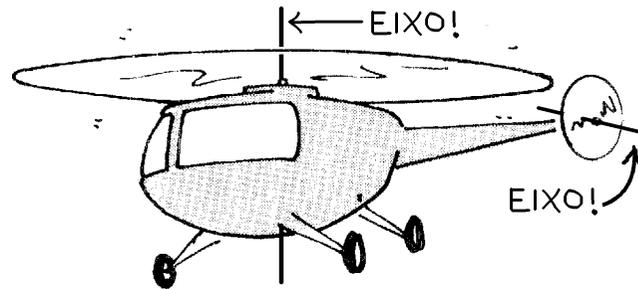
estabelecer as principais diferenças que observamos entre esses dois tipos de movimento.



Mencione as principais diferenças que você é capaz de observar entre os movimentos de translação e os movimentos de rotação.

Entrando nos eixos

Se você observar com mais atenção cada caso, perceberá que nas rotações os objetos sempre giram em torno de "alguma coisa". A hélice do helicóptero, por exemplo, gira presa a uma haste metálica que sai do motor. No centro da haste, podemos imaginar uma linha reta que constitui o eixo em torno do qual tanto a haste como as hélices giram.



Cada hélice gira em torno de um eixo

Da mesma forma, podemos considerar que a pequena hélice lateral, localizada na cauda do helicóptero, também efetua uma rotação em torno de um eixo. Esse eixo, porém, se encontra na direção horizontal. Assim, cada parte do helicóptero que efetua uma rotação determina um eixo em torno do qual essa rotação se dá.

No exemplo do helicóptero, as hélices estão presas a uma haste metálica, que normalmente chamamos de eixo. Mas o eixo de rotação pode ser imaginado mesmo quando não há um eixo material como esse.

No caso de uma bailarina rodopiando ou da Terra, em seu movimento de rotação, não existe nenhum eixo "real", mas podemos imaginar um eixo em torno do qual os objetos giram. Isso mostra que em todo movimento de rotação sempre é possível identificar um eixo, mesmo que imaginário, em torno do qual o objeto gira.



Em alguns objetos, como uma bicicleta, por exemplo, temos várias partes em rotação simultânea, portanto podemos imaginar diversos eixos de rotação.

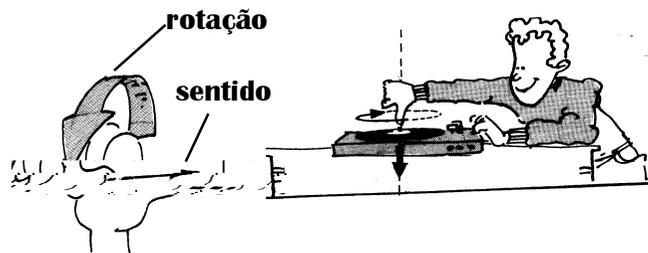
O sentido das rotações

Quando você quer dizer para alguém para que lado uma coisa está girando, o que você faz? Em geral as pessoas dizem algo como: **gire para a esquerda**. Os mais sofisticados dizem **gire a manivela no sentido horário**. Porém, tanto um jeito quanto o outro trazem problemas.

Um ventilador no teto está girando para a direita ou para a esquerda? Imagine a situação e perceba que tudo depende de como a pessoa observa. Não é possível definir claramente.

E uma roda-gigante, gira no sentido horário ou anti-horário? Para quem a vê de um lado, é uma coisa, para quem vê do outro, é o contrário. Faça o teste: ponha uma bicicleta de ponta-cabeça e gire sua roda. Observe-a a partir dos dois lados da bicicleta. Também não dá para definir completamente.

Mas algum espertinho inventou um jeito de definir o sentido de qualquer rotação, usando uma regra conhecida como **regra da mão direita**. Seus quatro dedos, fora o polegar, devem apontar acompanhando a rotação. O polegar estará paralelo ao eixo e irá definir o sentido da rotação. Acompanhe o desenho abaixo:



Nesse caso, definimos o sentido da rotação do disco como sendo vertical para baixo. Qualquer pessoa que fizer isso chegará sempre ao mesmo resultado, independentemente de sua posição em relação à vitrola.

A velocidade nas rotações

E para expressar a rapidez com que uma coisa gira? Sabemos que uma hélice de ventilador gira mais rápido que uma roda-gigante, e que esta por sua vez gira mais rápido que o ponteiro dos minutos de um relógio.

A maneira mais simples é determinar quantas voltas completas um objeto dá em uma determinada unidade de tempo, que chamamos de **freqüência**. O ponteiro dos segundos de um relógio, por exemplo, efetua uma volta completa por minuto. Dessa forma, expressamos sua freqüência como **1rpm = 1 rotação por minuto**.

Essa é uma unidade de freqüência muito usada, principalmente para expressar a rapidez de giro de motores. Um toca-discos de vinil gira a 33 rpm, uma furadeira a 3000 rpm. Alguns automóveis possuem um indicador que mostra a freqüência do motor em rpm, indicando, por exemplo, o momento correto para a mudança de marcha.

Outra forma de determinar a rapidez de giro é pelo **ângulo** percorrido pelo objeto em uma unidade de tempo. Quando você abre uma porta completamente, ela descreve um ângulo de 90 graus. Se você leva dois segundos para fazê-lo, a velocidade angular da porta será de 45 graus por segundo.

Uma volta completa equivale a 360 graus, de forma que o ponteiro dos segundos de um relógio faz 360 graus por minuto. Sua velocidade angular em graus por segundo poderia ser determinada levando-se em conta que um minuto corresponde a 60 segundos, da seguinte forma:

$$\omega = \frac{360^\circ}{60s} = 6 \text{ graus por segundo}$$

Portanto a velocidade angular do ponteiro, indicada por ω , vale 6 graus por segundo. Ou seja, o ponteiro percorre um ângulo de 6 graus em cada segundo.

• RADIANOS •

Na Física, a unidade de ângulo mais usada é o radiano, que é a unidade oficial do Sistema Internacional.

Nessa unidade, MEIA VOLTA equivale a π radianos. Ou seja, uma volta são 2π radianos.

Para quem não sabe, o símbolo π (Pi) representa um número que vale aproximadamente 3,14

Um radiano por segundo equivale a aproximadamente 9,55 rotações por minuto (rpm).

Leia mais:

Sobre o π e os radianos na página a seguir.

DESAFIO

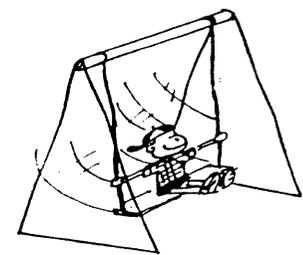
JOGO DOS 7 EIXOS



Sócrates é um ciclista feliz. Um dia, porém, durante um passeio em uma pista circular, percebe que sempre volta ao ponto de partida. Tal constatação inquieta sua mente com profundas questões existenciais: Quem sou? Para onde vou? Por que existo? Quantos eixos tem esta bicicleta? Já que não podemos resolver os problemas existenciais do nosso amigo, tente encontrar ao menos 7 eixos em sua bicicleta. Determine também o sentido das rotações.

Divirta-se

Histórias Felizes



Papai e mamãe no parquinho

Numa tocante cena dominical, uma família feliz desfruta os prazeres de um parquinho. Enquanto o pimpolho oscila satisfeito no balanço, papai e mamãe se entregam aos deleites de uma saudável brincadeira de sobe e desce na gangorra. Participe de toda essa felicidade: identifique as rotações e os respectivos eixos em cada um desses brinquedos. Determine também o sentido dos movimentos, pela regra da mão direita.

· π Pi & Radianos π ·

Alguns babilônios desocupados um dia descobriram que dividindo o valor do comprimento de um círculo (a sua volta) pelo seu diâmetro obtinha-se sempre o mesmo valor, algo próximo de 3,14. Hoje sabemos que esse número, conhecido como π (pi), é mais ou menos 3,141592635...

Séculos depois, algum pensador brilhante, certamente um físico, teve a feliz idéia de criar uma medida de ângulos baseada no pi, e assim relacionar ângulo com comprimento de uma maneira simples. Essa medida foi chamada de radiano.

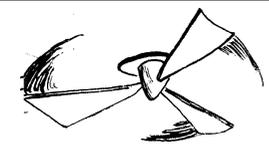
Nesse sistema, meia volta, ou seja, 180°, equivaleria a π radianos e o comprimento está ligado ao ângulo pela seguinte fórmula

$$\text{Comprimento} = \text{ângulo} \times \text{raio do círculo}$$

Você seria capaz de determinar o valor dos ângulos de 30°, 45°, 60° e 90° no sistema de radianos?

É FÁCIL DEIXAR SUA MÃE FELIZ

VENTILADORES EM 4 X FIXAS



Buteco's Master
Modelo executivo à prova d'água. Auto-reverso.

4x 40,00 rad/s Superextra Comum

A brisa natural em sua casa por um preço acessível.

Special Padarie

Garantia Padarie de 1 ano. Importado. Assistência técnica em todo o Brasil.



4x 52,00 rad/s



4x 47,00 rad/s

SUPERPROMOÇÃO DO DIA DAS MÃES

Para cada eixo existente no ventilador você recebe um superdesconto de 10%. Não perca tempo! Veja nossas ofertas e descubra qual ventilador está com maior desconto. E mais: um brinde especial para quem indicar o sentido da rotação pela regra da mão direita! E mais: descubra a frequência em rpm e ganhe um pinguim de geladeira!



O dono em 1º lugar

9

Os giros também

se conservam

Nas rotações também existe uma lei de conservação do movimento.

Os incríveis potinhos girantes

Agora nós vamos produzir movimentos de rotação em algumas montagens feitas com potinhos de filme fotográfico. Essas montagens simularão situações reais, como o movimento do liquidificador e do toca-discos, que estaremos discutindo. A idéia é tentar “enxergar” a conservação da quantidade de movimento também nas rotações.

material necessário



monte o equipamento

1ª ETAPA:

Una dois potinhos pelo fundo com fita adesiva.

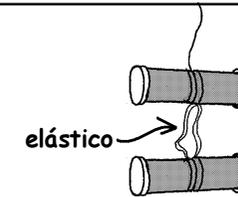
Prenda-os a um barbante.



2ª ETAPA:

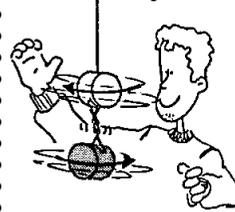
Monte outro conjunto igual.

Una ao primeiro com o elástico



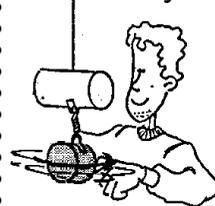
fazendo as coisas funcionar...

Rotações que se compensam



Torça bem o elástico, segurando os potinhos. Solte os potinhos de cima e de baixo ao mesmo tempo, deixando-os girar livremente.

Rotações que se transferem



Com o elástico desenrolado e os potinhos parados e livres, dê um giro repentino e suave apenas nos potinhos de baixo.

...e pensando sobre elas!

Para cada uma das duas experiências, tente responder às perguntas abaixo:

Logo no início dos movimentos, compare o movimento dos potinhos de cima com o dos potinhos de baixo, respondendo:

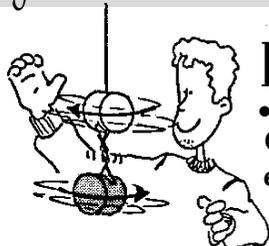
Eles têm a mesma velocidade?

Eles ocorrem ao mesmo tempo?

Eles são movimentos em um mesmo sentido?

Você consegue “enxergar” alguma conservação de quantidades de movimento nessas duas experiências?

Explique!



Rotações que se compensam

Como nessa experiência, em aparelhos elétricos, dois movimentos simultâneos e opostos tendem a surgir.

Quando um motor começa a girar, sua carcaça tende a girar no sentido contrário. Em geral não notamos isso, pois os aparelhos funcionam fixos a alguma coisa. Mas quando os manuseamos diretamente, como no caso de uma enceradeira ou de uma furadeira, assim que eles são ligados sentimos um “tranco”, que é devido justamente a essa tendência de giro da carcaça em sentido oposto.

Nossas mãos impedem o giro da furadeira e da enceradeira.



Mas isso não ocorre apenas em aparelhos elétricos. Na verdade, nenhum objeto pode iniciar um movimento de rotação “sozinho”. Máquinas, motores e muitas outras coisas que aparentemente começam a girar isoladamente, na realidade estão provocando um giro oposto em algum outro objeto.

Quando um automóvel sai em “disparada”, em geral observamos que sua traseira se rebaixa. Isso acontece porque o início de uma forte rotação das rodas tende a provocar o giro do resto do veículo no sentido oposto.

Porém isso só ocorre quando o veículo tem a tração nas rodas da frente. Carros de corrida e motocicletas, cujas rodas de tração se localizam na traseira, têm a tendência de “empinar”, levantando a sua dianteira quando iniciam seu movimento muito repentinamente.

Liquidificadores e conservação

Quando um liquidificador está desligado, a quantidade de movimento do sistema é nula, simplesmente porque não há nenhum movimento. Quando é ligado, seu motor começa a girar, e aí temos uma quantidade de movimento. Porém, diferentemente dos exemplos anteriores, o movimento agora é de rotação. Podemos dizer que há uma quantidade de movimento angular.

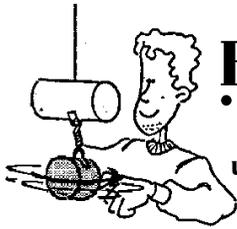
Se o liquidificador não tivesse “pés” de borracha e estivesse sobre uma superfície lisa, veríamos sua carcaça girar em sentido oposto ao do motor. A quantidade de movimento angular do motor é, portanto, “compensada” pela da carcaça, que tem sentido contrário. Por isso, podemos considerar que as quantidades de movimentos angulares do motor e da carcaça têm mesmo valor, mas com sinais opostos. O mesmo vale para outros sistemas, como por exemplo os potinhos da nossa experiência.

Vamos esquematizar este papo:

	ANTES	DEPOIS
MOTOR:	0 +	20 +
CARCAÇA:	0	-20
TOTAL:	0	0

Parece que nas rotações também há conservação

Quer dizer que para algo girar para um lado, outra coisa tem de girar ao contrário, da mesma forma que para algo ir para a frente tem de empurrar outra coisa para trás. Nos dois casos temos uma conservação de quantidades de movimento, de translação em um caso, e de rotação em outro.



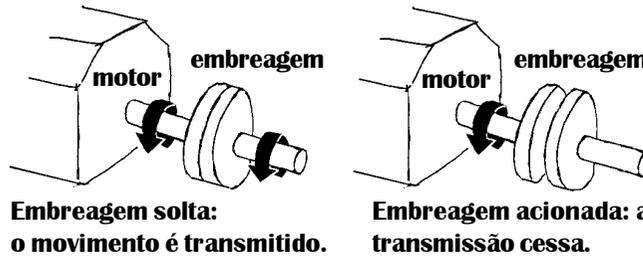
Rotações que se transferem

Essa experiência mostra mais uma forma de se iniciar uma rotação: a transferência de movimento.

Na maior parte das máquinas, temos uma transmissão contínua de rotação de um motor para outras peças por meio de várias engrenagens, polias e correias. Esse tipo de transmissão é mais complicado do que o exemplo da experiência, mas podemos identificar algumas situações em que a transmissão de rotações é razoavelmente simples.

Encontramos um exemplo nos automóveis, que se movem através da transmissão do movimento do motor para as rodas. Como o motor está sempre em movimento, é necessário um dispositivo que “desligue” o eixo das rodas no momento das mudanças de marcha. Esse dispositivo, conhecido como embreagem, é formado por dois discos: um ligado ao motor em movimento e outro ligado ao eixo que transmite o movimento às rodas.

Normalmente, esses discos estão unidos de modo que a rotação do motor seja transferida aos eixos. Quando pisamos no pedal da embreagem, esses discos são separados, interrompendo a transmissão de movimentos, enquanto se muda de marcha. Ao fim da mudança de marcha, o pedal é solto, os discos se unem e o movimento é novamente transmitido às rodas. Se mantivermos o pé no pedal da embreagem, o motor não estará acionando as rodas e o carro irá perder velocidade.



Uma conservação que não deixa ninguém sair do eixo!

Como você vê, a conservação está presente também nos movimentos de rotação, que podem surgir aos pares, ou ser transferidos de um corpo para outro. Portanto, da mesma forma que nas translações, os movimentos de rotação também possuem uma lei de conservação. Podemos chamar essa lei de Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento Angular:

Lei da Conservação da Quantidade de Movimento Angular:

“Em um sistema isolado a quantidade de movimento angular total se conserva”

Mas o que acontece quando um objeto em rotação não tem “para quem” perder seu movimento? É o caso de um planeta, por exemplo! Sua rotação só não se mantém para sempre porque na verdade ele interage um pouquinho com os outros corpos celestes, conforme você verá mais adiante.

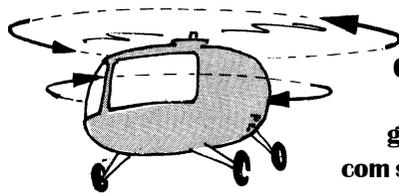
A tendência de um corpo que perde sua rotação devagar é manter sua velocidade e também a direção do eixo de rotação. É o que acontece com um pião, que tende a ficar em pé! E com a bicicleta, que devido à rotação de suas rodas se mantém em equilíbrio. A própria Terra mantém a inclinação de seu eixo quase inalterada durante milhões de anos, o que nos proporciona as estações do ano. Em todos esses casos, os movimentos só se alteram porque há interações com outros corpos, embora bastante pequenas.

Piões, bicicletas e o nosso planeta: não “saem do eixo” graças à conservação da quantidade de movimento angular!

Helicópteros

O primeiro projeto de um veículo semelhante a um helicóptero, uma “hélice voadora”, data da Renascença e foi elaborado pelo artista e cientista italiano Leonardo da Vinci (1452-1519). Entretanto, somente no início do século XX foi desenvolvida a tecnologia necessária para fazer um aparelho como esse realmente voar.

O helicóptero, da forma como o conhecemos hoje, só levantou voo em 1936. Um primeiro modelo, de 1907, possuía apenas uma hélice e decolava sem problemas, atingindo altura de aproximadamente 2 metros. Porém, logo após a decolagem, quando se tentava variar a velocidade de rotação da hélice, para atingir alturas maiores, o corpo do helicóptero girava no sentido contrário da hélice, desgovernando-se.

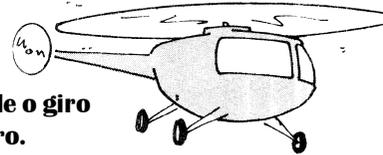


Os primeiros helicópteros giravam junto com suas hélices.

Por que isso não ocorria quando o helicóptero estava no chão? Como contornar esse problema?

A solução encontrada foi prolongar o corpo do helicóptero na forma de uma cauda e colocar nela, lateralmente, uma segunda hélice.

A hélice na cauda impede o giro do helicóptero.



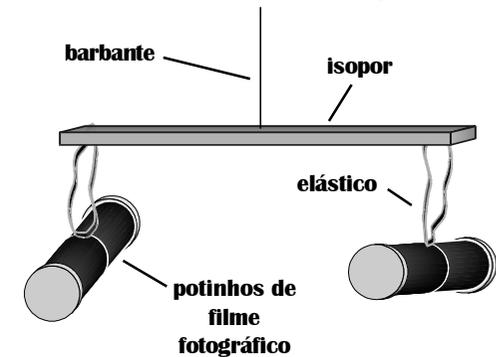
A função dessa hélice lateral é produzir uma força capaz de compensar o giro do corpo do helicóptero, proporcionando assim a estabilidade do aparelho.

Quando o veículo estava no solo esse problema não era percebido porque o aparelho estava fixo ao chão. Ao ligar-se o motor, a aeronave sofria uma torção no sentido oposto que era transferida à Terra por meio das rodas. Dessa forma, devido à elevada massa da Terra, não se notava nenhum movimento.

Mais tarde, modelos bem maiores, com duas hélices girando na horizontal, foram projetados para transporte de cargas, geralmente em operações militares. Nesse caso, cada hélice deve girar em um sentido diferente para impedir a rotação.

Simulando um helicóptero

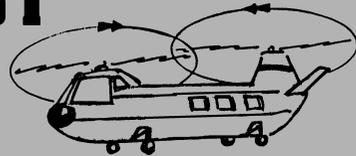
Nesta leitura vimos os efeitos interessantes do funcionamento do helicóptero. O helicóptero militar, discutido nos exercício "ROMBO I", pode ser simulado com a montagem abaixo.



Torça o elástico dos dois pares de potinhos de forma que, ao soltá-los, eles girem no mesmo sentido. O que você observa? Como você explica?

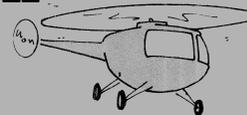
Agora torça, fazendo com que os potinhos girem em sentidos contrários. E agora, o que você percebe? Tente explicar.

Rombo I



Um grande herói americano, conhecido como Rombo, viaja no possante helicóptero militar da figura, que possui duas poderosas hélices que giram na horizontal. Nessa aeronave bélica, as duas hélices giram sempre em sentidos opostos. Por que isso é necessário? *DICA: é para que o Rombo não fique (mais) tonto.*

Rombo II



Em mais uma espetacular aventura, nosso herói Rombo, com um único tiro de revólver, inutiliza a hélice traseira de um helicóptero inimigo, fazendo-o desgovernar-se e cair. É possível derrubar um helicóptero dessa forma? Discuta. *DICA: para Rombo nada é impossível.*

Rombo III



Cansado após um dia de heroísmo, Rombo decide tomar um copo de água que passarinho não bebe. Porém, ao sentar no banquinho giratório do bar, percebe que não consegue virar, pois seus pés não alcançam o chão. Explique por que é tão difícil se virar, sentado num banquinho sem apoiar-se.

10

Gente que gira

A velocidade de rotação de um objeto pode mudar simplesmente mudando-se sua forma!

O retorno dos incríveis potinhos girantes

Sempre é possível imaginar mais! O que aconteceria se os potinhos da nossa experiência anterior não possuísem a mesma massa? Afinal, a maioria das coisas são assim: o motor do liquidificador, por exemplo, não tem a mesma massa do que a sua carcaça. Mas o que é realmente interessante é que essa nova experiência vai ajudar você a entender movimentos muito curiosos que aparecem na dança e no esporte. Por isso, o nome desta leitura é "Gente que gira"...

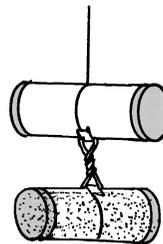
do que você irá precisar



1ª experiência

Preencha os dois potinhos de baixo ou os dois de cima com areia ou água.

Cuide para que os potinhos preenchidos com água ou areia fiquem equilibrados na horizontal quando pendurados.



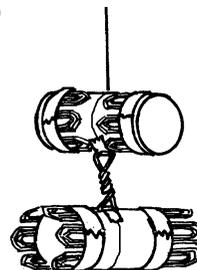
Refaça as duas experiências da leitura anterior usando esses potinhos e responda:

- O que ocorreu a cada potinho?
- O movimento dos potinhos preenchidos é igual ao dos vazios? Por quê?
- Quando invertemos a posição dos potinhos muda alguma coisa? Por quê?

2ª experiência

Prenda os clipes em torno dos potinhos com fita adesiva. Use a mesma quantidade de clipes em cada um dos potinhos.

Nos de cima, coloque os clipes mais próximos ao centro, e nos de baixo, "saindo" dos potinhos.

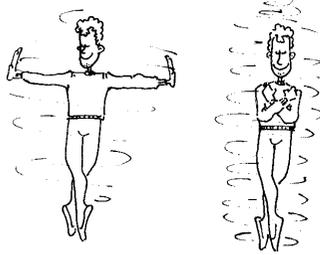


Repita os mesmos procedimentos com esses potinhos e responda:

- O que ocorreu a cada potinho?
- Os movimentos dos potinhos com clipes para fora e para dentro são iguais? Por quê?
- Invertendo a posição dos potinhos, o que você observa?
- Comparando essa experiência com a dos potinhos preenchidos, o que você conclui?

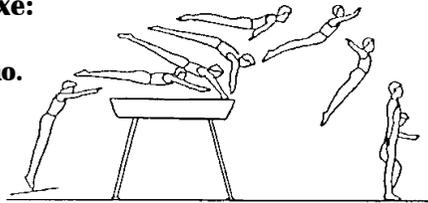
Ao aproximar seus braços do eixo de rotação, o bailarino aumenta sua velocidade.

Um bailarino ao executar um rodópio impulsiona o chão em sentido oposto ao do seu giro. Após iniciar esse movimento de rotação, ele pode aumentar sua velocidade de giro sem a necessidade de um novo impulso, simplesmente aproximando os braços do corpo.

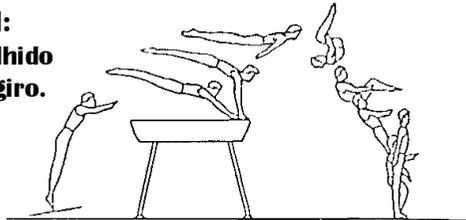


Na modalidade de ginástica conhecida como salto sobre o cavalo o atleta precisa encolher o corpo para realizar o salto mortal (giro para a frente). Com isso, ele consegue aumentar sua velocidade de giro durante o voo sem precisar receber um novo impulso. Já em um salto estilo peixe, em que não há o rodópio, a pessoa deve manter seu corpo esticado, para dificultar o giro.

**Salto estilo peixe:
o corpo esticado
dificulta a rotação.**



**Salto mortal:
o corpo encolhido
possibilita o giro.**



Há algo estranho nesta história. Como uma coisa pode aumentar sua velocidade sem receber impulso?

Esses dois exemplos parecem desobedecer à conservação da quantidade de movimento angular. Afinal, de onde vem esse movimento a mais que eles receberam? Na realidade não vem de lugar nenhum, ele estava aí o tempo todo, "disfarçado". Vamos ver como e por quê.

Quando o bailarino está de braços abertos sua velocidade de giro é pequena. Isso acontece porque, com os braços afastados do corpo, sua massa fica distribuída mais longe do eixo de rotação. Podemos dizer que nesse caso ele possui uma "dificuldade de giro" maior do que quando os tem fechados. Ao encolher os braços sua massa se distribui mais próximo ao eixo de rotação, e assim sua dificuldade de giro diminui. Ao mesmo tempo, sua velocidade aumenta.

Essa "dificuldade" de girar é denominada *momento de inércia* e está relacionada à maneira como a massa do corpo está distribuída em torno do eixo de rotação. No nosso exemplo, observamos que, quando o *momento de inércia* diminui, a *velocidade de giro* aumenta. Da mesma forma, quando o momento de inércia aumenta, a velocidade de giro diminui. Isso é um indício de que há "alguma coisa" aí que se mantém constante.

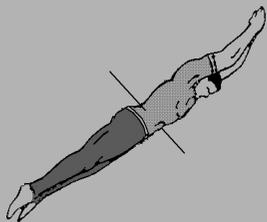
Na experiência que fizemos na página anterior, você viu que os potinhos com cliques colados mais perto do eixo giram mais rápido. Isso é semelhante ao caso do bailarino com os braços fechados. Quando o bailarino abre os braços, a situação se assemelha aos potinhos com os cliques colados longe do eixo: a velocidade de rotação é menor.

É importante notar que os potinhos com cliques perto e longe do eixo têm a mesma quantidade de movimento. Suas velocidades são diferentes porque suas distribuições de massa, ou seja, seus momentos de inércia, são diferentes.

O que a outra experiência mostrou é que o momento de inércia não depende apenas da distribuição de massa, mas também do seu valor. Por isso, potinhos com areia giram mais devagar, embora tenham a mesma quantidade de movimento angular que os potinhos vazios.

Para entender isso melhor, vamos ao exemplo do ginasta. Vamos dar valores a essas quantidades, indicando o momento de inércia pela letra **I** e a velocidade de giro (ou *velocidade angular*, como é chamada na Física) pela letra grega ω .

esticado:

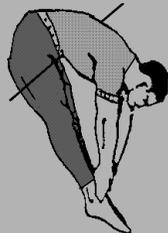


Com o corpo esticado, sua dificuldade de giro é grande, e a velocidade de giro é pequena, porque a massa está distribuída longe do eixo. Os valores podem ser mais ou menos os seguintes:

$$I = 15 \text{ kg.m}^2$$

$$\omega = 0,8 \text{ rad/s}$$

semi-encolhido:

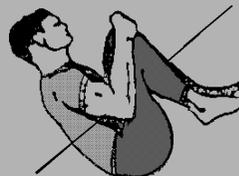


Com o corpo mais encolhido, o momento de inércia (dificuldade de giro) diminui, pois a massa do corpo se aproxima do eixo de rotação. Ao mesmo tempo, aumenta a velocidade angular.

$$I = 6 \text{ kg.m}^2$$

$$\omega = 2,0 \text{ rad/s}$$

encolhido:



Quando o corpo do atleta está totalmente encolhido, o momento de inércia do atleta é pequeno, porque a massa está próxima do eixo. Nesse momento, a velocidade de giro é grande.

$$I = 4 \text{ kg.m}^2$$

$$\omega = 3,0 \text{ rad/s}$$

O livro *Biomecânica das técnicas desportivas*, de James G. Hay (Editora Interamericana, Rio de Janeiro, 1981), mostra como se obtêm esses dados.

Note que se multiplicarmos os dois valores, **I** e ω , em cada caso obteremos sempre o mesmo resultado:

$$15 \times 0,8 = 12$$

$$6 \times 2,0 = 12$$

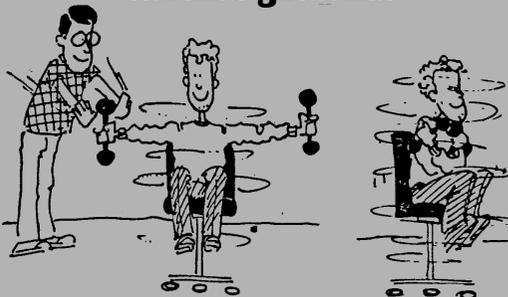
$$4 \times 3,0 = 12$$

Então realmente há alguma coisa que se conserva nessa história. E seu valor aqui é 12. Essa “coisa” é a quantidade de movimento angular. Vemos então que a quantidade de movimento angular é o produto de **I** com ω :

$$L = I \cdot \omega$$

Portanto, para sabermos “quanto” movimento de rotação tem um objeto, multiplicamos seu momento de inércia pela sua velocidade angular. Resumindo tudo, chegamos à seguinte conclusão: tanto o bailarino quanto o ginasta não têm de onde receber quantidade de movimento angular. Então ela permanece constante. Quando eles mudam sua distribuição de massa, estão mudando ao mesmo tempo seu momento de inércia e sua velocidade angular, mas o produto desses dois valores se conserva: é a quantidade de movimento angular.

Prova de velocidade em cadeiras giratórias



Um esporte radical que vem ganhando adeptos no mundo todo é a prova de velocidade em cadeiras giratórias. Surgida em aulas de Física de um professor do Texas, chega ao Brasil fazendo grande sucesso. A idéia é simples: o atleta deve girar em uma cadeira giratória com a maior velocidade possível, medida por sofisticados equipamentos. Cabe à equipe conseguir uma cadeira com o

menor atrito possível, e ao atleta encolher-se após o impulso inicial dado por seu companheiro de equipe.

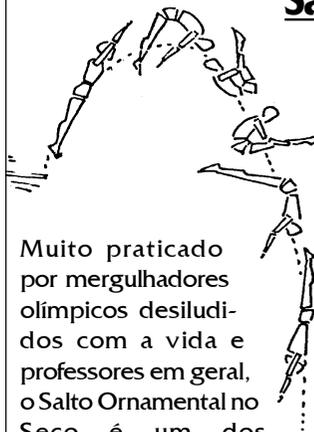
São duas modalidades: a *livre*, na qual o atleta não pode usar nenhum acessório especial para aumentar o desempenho, e a *peso-pesado*, na qual o piloto segura nas mãos pequenos halteres de ginástica.

1 Por que a velocidade aumenta quando se encolhe os braços?

2 O momento de inércia é maior quando se usa halteres? Por quê?

3 Uma pessoa inicia o giro com 1 rad/s de velocidade e 3 kg.m² de momento de inércia. Quando se encolhe, fica com 1,5 kg.m² de momento de inércia. Qual será sua velocidade angular?

Salto ornamental no seco



Muito praticado por mergulhadores olímpicos desiludidos com a vida e professores em geral, o Salto Ornamental no Seco é um dos esportes mais radicais já inventados até hoje.

Proibido nos Estados Unidos mas liberado

no Brasil, o esporte virou moda e começa a preocupar as autoridades. O objetivo é saltar executando um salto mortal duplo, o que o torna difícil porque é preciso saber encolher braços e pernas.

Curiosamente, o atleta que não consegue fazê-lo não tem direito a uma segunda chance.

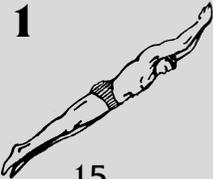
Um professor de Física, praticante da modalidade, nos revelou alguns macetes.

O mergulhador precisa

conseguir uma rotação inicial do seu corpo ao saltar do trampolim. Ao encolher o corpo sua velocidade de giro irá aumentar e ele conseguirá completar duas voltas no ar antes de antigir o seu destino.

Para isso, quando atingir o ponto mais alto do salto, ele precisa estar com o corpo totalmente encolhido, para estar girando a duas rotações por segundo, o que corresponde a uma velocidade angular de 12 radianos por segundo.

1 Um competidor começa seu salto com a velocidade indicada na figura 1. Quanto vale sua quantidade de movimento angular?

1	2	3
		
15 kg.m ²	6,3 kg.m ²	3,5 kg.m ²
2,1 rad/s	5,0 rad/s	calcule!

2 Quando ele encolhe o corpo como na figura 2, qual será sua quantidade de movimento angular? Ela mudou em relação à cena 1? Por quê?

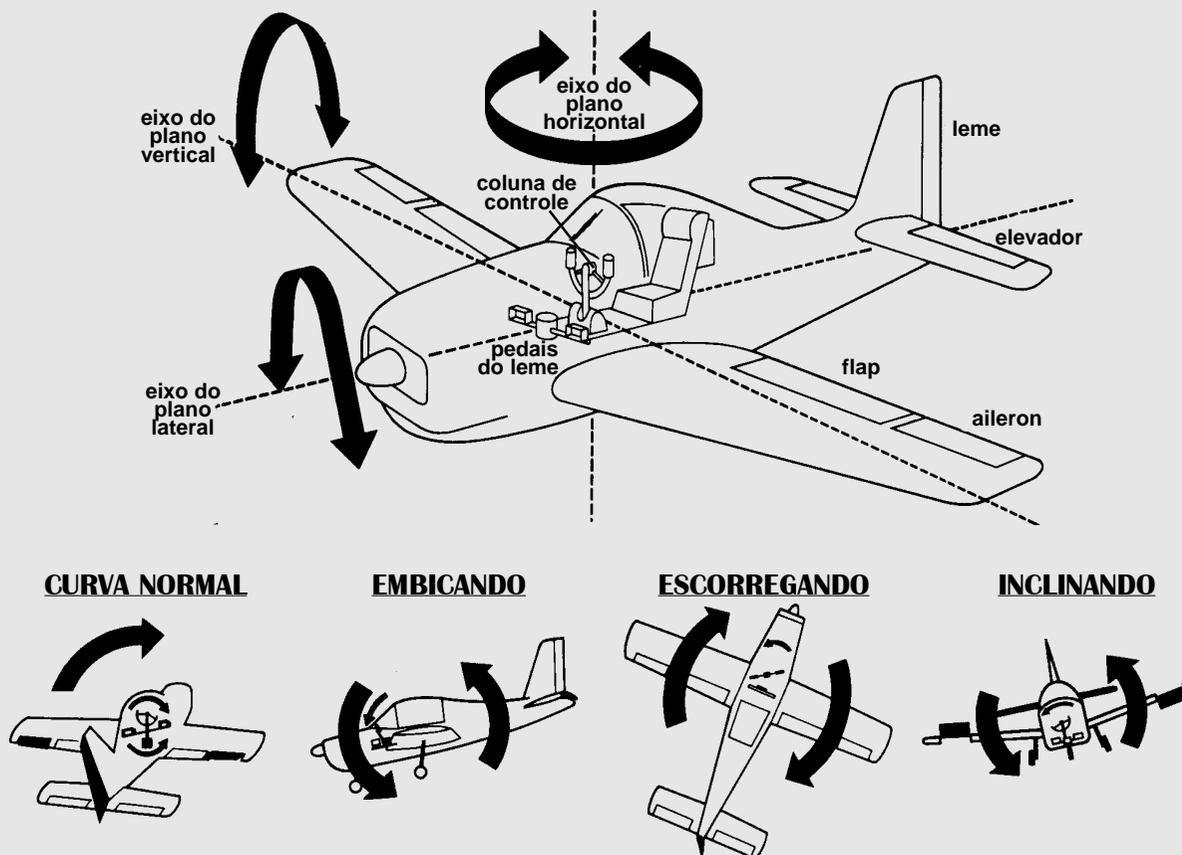
3 Calcule a velocidade angular do atleta na cena 3. De acordo com o texto, ela é suficiente para o salto mortal?

11

Coisas que controlam movimentos

O controle dos movimentos traz novas questões interessantes, em que o conceito de força será fundamental.

O controle do vôo dos aviões



As figuras mostram os elementos mecânicos que permitem direcionar o vôo de um aeroplano. Com eles, o piloto efetua rotações no corpo da aeronave em pleno ar, permitindo um controle muito grande do movimento do avião. Observe em cada figura quais são os elementos acionados para produzir cada efeito, que estão destacados em preto. Na curva normal, por exemplo, o piloto utiliza o leme e os ailerons (um para cima, e o outro para baixo). Para inclinar o bico do avião são acionados os elevadores, e assim por diante. Como você pode ver, para controlar o movimento de um objeto é preciso conhecer como produzir cada efeito. É disso que iremos tratar agora.

Figuras extraídas de *Como Funciona - todos os segredos da tecnologia moderna*, 3ª edição, Editora Abril.

Manobrar um carro para colocá-lo em uma vaga no estacionamento ou aterrisar um avião são tarefas em que o controle dos movimentos é fundamental.

Para que esse controle possa ser realizado, vários elementos são projetados, desenvolvidos e incorporados aos veículos e outras máquinas.

Para um avião mudar de direção em pleno ar existe uma série de mecanismos que você deve ter observado na página anterior. Nos barcos e automóveis, também temos mecanismos, embora mais simples do que os das aeronaves.

Tudo isso indica que a mudança na direção dos movimentos não se dá de forma natural, espontânea. Ao contrário, exige um esforço, uma mudança nas interações entre o corpo e o meio que o circunda.

Da mesma forma, aumentar ou diminuir a velocidade exige mecanismos especiais para esse fim. Os automóveis possuem o sistema de freios para diminuir sua velocidade e parar, e um controle da potência do motor para poder

aumentar ou manter a sua velocidade. O mesmo ocorre com os aviões, barcos e outros veículos que têm de possuir sistemas de controle da velocidade.

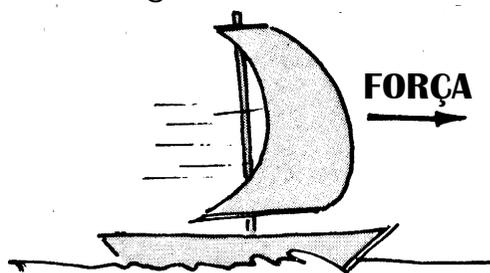
Além disso, até os animais possuem seus próprios sistemas de controle de movimentos, seja para mudar sua direção, seja para alterar sua velocidade.

Em todos esses casos estamos tratando das interações que os corpos têm com o meio. Um barco para aumentar sua velocidade tem de jogar água para trás: isso constitui uma interação entre ele e a água. O avião, para mudar de direção, inclina um ou mais de seus mecanismos móveis, e faz com que ele interaja com o ar de uma forma diferente.

Na Física, as interações podem ser compreendidas como **forças** que um objeto aplica em outro. Assim, para que o avião mude de direção, é necessário que suas asas apliquem uma força diferente no ar, e que este, por sua vez também aplique outras forças no avião.

Força e variação da velocidade

Quando o vento sopra na vela de um barco, está "forçando-o" para a frente. Trata-se de uma interação que podemos representar da seguinte forma:



A flecha indica que o vento aplica uma força na vela para a frente. Seu comprimento indica a intensidade da força: uma força maior seria indicada por uma flecha mais comprida. Essa é a forma de representar uma quantidade

física chamada de vetor.

Para aumentar sua velocidade o barco precisa sofrer uma força no mesmo sentido do seu movimento. Uma força no sentido contrário faria sua velocidade diminuir. É o que aconteceria se, de repente, o vento passasse a soprar para trás.

Mas além de interagir com o ar, o barco também interage com a água. Ele empurra água para a frente, e esta, por sua vez, dificulta seu movimento, "segura" o casco. Isso pode ser representado por uma outra força, agora no sentido contrário do movimento. Se o vento cessar, essa força da água fará o barco parar, uma vez que é oposta ao movimento. Tente representar a força que a água faz no barco por meio de um vetor.

VETORES E ESCALARES

Quantidades físicas que têm valor, direção e sentido podem ser representadas por vetores, e por isso são chamadas **vetoriais**. Exemplos: força, velocidade, velocidade angular.

Quantidades que são representadas apenas por um valor, como a massa, o comprimento ou a temperatura, são chamadas de **escalares**.

Força e direção

Para mudar a direção de um movimento, como já dissemos, é preciso uma força. Porém, não uma força qualquer. Para que o movimento mude de direção a força deve ser aplicada em uma direção diferente da direção do movimento. É isso que acontece quando um motorista vira a direção do seu carro (já sei, já sei, escrevi muita "direção" em um parágrafo só.)

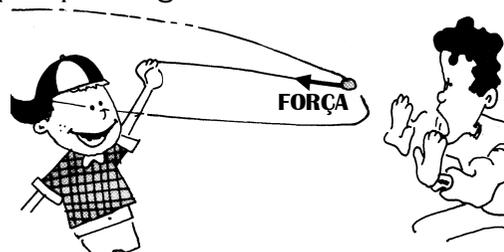


Forças aplicadas em direções diferentes do movimento mudam a direção do movimento.

Em outras palavras, se um carro está indo para a frente e quer virar à esquerda, é preciso que a força seja aplicada

como mostra a figura. Neste caso, a força representa uma interação entre os pneus e o asfalto: o pneu força o asfalto para lá e o asfalto força os pneus (e o carro) para cá.

Portanto, movimentos curvos só ocorrem quando há uma força agindo em uma direção diferente do movimento. Quando você gira uma pedra presa a um barbante, a pedra está sendo forçada pelo barbante para "dentro", mantendo-a em um movimento circular. Se o barbante se rompe, a pedra segue em frente de onde foi solta.



Para onde a pedra vai se o menino soltá-la desse ponto?

Por trás de todos estes exemplos estão as leis do movimento, conhecidas como "Leis de Newton". Conhecendo estas leis e as várias interações podemos prever os movimentos e as condições para que os objetos fiquem em equilíbrio. Os sistemas de controle de movimento que acabamos de discutir obedecem às Leis de Newton e são projetados para funcionarem corretamente de acordo com as interações a que estão sujeitos. Nas próximas leituras estaremos aprofundando o estudo das Leis de Newton e das várias interações que acabamos de apresentar. Que tal dar uma lida nos enunciados das três Leis de Newton, apresentados abaixo e tentar explicar com suas próprias palavras o que você consegue entender. Esses enunciados de Newton estão em seu livro *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*.

1ª Lei:

“Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas a ele.”

2ª Lei:

“A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida.”

3ª Lei:

“A toda ação há sempre uma reação oposta e igual, ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas...”

Calvin



Bill Watterson

O Estado de S.Paulo, 1995

A tirinha do Calvin ilustra o que você não irá fazer agora. Releia cuidadosamente cada um dos enunciados das leis de Newton apresentados na página anterior e tente explicar o que diz cada uma delas. Tente também dar exemplos práticos que você acha que estejam ligados ao que diz cada lei.

E se você for bom mesmo, tente encontrar exemplos de como as três Leis de Newton aparecem no controle de voo dos aviões.

Força e rotação

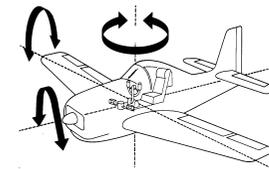
Você deve ter notado que os aviões, para mudar de direção, efetuam rotações em torno de três eixos, denominados, *vertical*, *horizontal* e *lateral*.

Para obter essas ou quaisquer outras rotações é necessário sofrer a ação de forças. Porém, essas forças não podem ser *quaisquer* forças.

Note que os mecanismos usados para girar o avião no ar durante o voo (aileron, elevador e leme) estão situados nas extremidades da aeronave. Isso porque, quanto mais longe do eixo for aplicada uma força, mais eficaz ela será para provocar uma rotação.

Ponha uma bicicleta de cabeça para baixo e tente girar sua roda. Tente fazê-lo forçando na borda da roda ou no centro dela. Você verá que forçar pelo centro é uma tarefa muito mais difícil.

A capacidade de uma força provocar um giro se denomina *torque*. Talvez você já tenha ouvido essa palavra antes em frases do tipo: *o motor deste carro possui um grande torque*. É exatamente disso que se trata: a capacidade de o motor provocar a rotação das rodas do veículo.



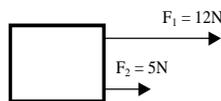
Identifique o eixo da rotação provocada pelo leme, pelos elevadores e pelos aleirons e indique o que eles provocam no avião por meio de vetores.

Vetores!?

DESAFIO

Somar números é fácil... quero ver você somar vetores.

Como somar dois vetores de direção e sentidos iguais??



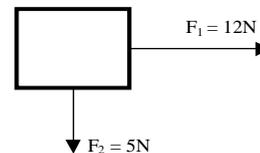
Essa foi fácil!!! He, he, he...

Agora quero ver você somar vetores de mesma direção e sentidos contrários.



Esse também foi fácil, não foi???

E com direções diferentes, você é capaz de fazer?



Se você respondeu 17N, 7N e 13N, parabéns... Você é o mais novo vetorando da sala.

—12—

Onde estão
as forças?

Você é capaz de
perceber as
diferentes interações
representadas na
cena ao lado?



12 Onde estão as forças?

As formas pelas quais os objetos interagem uns com os outros são muito variadas. A interação das asas de um pássaro com o ar, que permite o voo, por exemplo, é diferente da interação entre uma raquete e uma bolinha de pingue-pongue, da interação entre uma lixa e uma parede ou entre um ímã e um alfinete.

Isaac Newton, o famoso físico inglês do século XVIII, conseguiu elaborar leis que permitem lidar com toda essa variedade, descrevendo essas interações como **forças** que

agem entre os objetos. Cada interação representa uma força diferente, que depende das diferentes condições em que os objetos interagem. Mas todas obedecem aos mesmos princípios elaborados por Newton, e que ficaram conhecidos como Leis de Newton. Para compreender melhor essa variedade de interações é que apresentamos a cena da página anterior. Agora vamos dar um *zoom* em alguns detalhes para observar mais de perto alguns exemplos dessas interações.

Gravidade



As coisas caem porque são atraídas pela Terra. Há uma força que “puxa” cada objeto para baixo e que também é responsável por manter a atmosfera sobre a Terra e também por deixar a Lua e os satélites artificiais em órbita. É a chamada **força gravitacional**. Essa força representa uma interação existente entre a Terra e os objetos que estão sobre ela.

Sustentação

Para que as coisas não caiam é preciso segurá-las. Para levar a prancha o garotão faz força para cima. Da mesma forma, a cadeira sustenta a moça, enquanto ela toma sol.



Em cada um desses casos, há duas forças opostas: a força da gravidade, que puxa a moça e a prancha para baixo, e uma força para cima, de sustentação, que a mão do surfista faz na prancha e a cadeira faz na moça. Em geral, ela é conhecida como **força normal**.

Na água



A água também pode sustentar coisas, impedindo que elas afundem. Essa interação da água com os objetos se dá no sentido oposto ao da gravidade e é medida por uma força que chamamos de **empuxo hidrostático**. É por isso que nos sentimos mais “leves” quando estamos dentro da água. O que sustenta balões no ar também é uma força de empuxo, igual à que observamos na água.

No ar



Para se segurar no ar o pássaro bate asas e consegue com que o ar exerça uma força para cima, suficientemente grande para vencer a força da gravidade. Da mesma forma, o movimento dos aviões e o formato especial de suas asas acaba por criar uma força de sustentação.

Essas forças também podem ser chamadas de empuxo. Porém, trata-se de um **empuxo dinâmico**, ou seja, que depende de um movimento para existir. As forças de empuxo *estático* que observamos na água ou no caso de balões não dependem de um movimento para surgir.

Atritos



Coisas que se raspam ou se esfregam estão em atrito umas com as outras. Esse atrito também representa uma interação entre os objetos. Quando você desliza a mão sobre a pele da pessoa amada, está exercendo sobre ela uma **força de atrito**.

De modo geral, as forças de atrito se opõem aos movimentos. Ou seja, seu sentido é oposto ao sentido do movimento. É isso que permite que um carro freie e pare: a força de atrito entre o disco e a pastilha dos freios e o atrito entre o pneu e o chão.

As forças de atrito são também as responsáveis pela locomoção em terra. Quando empurramos a Terra para trás para ir para a frente, estamos interagindo por meio do atrito entre os pés e o chão.

Resistências



Em que difere o andar desses dois cavalheiros? Bem, ambos empurram o chão para trás para poderem ir para a frente. Interagem por meio da força de atrito.

Porém, este senhor que caminha na água encontra uma dificuldade maior porque a água lhe dificulta o movimento. Esse tipo de interação se representa pelo que chamamos de **força de resistência**. Como o atrito, a força de resistência é oposta ao sentido do movimento.

A força de resistência também surge nos movimentos no ar. É isso que permite a existência dos pára-quedas.

Aprenda a voar em cinco minutos*...

O segredo do voo dos pássaros ou dos aviões é o *movimento*. Quando o objeto é "mais pesado" do que o ar, somente o movimento, do ar ou do objeto, é capaz de provocar o voo.

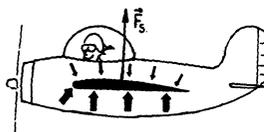
Por isso os aviões são equipados com jatos ou hélices, que têm a função de produzir o movimento para a frente. Uma vez em movimento, são as asas, com seu formato especial, que ao "cortarem" o ar provocam uma força para cima que faz o avião voar. Mas o que esse formato especial tem de tão especial?

O formato da asa do avião faz com que o ar que passa em cima dela se movimente mais depressa do que o ar que passa embaixo. Isso ocorre devido às diferentes curvaturas na parte superior e inferior da asa. E daí?

Acontece que, quanto maior a velocidade do ar, menor sua pressão. Por isso a asa do avião sofre uma pressão do ar maior na parte inferior das asas e menor na parte superior,

o que resulta em uma força de sustentação. Quanto maior a velocidade da aeronave, maior será a força de sustentação obtida. Por isso, o avião precisa adquirir uma grande velocidade antes de conseguir levantar voo.

Perfil de asa: a pressão sobre a asa se torna menor e surge uma força para cima.



Isso ocorre porque o ar em movimento tem sua pressão reduzida. Na brincadeira mencionada ao lado, quando você sopra, a pressão do ar sobre a folha diminui. Como a pressão do ar embaixo da folha fica maior, temos uma força para cima, semelhante à do empuxo hidrostático. A diferença é que para que ela surja é necessário que o ar se movimente, por isso podemos chamar essa força de *empuxo aerodinâmico* ou de *força de sustentação aerodinâmica*.

* Isso se chama "propaganda enganosa"



Para entender isso, vamos fazer uma brincadeira: pegue uma pequena folha de papel e sobre-a na parte superior. Você deve perceber que a folha sobe. Enquanto você estiver soprando ela tenderá a ficar na horizontal.

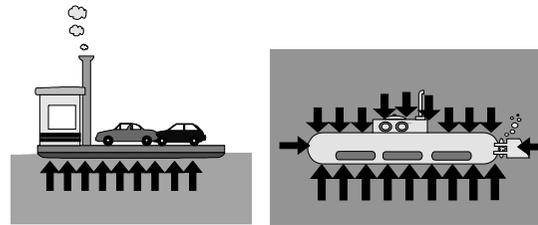
Você já empuxou hoje?

Quem já entrou em uma piscina sabe que a sensação é sempre a mesma: parece que ficamos mais leves. Além disso, quem já se aventurou a mergulhar fundo na água deve ter sentido o efeito da pressão que ela exerce. Parece que não, mas essas duas coisas estão intimamente ligadas.

Todos os líquidos exercem força nos objetos em contato com eles. Essa força existe devido à pressão e se distribui ao longo de toda a superfície de contato. É isso que faz os objetos flutuarem ou parecerem mais leves dentro da água.

Uma balsa flutua porque, devido à pressão, a água lhe aplica forças para cima, distribuídas ao longo de toda a superfície inferior. O resultado dessas forças equilibra a força da gravidade e é chamado de **empuxo hidrostático**.

Quando o objeto está totalmente imerso na água, também sofre um empuxo. A água continua exercendo pressão sobre o corpo, só que agora em todas as direções, pois ele está totalmente imerso. A pressão embaixo do corpo é maior do que a pressão em cima, pois sua parte inferior está num ponto mais profundo. Um submarino, por exemplo, sofre mais pressão na parte de baixo do casco do que na de cima, pois sua parte inferior está mais fundo na água.



Mas se todos os objetos na água sofrem empuxo, por que alguns flutuam e outros não?

Se o objeto flutua na água é porque o empuxo consegue vencer seu peso. Se afunda é porque o peso é maior do que o empuxo.

Mas nem sempre os objetos pesados tendem a afundar mais facilmente do que os leves: um navio flutua, enquanto um prego afunda. A flutuação depende do formato do objeto e do material de que ele é feito. Objetos feitos apenas de isopor flutuam na água, enquanto objetos de ferro podem afundar (prego) ou não (navio), dependendo do seu formato.

Mas o que significa ser mais leve ou mais pesado do que a água? Uma grande quantidade de isopor certamente irá pesar mais do que uma gota de água. Na comparação devemos usar volumes iguais de água e de isopor. Essa é a idéia de *massa específica ou densidade*: é a razão da massa pelo volume de um material. Um litro de água tem 1000 gramas, e um litro de isopor,

apenas 10 gramas, a densidade da água é 1kg/l, e a densidade do isopor 0,01kg/l. A densidade é importante para saber se um objeto flutua ou não em determinado líquido.

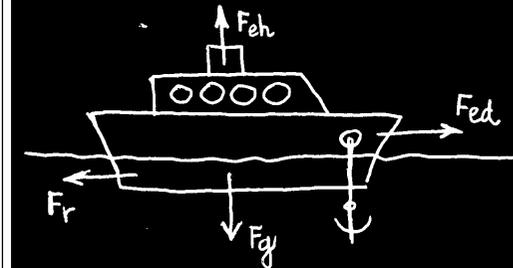
O formato também influi na flutuação de um objeto, porque está ligado à quantidade de água que ele desloca. Um corpo volumoso desloca muito mais água do que um corpo pequeno.

Se você possui uma certa quantidade de massa de vidro, pode moldar um objeto que flutue. Como a massa de vidro tem uma densidade maior que a água, ela pode afundar ou flutuar, dependendo do seu formato. Uma bolinha, será um objeto pouco volumoso, que deslocará pouca água, e portanto irá afundar. Mas se você fizer um objeto no formato de uma caixinha oca ele poderá flutuar, pois irá deslocar mais água, e portanto sofrerá um empuxo maior quando colocado na água. Tente!

No navio

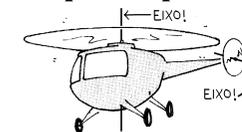
Identifique as forças presentes num navio em movimento no mar, dizendo também qual é o corpo que as aplica sobre a embarcação e represente-as por meio de vetores.

A Terra atrai o navio pela força gravitacional F_g . O navio não afunda devido à presença da força de empuxo hidrostático F_e aplicada pela água. O movimento da embarcação para a frente é garantido por uma força F_{ed} .



Essa força é aplicada pela água e não pelo motor ou pela hélice. Na verdade, a hélice "força" a água para trás e a água "empurra" o navio para a frente. Mas a água também dificulta o movimento, através da força de resistência da água F_r . Essa força é aplicada no sentido oposto ao do movimento.

Helicóptero "parado"



Que força segura um helicóptero no ar?

Desenhe, através de vetores, as forças agindo sobre um helicóptero pairando no ar.

— 13 —

Peso, massa e gravidade

Tudo atrai tudo. Você acredita nessa frase? Não? Então leia as páginas a seguir e tire suas conclusões.

A tirinha e a reportagem foram extraídas da *Folha de S. Paulo*

Robô
Jim Meddick

Gravidade menor torna sexo difícil no espaço

Da Reportagem Local

Pelo menos por enquanto, sexo no espaço ainda não é uma experiência tão boa quanto na Terra. E há múltiplas razões para isso.

No caso do casal Mark Lee e Jan Davis, os mais aptos a realizarem a experiência a bordo do "Endeavour", há uma série de constrangimentos.

O interior do ônibus espacial, onde as equipes se revezam em turnos e há sempre alguém trabalhando, não oferece nenhuma privacidade. Além disso, pelo menos oficialmente, a Nasa não quer

saber deste tipo de pesquisa.

Para conhecer os efeitos na reprodução animal em ambiente de ausência de peso a Nasa prefere recorrer a rãs e galinhas.

Mas mesmo na falta de impedimentos a experiência não tende a ser muito gratificante. A ausência de peso em órbita dificulta os movimentos executados numa relação sexual. Mesmo um pequeno choque entre dois corpos, nesta situação, tende a afastá-los.

Uma alternativa para o desconforto seria um cinto elástico, unindo os corpos dos astronautas. Mas isto não está no programa.



Isaac Newton, um gênio da Física, com apenas um ano de idade descobriu um importante fenômeno físico: OBJETOS CAEM!

Pesquisas recentes chegaram a resultados ainda mais estarrecedores: não são apenas os objetos que caem...

PESSOAS TAMBÉM CAEM!



As crianças, de modo geral, quando atingem aproximadamente um ano de idade gostam de jogar pequenos objetos no chão. Nessa importante fase do desenvolvimento infantil elas estão vivenciando que os objetos soltos de suas mãos caem. Infelizmente, existem alguns pais que não compreendem o comportamento dos anjinhos e justamente nessa época resolvem deixar certos objetos fora de seu alcance....



O que poucos sabem é que a culpa não é dos lindos pimpolhos, mas de algo invisível, inodoro, insípido, incolor e, o que é pior, indestrutível...

Essa “coisa” está presente em todos os quartos de bebê dos mais longínquos cantos deste planeta. Seu nome é...

CAMPO GRAVITACIONAL

Qual de nós já não esteve numa situação de precisar se agarrar ao corrimão de uma escada para não cair? Ou mesmo levou um tombo ao tropeçar em alguma saliência no chão? O causador desses terríveis males não é outro senão o implacável campo gravitacional.

Não podemos “brincar” com ele, pois um ligeiro cochilo e **PUMBA!** lá vamos nós para o chão.

Esse campo é mesmo danado, só!

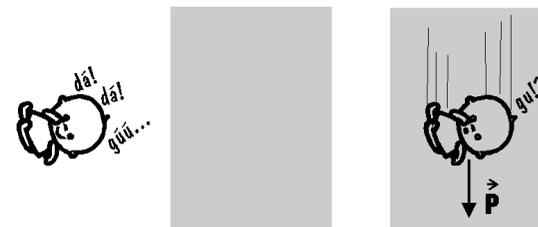
O MINISTÉRIO DA SAÚDE ADVERTE:
O USO ERRADO DO CAMPO GRAVITACIONAL FAZ MAL À SAÚDE

..... Mas como atua o campo gravitacional?

Quando um objeto qualquer está em uma região onde existe um campo gravitacional, um curioso fenômeno se sucede: o objeto cai. Esse fato, amplamente estudado pelos físicos durante séculos, é interpretado da seguinte forma: a Terra possui em torno de si um campo gravitacional.

Quando um objeto qualquer está “mergulhado” no campo gravitacional, sofre uma força, chamada de força gravitacional ou simplesmente de **PESO**. Se não houver nada para segurar o objeto, ou seja, para equilibrar a força-peso o objeto cai...

Tudo isso pode ser representado por uma fórmula, que expressa a medida da força-peso (\vec{P}) como o produto entre a massa (m) do objeto e o campo gravitacional (\vec{g}) da Terra, ou seja,



CORPO + CAMPO = QUEDA

$$m \times \vec{g} = \vec{P}$$

Garfield



Folha de S.Paulo, 1994

- A resposta que o Garfield deu ao Jon nessa tirinha está fisicamente correta? Por quê?
- Quais planetas do sistema solar poderiam ser escolhidos pelo Garfield para “perder” peso?

1 - Utilizando a tabela ao lado, responda:

- Qual é o seu peso? Qual seria o seu peso no Sol? E em Mercúrio?
- Um litro de leite pesa aqui na Terra 9,8 N. Qual seria a massa do litro de leite na Lua? Por quê? E o seu peso?

2 - Em órbita.

É comum hoje em dia ligarmos a TV e assistirmos a algumas cenas que mostram os astronautas “flutuando” no interior da nave ou mesmo fora dela, quando ela se encontra em órbita ao redor da Terra. Tais astronautas não têm peso? Discuta essa situação.

3 - Notícias!

Numa notícia, um jornal afirmava que ao cair de determinada altura um corpo chegava ao solo com um peso muito maior. O peso de uma pessoa muda durante uma queda? Discuta essa situação.
Obs.: Lembre-se de que a quantidade de movimento linear do corpo aumenta gradativamente, pois ele está sendo acelerado. O impacto do corpo com o chão acrescenta-lhe uma outra força?

4 - Pegadinha!

Se o peso de um objeto é sempre o mesmo num determinado local da Terra, então é a mesma coisa sustentar um objeto nas mãos ou apará-lo numa queda?

Obs.: Como no exercício anterior, no impacto, a razão entre a variação da quantidade de movimento e o intervalo de tempo do impacto é acrescentada ao peso do objeto.

Jim Davis

Campo gravitacional dos principais astros do sistema solar



Astro do sistema solar	Massa em relação à da Terra	Campo Gravitacional (N/kg)
Sol	329.930	274
Lua	0,0012	1,7
Mercúrio	0,04	2,8
Vênus	0,83	8,9
Terra	1	9,8
Marte	0,11	3,9
Jupter	318	25
Saturno	95	10,9
Urano	15	11
Netuno	17	10,6
Plutão	0,06	2,8

14

Medindo forças

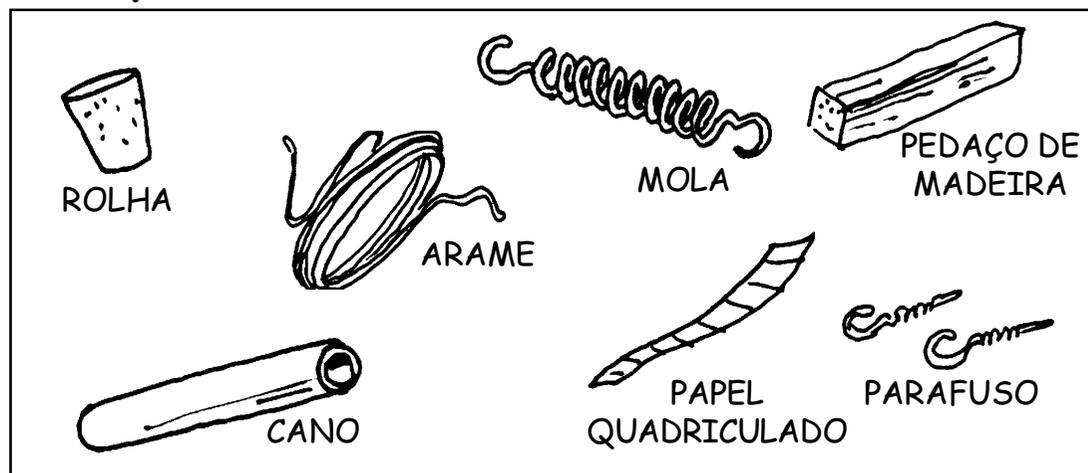
Para quem pensava que as únicas formas de medir forças fossem o cabo-de-guerra e o braço-de-ferro, aqui vai uma surpresa.

Monte um dinamômetro

Nesta atividade vamos investigar o **dinamômetro**, que é um instrumento capaz de medir forças. Apesar do nome estranho, o dinamômetro é um instrumento muito comum, conhecido popularmente como “balança de peixeiro”.

O seu princípio de funcionamento é simples: em uma mola presa na vertical, pendura-se o objeto cuja massa se quer determinar. De acordo com a deformação produzida na mola, pode-se determinar a força que o objeto lhe aplica, que é proporcional à sua massa.

Eis o que você vai usar



Eis como ficará seu dinamômetro



O dinamômetro e as unidades de força

Quando é usado como balança, o dinamômetro possui uma escala graduada que fornece os valores em gramas, quilogramas ou outra unidade de massa.

Se for usado para medir forças, essa escala será em unidades de força. Quando trabalhamos com *metros, quilogramas e segundos* (unidades do Sistema Internacional) a unidade usada é o **newton** (N), que é a mais usada na física. Outras unidades de força podem ser empregadas, como as listadas na tabela ao lado.

O dinamômetro pode ser usado como balança somente porque o campo gravitacional da Terra tem um valor mais ou menos igual em todos os lugares. Porém, não serve como uma balança precisa, por causa das pequenas variações do campo de um lugar para outro.

unidade	símbolo	valor em newtons	força necessária para carregar:
quilograma força	kgf	9,8 N	um saquinho de leite cheio
libras	lb	4,448 N	uma garrafinha de refrigerante
newton	N	1 N	uma laranja
grama força	gf	0,098 N	um canudo de refrigerante
dina	dyn	0,00001 N	força imperceptível

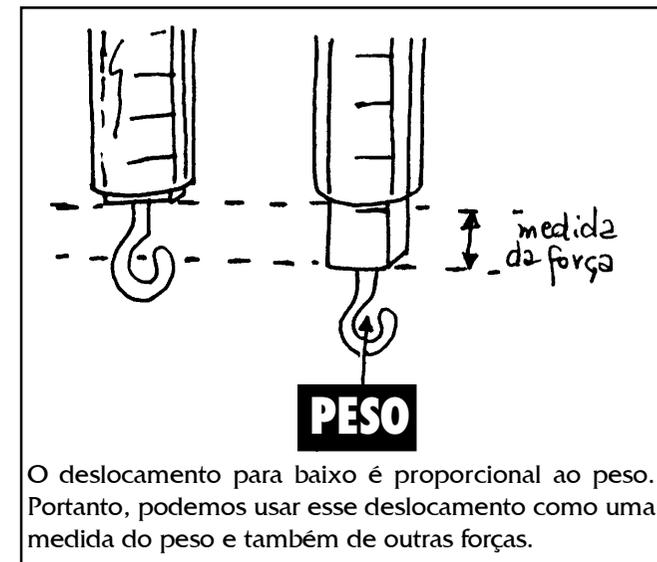
Usando o dinamômetro

Seu dinamômetro já está pronto? Muito bem. Segure-o na vertical e pendure um objeto em seu ganchinho. Você verá que a mola estica e a madeirinha desce.

O deslocamento da madeirinha abaixo do nível do cano dá uma indicação da força com a qual a mola está sendo esticada, que neste caso será igual ao peso do objeto que está pendurado.

- Pendure diferentes objetos em seu dinamômetro e perceba os diferentes deslocamentos da mola.
- Tente usar o dinamômetro para medir outras forças, como a força dos seus próprios dedos ao puxar o gancho. Compare-as com os pesos que você mediu.

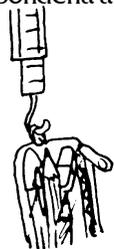
Procure anotar suas observações.



O deslocamento para baixo é proporcional ao peso. Portanto, podemos usar esse deslocamento como uma medida do peso e também de outras forças.

Calibrando o dinamômetro

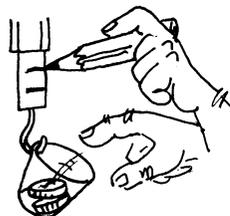
Um instrumento de medida não serve para nada se não tiver uma escala para que possamos determinar o valor da medida. Uma maneira de você fazer uma escala é simplesmente pegar um papel, dividi-lo em partes iguais e colar na madeirinha do dinamômetro. Cada “risquinho” corresponderia a uma unidade.



Tente fazer isso e use o dinamômetro para medir o peso de algumas coisas, como por exemplo um estojinho com lápis e canetas.

Porém, aqui há um probleminha. Quem garante que o dinamômetro de um colega seu irá dar o mesmo valor para o peso? Tente e veja! Não seria mais conveniente garantir que vários dinamômetros registrem o mesmo valor para o peso de um mesmo objeto?

Para conseguir isso é preciso definir uma unidade-padrão, que pode ser o peso de alguma coisa bem conhecida cujo peso seja sempre o mesmo. Moedas de 1 real ou pilhas pequenas servem. Ponha uma fita de papel em branco na madeira. Pendure um copinho no gancho com barbante e vá colocando moedas.



Faça marcas no papel, indicando o deslocamento para cada número de moedas. Você criou uma nova unidade de força. Dê-lhe um nome.

Se outros colegas usarem o mesmo procedimento, terão dinamômetros calibrados na mesma unidade, e os valores medidos com um deles devem ser iguais aos medidos pelos outros. Faça e confira!

Criando uma escala em newtons

Você pode querer que o seu dinamômetro indique a força em newtons, ou em alguma outra unidade já conhecida. Para isso, você precisaria ter objetos como a moeda e a pilha que tivessem valores de peso conhecidos.

Se você souber sua massa poderá achar o peso pela fórmula $P=m.g$. Porém, há um probleminha: uma pilha tem uma massa de 18,3 gramas, que corresponde a um peso de 0,18 newton. Mas esse é um valor quebrado!!! Fica ruim fazer uma escala com ele.

Mas há um jeito: você pode usar água para calibrar o dinamômetro. Basta saber que:

1 newton = 102 ml de água

Você pode fazer uma escala de décimos de newton (0,1 em 0,1), como se fosse uma régua, usando uma seringa e considerando 0,1 newton como 10 ml de água.

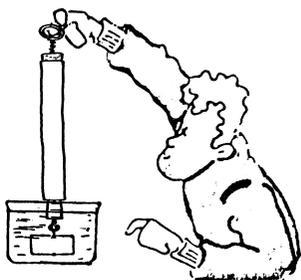
Se a sua mola for muito forte, você terá de fazer uma escala de 1 em 1 newton. Nesse caso, use uma garrafa plástica para pôr a água e procure um recipiente de 100 ml. E não esqueça de descontar o peso da garrafa depois!!!



Use o dinamômetro para determinar o peso de alguns objetos. A partir dessa medida, encontre a massa desses objetos em gramas.



Usando seu dinamômetro para afogar coisas



Tente o seguinte: pendure um **OBJETO QUALQUER** em seu dinamômetro, para determinar o seu peso.

Depois pegue o **OBJETO QUALQUER** e coloque dentro de uma vasilha de água, pendurado pelo dinamômetro, como indica a figura.

O que você percebe? Será que o objeto ficou mais leve? Ou não? Que coisa maravilhosa, extraordinária e diferente ocorre quando o objeto é mergulhado?

Se for possível, tente fazer um teste enchendo a vasilha com outro líquido, como óleo por exemplo. **MAS TOME CUIDADO, CRIATURA!** Não vá lubrificar toda a casa! Você observa algo diferente?

E agora, mais uma novidade para você: duas tabelas para você descobrir que coisas flutuam ou não nos vários líquidos. Descubra como a coisa funciona!

A partir da tabela, você é capaz de dizer que materiais sempre flutuam no álcool? E que materiais flutuam na água mas não flutuam no álcool?

Isto flutua....

material	densidade (kg/m ³)
isopor	10
madeira balsa	110-140
madeira cerejeira	700-900
papel	700-1.115
parafina (vela)	870-910
gelo (a 0°C)	917
borracha comum	1.100
madeira ébano	1.110-1.330
açúcar	1.590
vidro comum	2.400-2800
alumínio	2.700
chumbo	11.400

....nisto?

material	densidade (kg/m ³)
gás hélio	0,18
ar quente (75°C)	1,01
ar (25°C)	1,18
gás de cozinha	2,59
gasolina	660-690
álcool	791
óleo de oliva	918
água	1.000
leite	1.028-1.035
água com sal (10%)	1.071
água com sal (25%)	1.190
mercúrio	13.600

Estica e Puxa...

Em situações nas quais os objetos podem ser considerados elásticos, como é o caso da mola ou do elástico do seu dinamômetro, é possível determinar o *valor* da força de uma forma bastante simples. Imagine, por exemplo, um menino puxando o elástico de um estilingue.

Quanto mais o garoto puxa a borracha, maior é a força que ele tem de fazer para mantê-la esticada. Esse fato revela uma importante relação entre a força aplicada e a deformação do elástico. Na medida em que este é puxado, seu comprimento aumenta e a força por ele aplicada também aumenta.

Podemos estabelecer a seguinte relação...

QUANTO MAIOR A **DEFORMAÇÃO** MAIOR A **FORÇA**

que pode ser traduzida pela fórmula:

$$F_{\text{elástica}} = k \cdot x$$

Nessa fórmula, a letra **k** representa as propriedades elásticas do objeto, ou seja, se ele se deforma facilmente ou não. Esse valor é chamado de *constante elástica*. Quanto maior for o valor de **k**, mais rígido será o objeto. Por exemplo, um colchão de espuma mole possui um valor de constante elástica pequeno, ao passo que um colchão ortopédico tem um grande valor de **k**.

O valor **x** representa a deformação sofrida pelo objeto. É preciso lembrar que a força será sempre no sentido oposto ao da deformação: se você forçar um colchão com as mãos para baixo ele irá forçar suas mãos para cima.

15

Quando é difícil
parar

Se você está no comando de uma espaçonave e passa um cachorro espacial na sua frente, o que você faz?

Quadrinhos de Jim Davis, extraídos da *Folha de S. Paulo* e da revista *Garfield na Maior*.

A lei da inércia segundo Garfield

Newton disse que um corpo permanece em repouso...



se não houver nada que possa tirá-lo desse estado, ou seja, alguma interação com qualquer outro corpo.

Mas também permanece em movimento...



constante, sem alteração de sua quantidade de movimento até que encontre algo com que interaja.

Às vezes não percebemos que estamos em movimento...



porque quando o movimento é uniforme não podemos senti-lo ou distingui-lo do estado de repouso.

Mas uma mudança brusca pode nos lembrar disso!



Somente quando estamos acelerados realmente sentimos algo que nos permite dizer que estamos em movimento.

Barcos e espaçonaves

O que existe de semelhante entre o movimento de um barco a remo e o de uma espaçonave? Tanto em um como no outro, algo tem de ser lançado para trás para que o veículo avance. A pessoa exerce força no remo jogando água para trás, provocando com isso um impulso no barco. Na espaçonave é a força de ejeção dos gases combustíveis para trás que produz um impulso no veículo para a frente.

Porém, no momento de parar, existe uma diferença fundamental entre essas duas situações: é muito fácil parar um barco (se não houver correnteza, é claro!) Basta a pessoa parar de remar. Se ela quiser parar mais rápido, pode simplesmente mergulhar a pá do remo na água.

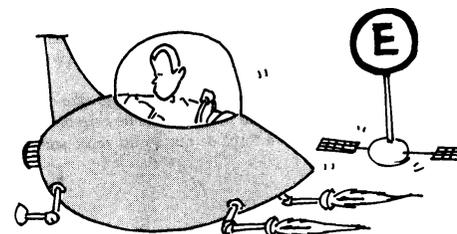
Parar uma espaçonave já é mais difícil. Quando, em pleno espaço, seus “motores” são desligados, ela continua seu movimento sem diminuir a velocidade, a menos que encontre algo em seu caminho. Por que existe essa diferença?

Quando paramos de remar um barco, deixamos de exercer a força que o impulsiona. Assim, no atrito com a água o barco transfere aos poucos toda sua quantidade de movimento para ela. Já uma espaçonave, mesmo sem a força para impulsioná-la, permanece em movimento por centenas de milhares ou até por milhões de quilômetros praticamente sem modificar sua velocidade, até se aproximar de outro planeta ou de um satélite. Isso acontece porque no espaço não há nada para a nave transferir o seu movimento. Não existe ar ou qualquer outra coisa para interagir com ela. Dessa forma, ela mantém constante a sua quantidade de movimento.

Isso mostra que se um objeto em movimento não contar com algo que possa “segurá-lo”, ou seja, aplicar um impulso contrário ao movimento, sua tendência será permanecer em movimento para sempre. Essa tendência em continuar o movimento mantendo constante sua velocidade é chamada na Física de **inércia**.

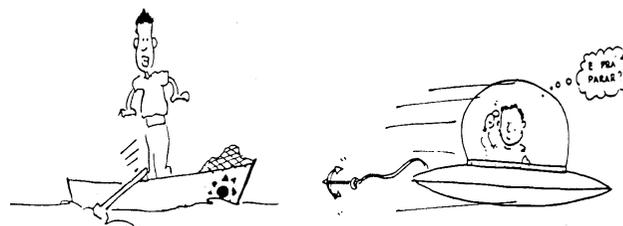
Se no espaço uma nave se desloca por inércia, como é possível pará-la?

Para conseguir parar ou manobrar, os módulos espaciais possuem jatos direcionados para a frente e para os lados. Uma nave que se aproxima de uma estação espacial, por exemplo, pode lançar jatos para a frente, impulsionando o veículo para trás até que ele pare. Por meio de cálculos feitos por computador, os operadores podem realizar manobras com bastante precisão, sem risco para os tripulantes.



As espaçonaves possuem jatos direcionados.

As espaçonaves, na maior parte de seu trajeto, trafegam na “banguela”



Mesmo o barco precisa de uma força contrária ao seu movimento para conseguir parar. Embora aparentemente isso não seja necessário, mesmo quando paramos de remar um barco, ele não pára sozinho: é a água que o “segura”: é o que chamamos de força de resistência da água.

Por que não percebemos a Terra se mover?

Galileu Galilei quase foi para a fogueira porque dizia que a Terra estava em movimento. E, realmente, esse fato não parece algo razoável, porque não sentimos o movimento da Terra.

Se você estiver em um trem, em um barco ou no metrô, de olhos fechados, às vezes terá dificuldade de dizer se está ou não em movimento, mas quando olha para fora e vê a paisagem em movimento, logo se dá conta de que está se deslocando.

Na verdade, se o movimento do trem, barco ou metrô for uniforme, ou seja, sua velocidade se mantiver sempre a mesma, em linha reta e se não houver trepidações e vibrações, tudo se passa como se estivéssemos parados. Se não olharmos para fora e não ouvirmos o som dos motores é impossível saber se estamos em movimento ou não.



Galileu percebeu que essa era a explicação para o fato de não sentirmos o movimento da Terra. Mas isso tem conseqüências ainda mais fortes: significa que os movimentos são relativos.

O que quer dizer isso? Uma pessoa sentada no outro banco do trem está parada em relação a você, que está lá dentro mas está em movimento do ponto de vista de quem está fora do trem. Qual é ponto de vista mais correto? O seu, ou o da pessoa que vê tudo de fora? A resposta é: nenhum! Afinal, quem estivesse "de fora" da Terra também veria a pessoa "parada" fora do trem em movimento.

Todos que estejam em movimento uniforme em relação aos outros podem dizer que seu ponto de vista é o correto. A isso chamamos de referencial.

Tudo isso está intimamente ligado à Primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia. Dê mais uma olhada nela. O estado de repouso de uma bola no chão do trem em movimento uniforme equivale ao estado de movimento de quem vê essa mesma bola de fora do trem.

Para tirá-la do repouso alguém dentro do trem pode dar um cutucão na bola. Quem está de fora verá que a bola, que estava em movimento constante junto com o trem, muda seu movimento, ou seja altera o seu estado de movimento.

E o que acontece se o trem breca de repente? Bem, nesse caso, sim, podemos sentir o efeito. Parece que estamos sendo jogados para a frente. Agora o trem deixa de ser um referencial equivalente aos outros, porque ele mesmo está variando seu movimento.

Nessas condições, uma bola no piso do trem pareceria iniciar um movimento para a frente. Na verdade, quem está de fora terá condições de dizer que o trem está parando e a bola simplesmente tendeu a continuar o movimento que possuía antes. O mesmo aconteceria a todos nós se a Terra freasse de repente o seu movimento: nos sentiríamos sendo "jogados", e isso certamente causaria grandes catástrofes, dependendo da intensidade dessa "freada".

Se a Terra se move, e também os outros planetas, há algo que pode ser considerado realmente "em repouso"? A resposta é não! Mesmos as estrelas, como o Sol, estão em movimento quase uniforme uma em relação a todas as outras. Portanto, a velocidade de algo no espaço sempre tem de ser indicada em relação a alguma outra coisa, porque não há nada que possa ser considerado realmente "parado".

1ª lei de Newton

"Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas a ele."

A Teoria da Relatividade

A leitura das páginas anteriores estão bastante ligada à chamada Teoria da Relatividade de Einstein, da qual possivelmente você já ouviu falar.

Na verdade, foi Galileu que começou essa história quando percebeu que as leis da Física não dependem do referencial. Nunca poderemos saber se estamos em repouso ou se nos movemos em velocidade uniforme. Tudo o que acontece é exatamente idêntico.

Albert Einstein, ainda muito jovem, pensou muito sobre isso quando ouviu dizer que a velocidade da luz era de 300.000 km/s. Ora, pensou ele, quer dizer que seu eu corresse a essa mesma velocidade poderia ver a luz parada? Mas a velocidade da luz é medida em relação a quê?

Acreditando que seria absurdo a luz "parada", procurou uma solução para o problema, e chegou à conclusão de que a velocidade da luz era sempre a mesma independentemente do referencial. Quer dizer, se fosse possível, ao ligar uma lanterna, correremos muito, mas muito mesmo, sempre veríamos a luz se afastar de nós a 300.000 km/s. Mesmo que conseguíssemos atingir 299.990 km/s!

Como isso é possível? Para Einstein, conforme nossa velocidade fosse aumentando, o nosso tempo passaria mais devagar e o nosso espaço encolheria, para quem nos visse de fora de nosso veículo.

Assim, para quem visse de fora, a luz poderia ter percorrido 600.000 km/s em 2 segundos. Mas o mesmo espaço para nós teria 300.000 km e teria se passado apenas 1 segundo. De qualquer forma, a velocidade da luz seria a mesma: 300.000 km/s.

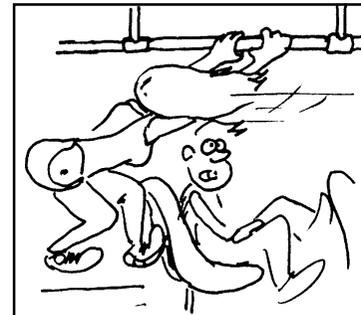
Porém isso também quer dizer que, para quem se desloca a velocidades altas em relação a nós, o tempo passa mais devagar. A pessoa não percebe, mas quando ela volta, passou menos tempo para ela!

Como assim? Imagine que fosse possível fazer uma espaçonave que se movesse com velocidade próxima à velocidade da luz. Os tripulantes poderiam ir até um sistema solar a alguns trilhões de quilômetros e voltar. Aqui na Terra poderiam se passar, por exemplo 20 anos para eles irem e voltarem. Mas, dentro de sua nave poderiam se passar apenas cinco anos, dependendo da velocidade!

Isso quer dizer que eles envelheceriam apenas cinco anos, e que todo o tempo para eles seria absolutamente normal, como sendo de cinco anos. Mas para quem ficou na Terra, se passaram vinte anos. Todos envelheceram vinte anos, tudo se passou normalmente no tempo de vinte anos. Para os astronautas, é como se fosse uma viagem para o futuro!

Vejamos por que. Imagine que em 1998 você tivesse 18 anos e uma irmã de 6 anos de idade. Se fizesse esta viagem, para você se passariam cinco anos, e todos os relógios da nave indicariam isso perfeitamente. Você voltaria à Terra com 23 anos, com aparência e físico de 23 anos. Mas na Terra seria o ano 2018, e sua irmã já teria 26 anos, com tudo o que tem direito.

Como você vê, isso é algo impressionante e parece mentira! Mas se até hoje não experimentamos esses fatos é porque nossos veículos ainda são muito lentos. Se um dia formos capazes de viajar a essas velocidades incríveis, estes problemas certamente surgirão e alguns pais poderão vir a ter filhos que sejam mais velhos do que eles. Quem viver, verá!

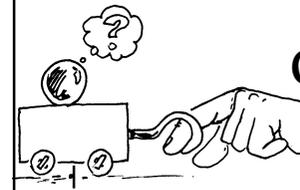


Para fazer no ônibus!

O que ocorre aos passageiros quando um ônibus dá uma freada brusca? Como você explica esse fato?

Quando o ônibus dá uma arrancada repentina, o que ocorre? Explique baseado nas discussões da página anterior.

Por que é tão perigoso saltar de um ônibus em movimento?



O que acontece à bolinha?

A
Uma bolinha de aço está apoiada sobre um carrinho que possui uma superfície muito lisa. Quando uma pessoa puxar o carrinho para a direita, a bolinha irá:

- () cair bem à direita do ponto A.
- () cair aproximadamente sobre o ponto A.
- () cair bem à esquerda do ponto A.
- () acompanhar o carrinho.

Justifique a sua resposta.

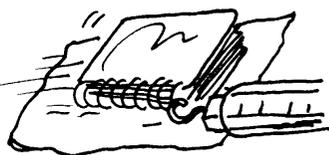
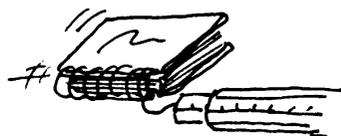
— 16 —

Batendo, ralando e esfregando...

Você viu que é o atrito que faz tudo parar. Agora vamos parar para ver o que mais o atrito faz.

Medindo o atrito

experimente:



Procure aquele dinamômetro que você fez outro dia: você vai usá-lo agora (não era para jogar fora...). Usando um caderno você irá investigar a força de atrito entre a capa do caderno e a mesa.

Primeiro:

Enganche um dinamômetro no arame de um caderno e arraste-o sobre a mesa por uma certa distância, com velocidade mais ou menos constante. Anote a medida.

Segundo:

Repita a experiência, colocando outros objetos sobre o caderno antes de arrastá-lo. Anote novamente a medida.

Terceiro:

Observe o efeito que ocorre quando colocamos objetos embaixo do caderno para arrastá-lo. Tente com lápis, borracha ou um pano, por exemplo. Já anotou a medida?

Essa experiência mostra fatos que observamos na prática. A força de atrito depende das superfícies que estão em contato. Em geral, o papel em contato com a madeira da mesa provoca mais atrito do que um pano, mas por outro lado resulta em menos atrito do que a borracha. Para expressar esse fato inventou-se um valor chamado coeficiente de atrito, indicado geralmente pela letra grega μ (mi). E quanto maior o peso sobre o objeto, maior a força necessária para arrastá-lo. Isso ocorre porque, quanto mais forte o contato (força normal) entre as duas superfícies, também maior o atrito.

Materiais		μ
gelo	gelo	0,05 a 0,15
roupa de náilon	roupa de náilon	0,15 a 0,25
madeira	madeira molhada	0,20
madeira	couro	0,3 a 0,4
roupa de algodão	roupa de algodão	0,6
madeira	tijolo	0,6
borracha	sólidos limpos e secos	1,4

Os valores dessa tabela representam quanto um material tem de atrito no contato com outros.

É importante saber que esses valores variam muito com as condições dos materiais.

Entre tapas e beijos

Na Física, a idéia de contato está relacionada à interação que surge quando objetos se tocam. Podemos entender essa idéia se pensarmos em nosso próprio corpo. Ele está equipado para sentir essas interações, que podem se manifestar sob as mais diferentes formas, produzindo uma grande variedade de sensações em nossa pele.

Uma boa bofetada, por exemplo, corresponde a uma interação entre a mão de quem bate e a face de quem recebe, assim como um carinho. Do ponto de vista da Física essas duas interações são de mesma natureza. Uma diferença básica entre elas é a *intensidade da força* aplicada: um tapa, em geral, significa uma força muito mais intensa do que um carinho.

Porém há outra diferença importante entre o tapa e o carinho: a direção da força aplicada. Em um tapa, a força é na direção perpendicular à face da vítima, e no carinho, em geral, essa força ocorre numa direção paralela à pele.

Essa distinção também ocorre em outras situações em que existe o contato entre os objetos. Em batidas, chutes, pancadas, beijos, espetadas, ou mesmo simplesmente quando um objeto se apóia sobre outro, temos forças que agem na direção *perpendicular ou normal* à superfície dos objetos, por isso são denominadas *forças normais*.

Em outros casos, a força aparece na direção paralela à superfície. É o que ocorre em situações como arranhões, raspadas, esfregadas, deslizamentos etc. Em geral, essas forças recebem o nome de *forças tangenciais*.

Portanto, os efeitos das forças de contato entre objetos dependem da maneira como são aplicadas, paralela ou perpendicular à superfície. Mas não é só isso que influi. Também são importantes: a intensidade da força, as características dos objetos e de suas superfícies e o tempo em que eles permanecem em contato.

Uma força muito normal

Como vimos, as forças normais de contato aparecem quando um corpo toca outro. Um chute em uma bola, um cutucão, uma pedra atingindo uma vidraça são exemplos de interações nas quais ocorre esse tipo de força. Em todos esses exemplos é fácil perceber a presença da força, pelos efeitos evidentes que ela produz.

Mas as forças normais de contato também aparecem em situações em que sua presença não é tão visível. Quando algum objeto ou pessoa se apóia sobre uma superfície, ela força essa superfície para baixo. Por outro lado, a superfície sustenta a pessoa aplicando em seus pés uma força para cima: essa é a força normal.

As forças sempre causam alguma deformação nos objetos, que, dependendo de suas características, pode ser temporárias ou permanente.

Vamos discutir essa característica a partir de dois fenômenos físicos bastante conhecidos, mas que em geral são confundidos: **a pisada na bola e a pisada no tomate.**

As diferenças observadas entre as duas pisadas revelam as diferentes características de cada material. As forças aplicadas provocam deformações na bola e no tomate. A bola volta ao normal após a pisada, e o tomate não.

O material da bola é relativamente elástico, ou seja, as deformações sofridas por ela no momento da pisada são temporárias.

Quando as forças cessam, sua tendência é retornar à forma original. Quanto ao tomate, podemos dizer que é quase completamente inelástico, uma vez que a deformação por ele sofrida é permanente. Pense em outros exemplos de materiais elásticos e inelásticos.

SEER ELÁSTICO
significa
voltar à forma original

Nem sempre é fácil dizer o que é ou não é elástico. Na realidade, não há um objeto que seja totalmente elástico ou inelástico. Algumas bolas sofrem deformações permanentes depois de muitas pisadas, perdendo sua forma.

Por outro lado, mesmo um tomate tem sua elasticidade: uma “apertadinha” bem leve lhe provoca uma pequena deformação, que desaparece assim que o soltamos.

O atrito está presente em diversas situações do nosso dia-a-dia. Ele surge sempre que tentamos deslizar uma superfície sobre outra. Ao passar a mão na cabeça de um cachorro, ao apagar uma bobagem escrita na prova ou ao lixar uma parede, a força de atrito é o personagem principal. Quanto mais ásperas as superfícies, maior o atrito entre elas: arrastar um móvel sobre um carpete é bem diferente do que sobre um piso de cerâmica.

Em determinadas situações é fundamental que o atrito seja o menor possível, como no caso da patinação no gelo, onde os movimentos ocorrem graças ao reduzido atrito entre as lâminas dos patins e a superfície do gelo. O peso do patinador, concentrado todo nas lâminas, exerce uma pressão sobre o gelo derretendo-o e formando uma pequena camada de água entre as lâminas e a superfície do gelo. Dessa forma o atrito torna-se muito pequeno, facilitando o movimento do patinador.

O atrito ao microscópio

Mesmo objetos aparentemente lisos, como um vidro, uma mesa envernizada ou a superfície de um automóvel, possuem muitas saliências e "buracos" no nível microscópico.

Quando um objeto é colocado sobre uma superfície (um tijolo sobre a mesa, por exemplo), ele tem, na verdade, somente alguns pontos de contato com ela, devido a essas saliências. A figura ao lado ilustra numa escala muito ampliada a existência de tais saliências e o que acontece quando as superfícies de dois objetos entram em contato.

Um modelo que explica a existência do atrito afirma que, nos pontos onde as saliências se justapõem, ocorrem fortes adesões superficiais, semelhante a uma espécie de "solda" entre os dois materiais. Desse modo a força de atrito está associada à dificuldade em romper essas soldas quando um corpo é arrastado sobre o outro. Durante o movimento, as soldas se refazem continuamente, em novos pontos de contato, de forma que durante o arrastamento existe

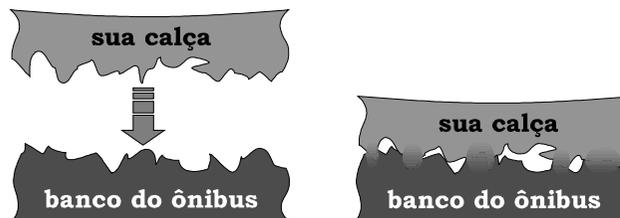
Mas se em muitos casos o atrito atrapalha, em outras situações pode ser totalmente indispensável. É ele que garante que ao empurrarmos o chão para trás seremos impulsionados para frente. Sem atrito, ficaríamos deslizando sobre o mesmo lugar. A tirinha abaixo ilustra bem uma situação onde o atrito faz falta.

Fernando Gonsales
Folha de S.Paulo

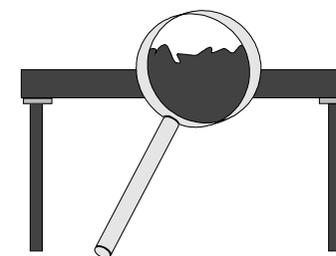


sempre uma força de resistência ao movimento: é a força de atrito.

Para ter uma idéia de como essas soldas ocorrem, imagine o que acontece quando você senta no banco de um ônibus. O atrito entre sua calça e o banco poderia ser representado, em nível microscópico, da seguinte forma:



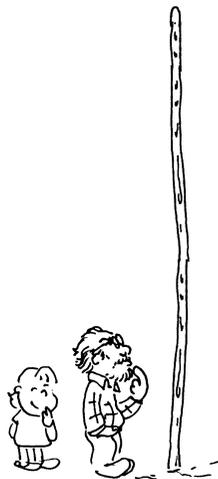
Esse modelo das soldas nos permite entender o efeito dos lubrificantes, que têm a função de diminuir o atrito ao preencher as reentrâncias existentes entre as superfícies e dificultar a formação das soldas.



Vistas de perto, as superfícies mais lisas são cheias de imperfeições

Uma fórmula para a força de atrito

Na última festa junina ocorrida na sua escola, o professor de Física, meio alterado após o árduo trabalho na barraquinha de quentão, decide comprovar algumas teorias físicas para uma platéia estarecida. Sua façanha: subir no pau-de-sebo. Para diminuir o vexame, que sugestões você daria para aumentar a força de atrito e facilitar a escalada do mestre?



Em primeiro lugar, provavelmente você irá sugerir ao professor que agarre bem forte no pau-de-sebo. Com isso você estará garantindo que a força normal seja grande, o que irá causar maior atrito.

Mas também é possível tentar alterar um pouco os materiais em interação, talvez passando areia na roupa e na mão. Ou seja, estamos sugerindo um coeficiente de atrito maior.

Uma maneira matemática de expressar essas possibilidades é pela seguinte fórmula:

$$F_{\text{atrito}} = \mu \cdot F_{\text{normal}}$$

A letra grega μ (mi) indica o coeficiente de atrito entre as superfícies (aquela história da areia), e F_{normal} indica o valor da força normal entre as duas superfícies, quer dizer, a agarrada forte que o professor deve dar. Pela fórmula você pode ver que quanto maior forem esses valores, maior será o atrito.

Atrito de rolamento



Jim Davis, Folha de S.Paulo.

Nem todos os atritos são iguais! Como o atrito é uma força de contato, ele depende essencialmente de como é esse contato entre os objetos. No quadrinho acima, temos um exemplo de rolamento: as bolinhas rolam sob o sapato de Jon e sobre o assoalho. Quando os objetos rolam uns sobre os outros, a força de atrito é bem menor, porque não há o arrastamento. Quanto maior for a roda ou a bola que estiver rolando, menor será o atrito de rolamento. Por isso é mais fácil empurrar carrinhos que possuem rodas maiores.



No boliche

No jogo de boliche, a pista por onde as bolas correm deve ser bem plana e lisa.

- Depois de lançada, a bola mantém a mesma velocidade até atingir o fim da pista? Por quê?
- Enquanto rola na pista em direção aos pinos, a bola sofre alguma força? Qual? Explique.
- Quando atinge os pinos, a bola sofre alguma força? Explique.
- Explique de que forma o tipo de piso influencia no desempenho da bola ao longo do trajeto.
- Se fosse possível construir uma pista absolutamente lisa, sem nenhum atrito, como ficariam as respostas dos itens a e b?



Atrito nos esportes!

Cada esporte possui suas peculiaridades, e, dependendo delas, as forças de atrito desempenham papéis diferentes.

- Em quais deles o atrito atrapalha o desempenho dos atletas?
- Em quais deles depende-se do atrito para a prática dos esportes?
- Aponte e discuta as características especiais dos calçados de alguns esportes, destacando sua relação com o atrito.
- Que outros tipos de interação, além do atrito, aparecem nos esportes que você mencionou?

— 17 —

O ar que te
segura

Você já reparou nos diferentes formatos dos carros existentes no mercado? Será que isso faz alguma diferença?

Na tabela ao lado você pode ter uma idéia da resistência provocada pelo ar a que cada formato está sujeito em seu movimento.

forma	descrição	C	forma	descrição	C
	Formato mais aerodinâmico	$< 0,1$		Caminhão	0,8-1,0
	Carro esporte	0,2-0,3		Bicicleta de corrida com ciclista	0,9
	Semi-esfera (abertura para trás)	0,38		Cubo	1,05
	Carros de passeio	0,4-0,5		Placa quadrada	1,2
	Esfera	0,47		Motociclista	1,8
	Ônibus	0,6-0,8		Semi-esfera (abertura para a frente)	1,42
	Cilindro	0,7-1,3		Seção em C (abertura para a frente)	2,30

Líquido	Viscosidade*
Acetona	0,00032
Água	0,0010
Alcool	0,0012
Ketchup	0,083
Creme de barba	0,26
Mostarda	0,29
Margarina	0,78
Óleo de rícino	0,99
Mel	12

* em N.s/m², a 20 graus Celsius

A viscosidade pode ser quantificada por uma grandeza denominada *coeficiente de viscosidade*. A tabela acima mostra alguns valores desse coeficiente. Nela você poderá ver que, com algumas exceções, quanto mais “espesso” o fluido, maior sua viscosidade.

Movimentos dentro da água.....

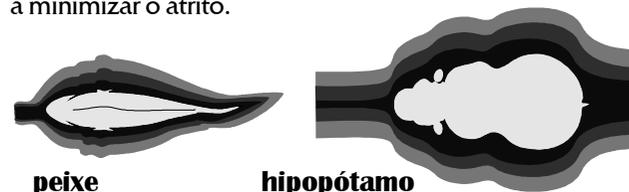
e outros líquidos

Quem já andou dentro da água sabe que é necessário um esforço maior do que para andar fora dela, porque a água resiste ao movimento. Fisicamente, interpretamos tal resistência como uma força que a água aplica nos objetos, opondo-se aos movimentos dentro dela

Essa força depende do formato do objeto que nela se move. De modo geral os peixes e outros animais aquáticos são estreitos e alongados. Trata-se de uma adaptação necessária para se mover mais facilmente dentro da água, pela diminuição da força de resistência.

Animais como um hipopótamo não têm muita mobilidade dentro da água, pois seu corpo bojudado faz com que sofra grande resistência. Os peixes possuem o formato ideal para se mover dentro da água e sofrem um mínimo de resistência. O formato do casco das embarcações em geral

leva em conta essa dificuldade de movimento dentro da água; em geral é projetado para “cortar” a água de modo a minimizar o atrito.



peixe

hipopótamo

Uma das causas da força de resistência da água é uma coisa chamada viscosidade. Cada líquido tem uma viscosidade diferente, que indica o quanto o líquido é espesso. Você acha que é mais fácil se mover dentro do mel ou dentro da água? Certamente o mel dificulta muito mais o movimento do que a água, pois é mais “grosso” e “grudento” do que ela: dizemos que ele tem maior viscosidade.

A resistência no ar

O ar e outros gases também resistem a movimentos realizados “dentro” deles. É graças a isso que o pára-quedas funciona. Quando o pára-quedista salta, ele é submetido a uma força de resistência exercida pelo ar. Ela se manifesta como um vento forte para cima, que vai aumentando à medida que ele cai. A velocidade de queda também aumenta até atingir um valor limite. Sabe-se que um pára-quedista em queda livre atinge uma velocidade de no máximo 200 km/h. Porém, sem a força de resistência do ar ele atingiria velocidades muito maiores: saltando de uma altura de 1000 metros ele chegaria ao chão com uma velocidade de 508 km/h.

Quando ele abre o pára-quedas, a força de resistência se torna muito maior devido ao formato e ao tamanho do pára-quedas. Com isso sua velocidade cai rapidamente, atingindo valores menores que 10 km/h, seguros o suficiente para uma aterrissagem tranqüila.

Se nesse caso a força de resistência é útil, há outras situações em que procuramos evitá-la. É o caso do projeto de carrocerias de automóveis. Talvez você já tenha ouvido frases do tipo “*tal automóvel é mais aerodinâmico*”. O que quer dizer isso? Quer dizer que, dependendo do formato que um veículo tem, ele sofre uma força de resistência do ar maior ou menor. Os veículos mais modernos têm um formato mais aerodinâmico, ou seja, que corta o ar de uma maneira mais eficaz, diminuindo a resistência. Isso melhora o desempenho do veículo (velocidade final atingida) e economiza combustível, pois o motor não precisa de tanta força para manter a velocidade.



formato antigo:
maior força de resistência

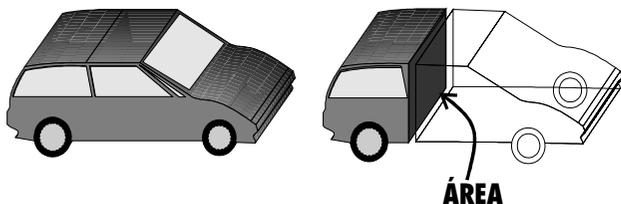
formato moderno:
menor força de resistência

Calculando a força no carro

O formato de um carro é caracterizado por um número chamado coeficiente de arrasto aerodinâmico, indicado por C_x . Quanto menor o coeficiente, melhor a aerodinâmica. Normalmente o C_x dos veículos varia entre 0,3 e 0,9. A tabela da primeira página desta leitura (pág.65) mostra o valor de C_x para vários formatos diferentes.

Quanto maior for a velocidade do carro, maior é a força de resistência que ele sofre. Se um passageiro coloca o braço para fora, sente um pequeno vento na mão quando a velocidade é baixa. Mas quando ela é alta, o vento empurra fortemente sua mão para trás. Essa é a força de resistência do ar, que aumenta com a velocidade.

A área do objeto voltada para o movimento também tem uma influência importante na resistência do ar. Para entender que área é essa, observe a figura abaixo:

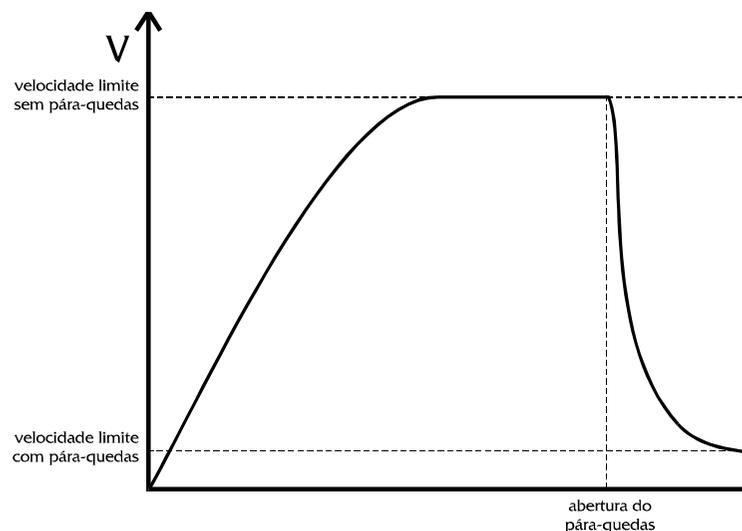


Isso indica que a resistência do ar também está ligada ao tamanho do objeto: um pára-quadras grande, por exemplo, funciona melhor do que um pequeno. Há uma fórmula que resume todas as características que discutimos até aqui e que expressa o valor da força de resistência no ar e na água para a maioria das situações:

$$F_{res} = -\frac{1}{2} \cdot C_x \cdot d \cdot A \cdot v^2$$

Nessa fórmula há apenas uma coisa que não comentamos: a densidade do meio indicada por d . Quanto maior for essa densidade, também maior será a força de resistência.

Leia e entenda tudo isto antes de saltar de pára-quadras



O gráfico acima mostra como a velocidade de um pára-quadista varia enquanto ele cai. No começo, sua velocidade aumenta porque a resistência do ar é bem menor que o peso. Conforme a velocidade vai aumentando, a resistência do ar aumenta, e com isso a força resultante diminui (Por quê?).

Quando a resistência se iguala ao peso, a velocidade pára de aumentar. Agora, a força resultante é nula. De repente, ele abre o pára-quadras, e a força de resistência aumenta brutalmente, ficando bem maior que o peso. A resultante agora é para cima. O que vai acontecer com o camarada?

Sua velocidade diminuirá rapidamente, e com ela também a força de resistência, até que ela se iguale novamente à força-peso.

Mais uma vez a velocidade se torna constante. Só que agora o seu valor é bem pequeno: o pára-quadista passa a ter uma queda suave até tocar o solo.

Para responder durante o salto:

1. Explique o que ocorre ao pára-quadista em cada trecho do gráfico.
2. Indique o sentido da força resultante em cada trecho.
3. Se o pára-quadras não abrisse, como ficaria o gráfico?

Exercitando

QUEM CHEGA ANTES???

Suba numa da cadeira, estique os braços para cima (cuidado com o desodorante vencido!!!) e solte duas caixas de fósforo ao mesmo tempo, sendo uma vazia e a outra cheia de moedas. Qual chega antes?



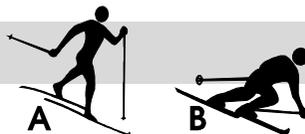
Se você já ouviu falar que todos os objetos caem com a mesma aceleração, as duas caixas deveriam chegar ao solo juntas, não é?

Acontece que é necessário levar em conta a resistência do ar!!!! Eta ar bom...

A resistência do ar é a mesma para as duas caixas, pois elas têm a mesma forma, mas os pesos das caixas são diferentes; assim, é necessário calcular a força resultante em cada caixa.

Faça três desenhos representando as forças que atuam em cada caixinha no início, no meio e no fim do movimento e responda rapidinho qual chega antes.

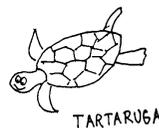
O esquiador



Durante a descida de uma montanha o esquiador sofre uma grande força de resistência do ar. Sendo assim, em qual das posições (A ou B) um esquiador deve descer para atingir a velocidade mais alta? Explique.

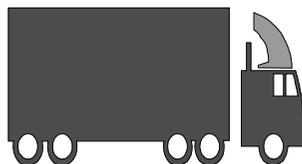
Na Terra e na Lua.

Todos os corpos na Terra sofreriam a mesma aceleração de queda, igual a $9,8 \text{ m/s}^2$, se não fosse a resistência do ar. Baseado nisso, responda: ao soltar uma pena e um martelo da mesma altura sobre a superfície da Lua, o que você espera que aconteça? Por quê?



Tartarugas e jabutis

As figuras acima representam um jabuti e uma tartaruga. Qual deles é um animal marinho? Quais as diferenças no corpo dos dois que permitem afirmar isso? Explique.



Caminhão chifruado

A figura acima mostra um acessório hoje em dia muito comum, colocado sobre a cabine de caminhões com o objetivo de economizar combustível. Explique como funciona esse equipamento.



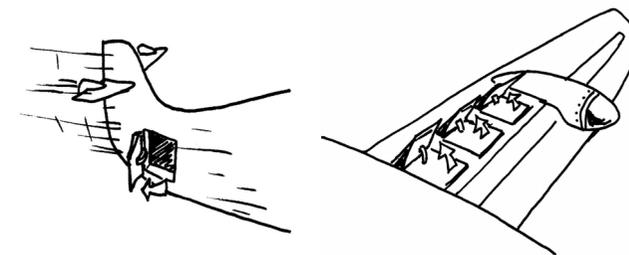
Parando um jato ou um avião de caça

Para conseguir parar esses tipos de avião usam recursos como o acionamento do *speed brake*, o pára-quebras ou a inversão da posição das pás das hélices de turbinas. Explique, em termos de impulso, como isso funciona.

Esses recursos são utilizados porque apenas o atrito dos pneus com o chão não é suficiente para parar o avião. Se dependêssemos só dessa força necessitaríamos de uma pista muito extensa!

Tanto os *speed brakes*, localizados nas asas ou na lateral do avião, como os pára-quebras acionados na traseira do avião freiam o veículo devido ao atrito com o ar. No caso do turbojato, ao mudar a posição das pás das hélices, invertemos o sentido do jato. O jato dirigido para a frente produz no avião um impulso para trás. Em todos os recursos utilizados sempre existe uma força oposta ao movimento.

Afinal, o que é esse tal de *speed brake*???



— 18 —

Acelera!

Por que um carro acelera mais do que outro? A resposta está na Segunda Lei de Newton.

..... Que carro acelera mais?

carro	motor	massa	tempo de aceleração (0 a 100 km/h)
Trave Plus	PowerRanger 1.0	848 kg	10,0 s
Trave GTi 16 V	NoPower 2.0	848 kg	8,3 s
Paramim	PowerRanger 1.0	967 kg	12,5 s

A tabela mostra o desempenho de modernos veículos nacionais. Você é capaz de dizer por que uns aceleram mais rápido do que os outros?



Jim Davis
Garfield na Maior
Ed. Cedibra

A aceleração do carro e a Segunda Lei

Você pode observar pela tabela da página anterior que alguns modelos atingem mais rapidamente a velocidade de 100 km/h. Se compararmos os dois primeiros carros, veremos que seus motores são diferentes, mas que eles possuem a mesma massa. Na verdade, a principal diferença entre eles é o motor, que é o responsável pela força.

O segundo carro possui um motor mais potente, o que significa que ele é capaz de exercer uma força maior. Isso explica o menor tempo para se atingir a marca dos 100 km/h.

Por outro lado, o primeiro e o terceiro carros (Trave Plus e Paramim) têm o mesmo motor, porém seus tempos de aceleração são diferentes. Por que será?

Se você observar bem, verá que o carro que possui maior massa é o que acelera menos (maior tempo), o que nos leva a concluir que uma massa maior provoca uma aceleração menor.

Calculando a aceleração

A aceleração, portanto, mede a rapidez com que se muda a velocidade. Observe a tabela da página que abre este tópico. O automóvel Trave Plus demora 10 segundos para atingir a velocidade de 100 km/h. Isso quer dizer que, em média, sua velocidade aumenta 10 km/h por segundo.

Por que “em média”? Porque ele pode acelerar mais nos primeiros 5 segundos e menos nos 5 segundos restantes, por exemplo. De qualquer forma, dizemos que sua aceleração média foi de 10 km/h/s.

É chato mas é verdade: para poder fazer cálculos de forças você terá de passar todos os valores de velocidade para metros por segundo. É realmente chato. Mas, afinal, o que é dividir por 3,6? Em vez de 100 km/h teremos algo perto de 27,8 m/s.

Tudo isso está de acordo com a Segunda Lei de Newton:

“A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida.”

Como poderíamos expressar isso (argh!) matematicamente? Já vimos que podemos “medir” o movimento de um corpo pelo produto da massa pela velocidade: $m \cdot v$. A mudança do movimento seria então o produto da massa pela mudança da velocidade, que é o que chamamos de aceleração: $m \cdot a$. Podemos, então, escrever assim: $m \cdot a = F$. Ou, como é mais bem conhecida:

$$F = m \cdot a$$

Podemos dizer que essa fórmula expressa a Segunda Lei de Newton.

Isso quer dizer que a velocidade do Trave Plus aumentará de 2,78 m/s em cada piscada do seu relógio digital. Ou seja sua aceleração será de 2,78 m/s/s, ou, de forma abreviada, 2,78 m/s² (metros por segundo ao quadrado). Sabe como chegamos ao valor 2,78? Adivinhou: dividindo 27,8 m/s (que é a variação da velocidade do carro) por 10 segundos (que é o intervalo de tempo em que medimos essa variação). Formulisticamente, isso se escreve assim:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Na Física o Δ (delta) representa variação. Então estamos dizendo que a aceleração média é a variação da velocidade dividida pela variação (intervalo) do tempo!

Use-a para achar a aceleração dos outros carros!

Tente calcular a aceleração dos outros dois modelos. Leia mais para saber obter o valor da força resultante em cada um.

Subidas, descidas & areia

carro	situação	tempo de aceleração (0 a 100 km/h)
Trave Plus	Asfalto Pista Horizontal	10,0 s
Trave Plus	Areia Pista Horizontal	16,7 s
Trave Plus	Asfalto Subida	20,0 s
Trave Plus	Asfalto Descida	8,3 s

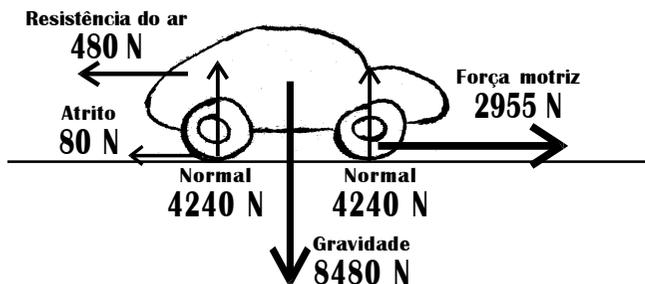
Se você observar a tabela ao lado, verá que na subida um carro acelera menos, enquanto na descida acelera mais do que na pista horizontal. Isso porque nesses casos, parte do peso (força gravitacional) do carro atua no sentido de ajudar ou atrapalhar o movimento. Na descida o carro conta com a ajuda da força gravitacional, enquanto na subida essa mesma força representa um empecilho. Além disso irão contar outras forças, como o atrito com a estrada, que irá depender da pista e do estado dos pneus, e a resistência do ar que dependerá do formato do carro, da velocidade dele e do vento e assim por diante.

Em todos os casos, é possível atingir os 100 km/h. Porém, às vezes ele o faz mais rápido, ou seja, tem aceleração maior, e às vezes o faz mais devagar, o que significa uma aceleração menor.

Quanto maior for o resultado dessas forças, maior será a aceleração, ou seja, mais rápida a mudança de velocidade. E quanto maior for a massa, menor será essa aceleração. Um caminhão de muita massa demora para atingir altas velocidades, embora a força a que está sujeito seja bem maior que a de um carro.

$$a = \frac{F}{m}$$

O que conta, portanto, não é somente a força motriz que o motor proporciona às rodas, mas também as demais forças. Por isso falamos em força resultante, ou seja, o resultado de todas as forças que estão agindo. Numa pista horizontal, por exemplo, teríamos as forças:



Na vertical temos a força gravitacional (peso), que é equilibrada pela força que o chão faz nos pneus. Veja que a soma das normais traseira e dianteira é igual ao peso.

Como essas forças estão em sentidos opostos, elas se anulam. Na horizontal, há a força motriz de 2955 N para a frente, mas também há um total de 560 N para trás, somando atrito e resistência. “Sobram” apenas 2395 N para acelerar o carro. Você pode encontrar sua aceleração dividindo essa força resultante pela massa do carro.

Na subida as forças são praticamente as mesmas de antes, mas estão todas “inclinadas”, exceto o peso, que continua sendo “para baixo”. Como o peso fica inclinado em relação ao piso, ele passa a ter dois efeitos: puxar o carro contra o piso e puxá-lo na direção da descida. Para saber de quanto é cada um desses efeitos temos de fazer como no esquema ao lado, intitulado “Os efeitos do peso”.

A inclinação da subida na tabela desta página é de 8 graus, semelhante à da figura “Forças na subida”. Isso provoca algo em torno de 1178 newtons, na componente do peso que força o carro ladeira abaixo. Quanto maior for a inclinação, maior será a parte do peso na direção da ladeira. Para 30 graus, como na figura “Os efeitos do peso”, esse valor seria próximo de 4240 newtons. Você acha que o carro conseguiria subir? Por quê?

Tente calcular a força resultante e chegue a uma conclusão.

Responda rápido:
Por que na pista com areia o tempo de aceleração do carro é maior?

Deixa eu ver:

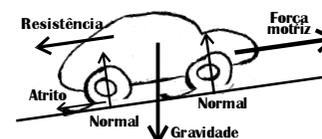
Se $F = m \cdot a$ então

Calculando, temos:

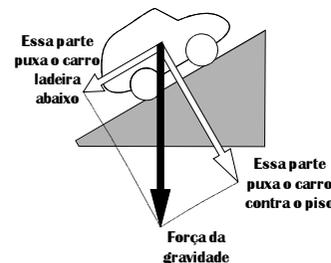
$$a = \frac{2395 \text{ N}}{848 \text{ kg}} \approx \underline{2,8 \text{ m/s}^2}$$

É isso aí!

Forças na subida:



Os efeitos do peso:



As forças que ouvimos por aí

Força!

Você, que nunca imaginou que poderia ouvir alguma coisa neste livro, terá agora a oportunidade de continuar sem ouvir. Porém, poderá imaginar as situações abaixo e seus barulhos. Mais do que isso, aproveitar sua incansável sede de saber e tentar calcular o valor da força resultante em cada uma dessas situações. Para isso você pode calcular as acelerações e multiplicá-las pela massa dos objetos. Que a força esteja com você!

Mas cuidado e atenção!!

As unidades de medida precisam ser transformadas para o SI. (O que é isso mesmo? Quilograma - Metro - Segundo.)

E mais!

Se você colocar os resultados em ordem crescente de força poderá tirar conclusões interessantes. Professor de Física acha tudo interessante...

Ptchissss.... Pouufff!

Um canhão antiaéreo dispara projéteis de 3 kg a 210 m/s. Sua bala leva em torno de 3 milésimos de segundo para sair do cano da arma.

Uóóóóóóóóuuuummmm...

Um superpetroleiro com massa total de 200 mil toneladas, a 36 km/h, demora meia hora para conseguir parar, percorrendo uma distância aproximada de 9 quilômetros.

Scriiinnch.... Crás!

Um automóvel de 1 tonelada colide contra um muro a uma velocidade de 12 m/s. O tempo de colisão é de aproximadamente 3 décimos de segundo.

Aaaaaah... Pufff!

Em um acidente automobilístico, com o carro colidindo contra um muro a 12 m/s, o tempo de colisão de uma pessoa sem cinto de segurança com o painel do veículo é de 1 décimo de segundo. Considere que a pessoa tem 60 kg.

Quebrando um galho... (Crec!)

Não se desespere, vamos ajudá-lo. Mas não é para acostumar! Resolveremos o problema do canhão antiaéreo, que é mais fácil. Nesse caso, a velocidade varia de 0 a 210 m/s, a massa da bala é de 3 kg e o tempo é de 0,003 segundo.

Então a quantidade de movimento é $q = m \times v = 3 \times 210 = 630 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$.

A aceleração é: $a = \Delta v / \Delta t = 210 / 0,003 = 70.000 \text{ m/s}^2$.

A força resultante será: $F = m \times a = 3 \times 70.000 = 210.000 \text{ N}$.

É fácil e indolor!

Vruummm....

Uma pessoa de 57 kg acelera um automóvel de 843 kg, em 1ª marcha, do repouso até a velocidade de 5 m/s. O carro leva 20 s para atingir essa velocidade.

Tchibum!

Em um salto sobre uma piscina, o tempo que uma pessoa de 60 kg leva para atingir o repouso dentro da água aumenta para 0,4 s. Considere que a pessoa atinge a água a 15 m/s de velocidade.

Miaaaauuuu....

O animal terrestre mais veloz é o guepardo, um felino que pesa em torno de 60 kg. Ele consegue acelerar de 0 a 72 km/h em apenas 2 segundos.

Mãããnhêêêêêêêê!!!!

Um *looping* possui massa de 900 kg. Com capacidade para 24 pessoas, ele desce de uma altura de 78,5 metros, chegando ao ponto mais baixo em apenas 3 segundos com uma velocidade de 97,2 km/h.

Ops! Uaaaaahhhhh!!!!

Ao saltar do avião, um pára-quedista de 85 kg (incluindo os equipamentos) leva cerca de 10 segundos para atingir a velocidade de 50 m/s.

Bang! Bang!.... ai!

Uma bala de revólver de 10 gramas atinge uma pessoa a uma velocidade de 150 m/s e fica alojada em seu corpo. Ela leva um centésimo de segundo até parar.

Vrooooooaaaaaaarrrrrr!!!!

Em 5 segundos, um avião a jato de 40 toneladas ejeta 100 kg de gás, que sofre uma variação de velocidade de 500 m/s.

Zuuiimmm ... Cataplof!

Para uma pessoa de 60 kg que cai em pé de uma altura de 12 m o tempo de colisão é algo em torno de 0,12 s. Nessas condições, ela chega ao solo a uma velocidade próxima de 15 m/s.

Taaaaaac!

Em uma tacada de golfe, o contato entre a bola e o taco dura em torno de 1 milésimo de segundo. A bola, de 45 g, atinge 150 km/h após a tacada.

Zuuuuuuiiiiiimmmmm!

O metrô é composto de seis vagões, que ao todo somam 180 toneladas. Controlado por um sistema especial, ele sempre acelera de 0 a 44 km/h em 10 segundos.

Tlim! Tlim! ...Estação Sé

Estando a 100 km/h, um metrô de seis carros, com 30 toneladas cada um, gasta 24,8 segundos para atingir o repouso.

Vromm! Vromm! Vromm!

O Dragster é o carro de competição mais veloz que existe. Pesando apenas 250 kg, ele percorre uma pista de 402 metros, atingindo a velocidade de 403,2 km/h em apenas 3,5 segundos.

Yááááá!!!!

Um carateca (praticante de caratê) atinge uma pilha de blocos de madeira, rompendo-os. Ao entrar em contato com a pilha, a mão do esportista possui uma velocidade de 13 m/s, levando apenas 5 milésimos de segundo para partir os blocos. A massa da mão, para essa situação, pode ser considerada de 700 gramas.

Pim! Sobe?

Um elevador, partindo do repouso no térreo, demora 3 segundos para atingir a velocidade de 180 metros por minuto. Sua massa total é de 1000 kg.

Senhores passageiros...

Um avião Jumbo 747 de 80 toneladas, atingindo a pista de pouso a 270 km/h, percorre 1,2 km em meio minuto até a parada total.

Aaaaaaaa!

A partir do repouso, a mão de um praticante de caratê leva 14 décimos de segundo para atingir a pilha de blocos, a 14 m/s. Podemos considerar a massa da mão como de 700 gramas.

Prrriii!!!! Tchouff! Uh, tererê!

Após o chute para a cobrança de uma penalidade máxima, uma bola de futebol de massa igual a 0,40 kg sai com velocidade igual a 24 m/s. O tempo de contato entre o pé do jogador e a bola é de 0,03 s.

Fluuuop! ...Ufa!

Antes de abrir um pára-quedas a velocidade de um pára-quedista de 85 kg (incluindo equipamentos) vale 50 m/s. Após abrir o pára-quedas sua velocidade cai rapidamente, atingindo o valor de 4 m/s em apenas 1 segundo.

19

Quem com ferro
fere...

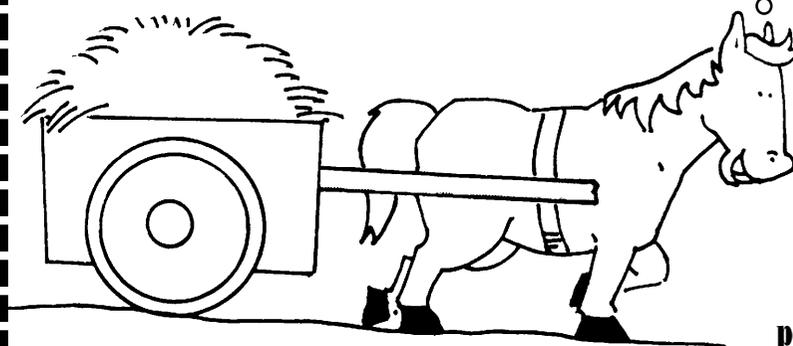
...com ferro será ferido.
Será que esse ditado
popular tem algo a ver
com a Física?
Pergunte ao cavalo...

Eta cavalinho filho
duma égua!

Um problema cavalares

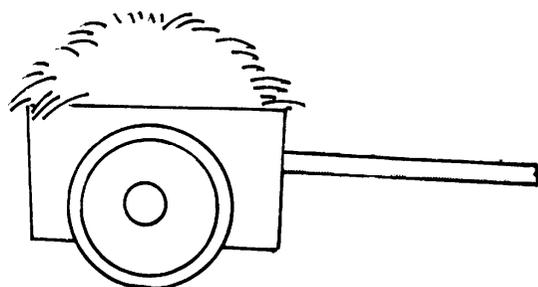
Um estudioso cavalo, ao ler *Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, de Isaac Newton, na sua versão original em latim, passou a questionar seu papel na sociedade. Como poderia puxar uma carroça, se de acordo com a Terceira Lei ela o puxa para trás com a mesma força?

SE A CARROÇA ME PUXA PARA TRÁS COM A MESMA FORÇA QUE EU FAÇO PARA A FRENTE, COMO É QUE EU VOU MOVÊ-LA?

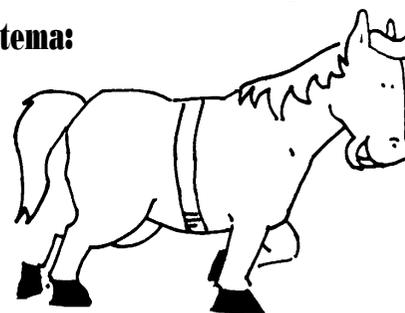


Cabe a nós o triste papel de convencer o cavalo a permanecer na árdua tarefa de puxar a carroça.

Antes de mais nada, sugerimos que você pense em todas as interações que existem entre os objetos do sistema:



CARROÇA



CAVALO

CHÃO
(Planeta Terra)

Quem com ferro fere...

...com ferro será ferido. Esse agressivo ditado popular é muitas vezes traduzido pelo enunciado da lei que provavelmente é a mais conhecida da Física: a **lei da ação e reação**...

Mas o significado dessa lei, conhecida na Física como **3ª Lei de Newton**, não é tão drástico nem tão vingativo como seu uso popular leva a crer. O uso do ditado reflete a *decisão de revidar* uma ação. Esse direito de escolha não está presente, porém, na **3ª Lei de Newton**.

Um exemplo bastante comum é a batida entre dois veículos: nesse tipo de incidente, ambas as partes levam prejuízo, mesmo que um deles estivesse parado, pois os dois carros se amassam. Não é necessário, portanto, que o

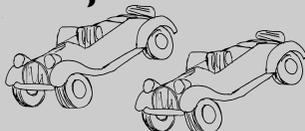
motorista do carro parado decida *revidar* a ação, pois a *reação ocorreu simultaneamente à ação*.

Da mesma forma, quando chutamos uma bola, a força exercida pelo pé empurra a bola para a frente, enquanto a bola também age no pé, aplicando-lhe uma força no sentido oposto. Se não fosse assim, poderíamos chutar até uma bola de ferro sem sentir dor.

A bola recebe um impulso que a faz “ganhar” uma certa quantidade de movimento. Já o pé do jogador “perde” essa quantidade de movimento que foi transferida para a bola, ou seja, sofre um impulso equivalente ao da bola, mas em sentido oposto.

Faça & Explique

Arranje:



Dois Carrinhos de Fricção

Depois Pegue... e Faça:

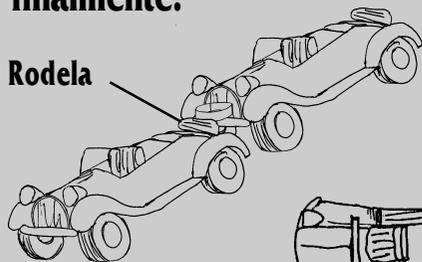


Um Copinho Plástico

Fita Adesiva

Uma Rodela

E finalmente:



Rodela

Conecte os dois carrinhos usando a rodela:



Primeiro:

Acione a fricção apenas do carrinho da frente e coloque-os em movimento.

1. A aceleração dos carrinhos é igual à de quando temos apenas um carrinho? Por quê?
2. Durante o movimento, o que ocorre com a rodela? Como você explica isso?

Segundo:

Agora acione a fricção apenas do carrinho de trás e coloque-os em movimento.

1. E agora, como é a aceleração dos carrinhos? Por quê?
2. O que ocorre com a rodela agora? Como você explica isso?

Terceiro:

Acione a fricção dos dois carrinhos.

1. Como é a aceleração agora? Por quê?
2. O que acontece com a rodela? Explique.

Como você relaciona essas observações com a Segunda e a Terceira Lei de Newton?

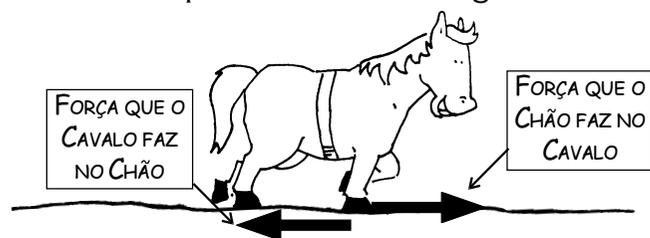
O cavalo que sabia Física

Na interação entre objetos as forças de ação e reação atuam ao mesmo tempo, **mas uma em cada corpo**, possuindo mesma intensidade e direção e sentidos contrários. O fato de a força de ação agir em um objeto e a de reação em outro é a idéia básica da 3ª Lei de Newton.

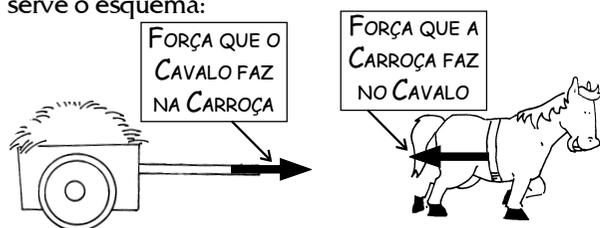
Isso está diretamente ligado à história do cavalo. A desculpa do nosso esperto quadrúpede para não ter de puxar a carroça não é válida. Vejamos por quê, analisando o que acontece à carroça e ao cavalo.

Como o cavalo se move?

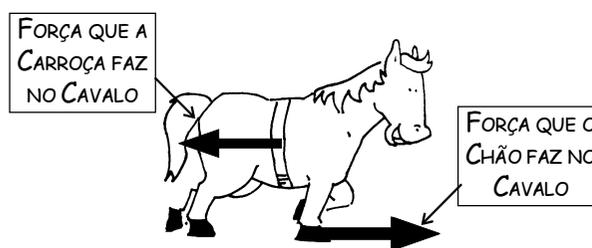
Se você disser que o cavalo empurra o chão está absolutamente certo. Mas o que faz *realmente* o cavalo andar é a força de reação que o chão faz no cavalo. Poderíamos esquematizar tudo isso da seguinte forma:



Mas o cavalo tem de puxar a carroça. Como ficaria o esquema das forças com a carroça? É preciso lembrar que da mesma forma que o cavalo "puxa", ela "segura" o cavalo, ou seja, aplica nele uma *força de reação*, para trás. Observe o esquema:



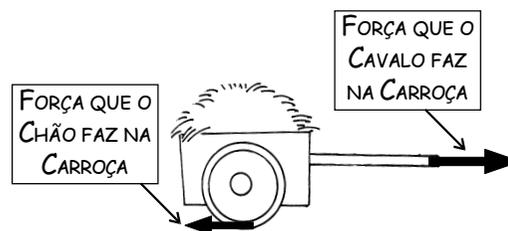
Essa discussão mostrou dois pares de forças de ação e reação. O primeiro representando a interação entre o cavalo e o chão e o segundo mostrando a interação entre o cavalo e a carroça. Mas para entender o movimento do cavalo que puxa a carroça, podemos fazer um esquema somente com *as forças que são aplicadas nele*. Observe:



Se o cavalo consegue se mover para a frente é porque a força que o chão faz no cavalo é maior que a força que a carroça faz no cavalo. Portanto, o cavalo tem de aplicar uma grande força no chão, para que a reação deste também seja grande. Se não for assim, ele "patina" e não consegue arrastar a carroça.

E a carroça, como se move?

É claro que ela se move porque o cavalo a puxa. Mas não podemos nos esquecer de que, além do cavalo, a carroça também interage com o chão, que a segura pelo atrito. Evidentemente, a força que o cavalo faz na carroça tem de ser maior do que força que o chão faz na carroça.



Faça & Explique:

Uma atração a distância

Uma menina resolve fazer a seguinte experiência: em uma vasilha com água coloca dois “barquinhos” de isopor, um com um prego e outro com um ímã, posicionados a uma pequena distância entre si. O que você acha que ela observou? Explique.

Barquinho movido a ímã

A mesma menina tem a seguinte idéia: se colocar um ímã na frente de um prego, ambos sobre o mesmo barquinho, a atração fará o barquinho se movimentar. Discuta essa questão.

Quem faz mais força?

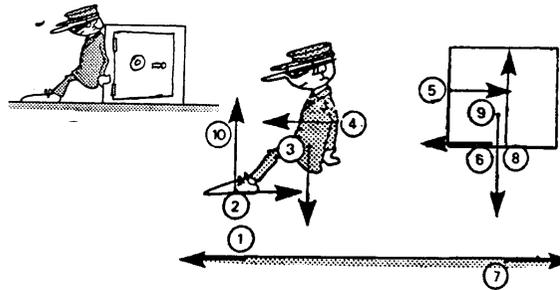
Um menino puxa seu companheiro preguiçoso de uma cadeira tentando levá-lo para dar um passeio. Aparentemente, essa é uma situação que viola a Terceira Lei de Newton, uma vez que só um dos garotos faz força. Isso é mesmo verdade? Discuta.

resolução:

Essa situação é enganosa, pois nos leva a confundir força com esforço muscular, que são coisas diferentes. De fato, somente o garoto que puxa o companheiro realiza um esforço muscular, que pode ser fisicamente identificado como um consumo de energia dos músculos do seu braço. Mas em relação à força que ele aplica, a situação é diferente: ao mesmo tempo que suas mãos puxam o braço do companheiro para cima, este resiste, forçando as mãos do garoto no sentido oposto. Portanto, o braço do menino sentado também aplica uma força nas mãos do outro menino, embora essa força não esteja associada a um esforço muscular.

Boletim de ocorrência

Um amigo do alheio, não obtendo êxito em sua tentativa de apropriação indébita do conteúdo de um cofre, decide que a melhor solução é arrastá-lo até o recesso de seu lar. O diagrama de forças ao lado indica as várias interações presentes nessa delicada operação executada pelo meliante.



Sua tarefa:

Copie a tabela e coloque o número correto na descrição de cada força.

Quais forças possuem a mesma intensidade?

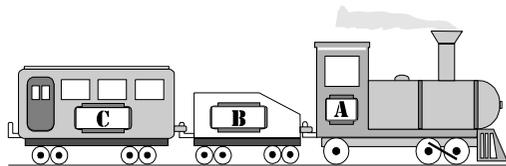
Que forças constituem pares de ação e reação?

Quais forças deixaram de ser incluídas na tabela?

Número	Força
	Atrito do pé aplicado ao chão
	Atrito do chão aplicado ao pé
	Normal do ladrão aplicada ao cofre
	Normal do cofre aplicada ao ladrão
	Atrito do cofre aplicado ao chão
	Atrito do chão aplicado ao cofre
	Peso do cofre
	Normal do chão aplicada ao cofre
	Peso do ladrão
	Normal do chão aplicada ao ladrão

DESAFIO

Se você se divertiu com o exercício acima, poderá desfrutar agora um prazer ainda maior: desenhar todas as forças a que estão sujeitas cada uma das partes do trenzinho da figura abaixo.



1

2

3

Explique o que é cada uma dessas forças. Diga quais possuem o mesmo valor. Indique todos os pares de ação e reação.

Mentira pantanosa

Um personagem conhecido como Barão de Munchausen é considerado o maior mentiroso da literatura internacional. Em uma das suas aventuras, o simpático barão conta que, ao se ver afundando em um pântano, conseguiu escapar puxando fortemente seus próprios cabelos para cima. Mostre que essa história é uma mentira usando a Terceira Lei de Newton.

—20—

Pitstop para um testdrive

Você irá agora realizar sofisticados testes automobilísticos para refletir melhor sobre as Leis do Movimento.

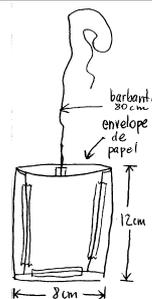
Fazendo um *Testdrive* na mesa da cozinha

material necessário



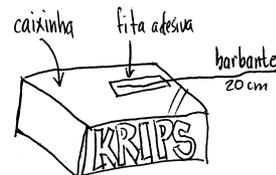
montando o equipamento

- 1 Gravitômetro de Alta Precisão**
Hi-accuracy Gravitommeter



Para montar esse equipamento de última geração, faça um envelope com o papel, conforme mostra a figura. Usando a fita adesiva, prenda a ele 80 cm de barbante.

- 2 Atritor Horizontal Multifacial**
Multifacial Horizontal Frictioner



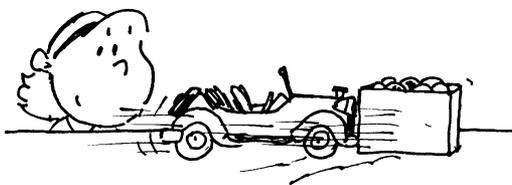
Esse sofisticado instrumento é configurado a partir de um barbante de 20 cm colado na face superior de uma caixinha de papelão, de tamanho próximo ao do carrinho.

20 Pitstop para um testdrive



Você fará agora uma bateria de testes para avaliar o desempenho do seu carrinho de fricção e o seu conhecimento sobre as Leis de Newton. Antes de começar, faça o carrinho se mover livremente para ter uma idéia de quanto ele corre.

Test One



Agora, antes de soltar o carrinho, encoste em sua frente uma caixinha contendo cliques grandes, bolinhas de gude ou alguma outra coisa que aumente seu peso.

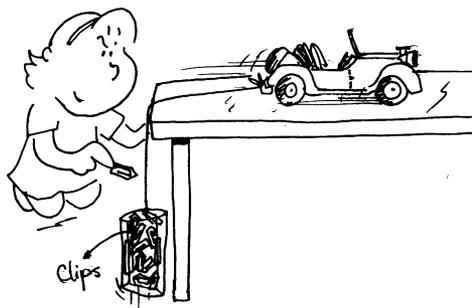
Quantos cliques seu carrinho consegue arrastar?

Faça um esquema das forças que agem no carrinho neste teste. Explique a interação que dá origem a cada uma.

Desenhe também as forças que agem na caixa e explique qual é a interação correspondente a cada uma.

Baseado no que você respondeu, explique por que o carrinho não empurra a caixa quando há muitos cliques.

Test Two



Faça agora o carrinho elevar um certo número de cliques, colocados dentro do envelope, conforme o esquema.

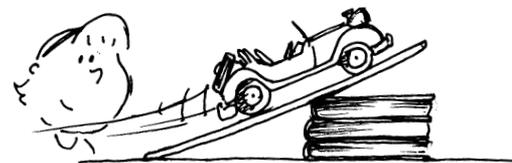
Quantos cliques seu carrinho consegue erguer?

Faça um esquema das forças que agem no carrinho neste teste. Explique a interação que dá origem a cada uma.

Desenhe também as forças que agem no envelope e explique qual é a interação correspondente a cada uma.

Baseado no que você respondeu, explique por que o carrinho não puxa o envelope quando há muitos cliques.

Test Three



Coloque o carrinho para subir uma rampa feita com uma tábua ou placa de papelão e alguns livros, como mostra a figura.

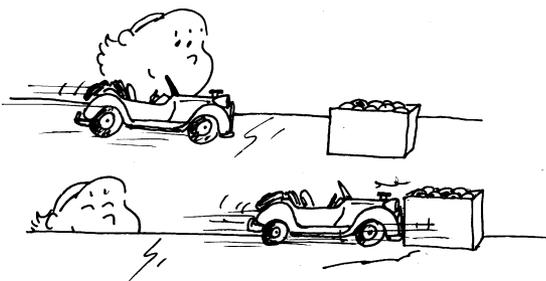
Que inclinação seu carrinho consegue vencer?

Faça um esquema das forças que agem no carrinho neste teste. Explique a interação que dá origem a cada uma.

Baseado em sua resposta, diga por que quando a inclinação é muito grande o carrinho não consegue subir.

Explique o que mudaria na situação se o carrinho tivesse de empurrar a caixa com cliques rampa acima?

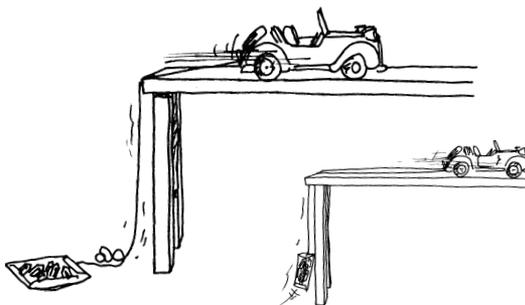
Test Four



Faça o carrinho já em movimento atingir uma caixa cheia de bolinhas ou clips.

Depois de bater na caixa, a velocidade do carrinho aumenta ou diminui?

Test Five



Use uma linha comprida, de forma que o carrinho já esteja com uma certa velocidade quando os clips começarem a subir.

Após os clips saírem do chão a velocidade do carrinho aumenta ou diminui?

O resultado acima depende do número de clips ou bolinhas? Por quê?

“Desenhe” e explique as forças horizontais que agem no carrinho nessa situação.

Quando o movimento é acelerado (velocidade aumentando), qual dessas forças deve ser maior?

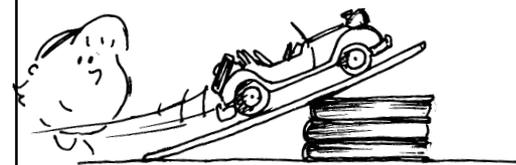
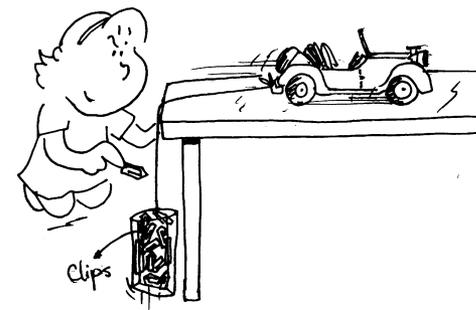
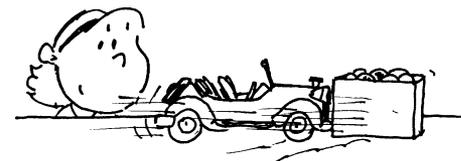
Como se alteram esses valores quando o movimento é retardado (velocidade diminuindo)?

DESAFIO

Em uma viagem normal de automóvel pela cidade, em que momentos o movimento é acelerado e em quais momentos ele é retardado? Dê pelo menos dois exemplos de cada, citando as forças que aparecem em cada situação.

DESAFIO

Testes Lunáticos

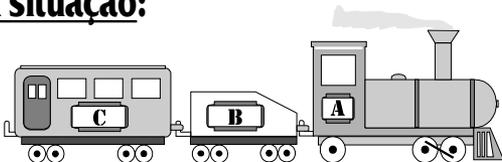


Que diferença observaríamos se os três testes acima fossem efetuados em uma base na Lua?

E o que ocorreria se porventura tais testes fossem feitos em um lugar onde não existisse nenhuma forma de atrito?

Coisas para pensar da próxima vez que você andar de trem

A situação:



Uma locomotiva de 30.000 kg é utilizada para movimentar dois vagões, um de combustível de 5.000 kg e outro de passageiros de 25.000 kg, conforme mostra a figura. Sabe-se que a força de tração sobre a locomotiva é de 30.000 N.

Problema 1: O trem acelerando...

Quanto tempo esse trem leva para atingir uma certa velocidade? Digamos que a norma é que ele trafegue a 21 m/s (= 75,6 km/h). Quanto tempo demora para ele chegar a essa velocidade?

Na Física, para resolver um problema precisamos eliminar aqueles detalhes que não nos interessam no momento e trabalhar com um modelo simplificado. Não iremos nos importar com as janelas, portas, cadeiras e passageiros do trem, uma vez que, na prática, essas coisas pouco influem no seu movimento como um todo.

Como nosso objetivo é apenas calcular a aceleração do trem, um modelo bem simples como o representado a seguir é suficiente. Nele só entra o que é essencial para responder à questão que formulamos.

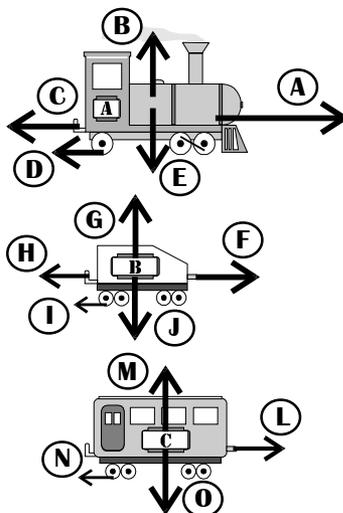


Muito bem, agora é com você! Siga a seqüência:

1. Encontre o valor de todas as forças. Considere que o coeficiente de atrito é igual a 0,008.
2. Encontre a força resultante.
3. Encontre a aceleração.
4. Calcule o tempo que ele leva para atingir 21 m/s.

Problema 2: ...

Se você fez o desafio da leitura anterior, deve ter encontrado um esquema de forças parecido com estes:



Agora é novamente com você! Siga a seqüência:

1. Encontre o valor de todas as forças. Considere que o coeficiente de atrito é igual a 0,008.
2. Encontre a força resultante.
3. Encontre a aceleração.
4. Calcule o tempo que ele leva para atingir 21 m/s.

Pequenas Ajudas

(Não é para acostumar!)

- a) Para achar o peso, há a fórmula $P = m \cdot g$. O valor da normal deverá ser igual ao do peso neste caso (por quê? Em que casos ele não é igual ao peso?). O atrito é calculado pela fórmula $F_{\text{atrito}} = \mu \cdot N$.
- b) As forças na vertical (peso e normal) se anulam. A resultante será a força motriz menos a força de atrito (por que menos e não mais?).
- c) Você sabe a força resultante e a massa. Basta usar $F = m \cdot a$. Que valor você tem de usar para a massa?
- d) Agora você tem de saber que $a = \Delta v / \Delta t$ (que significam esses Δ ?). O valor Δv é a variação da velocidade, e Δt é o tempo que leva para o trem atingir a tal velocidade.

Aceleração da gravidade

UM OBJETO EM QUEDA DE PEQUENAS ALTURAS AUMENTA SUA VELOCIDADE CONTINUAMENTE ENQUANTO CAI. CONFORME DISCUTIMOS, ISSO REPRESENTA UMA ACELERAÇÃO. GALILEU CONCLUIU QUE ESSA ACELERAÇÃO É IGUAL PARA TODOS OS OBJETOS, SE DESCONSIDERARMOS O EFEITO DA RESISTÊNCIA DO AR, E QUE TEM UM VALOR PRÓXIMO A $9,8 \text{ m/s}^2$.

A) CALCULE QUE VELOCIDADE UM OBJETO EM QUEDA ATINGE EM 1 E EM 5 SEGUNDOS DE QUEDA.

B) MANTENDO ESSA ACELERAÇÃO, QUE TEMPO UM OBJETO LEVARIA PARA ATINGIR 100 KM/H?

— 21 —

Coisas que
produzem movimento

De que formas os
movimentos podem ser
produzidos?



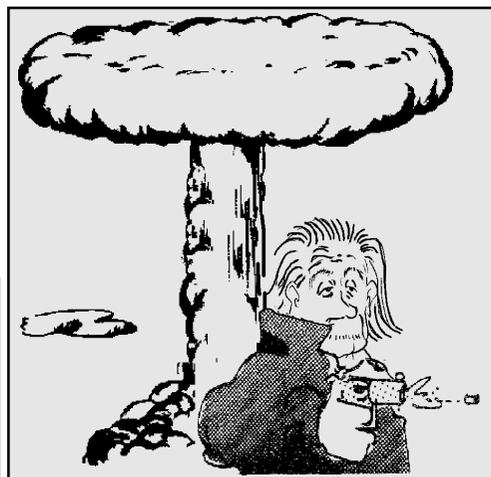
**Exclusivo: jogue do Ceará supera carrão
BMW em teste PÁG. 128**

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 pra 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 Paulo não sabe é que o timão do MorunTri faz testes de potência e resistência com todos os seus craques. O grande técnico Trelêzão diz que os testes feitos mostraram que o atacante Zelão detona na potência anaeróbica. Isso quer dizer que o supercraque corre igual a um corredor de 100 metros rasos. Animal!!!

Já o meia Tilico é um cara que detona

na resistência anaeróbica. Quer dizer, o gato do MorunTri não corre tanto, mas consegue agüentar o jogo todo sem perder o gás. É igual a um cara que corre nas corridas mais longas, que não precisa ser tão rápido, mas tem de ter maior resistência.

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

...Agora é essa!...

TUDO EM 6 X SEM ENTRADA!!!



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

Pense nas diferentes formas pelas quais podemos nos transportar de um lugar para outro. O que *produz o movimento* em cada caso?

Você pode pensar no sistema mais óbvio: nossas próprias pernas ao andar a pé ou de bicicleta, ou nossos braços, no caso da natação. Outro sistema evidente são os veículos movidos por um combustível, como os automóveis, as motocicletas, os aviões e os navios. Mas há outras possibilidades: o carrinho de rolimã; os trens, ônibus e automóveis elétricos; barcos movidos pelo vento ou pela correnteza e outros sistemas menos comuns.

Cada um desses sistemas representa diferentes *fontes* de energia. Pensando nesses exemplos e na leitura do “jornal”:



Faça uma lista de todas as fontes de energia diferentes que você conseguir imaginar e responda: Quantas formas de energia existem?

Substâncias que produzem movimento

O que o motor de um carro tem em comum com os músculos de um animal? Se você respondeu “os dois começam com M”, tudo bem, mas não é nisso que estávamos pensando...

Tanto os músculos dos animais (nos quais estamos incluídos) quanto os motores de carros, motos e caminhões produzem movimento a partir de uma reação química conhecida por *combustão*.

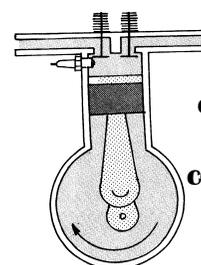
A queima dentro de um motor ocorre por uma reação química entre o oxigênio do ar e os combustíveis. Nos músculos, ocorre um processo semelhante, porém mais lento e com várias etapas, no qual os açúcares provenientes da digestão dos alimentos fazem o papel de combustível. Poderíamos resumir essas reações químicas da seguinte forma:



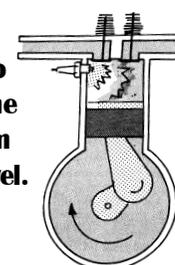
Porém, algo mais aparece como resultado dessa reação química. Nas substâncias do combustível estava armazenada uma certa quantidade de energia, que é liberada durante a reação química. Essa energia é que irá possibilitar o surgimento do movimento.

Podemos dizer que está havendo uma transformação de *energia química* em energia de movimento, que na Física é chamada de *energia cinética*.

Em um motor de carro, a energia química do combustível é convertida em *energia térmica*, ou seja, em calor, durante a explosão do combustível. Essa *energia térmica* liberada faz com que o ar superaquecido dentro do cilindro do motor do carro empurre o pistão do motor, produzindo movimento, ou seja, *energia cinética*.



O pistão comprime o ar com combustível.

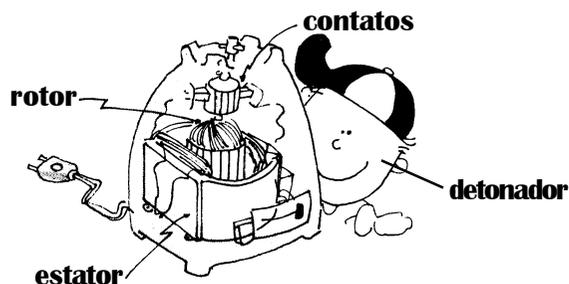


A explosão empurra o pistão para baixo.

Portanto, a energia química que estava armazenada no combustível se transformou em energia térmica, que em parte é convertida em energia cinética. Quanto mais energia térmica um motor conseguir transformar em cinética, mais econômico e eficiente ele é. Nos carros atuais essa taxa é de algo em torno de 25%.

Eletricidade e movimento

Motores elétricos convertem *energia elétrica* em *energia cinética*. Os fios servem como “meio” de transporte da energia elétrica da fonte que a produz (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 em 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? Perde-se?

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.

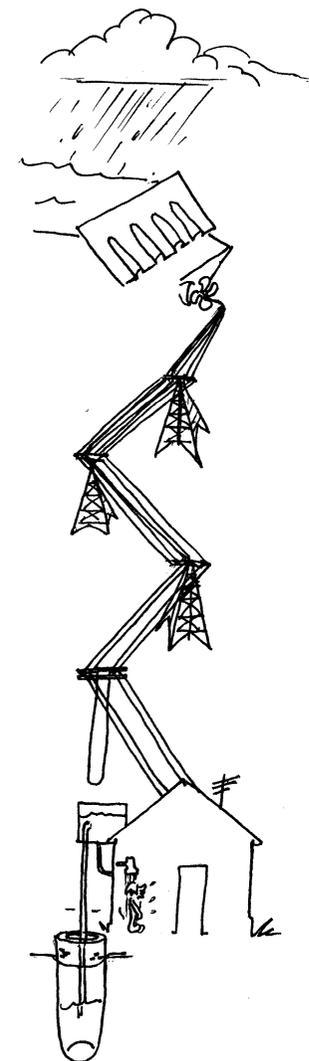
Mas a energia da água armazenada em lugares altos poderia ser usada para realizar outras tarefas, como, por exemplo, produzir energia elétrica em uma usina hidrelétrica.

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 de 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”

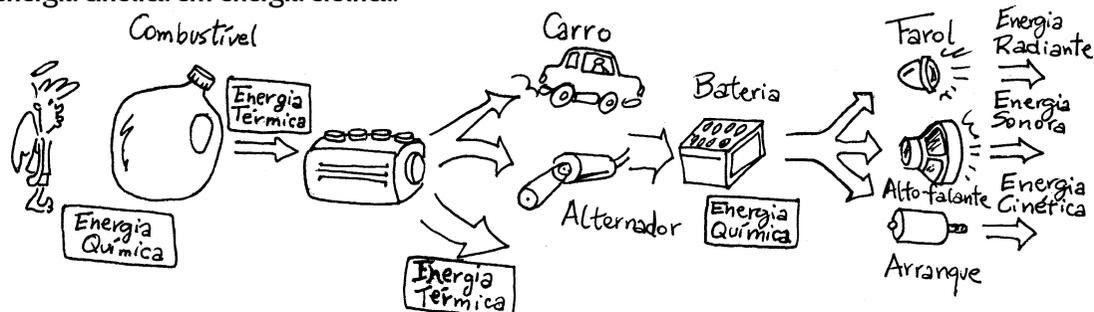


transformações de energia

Em um carro

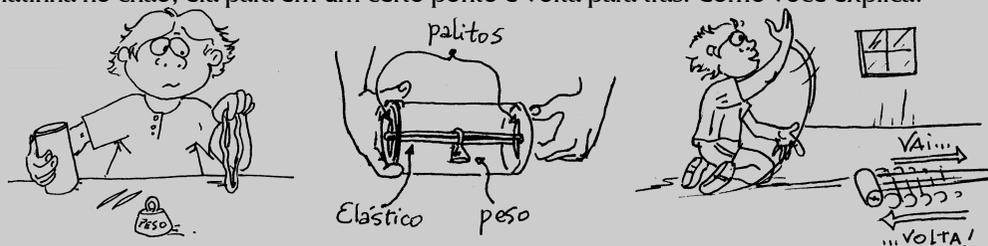
O carro conta com duas fontes principais de energia: a bateria e o combustível. A parte elétrica do carro é acionada pela bateria, que transforma a energia química em energia elétrica. Os faróis usam essa energia para gerar luz, que é energia eletromagnética na forma radiante. A buzina e os alto-falantes 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 por meio 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.



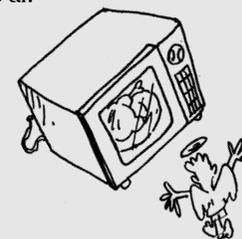
FOGÃO

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 pelo 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 24/9/1901, e reproduzido do Boletim Histórico da Eletropaulo nº1, 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 pelo 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.

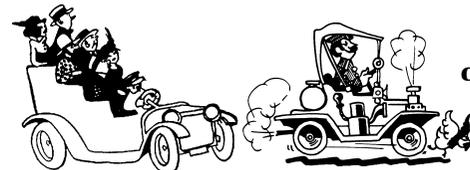
A liteira é um veículo muito ineficiente.



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 de 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 mais bem 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?

Essa 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 essa 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

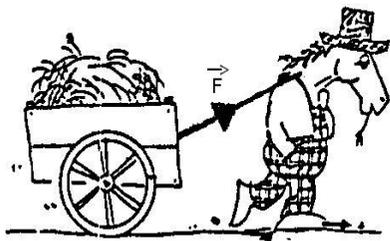
Claro que o que todo mundo quer saber é como realizar trabalho sem fazer força. Mas isso ainda nós não sabemos.

Porém, é possível fazer força e não realizar trabalho. Forças que realizam trabalho têm de 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:

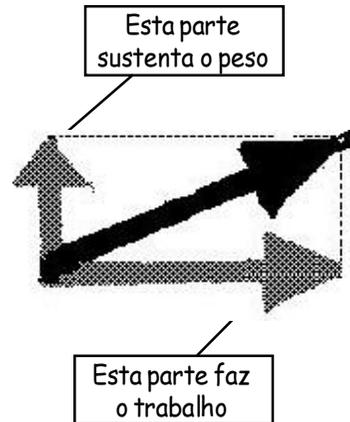
Nesse caso, nem toda a força que o nosso amigo



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:

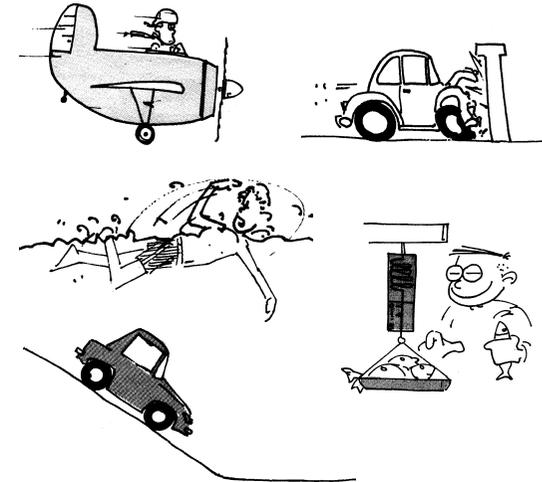


Portanto, para se calcular corretamente o trabalho, sempre precisamos saber que parte da força realmente está realizando esse trabalho. Somente as forças que fornecem ou retiram energia cinética do corpo é que realizam trabalho. Forças que apenas sustentam ou desviam não estão realizando nenhum trabalho.

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 em 20 graus, o valor do co-seno será 0,94. Quer dizer que se a força total for de 100 newtons, apenas 94 newtons serão realmente utilizados para realizar o trabalho. Esse valor se obtém multiplicando 0,94 por 100 newtons. 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 de 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 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 necessários 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 que pesava 63,1 kg por 720 vezes em um período de 6 horas, na Irlanda, em 2 de abril de 1994.

Caminhão. Em 4 de junho de 1989, no autódromo de Monterey, 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 em 30 de junho de 1908, resultou na devastação de uma área de 3.900 km², e a onda de choque foi 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 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 em outro podemos obter o valor da potência.

coisa	valor	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 de 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). Nesse 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 gastam-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	4.180 J
quilocaloria	kcal	4.180 J
caloria	cal	4,18 J

O trabalho de um elevador

Os motores dos elevadores não precisam fazer tanta força quanto parece, porque eles possuem um mecanismo chamado **contrapeso**. Se o peso da cabine for igual a 2000 N e o contrapeso também for de 2000 N, a força necessária para elevar as pessoas será praticamente igual ao peso delas. Sabendo disso, responda:

- Qual seria o trabalho realizado pelo motor para elevar, com velocidade constante, 5 pessoas de 60 kg a uma altura de 25 metros?
- Se a velocidade do elevador for de 1 m/s, qual seria a potência desenvolvida nesse exemplo?

Exercício de Física - resolução.

- O peso das pessoas será de 300 kg \times 10 N/kg = 3000 N. Dessa forma, o elevador terá de exercer essa força para elevar as pessoas. O trabalho será então $T = F \times d = 3000 \text{ N} \times 25 \text{ m}$.

$$T = 75.000 \text{ joules}$$

- Se o elevador sobe 1 metro a cada segundo, levará 25 segundos para percorrer os 25 metros de subida.

Verifique que você poderia chegar direto ao valor da potência usando a seguinte fórmula:

$$\text{Potência} = \text{Força} \times \text{Velocidade}$$

Por quê?

A potência de um ciclista

Um ciclista produz em uma bicicleta uma força de tração igual a 200 N para vencer uma subida de 300 metros. Ele leva 2 minutos para fazê-lo.

- Qual é o trabalho que ele realiza?
- Qual sua velocidade e sua potência?

A potência “perdida” por um carro

Um carro, para se mover, tem de enfrentar a força de resistência do ar, que fica maior conforme aumenta a velocidade. Se calcularmos o trabalho realizado por essa força, saberemos quanta energia o carro “perde” em função da resistência do ar. Também podemos calcular a potência perdida com o vento e compará-la com a potência do carro. Usando a seguinte tabela:

Velocidade		Força de Resistência
10 m/s	36 km/h	80 N
20 m/s	72 km/h	320 N
30 m/s	108 km/h	720 N

- Calcule a energia “perdida” em um trajeto de 100 km para as velocidades de 36 km/h, 72 km/h e 108 km/h.
- Calcule a potência dissipada para essas mesmas velocidades.
- Calcule a porcentagem que essas potências perdidas representam em um carro de 70 cv.
- Qual é a conclusão que você tira desses cálculos?

Unidades que se vê na TV

O **Megaton** é usado para indicar o poderio de bombas nucleares, e equivale à energia liberada na explosão de 1 milhão de toneladas de dinamite. Isso corresponde aproximadamente a 4 quadrilhões de joules. A bomba atômica lançada pelos EUA sobre Hiroshima, em 1945, possuía um poderio de 0,013 megaton e provocou a morte de 80.000 pessoas.

O **Decibel** é utilizado para medidas sonoras, não sendo exatamente nem unidade de potência nem de energia. O ouvido humano suporta sem problemas um nível de até 90 decibéis. Acima disso pode haver danos irreversíveis. O nível de pressão sonora depende da intensidade da fonte de som e da distância a que estamos dela. Um alto-falante de 100 W ligado no máximo gera 130 decibéis a 1 metro de distância, enquanto um alto-falante de *walkman*, que fica a menos de 1 cm do tímpano, gera esses mesmos 130 decibéis com uma potência de apenas 1 W.

Meça sua potência!

Será que você é capaz de determinar a sua própria potência? Tente fazê-lo, usando os seguintes materiais:



você



balança



cronômetro



trena ou fita métrica



escada

Como você fez? Quanto deu?

24

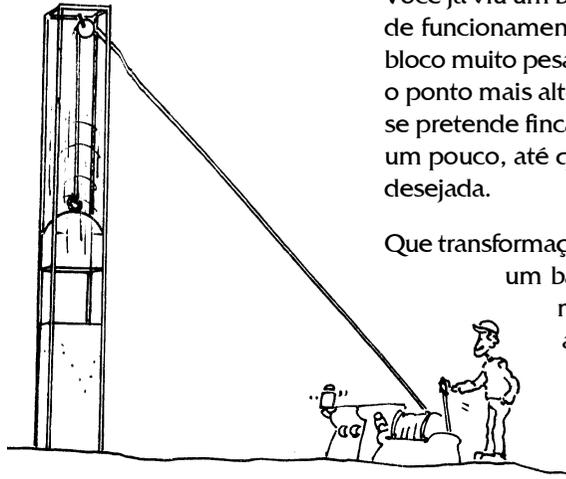
A gravidade
armazena energia

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

ENERGIAS

CINÉTICA		GRAVITACIONAL	
1 PJ			
1 TJ			
1 GJ	avião 2 GJ 	satélite artificial 3 GJ 	jatinho executivo 3 GJ 
1 MJ	carro de corrida 2 MJ 	alpinista no pico da Neblina 2 MJ 	
1 kJ	bala 2,5 kJ 	automóvel 450 kJ 	morador do 4º andar 1,2 kJ 
1 J	pessoa 120 J 	livro de Física sobre a mesa 2 J 	
1 mJ	mosca voando 15 mJ 	mosca no teto 2 mJ 	
1 μJ	tartaruga 0,5 μJ 	formiga no dedão do pé 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. Nesse trabalho, a energia está sendo acumulada na forma de **energia potencial gravitacional**.

Essa energia gravitacional, quando o bloco for solto, transforma-se em energia cinética, à medida que vai descendo. Quando o bloco atingir a estaca, a energia cinética 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:

$$\text{massa} \times \text{campo gravitacional} \times \text{altura}$$

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

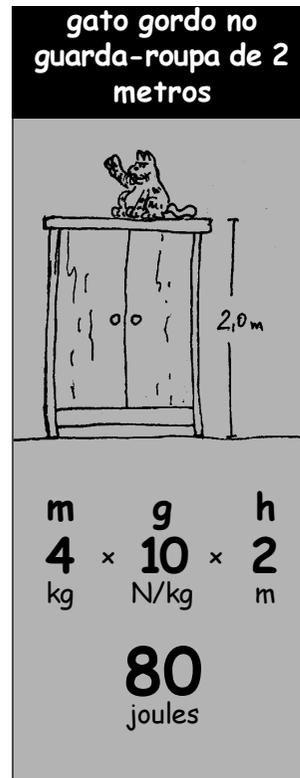
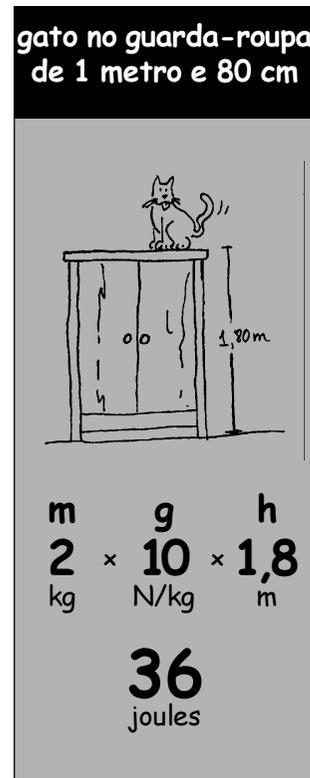
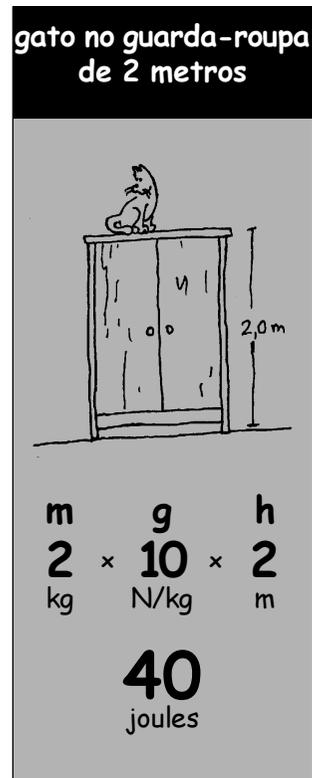
m : massa h : altura

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...

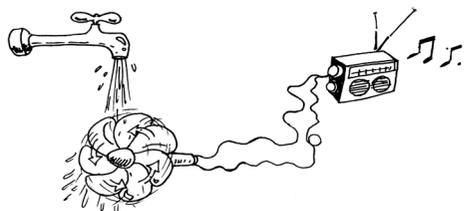


O valor da energia potencial gravitacional é maior quando o gato é gordo, porque o trabalho para elevá-lo até em cima do guarda-roupa é maior. Se a altura do guarda-roupa for menor, o gato terá mais facilidade de subir, e a energia potencial acumulada será menor.

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 minigerador 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 quanta água sai pela torneira (usando um balde e um relógio), poderá fazer esse 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.

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

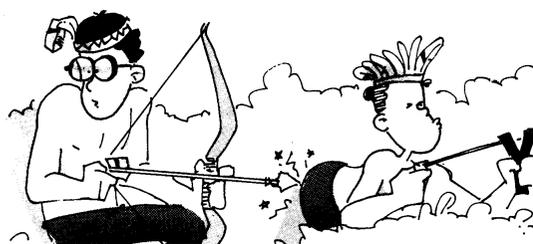
Um balde de 10 litros de água equivale a 10 quilos. Se ele levar 40 segundos para encher, teremos:

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

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 de consumir energia para realizar esse trabalho. Essa energia que você "consumiu" fica armazenada no material, desde

que ele seja elástico, quer dizer, 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 esse 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 em 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:

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

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 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 de um barranco, 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 ao 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 estivesse 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). Nesse 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:

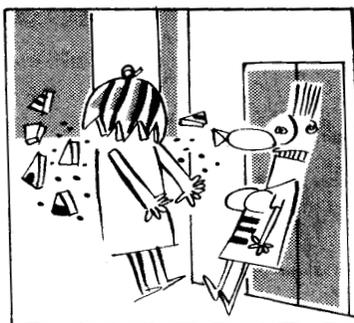
$$\frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot \frac{v}{\Delta t} \cdot x$$

Simplificando tudo, teremos uma fórmula pequenininha para achar essa velocidade:

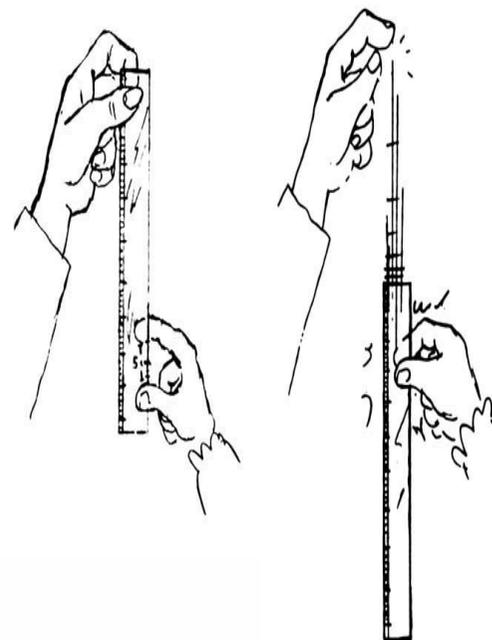
$$v = \frac{2 \cdot x}{\Delta t}$$

Uma colisão que dure 0,1 s e amasse 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, em vez de uma melancia? E o que não mudaria?

TESTANDO CONHECIMENTO

(FUVEST) Um carro viaja com velocidade de 90 km/h (ou seja, 25 m/s) num trecho retilíneo de uma rodovia quando, subitamente, o motorista vê um animal parado na sua pista. Entre o instante em que o motorista avista o animal e aquele em que começa a frear, o carro percorre 15 m . Se o motorista frear o carro à taxa constante de $5,0 \text{ m/s}^2$, mantendo-o em sua trajetória retilínea, ele só evitará atingir o animal, que permanece imóvel durante todo o tempo, se o tiver percebido a uma distância de, no mínimo,

- 15 m .
- $31,25 \text{ m}$.
- $52,5 \text{ m}$.
- $77,5 \text{ m}$.
- 125 m .



FIQUE ESPERTO:

medindo um tempo de reação

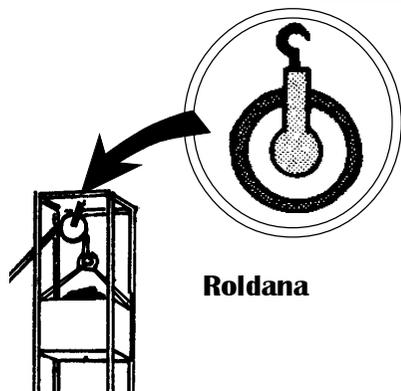
Segure uma régua na vertical, pela sua extremidade superior. Diga ao seu colega que, quando você soltar a régua, ele deve apanhá-la com os dois dedos inicialmente afastados aproximadamente 5 cm , colocados no outro extremo da régua, onde encontra-se o zero. Diga "JÁ" quando soltar a régua. O que aconteceu? Ele conseguiu pegar a régua? Qual foi o seu tempo de reação? Dica: determine a distância percorrida pela régua entre o seu "JÁ" e o instante em que ele consegue segurar a régua. Utilizando esse valor, determine o tempo de queda da régua, que é igual ao tempo de reação de seu colega.

—26—

Como facilitar um trabalho

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

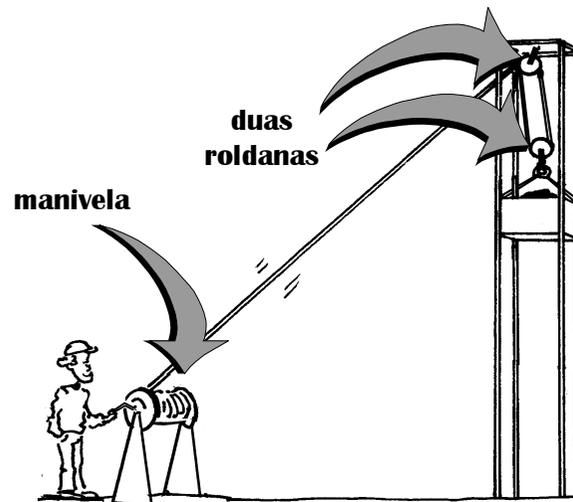
Você se lembra do Hércules?



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 de 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.

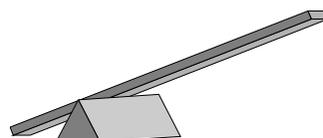
PARE!
&
pense!

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

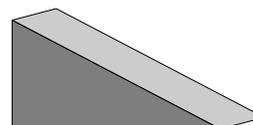
O truque é trocar **FORÇA** por **DISTÂNCIA**. Usando a manivela e duas roldanas, a quantidade de corda que Hércules terá de puxar será bem maior, e a força, bem menor. Isso só é possível graças às incríveis, espetaculares e sensacionais...

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:



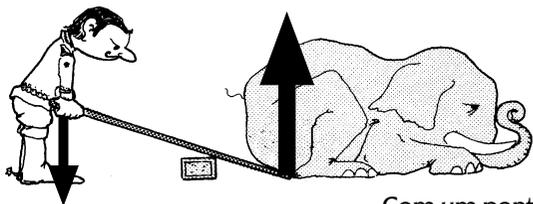
alavanca



plano inclinado

roda e eixo

Alavancas



Quantas vezes você não precisou levantar um elefante e sentiu 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 de percorrer uma distância maior do que aquela que o elefante irá subir.

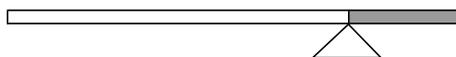
Se a massa do bichinho é de 2 toneladas, ele terá de fazer uma força de 20.000 N. Para erguê-lo a 5 cm (0,05 metro) de altura, terá de fazer um trabalho de 1000 joules. Com a alavanca ele realiza o mesmo trabalho com uma força de apenas 1000 N, que é o peso de um elefante bebê! Porém, ele terá de fazer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

$$\text{Sem alavanca: } 20000 \text{ N} \times 0,05 \text{ m} = 1.000 \text{ J}$$

$$\text{Com alavanca: } 1000 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1.000 \text{ J}$$

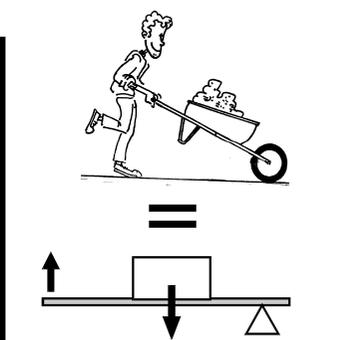
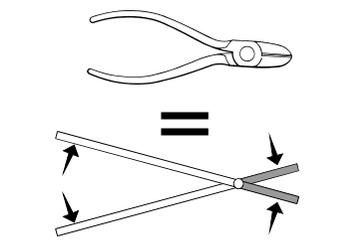
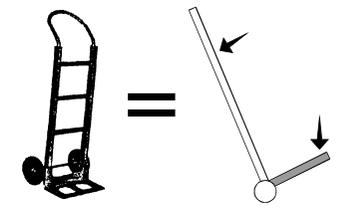
O segredo da alavanca é ter dois "braços" de tamanhos diferentes. No braço maior fazemos a força, e no outro colocamos a carga:

braço maior braço menor



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.

Algumas alavancas disfarçadas:

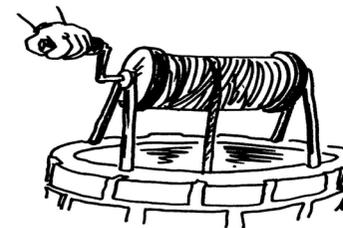


Rodas & eixos

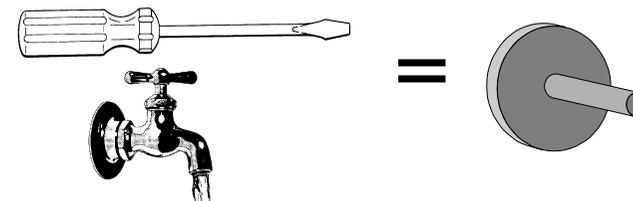


As facilidades da vida moderna nos fazem esquecer antigos prazeres como retirar aquela água fresquinha do fundo do poço. Mas também poucos se lembram de que, para puxar aquele pesado balde de água para cima, contava-se sempre com a ajuda da prestativa **manivela** e seus inseparáveis companheiros **roda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

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. Nesse 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 de 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 de 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 de puxar o dobro de corda.

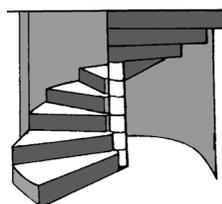
Plano inclinado

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:

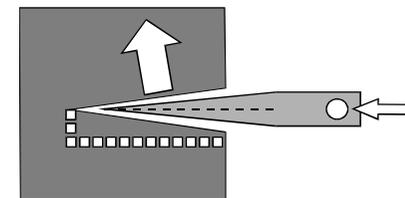


Se você tentar elevar o elefante diretamente, percorrerá uma distância menor, porém terá uma força grande, igual ao peso do belo animal. Mas se usar uma rampa, a distância percorrida aumenta, mas em compensação a força será menor. O velho truque de trocar **FORÇA** por **DISTÂNCIA**...

Em certas situações a rampa ideal acaba se tornando muito longa. Então alguém teve a feliz idéia de 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 outras 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. Esse é o segredo das lâminas. Quanto mais afiadas, mais ampliam a força, porque maior será a diferença entre as duas distâncias.



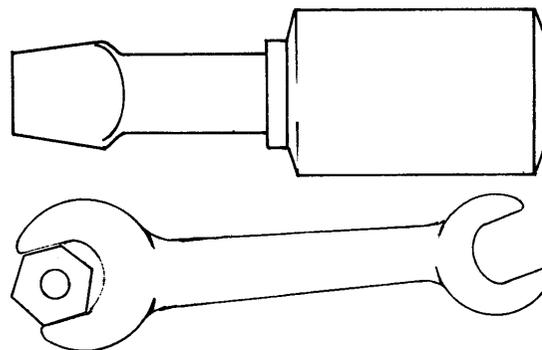


Descubra no meio desta bagunça exemplos dos três tipos de máquinas simples discutidas nas páginas anteriores.

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, nove vezes menor. Isso quer dizer que sua força é ampliada nove vezes,

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.

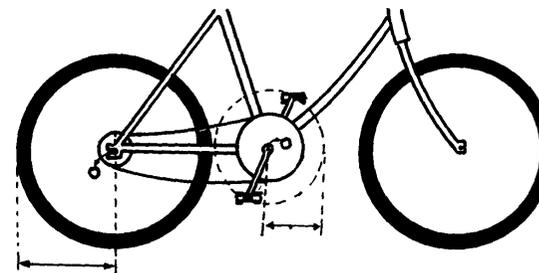
e esse é o valor de sua vantagem mecânica.

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!

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:

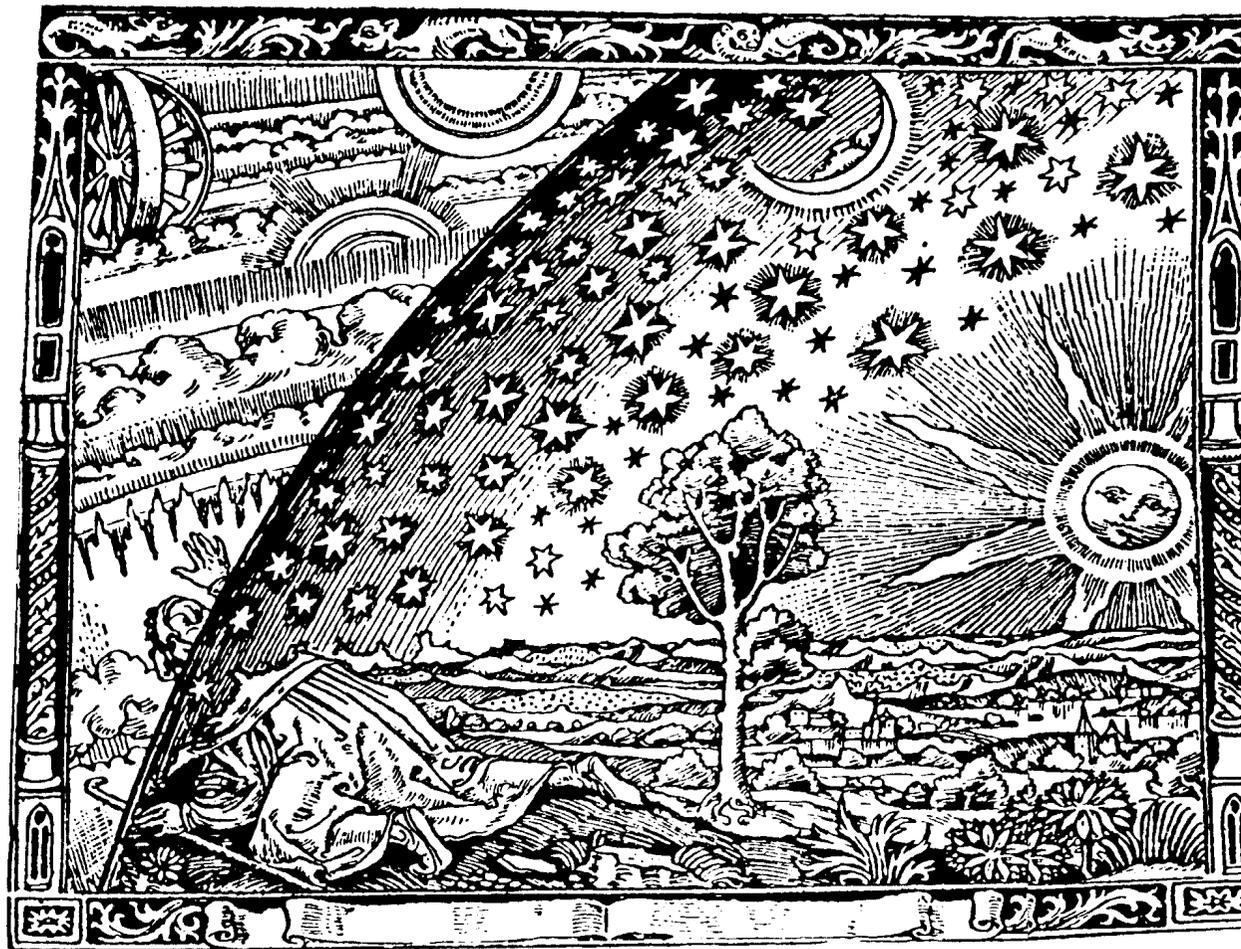


Acontece que nesse caso o que realmente nos interessa é um ganho de velocidade. A roda anda mais do que o pedal na mesma unidade de tempo, mas temos de fazer mais força. O mesmo acontece em um barco a remo, em que o remador aplica força no braço curto da alavanca (o remo!) para ganhar velocidade. Pois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

— 27 —

O "mapa" do Universo

Olhe para o céu e tente
imaginar como são todas
aquelas coisas que você
vê e também as que não
vê.



“Escéptico, o Peregrino na borda da Terra”

**O que essa gravura do século XVI representa para você?
Em que a sua idéia a respeito da estrutura do Universo é
diferente da desse artista?**

Observe bem a gravura da página anterior. Ela representa o céu como uma grande superfície esférica dentro da qual está a Terra. Passa a idéia de que os astros (a Lua, o Sol, as estrelas) estão "colados" por dentro dessa superfície. Quando o "peregrino" consegue ver além dessa cortina, descobre um universo complexo, a que não temos acesso diretamente.

Você acha que as coisas são assim mesmo? O que você vê de "certo" e de "errado" na imagem da gravura em relação

à imagem que você faz da Terra e do nosso Universo?



Tente fazer uma lista de tudo que você imagina que tenha no espaço. A partir dela tente construir seu próprio "mapa" do Universo.

Olhando além da "borda" da Terra

Terra-Lua

O mês do nosso calendário não existe por acaso. Ele foi criado a partir do tempo que a Lua leva para completar suas quatro fases, ou seja, para dar uma volta em torno da Terra. Esse período é de aproximadamente 29,5 dias.

Sua distância até a Terra é de 384.000 km, que equivale a 30 vezes o diâmetro do nosso planeta. Observe que alguns fusquinhas 66 já atingiram tal quilometragem. O diâmetro da Lua é de 3480 km.

O Sistema Solar

Enquanto a Lua gira em torno da Terra, a Terra gira em torno do Sol, e isso leva exatamente um ano! Não é muita coincidência? Não, não e não.

Na verdade, o ano foi definido inicialmente a partir da observação do clima, ou seja, do tempo que leva para recomeçar um ciclo das estações.

Depois começou-se a perceber que esse ciclo estava relacionado com a posição e o trajeto do Sol no céu durante o dia, que vão mudando ao longo do ano. Percebeu-se que levava um ano para que o Sol repetisse suas mesmas posições e trajetória no céu. Esse é o efeito do movimento da Terra em torno do Sol.

Mas há mais coisas em torno do Sol do que o nosso

planetinha. Outros planetinhas, planetões, cometas, asteróides. Alguns estão pertinho do Sol, como Mercúrio: 57.900.000 km. Outros, bem mais longe, como Plutão 5.900.000.000 km. A Terra deu muita sorte: ficou na distância ideal para o surgimento da vida: 149.500.000 km. Não é tão quente quanto Mercúrio nem tão gelado quanto Plutão.

O Sol é uma estrelinha modesta: tem 1.392.530 km de diâmetro. Será que ele caberia entre a Lua e a Terra? E se a Terra fosse do tamanho de um pires de café, de que tamanho seria o Sol? E qual seria a distância da Terra ao Sol? E qual seria a distância do Sol até Plutão? Chega!!

Mais estrelas

O Sol junto com os planetinhas não vaga sozinho por aí. Você já deve ter se perguntado o que são e onde estarão essas estrelas todas que vemos no céu. A estrela mais próxima de nós está a nada menos do que 4,2 anos-luz e se chama Alfa Centauri. Isso quer dizer que a luz dessa estrela leva 4,2 anos até chegar aqui. É pouco? Para vir do Sol até a Terra, a luz leva 8 minutos, e da Lua até a Terra, leva 1 segundo. "Perto" de nós, até 16 anos-luz, há 40 estrelas. Umas muito brilhantes e visíveis, outras nem tanto. Às vezes uma estrela bem mais distante pode ser mais visível que uma mais próxima, dependendo do seu brilho.

Mas que raio de diâmetro é esse?



Teste:

Se a Terra fosse do tamanho de uma moeda de 1 Real, a Lua teria o tamanho de:

Um LP do Roberto Carlos?

Um CD da Xuxa?

Uma moeda de 1 centavo?

Uma ervilha?

Um pingo no i?

Uma bactéria?

As galáxias

As estrelas são bichos muito sociáveis: gostam de viver em grupos, como as abelhas. Imagine um enxame de abelhas girando em torno de uma colméia (centro) onde se aglomeram muitas abelhas. Uma galáxia é um aglomerado imenso de estrelas, que em geral possui na região central uma concentração maior de estrelas.

Nosso Sistema Solar e todos os bichos que você vê no céu, sem ajuda de telescópio, fazem parte da Via Láctea, exceto duas simpáticas galáxias irregulares chamadas nuvens de magalhães. Via Láctea é o nome dado à galáxia em que moramos. Ela é um disco de cerca de 100 mil anos-luz de diâmetro por 1000 anos-luz de espessura, onde convivem aproximadamente 200 milhões de estrelas. O retrato falado da Via Láctea é mais ou menos esse:



O nosso Sistema Solar fica em um desses "braços" da galáxia, a 24 mil anos-luz do centro.

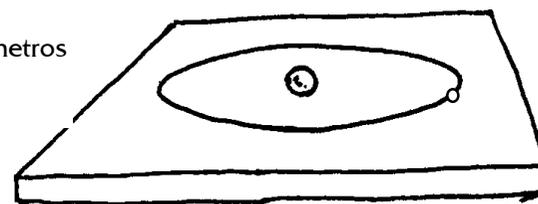
Grupos de galáxias

As galáxias, como as estrelas, também vivem em bandos. Porém, não gostam de tanta aglomeração: seus agrupamentos possuem algumas poucas galáxias. Nós habitamos o chamado "Grupo Local", que possui 20 galáxias de porte razoável. Se a Via Láctea fosse do tamanho de uma moeda de 1 real, todo o Grupo Local estaria a menos de 1 metro. Mas se o Sol tivesse esse mesmo tamanho, as estrelas próximas estariam distribuídas em um raio de 3.000 km. As galáxias são mais próximas umas das outras do que as estrelas.

Sistema Terra-Lua

Milhares de quilômetros

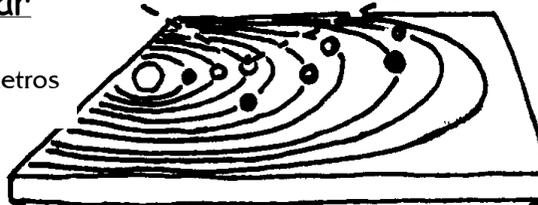
10^6 m



Sistema Solar

Milhões de quilômetros

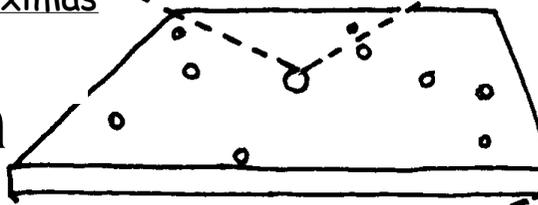
10^9 m



Estrelas Próximas

Anos-luz

10^{13} m



Nossa Galáxia

Centenas de milhares de anos-luz

10^{18} m



Grupo Local

Milhões de anos-luz

10^{19} m



Ano-luz é a distância percorrida pela luz à velocidade de 299.792.458 m/s, em um ano trópico (365,24219878 dias solares médios), às 12 horas de Tempo das Efemérides, em 1º de janeiro de 1900, e equivale a 9.460.528.405.500 km. Simples, não?

Na Grécia Antiga

Com certeza você já observou o céu e pode verificar que os astros estão se deslocando acima da sua cabeça, nascendo no leste e pondo-se no oeste dia após dia. Pois conhecer e entender os fenômenos astronômicos era de fundamental importância para os antigos.

Em virtude disso, os gregos, que eram ótimos teóricos (eles achavam que fazer experiência era coisa para escravo), elaboraram um esquema em que todos os astros giravam ao redor da Terra.

Tudo muito bonito e certinho, até que com o passar do tempo a qualidade das observações melhorou e esse esquema tornou-se extremamente complicado para, por exemplo, descrever a posição de um planeta. Imagine que para isso eles elaboraram um modelo em que encaixavam cerca de duzentos e cinquenta e poucos círculos! Esse modelo é um geocêntrico, palavra que quer dizer Terra no centro (geo significa Terra em grego).

A Revolução

Lá pelo século XVI surgiu um astrônomo chamado Copérnico que achava que a natureza não podia ser tão complicada e propôs o tão conhecido e divulgado hoje em dia Sistema Heliocêntrico, que simplesmente quer dizer que o Sol está no centro e os planetas giram ao seu redor.

A grande mudança social e intelectual da Renascença e as primeiras lutas dos burgueses contra o feudalismo propiciaram a difusão da teoria heliocêntrica.

Pois é, Copérnico sugeriu mas não provou. Foi com Galileu e sua "luneta mágica" que o sistema geocêntrico teve as primeiras provas contrárias.

Galileu viu que existiam satélites girando em torno de Júpiter! É, assim como a Lua gira em torno da Terra. Verificou também que o planeta Vênus apresentava fases.

Hoje

Nessa história toda podemos perceber que a Terra saiu do centro do Universo, dando lugar ao Sol.

Posteriormente verificou-se, estudando o movimento das estrelas, que antes eram chamadas de fixas, que o Sol também não está no centro do Universo.

Em especial, no início do século XX, observações de aglomerados globulares indicaram que eles estavam distribuídos em torno do centro da galáxia, e não em torno do Sol.

De acordo com os mapas contruídos a partir das observações verificou-se que o Sol ocupa uma posição periférica em relação ao centro da nossa galáxia, que, devido à mitologia, recebeu o nome de Via-Láctea.

— 28 —

Quem falou que a Terra é redonda?

Na época de Hagar, o Horrível, já havia gente que achava que a Terra era redonda. Mas meu tio Zé não acredita. E você?

**Se a Terra é redonda, como ela fica de pé?
Resposta rápido**



O formato da Terra



HAGAR

DIK BROWNE

Todo dia ela faz tudo sempre igual

Você já parou para pensar como pode ser dia em um lugar do mundo e ser noite em outro? Por que as horas são diferentes nos vários lugares do planeta? E também já se questionou por que nos pólos faz muito frio em qualquer época do ano?

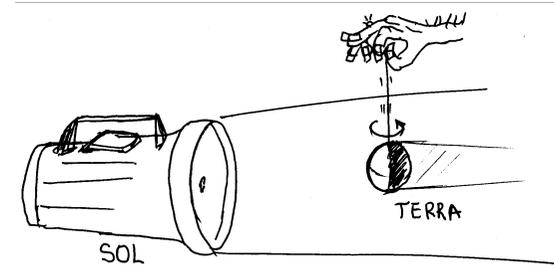
Tudo isso tem a ver com o fato de a Terra ser redonda e possuir um movimento de rotação. Você já deve ter ouvido falar da experiência em que se coloca uma bolinha em frente a uma lanterna em um quarto escuro. Tente fazer e observe que uma das faces ficará iluminada, e a outra ficará escura. É assim com a Terra e o Sol.

Como convencer alguém de que a Terra é redonda?

O primeiro a fazer isso foi um cara (filósofo) chamado Aristóteles, que percebeu que durante um eclipse a sombra da Terra na Lua apresentava-se como um arco. Ora, coisas

redondas projetam sombras redondas.

A Terra gira em torno de um eixo imaginário, chamado eixo polar. O nome é claro vem do fato dele ligar os pólos Norte e Sul. O Sol que está o tempo todo emitindo luz, hora ilumina um lado da Terra hora ilumina outro. Eis então a explicação para a existência do dia e da noite.



Com fuso horário nos entendemos, sô!!!!

É por causa da rotação da Terra que vemos o Sol e as estrelas nascerem num lado, que foi chamado de leste, e desaparecerem no lado oposto, no oeste.

Ao meio-dia o Sol passa pelo ponto mais alto do seu caminho no céu. Será que é possível ser meio-dia ao mesmo tempo no Rio de Janeiro e em João Pessoa? Analise o mapa ao lado e tente responder.

A resposta correta seria não. Verdadeiramente, o horário só seria exatamente o mesmo em cidades alinhadas na mesma vertical (no mesmo meridiano) no mapa, como o Rio e São Luís ou Fortaleza e Salvador. Para facilitar a vida e evitar que as cidades tenham diferenças de minutos em seus horários, criaram-se os *fusos horários*. São faixas do planeta onde o horário oficial é o mesmo, embora o horário verdadeiro não seja. Em São Paulo, por exemplo, o meio-

dia verdadeiro ocorre por volta das 11:36 h. Ou seja, o Sol passa no ponto mais alto de sua trajetória 24 minutos antes do meio-dia oficial.

OBRIGATÓRIO

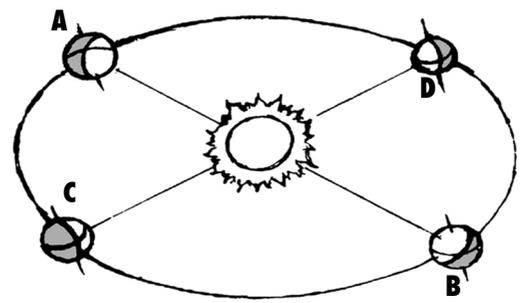
ARRANJE IMEDIATAMENTE UM GLOBO TERRESTRE E TENDE SIMULAR O DIA E A NOITE COM UMA LÂMPADA OU COM A LUZ QUE VEM DA JANELA. VERIFIQUE EM QUE LOCAIS É DIA E NOITE E ONDE O SOL ESTARIA NASCENDO E SE PONDO. LEMBRE-SE DE QUE A TERRA GIRA DE OESTE PARA LESTE. FAÇA ISSO JÁ. SE VOCÊ LEU ESTA FRASE É POR QUE AINDA NÃO FOI FAZER!!! VÁ!!



RIO

..... As estações do ano

Se você pensa que é tudo bonitinho está muito enganado! O eixo da Terra está inclinado em relação à sua trajetória em torno do Sol, que chamamos de órbita. Veja:



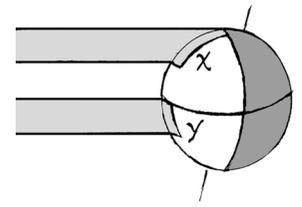
A consequência disso é que o hemisfério que estiver de frente para o Sol receberá os raios solares mais diretamente.

A Na posição A, o hemisfério sul, onde habitamos, recebe luz mais diretamente do que o norte, e por isso se torna mais quente. É verão! Mas no norte é inverno.

B Na posição B é verão no norte, porque a situação se inverteu. É a posição B na figura acima. E o outono e a primavera? Como ficam?

Existem duas situações especiais em que os hemisférios estão igualmente de frente para o Sol e, portanto, são atingidos pelos raios da mesma maneira: primavera e outono. Enquanto é primavera num hemisfério é outono no outro. Ambos recebem os raios solares da mesma forma, ou seja, nenhum está mais de frente para o sol.

E nos pólos, o que será que acontece para ser tão frio o tempo todo?



A parte Y esquenta mais que a parte X, certo?

Podemos ver pela figura que a mesma quantidade de raios atinge as áreas X e Y.

Qual das duas vai esquentar mais? Por quê?

Se chover o mesmo volume num rio bem pequeno e num rio maior, qual vai encher mais?

Pois é, meu caro, eis a resposta!

Na superfície X os raios vão se distribuir mais que na superfície Y, e é por isso que ela esquenta menos.

Devido à inclinação do eixo polar as regiões polares tanto sul quanto norte vão sempre receber os raios estando mais inclinadas, por isso elas esquentam menos. Além disso podemos ver nas figuras anteriores que quanto mais perto do inverno maior é a duração da noite. Isso quer dizer que o tempo em que os raios solares atingem a superfície é também menor.

Rapaz, sabia que exatamente no pólo temos seis meses de dia e seis meses de noite? Já pensou em como seria dormir uma noite no pólo???

O verão ocorre quando a Terra está mais perto do Sol?

Tem gente que pensa que as estações do ano ocorrem devido ao afastamento e à aproximação da Terra em relação ao Sol. Embora realmente a distância entre a Terra e o Sol varie um pouco durante o ano, não é essa a causa das estações. Se fosse assim não poderia ser inverno no hemisfério norte e verão no hemisfério sul ao mesmo tempo. A variação na distância da Terra ao Sol é pequena, em relação aos efeitos causados pela inclinação.

HEMISFÉRIO:
Nome bonito para as metades de uma esfera.

Quanto dura uma noite?

Gire os globos inclinados do jeito A e do jeito B. Tente observar que do jeito B a noite dura mais em Porto Alegre que em A, tchê!
Por quê?

MENTIRA!



Redonda, plana ou quadrada?

Hagar



Folha de S. Paulo

Imagine que a Terra fosse como o modelo de Hagar na tira acima: um cubo. A partir disso, tente descrever como seriam os dias e as noites, o pôr-do-sol e o crepúsculo.

Hagar



Folha de S. Paulo

- Se a Terra é redonda, como você explica o fato de que ela nos parece ser plana, como aparece na tira acima?
- Como você faria para convencer alguém de que a Terra é redonda e não plana? Se esse alguém for o Hagar, esqueça!

112

DUVIDO QUE RESPONDA!

- **E se a Terra parar de girar?**
- **E se o eixo da Terra não fosse inclinado?**
- **E se o eixo da Terra fosse virado na direção do Sol?**
- **E se a Terra levasse dez minutos para dar a volta em torno do seu eixo?**

Dik Browne

E se a Terra girar mais devagar?

É possível a Terra girar mais devagar, e de fato sua velocidade está variando. Há x milhões de anos, a Terra levava apenas y horas para dar uma volta em torno de si. Isso significa que os dias eram mais curtos. A velocidade de rotação da Terra continua a diminuir, mas isso ocorre tão vagorosamente que não temos condições de perceber diretamente.

Como é possível isso?

Lembre-se de que não estamos sós no Universo. A Terra não é um sistema isolado: interage fortemente com a Lua e o Sol e também sofre influência dos outros planetas. É isso que provoca pequenas variações em seu movimento de rotação, seja na velocidade, seja na inclinação do eixo polar.

Portanto, a quantidade de movimento angular da Terra não se conserva, porque ela faz parte de um sistema maior. Mas, como sabemos, se diminuir a quantidade de movimento angular da Terra, algum outro astro deverá receber essa quantidade perdida.

29

Construa seu relógio de sol

Você sabe para onde está o norte?
Qual a duração do ano?
E a latitude da sua cidade?

Usando sombras você mede o tempo e o mundo!

material necessário



material desnecessário



Eu acredito em Gnômon...

GNÔMON?

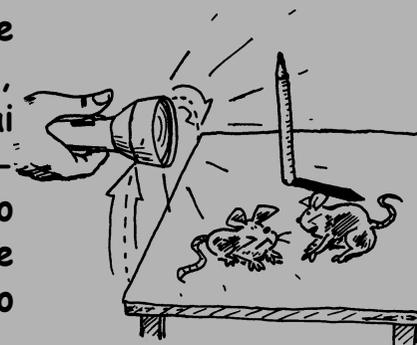
Nesta aula você vai montar um gnômon que significa "relógio de sol" em grego.

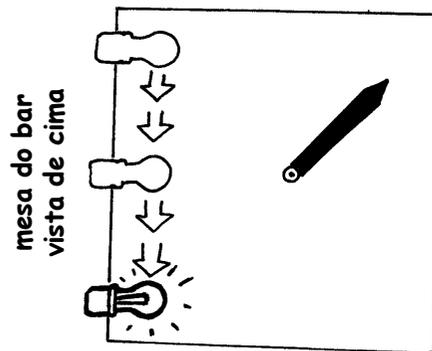
Eis como ficará o seu gnômon!



Antes de pôr a sua nova mascote no Sol...

Tudo o que você vai observar com seu gnômon pode ser simulado na mesa de um boteco da esquina, com uma lâmpada e um lápis. O pessoal vai estranhar, mas em boteco e hospício tudo é normal. Mova a lâmpada como na figura, simulando o trajeto do Sol. Veja a sombra do lápis e tente descobrir se os ratos estão no norte, no sul, no leste ou no oeste.



Na mesa do bar ...

Este é o primeiro teste que você vai fazer. O ponto central de cada borda da mesa será um ponto cardeal (norte, sul, leste e oeste). Movimente o “Sol” da borda leste para a oeste, formando um arco, como desenhado na página anterior.

PERGUNTAS:

- 1 O que ocorre com a sombra ao longo do trajeto do “Sol” no “céu”?
- 2 Descreva suas variações de tamanho e direção e tente explicar suas causas.
- 3 Quando a sombra é maior? Quando ela é menor? Quando desaparece? Tente explicar o porquê.
- 4 A que parte do dia correspondem cada um desses momentos?
- 5 Há sempre algum momento em que o “Sol” fica a “pino”, ou seja, a sombra do objeto desaparece sob ele? Por quê?

Brincando com as bolas ...

Como alguém de fora da Terra veria a sombra do nosso gnômon? Descubra isso usando uma bola com um alfinete espetado (a “Terra”) e uma lâmpada ligada (o “Sol”). Faça sua “Terra” girar mantendo o seu Solzinho fixo (e ligado!)

PERGUNTAS:

- 1 O que você observa que acontece com a sombra do seu gnômon? Será que ela está se comportando de forma parecida com a sombra na mesa do boteco?
- 2 Em que momento a sombra vai apontar na direção de um dos pólos? Neste momento, como é o seu tamanho?
- 3 É possível perceber o nascer ou pôr-do-sol com essa experiência? Como?
- 4 Coloque o alfinete em vários lugares do globo e tente verificar quais as diferenças que ocorrem nas sombras.
- 5 A noite dura o mesmo tempo em todos os lugares da Terra? Como você isso?

Ponha o bichinho de pé

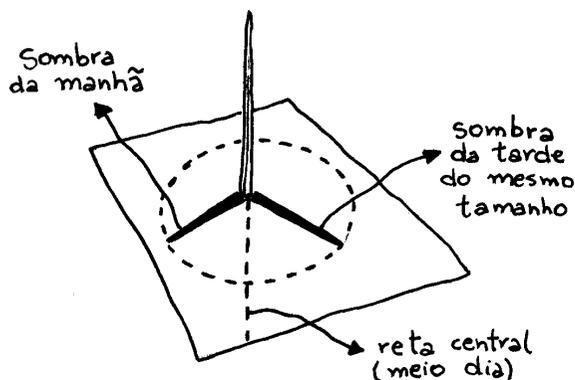
Durante muito tempo se utilizaram sombras para marcar as horas do dia. Pelo tamanho e principalmente pela posição da sombra no chão é possível sabermos a posição do Sol no céu e, portanto, as horas. Esse é o princípio do relógio de sol.

O primeiro passo para construir nosso relógio de sol é achar o meio-dia “verdadeiro”. Há um jeito

COMO ACHAR AS DUAS SOMBRAS DO MESMO TAMANHO, UMA DE MANHÃ E OUTRA DE TARDE?

Muito simples: escolha um momento qualquer, por exemplo, às 10:30 h. Marque o tamanho da sombra (com giz ou canetinha) e desenhe um círculo com centro no gnômon, tendo como raio a própria sombra. Depois, espere a sombra atingir o círculo novamente.

Depois que você encontrou o meio-dia verdadeiro, é fácil marcar os pontos correspondentes às 6:00 h da manhã e às 18:00 h. Como? Basta fazer uma reta perpendicular à reta do meio-dia. Observe:



bem “simples” de fazer isso: ver quando o tamanho da sombra for menor. Só que para isso você vai ter de ficar o dia todo marcando a sombra. **Que chato, não?**

Mas, como sempre, existe outro jeito. Se você souber dois momentos, antes do meio-dia e após, quando as sombras têm o mesmo tamanho, o meio-dia vai ser dado pela reta central entre essas duas sombras.



Agora divida esses quadrantes em partes iguais. Cada marca corresponderá a uma hora. Na figura ao lado você pode ter uma idéia de como vai ficar o mostrador do seu relógio de sol.

PERGUNTAS:

- 1 A marcação desse relógio coincidirá com a do seu relógio de pulso? Por quê?
- 2 Você pode tirar o relógio de sol do lugar original? Responda uma das duas:
 - a) Jamais, por que...
 - b) Poderia, mas...
- 3 Você pode usar o relógio de sol para saber os pontos cardeais? Por quê?

Tudo depende do referencial

ENQUANTO ISSO

As Cobras

Luís Fernando Veríssimo



Níquel Nausea

Fernando Gonsales



É a Terra que gira em torno do Sol ou o Sol que gira em torno da Terra?

O jeitinho de “tirar o corpo fora” dizendo que “tudo é relativo” vem desde a época do físico italiano Galileu! Você pode sempre dizer: depende do referencial... Referencial é o ponto de vista que você adota para observar uma coisa. Para quem está na Terra, parece natural que o Sol gira em torno da Terra. Nesse caso, estamos adotando como referencial a Terra e observando o dia e a noite.

Mas você pode imaginar diferente. Se alguém estivesse no Sol, coisa que é impossível, veria sempre a Terra girando em torno do Sol, completando uma volta a cada ano. Tem gente, como Galileu, que quase foi para a fogueira por defender que esse ponto de vista também era possível, e que muitas coisas poderiam ser mais bem explicadas com ele. E você, o que acha?

Leia as duas tirinhas acima e identifique qual delas adota referencial na Terra e qual adota referencial no Sol. Explique como é o movimento do Sol ou da Terra em cada um destes referenciais.

MARISA MONTE / NANDO REIS (1991)

Enquanto isso
anoitece em certas regiões
E se pudéssemos
ter a velocidade para ver tudo
assistiríamos tudo
A madrugada perto
da noite escurecendo
ao lado do entardecer
a tarde inteira
logo após o almoço
O meio-dia acontecendo em pleno sol
seguido da manhã que correu
desde muito cedo
e que só viram
os que levantaram para trabalhar
no alvorecer que foi surgindo

Leia o texto da Marisa Monte e do Nando Reis tentando extrair o significado de cada frase e do texto como um todo. Baseie-se em nossas discussões e observações. E, é claro, não deixe de ouvir essa música!

30

A Lua e a Terra

Você consegue imaginar
de onde vem a luz da
Lua?

E de onde vem a Lua?

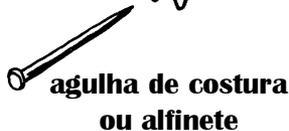
material necessário



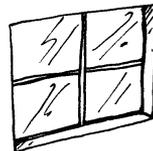
Noite de lua cheia



ninguém
para
atrapalhar



agulha de costura
ou alfinete



janela com vidros



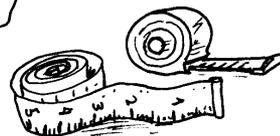
cartolina



Fita adesiva



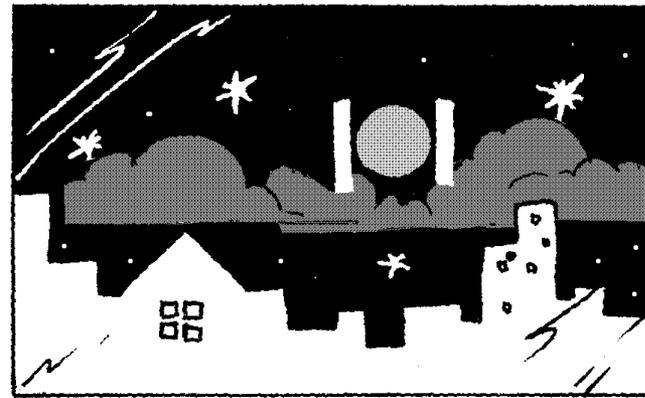
calculadora



Fita métrica ou trena

Sim! Você pode medir a Lua agora mesmo!

Arranje o material listado ao lado. Fure um buracozinho com um alfinete num pedaço da cartolina. Prenda na vidraça duas tiras de fita adesiva da seguinte maneira:



Procure deixar as fitas bem retinhas. Agora você precisa medir a distância entre as duas tiras (uma dica: tente deixar essa distância perto de 2 cm). Agora é só observar pelo buracozinho da cartolina a Lua (cheia), quando ela estiver entre as duas tiras na vidraça. Quando isso acontecer, meça a distância entre você e a janela, usando a trena ou a fita métrica. Com isso você vai obter os seguintes dados:

- | | | | |
|----------|--|----------|--|
| d | distância entre sua
pessoa e a janela | x | distância entre as
duas fitas |
| D | distância entre a
Lua e a Terra
(384.000 km) | L | diâmetro da Lua
que você quer
calcular |

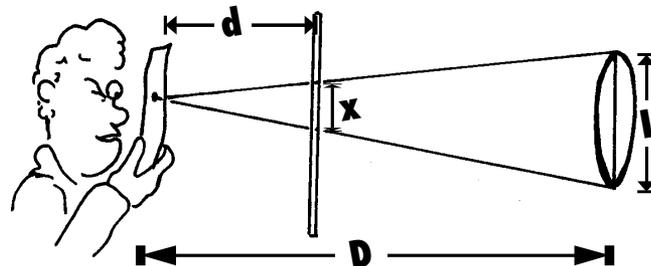
Algumas dicas incríveis!

Se sua mãe gritar: "Meu filho, o que estás a fazer?", diga que é uma experiência científica e que falta pouco para acabar. Ela vai ficar orgulhosa!

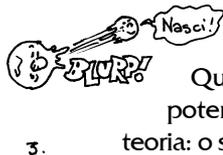
Se você não sabe o que vem a ser uma trena, pode usar a fita métrica ou consultar um dicionário.

Não dá para fazer essa experiência em uma noite coberta por nuvens, mesmo que seja lua cheia!

Você aprendeu algum dia regra de três? Não se lembra? Bem, boa sorte...



A Lua, essa filha da...



Terra?!? Pelo menos essa é uma das teorias. Alguns astrônomos acreditam que a Lua seja um pedaço da Terra que foi arrancado há bilhões de anos por um grande corpo celeste. Naquela época a Terra ainda estava em formação e era uma grande bola pastosa e quente. Outros acreditam, ainda, que esse pedaço poderia ter se separado simplesmente devido à alta velocidade de rotação da Terra, como mostra a figura.

Mas ainda há outras teorias, que dizem que a Lua pode ser a "irmã menor" da Terra, tendo se formado junto com ela, como um planeta menor girando em torno do Sol e que, devido a sua aproximação, teria sido capturada pelo nosso querido planeta. Ou ainda poderia ter se formado já em órbita da Terra.

Quando os supercomputadores se tornarem potentes o suficiente, se poderá testar uma outra teoria: o sistema Terra-Lua teria surgido após uma colisão entre uma jovem Terra e um pequeno e jovem planeta.

O problema com essas duas teorias é que a Lua tem uma composição química muito diferente da composição da Terra, para que tenha origem nela. A segunda teoria ainda tem o problema de que a Terra deveria ter uma quantidade de movimento angular muito grande para perder um pedaço dessa maneira. Se isso tivesse realmente acontecido, a Terra deveria estar girando muito mais rápido ainda hoje.

Porém, a probabilidade de "captura" é muito baixa. Se tivesse ocorrido, a energia cinética dissipada em calor seria suficiente para derreter a Lua. Por outro lado, se a Lua tivesse se formado na mesma região que a Terra, deveria ter uma composição semelhante. Portanto, essas duas teorias não explicam satisfatoriamente a formação da Lua.

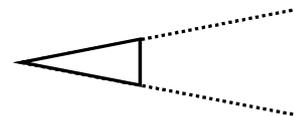
As simulações mostram que é possível que tenha sido assim, mas ainda não há nenhum outro indício que possa reforçar essa hipótese. Como você vê, ainda temos muita dúvida sobre o que realmente aconteceu.

Dicas para medir a Lua

(y otras cositas más...)

Como se mede a altura de uma árvore? Usando triângulos. Suponha que você tem 1,60 m de altura e que em dado momento sua sombra tem 40 cm de altura. A sombra, portanto, tem um quarto do seu tamanho. Pode ter certeza que a sombra de tudo que esteja na vertical terá também um quarto de sua altura. Se a sombra de um poste tiver 1 metro, sua altura será de 4 metros, e se a sombra de um abacaxi tiver 9 cm, ele terá 36 cm de altura. Neste caso, qual será o tamanho da sombra de um sujeito de 2 metros? E que altura terá um prédio cuja sombra seja de 20 metros?

Exatamente o mesmo raciocínio você usa para medir a Lua, na atividade que propomos na página anterior.



Observe que o triângulo com linha cheia é uma miniatura do pontilhado!

Portanto, se você for bom mesmo, saberá que podemos escrever a seguinte relação, para achar o tamanho da Lua.

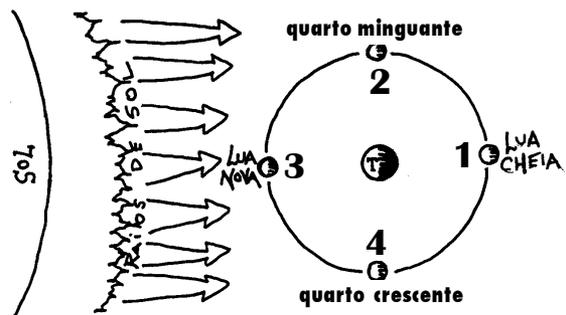
$$\frac{x}{d} = \frac{L}{D}$$

As fases da Lua

Como sabemos, a Lua gira em torno da Terra e ela sempre aparece diferente no céu. Às vezes vemos a Lua inteira, às vezes só metade, sem falar que às vezes ela nem aparece, ou então aparece de dia, contrariando os românticos.

Mas por que isso acontece?

É fácil entendermos que a aparência da Lua para nós terráqueos tem relação com o seu movimento em torno da Terra. Para facilitar vamos considerar a Terra parada e a Lua girando em torno dela em uma trajetória quase circular.



De acordo com a figura, os raios solares estão atingindo a Terra e a Lua. O que acontece é que, dependendo da posição da Lua em relação à Terra, apenas uma parte da Lua é iluminada (posições 2 e 4), ou é toda iluminada (posição 1) ou então não é possível vê-la (posição 3).

Isso se repete periodicamente, é um ciclo!

Viu? É por causa do movimento da Lua em relação à Terra e também em relação ao Sol que ela muda de "cara", ou melhor, de fase!

Dizemos que quando a Lua está totalmente iluminada está na fase cheia, e é essa que os namorados preferem. Quando está invisível para nós é porque está na fase nova. Indo de nova para cheia a fase é chamada de quarto crescente, enquanto indo de cheia para nova a fase é quarto minguante.

Os eclipses

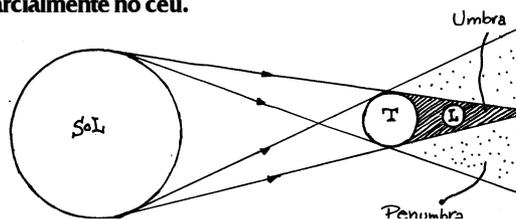
É claro que você já viu um eclipse. E certamente quando viu ficou se perguntando que 🌑☠️🌟🌊👋 era aquilo.

Muitos séculos antes de Cristo, os chineses acreditavam que o eclipse lunar ocorria quando um enorme dragão estava tentando engolir a Lua. Assim, nas datas dos eclipses saíam todos à rua batendo panelas, tambores etc. para tentar espantar o dragão.

Embora muitas pessoas não acreditem que o homem já pisou na Lua (a pegada deve estar lá até hoje: tente imaginar por quê), sabemos que essa história de dragão é uma lenda. Há dois tipos de eclipse:

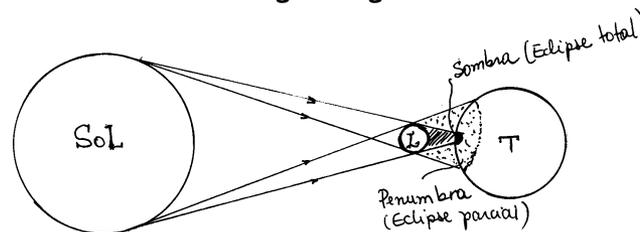
eclipses lunares:

A Lua entra na sombra projetada pela Terra, "sumindo" total ou parcialmente no céu.



eclipses solares:

Quando a Lua fica entre a Terra e o Sol, bloqueando total ou parcialmente a luz do Sol em algumas regiões da Terra.



Num eclipse lunar, a Terra se encontra entre o Sol e a Lua, impedindo que a luz solar chegue até a Lua. Como só vemos a Lua porque ela reflete a luz do Sol, no eclipse ela fica escura.

DELTA - OBERON

RELATÓRIO DE MISSÃO INTERESTELAR



MISSÃO: VIAGEM DE RECONHECIMENTO AO SISTEMA PLANETÁRIO WARK-ZWAMBOS

PLANETA WARK \ CLASSIFICAÇÃO: GIGANTE GASOSO \ MASSA $4,89E+27$ KG \

\DIÂMETRO EQUATORIAL: INDETERMINADO \PERÍODO ORBITAL: 669 DIAS TERRESTRES \

\DISTÂNCIA DA ESTRELA CENTRAL: $5,60 E+8$ KM \NÚMERO DE SATÉLITES: 23 ... FIM ...

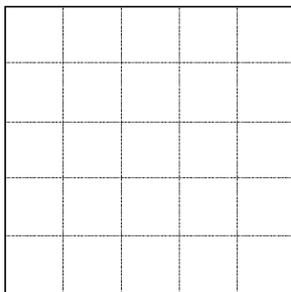
SATÉLITE ZWAMBOS \ CLASSIFICAÇÃO: CLASSE TERRESTRE \ ÓRBITA: PLANETA WARK \

\DIÂMETRO EQUATORIAL: $1,02 E+4$ KM \PERÍODO ORBITAL: 6 DIAS E 7 HS TERRESTRES

\MASSA: $3,05 E+24$ KG \DISTÂNCIA DO PLANETA CENTRAL: $1,3 E+6$ KM \ HABITADO \

\VIDA ANIMAL INTELIGENTE: 2 ESPÉCIES \HABITANTES: $1,23 E+9$ \ ... FIM ...

ANÁLISE PRELIMINAR DO COMPUTADOR



SATÉLITE ZWAMBOS TEM CONDIÇÕES SEMELHANTES ÀS DA TERRA, MAS TEMPERATURA MAIS ALTA. REGIÕES PRÓXIMAS AO EQUADOR INABITÁVEIS (TEMPERATURA $> 60^{\circ}\text{C}$). AS ESPÉCIES QUE HABITAM A PARTE NORTE E SUL SÃO DIFERENTES, MAS TÊM ORIGEM COMUM. HABITANTES DO NORTE E DO SUL NÃO SE CONHECEM. TECNOLOGIA NÃO PERMITE ATRAVESSAR ZONA CENTRAL.

RELATÓRIO DA BASE TERRESTRE

ELABORAR RELATÓRIO CONTENDO AS SEGUINTE INFORMAÇÕES >> 1. COMO WARK APARECE NO CÉU DE ZWAMBOS? >> 2. QUAL A DURAÇÃO DO ANO DE ZWAMBOS? >> 3. POR QUE HÁ ECLIPSE A CADA 6 DIAS E 7 HORAS EM ZWAMBOS? >> 4. POR QUE A NOITE EM ZWAMBOS É MAIS CLARA QUE NA TERRA? >> 5. DESENHO DA TRAJETÓRIA DE ZWAMBOS. >> 6. MAQUETE DO SISTEMA WARK-ZWAMBOS EM TORNO DA ESTRELA, COM ESFERAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. << . BLURP! . >>

— 31 —

O Sistema Solar

Dê uma olhada na tabela ao lado e responda: você ainda se acha importante?

Resposta rápido:

Qual é o maior planeta do Sistema Solar? E o menor? Qual é o mais distante do Sol? Qual é o menos? Qual possui maior massa? Qual deles tem mais satélites? Em qual o ano dura mais? Em qual o ano dura menos? Qual tem o dia mais longo? E o mais curto? De qual deles é mais difícil escapar? E de qual é mais fácil? A gravidade é maior em qual deles? E menor em qual? Qual se parece mais com a Terra? O maior planeta equivale a quantas Terras em tamanho? E em massa? Quem nasceu primeiro: o ovo ou a galinha? O planeta mais próximo do Sol é também o mais quente? Em qual planeta a variação da temperatura é maior? Todos os planetas têm satélites? Quais têm mais satélites: os grandes ou os pequenos? Que tipo de planeta possui superfície sólida: os grandes ou os pequenos? Com quantos paus se faz uma canoa? Qual é o planeta mais próximo da Terra? Quantos anos terrestres dura o ano em Júpiter, Saturno, Urano, Netuno e Plutão? Quantos meses dura o ano de Mercúrio e de Vênus? E o dia de Vênus, dura quantos meses? Quanto é 1+1?

	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno	Plutão	
distância ao Sol	58	108	149	228	778	1426	2869	4495	5900	milhões de km
diâmetro	4,9	12,1	12,8	6,8	142,8	120,0	51,2	50,0	2,4	milhares de km
massa	0,055	0,82	1	0,107	318	95	14,54	17,3	0,0017	massas terrestres
ano	88	225	365	687	4333	10759	30686	60188	90885	dias terrestres
rotação	1412	5817	23,94	24,62	9,84	10,53	17,23	16,04	6,39	horas
velocidade escape	4,3	10,6	11,2	5,0	59,5	35,6	21,2	23,6	1,2	km/s
gravidade	3,8	8,6	9,8	3,7	22,9	9,1	8,9	11	0,49	N/kg
satélites	0	0	1	2	16	18	15	8	1	
atmosfera	-	3%	3%	2%	12%	50%	30%	30%	-	% do raio
anéis	não	não	não	não	sim	sim	sim	sim	não	
temperatura mínima	-212	446	-88	-126	-129	-179	-212	-221	-234	graus Celsius
temperatura máxima	427	482	58	27	-118	-184	-208	-219	-223	graus Celsius
superfície sólida	sim	sim	sim	sim	não	não	não	não	sim	

Como é que você acredita que todos os planetas giram em torno do Sol? Aliás, que bicho você acha que é esse tal de Sol? Qual a diferença entre o Sol e os planetas?

Vamos começar do início. Cerca de 4,5 bilhões de anos atrás, tudo o que chamamos de Sistema Solar era uma nuvem. Não uma nuvem dessas de fumaça ou de água, mas uma nuvem de poeira (partículas muito, muito pequenas) e gás (por exemplo, hidrogênio, hélio, carbono...). Essa nuvem, que estava bonitinha e quietinha girando lentamente no seu lugar, de repente sofreu algum tipo de agitação. Devido a essa "agitação" as partículas passaram a se concentrar mais em alguns pontos, e esses pontos, por causa de sua massa maior, atraíram mais partículas, criando aglomerados cada vez maiores. Essas partículas, quando se atraíram aumentavam seu movimento de rotação, girando cada vez mais rápido. Esse fenômeno é parecido com o que acontece quando a gente coloca muito açúcar para adoçar alguma coisa: ao mexer com a colher, uma parte desse açúcar se deposita no fundo do redemoinho!



Experiência

COLOQUE UMA COLHERONA BEM GULOSA DE AÇÚCAR NUM COPIM D'ÁGUA E MEXA, GIRANDO BEM RÁPIDO, TENTANDO DISSOLVER TODO O PÓ.

O QUE VOCÊ VÊ NO CENTRO DO FUNDO DO COPO?

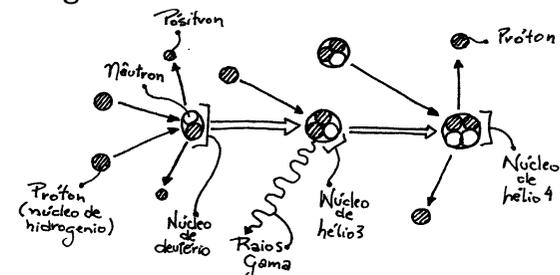
Você percebe que existe um aglomerado bem grande no centro, e que em volta desse aglomerado ainda temos um pouco de pó girando? Se você consegue formar redemoinhos menores em torno desse centro, formam-se aglomerados menores. O aglomerado é parecido com o nosso Sol, e os aglomeradinhos seriam os planetas.

Estrela é um astro com fusão...

Nessa nuvem se formaram tanto uma estrela (SOL!) quanto outras coisas que não "conseguiram" ser estrelas (os planetas). Mas qual a diferença?

Quando a aglomeração de partículas é muito grande, aquelas que ficam no centro começam a sofrer uma pressão muito forte. Como elas estão em constante movimento, sua temperatura vai aumentando e aumentando, conforme a aglomeração cresce. Parece show de rock e final de campeonato.

Chega uma hora em que essa pressão e temperatura são tão altas que começa a acontecer uma coisa terrível chamada FUSÃO NUCLEAR. Vejamos o que é isso: de uma maneira simples podemos dizer que dois átomos de hidrogênio se fundem formando um átomo de hélio. Nesse processo ocorre transformação de massa e há uma liberação enorme de energia na forma de calor.



Não tente entender! O que interessa é que as partículas dos núcleos atômicos (prótons, nêutrons) passam a se combinar, gerando uma imensa quantidade de energia, que é emitida pela estrela na forma de radiação como a luz, os famosos raios ultravioleta (bons para pegar um bronze ou um câncer de pele, dependendo da quantidade) e outras radiações (raios x, raios gama, raios infravermelhos etc.). No caso dos planetas as coisas não esquentaram tanto (parece um jogo de time pequeno ou um show de banda desconhecida), de modo que não deu para eles realizarem fusão nuclear, ou seja, eles não viraram estrelas!

Planetinhas e planetões

Cada planeta é diferente dos outros porque se formou por partes diferentes da nuvem primordial. No entanto podemos encontrar muitas características comuns em alguns deles, o que nos leva a classificar-los como sendo parecidos com a Terra ou com Júpiter.

Planetas parecidos com a Terra

Os do tipo da Terra são bem menores que os do tipo de Júpiter, são rochosos e têm poucos satélites.

Mercúrio é o mais próximo do Sol. A ausência de atmosfera faz com que as temperaturas sejam bem variáveis: aproximadamente -430°C na parte iluminada, -170°C no lado escuro.

Vênus é, depois do Sol e da Lua, o astro geralmente mais brilhante visível no céu da Terra, pois a sua espessa atmosfera reflete intensamente a luz do Sol. Essa atmosfera causa o efeito estufa, tornando o planeta muito quente, cerca de 450°C de temperatura na superfície. É o planeta mais próximo da Terra em tamanho.

Terra é um planeta como os outros, exceto pelo fato de nela existir vida. Sua atmosfera desempenha um papel fundamental protegendo contra a radiação nociva do Sol e contra os meteoritos.

Marte é conhecido como o planeta vermelho. Essa cor é devida ao resíduo de poeira na atmosfera, embora ela seja mais rarefeita que a da Terra. Sua estrutura é rochosa, e é em Marte que se encontra o maior vulcão do Sistema Solar: o monte Olimpo, com 25 km de altitude.

Planetas parecidos com Júpiter

Esses planetas são grandes, têm muitos satélites e possuem anéis. Não é possível pousar neles, pois não há chão, mas uma espessa atmosfera sobre um “miolo” líquido.

Júpiter é quase uma estrela. É o primeiro dos planetas gasosos. Existem 16 luas de Júpiter conhecidas, das quais as quatro primeiras podem ser vistas com um binóculo. Além disso ele possui um fino anel composto por finas partículas.

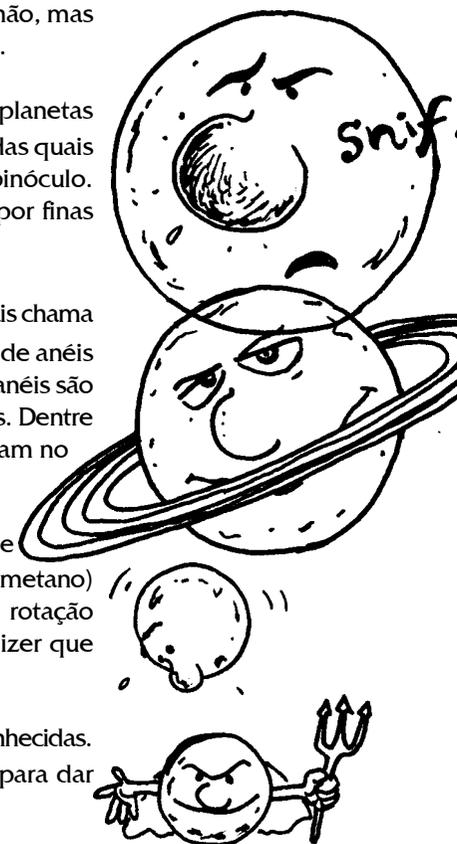
Saturno também é um gigante gasoso. O que mais chama a atenção nesse planeta são os anéis, um sistema de anéis finos compostos por fragmentos de gelo. Alguns anéis são tão brilhantes que podem ser vistos com binóculos. Dentre suas luas, 18 conhecidas ao todo, algumas orbitam no interior dos anéis.

Urano também é um planeta gigante e que também possui anéis. Sua atmosfera (maior parte metano) dá ao planeta uma coloração azul. Seu eixo de rotação tem uma inclinação tão grande que podemos dizer que ele gira deitado em torno do Sol.

Netuno tem quatro anéis fraquinhos e oito luas conhecidas. Ele está tão longe que leva cerca de 165 anos para dar uma volta completa em torno do Sol.

Plutão: diferente de todos. Assim como Netuno, foi descoberto por meio de cálculos, devido a suas interações com outros planetas. É um planeta pequeno e sólido, que orbita junto com outro astro não muito menor, chamado Caronte. Há quem proponha que se tratam de “satélites perdidos” de Netuno.

○ ← Terra



← Plutão

Cometas, asteróides e outros “bichos” do Sistema Solar

Normalmente nós fazemos muita confusão a respeito desses bichos. Quase sempre ouvimos falar de estrelas cadentes e da estrela Dalva, mas o que será cada uma dessas coisas?

Existem entre os planetas do Sistema Solar rochas e ferro de todos os tamanhos chamados *asteróides*. Quando um asteróide atinge a Terra, acontece o seguinte: devido à atmosfera, que serve como escudo protetor, o asteróide é aquecido por atrito e aparece como um rastro de luz incandescente. Esse fenômeno é chamado de meteoro ou estrela cadente. Se esse pedaço de rocha conseguir chegar à superfície da Terra, então ele é chamado de meteorito.

A tão citada estrela Dalva nada mais é do que o planeta Vênus, que devido à proximidade do Sol aparece sempre ao entardecer ou ao amanhecer, conforme a época do ano, e com um brilho razoavelmente intenso.

Já os cometas são um tanto mais estranhos. Gostam de ficar girando em torno do Sol em órbitas bem alongadas, às vezes tão alongadas que nem se fecham. Mas do que são feitos e de onde eles aparecem?

Há uma teoria que diz existir uma nuvem que rodeia o Sistema Solar (chamada nuvem de Oort), de onde os cometas são originários. Às vezes um

bicho desses é desviado da nuvem devido a alguma perturbação causada. Eles são formados de gases congelados e poeira. É claro que você vai perguntar: por que ele tem cauda?

Acontece que, ao se aproximar do Sol, os gases que formam o cometa começam a se vaporizar, produzindo uma cabeleira e uma cauda de gás e poeira. Quanto mais próximos do Sol, maior será a cauda.

Vida em outros planetas? Viagens espaciais?

É uma curiosidade de todos saber se há ou não vida em outros planetas, e a resposta a isso é muito simples: não se sabe. Em relação aos planetas do nosso Sistema Solar, não há até hoje nenhum indício de que exista ou tenha existido no passado alguma forma de vida em algum deles. Não se pode ter certeza, porém, de que não houve em algum momento vida em algum outro planeta ou até quem sabe em um dos satélites dos planetas gigantes que possuem atmosfera.

Quanto a vida em planetas fora do nosso sistema, também não há nenhum indício concreto. Na verdade, somente há muito pouco tempo pudemos observar definitivamente a existência de planetas orbitando outras estrelas, embora os astrônomos acreditassem firmemente que eles deveriam existir, afinal nossa estrela é muito parecida com outras observadas, e os planetas devem ser consequência natural da formação de

tais estrelas.

Pelo mesmo motivo, não há razão para duvidar que haja outros planetas capazes de abrigar vida, principalmente se levarmos em conta o imenso número de estrelas existente no Universo. Há quem diga que é muito difícil um planeta reunir todas as condições para abrigar vida, portanto deveriam ser muito raros os planetas com vida. A verdade é que não se sabe exatamente quais condições são essenciais ou não para a possibilidade de existência de vida, de forma que é possível que os planetas habitados, se existirem, não sejam tão raros assim.

Mas se isso fosse verdade, já não deveríamos ter tido algum contato com essas formas de vida? A resposta é: não é tão simples assim.

O problema é que mesmo as estrelas mais próximas estão muito distantes de nós. Tão

distantes que uma pessoa levaria muito mais do que o tempo de sua vida para ir e voltar, com os meios de que dispomos hoje. Mesmo para seres mais desenvolvidos que nós o obstáculo é realmente muito grande.

A quantidade de energia necessária para fazer qualquer matéria (uma nave, por exemplo) se aproximar da velocidade da luz (o que tornaria possível atingir grandes distâncias no tempo de uma vida) é muitíssimo, mas realmente muitíssimo alta.

— 32 —

A gravidade da gravidade

Por que você está aí grudadinho na Terra? Você acha essa pergunta boba? Newton não achou...

tudo o que você sempre quis fazer agora ficou muito mais fácil e divertido!

A GRAVIDADE FAZ TUDO POR VOCÊ!

Estrelas!

A MATÉRIA ESPALHADA NO ESPAÇO QUE OS ASTRÔNOMOS GOSTAM DE CHAMAR DE POEIRA, MAS QUE NA VERDADE SÃO MINÚSCULAS PARTÍCULAS E GASES (OU SEJA, POEIRA), ATRAI-SE MUTUAMENTE, PROVOCANDO A FORMAÇÃO DOS AGLOMERADOS QUE DISCUTIMOS NA AULA ANTERIOR, E QUE DÃO ORIGEM ÀS ESTRELAS.

Atmosferas!

POIS É, TERRÁQUEO! PLANETAS E SATÉLITES POSSUEM ATMOSFERA PORQUE A GRAVIDADE PRENDE GASES EM TORNO DELES. PLANETAS COM GRAVIDADE FRACA POSSUEM POUCA OU QUASE NENHUMA ATMOSFERA. PLANETAS IMENSOS POSSUEM ENORMES ATMOSFERAS DADA SUA GRAVIDADE.

Planetas!

QUANDO UMA ESTRELA SE FORMA, SEMPRE SOBRA ALGUM MATERIAL DE SEGUNDA MÃO, CUJA AGLOMERAÇÃO NÃO É SUFICIENTE PARA GERAR A FUSÃO NUCLEAR. ÀS VEZES FORMAM UMAS PELOTINHAS, QUE ALGUÉM RESOLVEU CHAMAR DE PLANETAS.

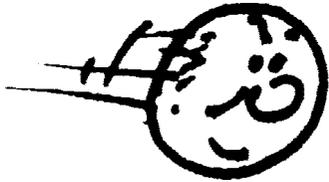
LINDAS ORBITAS!

COISAS GIRAM EM TORNO DA TERRA, E DIZEMOS QUE ELAS ESTÃO EM ÓRBITA. A TENDÊNCIA DE TODO OBJETO LIVRE DE INTERAÇÕES, SOLTO NO ESPAÇO, É PERCORRER UMA LINHA RETA. MAS A GRAVIDADE FORÇA ALGUMAS COISAS A GIRAR EM TORNO DE OUTRAS. A TERRA E OS DEMAIS PLANETAS EM TORNO DO SOL. E TAMBÉM OS COMETAS.

BURACOS NEGROS!

AS ESTRELAS TÊM UMA LONGA VIDA, ONDE MUITA COISA ACONTECE, DEVIDO A UMA INTERESSANTE COMBINAÇÃO DE EFEITOS DA GRAVIDADE, DA FUSÃO NUCLEAR E DE DETALHES DA ESTRELAS. ALGUMAS SE TORNAM VORAZES BURACOS NEGROS! NÃO PERCA AS PRÓXIMAS LEITURAS!

Tudo isso, e muito mais, somente a gravidade pode proporcionar a você e toda a sua família...



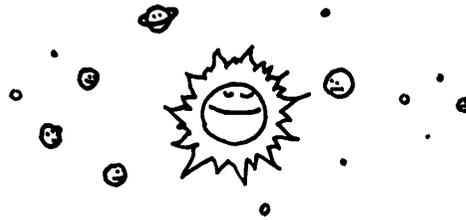
PLANETA
quer dizer
Astro Móvel
quer comprar um astromóvel
zerinho?

..... O que estes planetas estão fazendo lá em cima?

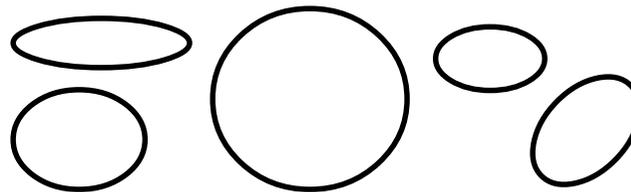
Enquanto quebravam a cabeça tentando entender o que eram a Terra e o céu, muitos sujeitos foram percebendo coisas importantes. De início, parecia natural pensar que tudo que víamos no céu estivesse girando à nossa volta. Essas coisas (estrelas, Lua e Sol) se moviam no céu! E nós, “obviamente” estamos parados.

Havia coisas, entretanto, que pareciam insistir em não se comportar direito. Umhas “estrelas” (ou algo que de longe pareciam estrelas) queriam ficar vagando no meio das outras, e o pessoal resolveu chamá-las de planetas. Fora isso, o Sol e a Lua também eram (ou pareciam ser) muito diferentes de todo o resto...

Muita gente quis observar e medir detalhadamente onde cada coisa no céu estava em cada época. Mas nem sempre as coisas estavam onde acreditavam que deviam estar, de acordo com suas teorias. A que melhor explicava tudo, em dado momento, é que o Sol estaria no centro e os planetas, o nosso inclusive, girando em torno dele. Algo assim:



Mas um sujeito chamado Kepler percebeu que as trajetórias não deviam ser circunferências perfeitas, e propôs que fossem elipses, que são circunferências achatadas, como estas:



A família das elipses compõe-se de elipses muito excêntricas (achatadas) e pouco excêntricas. A circunferência também é uma elipse: uma elipse nada excêntrica.

Os planetas orbitam o Sol em trajetórias em forma de elipse, mas pouco excêntricas. Os cometas também percorrem elipses, mas bastante excêntricas. O Sol não fica no centro da órbita, mas em um ponto chamado foco da elipse.



Com essa teoria, as observações com telescópios faziam muito mais sentido. As medidas realizadas concordavam com a hipótese de órbitas elípticas.

Mas a teoria de Kepler não parava por aí. Ele propôs uma relação entre o período da órbita e seu tamanho. Quer dizer, há uma relação sempre igual entre o tempo que o astro leva para completar uma volta e o tamanho e o formato de sua órbita.

Isso quer dizer que para cada órbita existe um tempo determinado, independente do que estiver nessa órbita. Por exemplo, se a Terra fosse uma laranja, percorrendo a mesma órbita, levaria o mesmo tempo que leva: 365 dias e uns quebrados.

Isso vale desde que o objeto em órbita não tenha uma massa tão grande a ponto de influenciar o astro central. Por exemplo, se a massa da Terra fosse quase igual à do Sol, ambos estariam girando em torno de um ponto situado entre os dois astros. Isso acontece em sistemas em que há duas estrelas, que são chamados sistemas binários. Algo parecido ocorre em nosso sistema, entre Plutão e seu satélite Caronte, que têm massas razoavelmente parecidas.

A grande sacada

Quem teve a grande sacada sobre a gravidade foi Newton. Ele achou que os planetas atraíam coisas, que o Sol atraía os planetas e assim por diante, por uma força especial. Mas como ele mesmo havia dito que toda ação tem uma reação, isso quer dizer que os planetas também atraem o Sol e que as coisas também atraem os planetas.

Em outras palavras, a Terra atrai uma torrada com manteiga (que cai sempre com a manteiga para baixo). Mas a torrada com manteiga também puxa a Terra para cima (e bate sempre no lado da manteiga). O Sol atrai a Terra, e a Terra atrai o Sol. E mais: as forças são iguais em valor.

Os efeitos, porém, são diferentes. A Terra puxa a torrada com uma força de 0,3 newton, e isso lhe causa um grande efeito por que sua massa é pequena. A torrada puxa a Terra com 0,3 newton, e ela nem “sente”, porque sua massa é gigantesca, se comparada à torrada. O mesmo acontece entre a Terra e o Sol. A massa do Sol é gigantesca comparada à da Terra, e apesar da força que esta lhe aplica, o efeito é pequeno.

Entre a Terra e a Lua, alguns efeitos são mais visíveis. A força de atração que a Lua exerce sobre a Terra é uma das causadoras das marés. Quando a Lua “passa” sobre o oceano, causa-lhe um “calombo”, faz a água subir um pouco.

Isso acontece porque todo corpo tem “algo” invisível em volta dele, que é o campo gravitacional. A Terra tem, a Lua tem, você tem e a torrada tem. O da Terra é o mais forte, e o da torrada é o mais fraco. Por quê? Por causa da massa. Corpos “massudos” têm campos fortes!

A Lua fica em torno da Terra por causa do campo da Terra. Mas a Lua também puxa as coisas em sua direção. Por isso o mar sobe um pouquinho quando ela passa sobre ele.

Pelada na rua

Quando a gente joga pelada na rua, sempre pergunta: até onde vai o campo? No caso do campo gravitacional você pode também querer saber: até onde ele vai? Na verdade o campo **NUNCA NUNCA NUNCA NUNCA NUNCA** acaba. Ele só vai ficando fraco quanto mais longe do corpo. É como o cheiro de uma coisa, quanto mais longe, mais fraco. Você pode não sentir o cheiro do bife a 100 metros, mas o cachorro sente. O problema é o nariz!



Ai meu campo!!!

Quer dizer que o campo gravitacional é grandão quando a massa é grandona, e vai diminuindo com a distância, como o cheiro da sua meia. É claro que isso pode ser dito com uma fórmula:

$$g = G \frac{m}{d^2}$$

Você coloca o valor da massa na letra m e a distância ao centro do objeto na letra d. A letra G é uma constante, quer dizer, nunca muda. Você pode até encontrar o valor do SEU campo gravitacional a 100 metros de você. Assim:

$$\text{seu campo} = \frac{G \times \text{sua massa}}{(100 \text{ metros})^2}$$

Esse valor será muito pequeno, porque o valor de G, que é sempre o mesmo, é muito pequeno. Para que o campo gravitacional de alguma coisa seja perceptível, essa coisa precisa ter uma massa muito grande, como os planetas, estrelas etc.

O que aconteceria se o valor de G não fosse tão pequeno assim?

Teste:

O campo gravitacional da Terra tem o tamanho de: um campo de futebol? uma quadra de tênis? Um estrelão?

**O VALOR DE G:
0,0000000000067
N.m²/kg²**

**o meu deu:
0,00000000000054
N/kg**

e o seu?

Como se formam as marés?

MARÉS

Seriam as marés provocadas por seres misteriosos que habitam o fundo dos mares? Realmente não.

Mas como é então que os mares enchem e esvaziam sem ninguém colocar mais água neles? A causa dessa bagunça toda são os astros do sistema solar. No entanto os efeitos mais significativos são causados pelo Sol e principalmente pela Lua. Mas como assim?

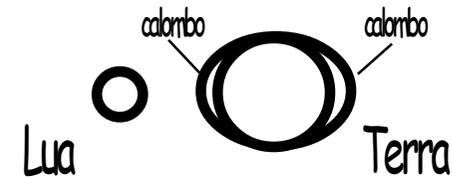
É que o Sol tem uma massa muito grande, e a Lua, apesar de ter uma massa muito pequena, está muito próxima da Terra.

Foi o próprio Newton o primeiro a explicar convincentemente o fenômeno das marés. Para isso ele usou a Lei da Gravitação Universal. A idéia que está por trás dessa lei é que os corpos que estão longe fazem força pequena, e os corpos que são muito grandes fazem força mais intensa.

Quanto maior a massa, maior a força, e quanto mais longe, menor a força, mas o que é mais expressivo não é a massa, mais sim a distância.

A superfície da Terra é constituída de uma parte sólida que chamamos de crosta terrestre (é o chão) e uma parte líquida (a água dos mares, rios, lagos, piscinas...).

A região do nosso planeta que está mais próxima da Lua sofrerá uma força maior. Com isso a água será "puxada" mais fortemente que a crosta,



formando um calombo de água nessa região. No lado oposto o que deverá acontecer? Acontecerá o mesmo, porque nessa região a atração pela Lua é menor, o que provoca um pequeno afastamento da superfície do mar em relação a ela.

Mas então isso quer dizer que sempre está havendo marés em alguma região da Terra? É verdade; no entanto, as marés são realmente muito maiores quando o Sol e a Lua estão "alinhados", pois ambos estão agindo juntos numa mesma região da Terra.

Por que a Lua não cai na Terra?

Se alguém responder que a Lua está caindo em direção à Terra, não estaria mentido. Apenas a Lua não atinge a superfície da Terra. O que isso significa? Para entender, vamos fazer o seguinte exercício imaginário:

- desenhe um círculo representando a Terra. Escolha uma posição de sua superfície e de uma altura h_1 , lance um foguete na horizontal com velocidade v_1 . Com esses valores da altura e da velocidade, a aceleração da gravidade faz com que o foguete volte para a superfície da terra, ou seja, ele cai na Terra.

Aumente a altura para h_2 e lance com mesma velocidade. O foguete cai na Terra, em um ponto mais distante da posição do lançamento.

Da altura h_2 , lance o foguete com velocidade maior do que v_1 . Ele cairá na terra em uma posição mais distante ainda. Se a altura e a velocidade forem sendo aumentadas cada vez mais, chegará um momento em que o foguete, ao cair (ser puxado em direção ao centro da Terra), não encontrará a superfície da Terra e continuará seu movimento em seu redor "tentando" atingi-la. Esse é o caso da Lua.

—33—

Evolução estelar

As estrelas nascem, crescem e morrem, e as vezes até se casam. Muitas preferem viver em grupos! Nunca ouviu essa história antes?

A Vida das Estrelas!



Estrelas comuns

São estrelas que estão curtindo o melhor do seu hidrogênio, como o nosso Sol. Um dia elas irão se tornar gigantes vermelhas. É o início do seu fim.



Gigante vermelha

É o começo do fim da vida de uma estrela. Ela engorda muito e fica vermelhona.



Anã branca

É a "parte nobre" que sobra quando uma gigante vermelha morre. Muito quente e compacta.



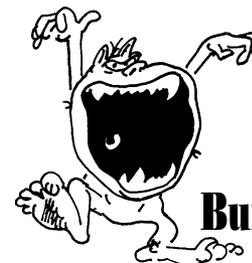
Supernova

É uma supergigante vermelha explodindo. Dura pouco no céu.



Pulsar

É uma estrela de nêutrons que gira muito rápido. A estrela de nêutrons é o caroço estelar que sobra de uma supernova.



Buraco negro

O caroço de uma supernova pode virar um buraco negro se sua massa for grande.



Anã negra

É uma anã branca que já "morreu", ou seja, que gastou todo seu "combustível" nuclear.

Alguma vez na vida você já deve ter ouvido falar que esses bichos chamados estrelas são enormes e muito quentes, têm cores e tamanhos diferentes. Mas porque será que elas são assim?

E os buracos negros, as estrelas de nêutrons, as radio-estrelas, as gigantes vermelhas, que criaturas medonhas são essas?

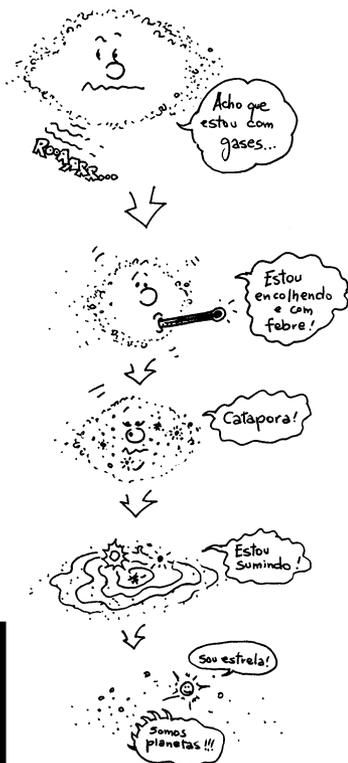
Como nasce uma estrela

Tudo começa na barriga da mãe; ops, queremos dizer numa nuvem de poeira e gás. Essa nuvem sofre algum tipo de perturbação interna e passa a se contrair por ação da gravidade. Pela contração a energia potencial diminui e transforma-se basicamente em energia cinética, num processo em que as partículas caem em direção ao centro da nuvem gasosa.

Durante os choques que ocorrem entre as partículas há também transformação de energia cinética em energia térmica, ou seja, calor.

Devido a essa transformação a temperatura da nuvem aumenta, aumenta, aumenta, de tal maneira que em uma certa região, onde houver maior concentração de matéria, átomos mais leves começam a se fundir. Ou seja, começam as reações de fusão nuclear: nasceu uma estrela!

Nos restos da nuvem podem se formar concentrações menores, com temperatura insuficiente para gerar reações de fusão nuclear. Nessas regiões podem se formar planetas.

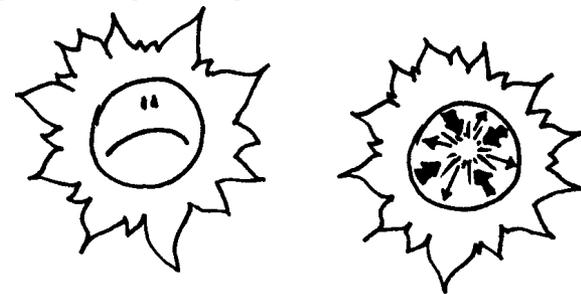


A difícil vida de uma estrela

Se você pensa que é fácil ser estrela está muito enganado! Elas estão sempre com problemas de massa e com dilemas muitas vezes explosivos.

Para falar a verdade, as estrelas se parecem muito com o homem. Sua vida depende do regime, da quantidade de energia que gasta, dos problemas com a namorada ou namorado....

Existem duas forças agindo o tempo todo numa estrela: uma chamada pressão térmica, que tende a empurrar as partículas para longe do núcleo. A outra é a gravidade, é a mesminha que mantém a gente preso aqui na Terra e que tende a puxar as partículas em direção ao núcleo.



Ao longo de sua juventude há um equilíbrio entre essas forças, a estrela vai queimando o combustível da sua região central e vivendo tranqüilamente. Essa boa fase da vida dura somente de alguns milhões a uns bilhões de anos. O nosso Sol, por exemplo, já viveu metade dessa sua fase, algo perto de 4,5 bilhões de anos. Tem mais uns 5 bilhões de anos para aproveitar a energia de sua juventude.

Mas chega um momento da vida em que o combustível começa a se esgotar e mesmo assim a estrela continua queimando o combustível, só que em regiões cada vez mais perto de sua superfície. A estrela começa a sentir o peso da idade. Propagandas na TV dizem que a vida começa aos 40 (bilhões de anos), mas a estrela já está ingressando em uma fase terminal...

Chega uma hora em que toda estrela precisa inchar, inchar, inchar...



Quando a estrela passa a queimar combustível cada vez mais nas regiões superficiais, sua atmosfera aquece e se expande. A estrela torna-se uma gigante vermelha. As camadas mais exteriores da estrela se expandem e com isso se esfriam e brilham menos intensamente, passando por isso a ter uma cor vermelha. É uma fase em que a estrela passa por grandes modificações em um tempo curto se comparado à sua fase anterior. Quando isso começar a ocorrer ao nosso Sol, a Terra, se ainda existir, irá sumir do mapa.

A morte das pequenas...



As estrelas de pequenas massas são aquelas que têm massa até aproximadamente duas vezes a massa do Sol. Depois de terem se tornado gigantes vermelhas, a parte central se contrai, de modo que as camadas externas formam uma casca de gás em volta desse núcleo. Nessa nova fase da vida, essa casca da estrela recebe o nome de nebulosa planetária.

O núcleo que resta é muito pequeno e muito quente (dá a cor branca), e a estrela está com um pé na cova! A essa "estrelinha" originada no núcleo dá-se o nome de anã branca.

Ainda assim a estrela, agora uma anã branca, continua queimando combustível até que ela se esfrie e se apague, de modo que a estrela morre como uma anã negra.



Até aí tudo bem. Quase todas as estrelas chegam a essa fase mais ou menos da mesma forma. Mas o que acontece depois de ela ter se tornado uma gigante vermelha?

A vida da estrela após o estágio de gigante vermelha vai depender da sua massa. Vamos dividir em dois grupos: primeiro, as estrelas de pequenas massas, e depois estrelas de grandes massas.

...e a morte das grandes



No fim da fase gigante vermelha, o núcleo das estrelas de grande massa pode colapsar, causando uma grande explosão, chamada supernova. Às vezes isso provoca um brilho maior que uma galáxia inteira durante um certo tempo. Se sobrar algum "caroço" após a explosão, ele pode se tornar algo muito interessante, dependendo de sua massa.

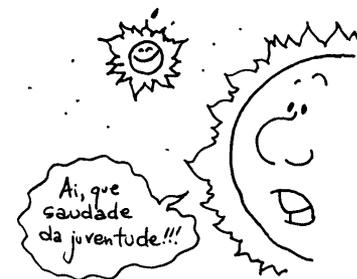
ESTRELAS DE NÊUTRONS

Um "caroço" com massa entre 1,5 e 3 massas solares diminui se transformando numa estrela muito pequena e muito densa, chamada estrela de nêutrons. Essas estrelas têm cerca de 10 km de diâmetro. Em uma colherinha de chá de sua matéria teríamos cerca de um bilhão de toneladas.

BURACO NEGRO

Se a massa do caroço for maior do que 3 massas solares, então ele se contrai, se contrai, se contrai, até se transformar num voraz buraco negro. Um buraco negro é portanto uma das maneiras de uma estrela de grande massa morrer.

CUIDADO! NÊUTRONS, BURACOS NEGROS E AS QUESTÕES DA PROVA NA PÁGINA A SEGUIR...



colapsar: provocar alteração brusca e danosa, situação anormal e grave.



As estrelas mais incríveis...

As estrelas de nêutrons, como você já viu, se originam a partir de "restos" da explosão de uma supergigante vermelha. É um dos possíveis fins da estrelas de grandes massas.

Pergunta chata nº 1:

QUAIS OS OUTROS POSSÍVEIS FINS DE UMA ESTRELA DE GRANDE MASSA?

Quando os "restos" da explosão possuem massa entre 1,5 e 3 vezes a massa do nosso Sol, eles se "encolhem" até algo em torno de 10 km de diâmetro.

Pergunta chata nº 2:

VOCÊ NÃO ACHA QUE É UM TAMANHO MUITO PEQUENO PARA ALGO QUE TEM MAIS MASSA DO QUE O NOSSO SOL?

Como a estrela está muito encolhidinha, a matéria fica muito concentrada. Se um elefante fosse encolhido de forma equivalente, ele seria invisível a olho nu, mas continuaria tendo as suas toneladas de massa. Imagine uma bolinha de gude com a massa igual à do Sol. Conseguiu? Mentiroso...

Pergunta chata nº 3:

QUE FORÇA INCRÍVEL SERÁ ESSA QUE FAZ UMA ESTRELA ENCOLHER TANTO?

Você sabe... aquela força que discutimos na leitura anterior. Vamos dar uma dica: ela começa com G. Mas existe algo ainda a dizer a respeito dessas estrelas. Coisas soltas no espaço, como uma estrela, costumam estar em rotação. Agora, se algo em rotação encolhe, sua velocidade aumenta. Lembra-se da bailarina?

Pergunta chata nº 4:

QUE BAILARINA? POR QUE AUMENTA A VELOCIDADE?

Coisas que encolhem muito aumentam muito de velocidade de rotação. Coisas que encolhem stupidamente demais mesmo, aumentam sua velocidade stupidamente demais mesmo. É o que acontece com as estrelas de nêutrons. Algumas atingem velocidades tão incríveis que passam a emitir ondas de rádio. Claro que não há música nem propaganda... Mas essas ondas são detectáveis por enormes antenas, conhecidas por radiotelescópios. Quando isso ocorre a estrela de nêutrons ganha o apelido de *pulsar*.

Pergunta chata nº 5:

AS ESTRELAS DE NÊUTRONS SÃO FEITAS DE NÊUTRONS? E O QUE SÃO NÊUTRONS?

Certamente há muitos nêutrons nas estrelas de nêutrons, mas essa coisa é bem mais complicada do que parece. Aliás, como tudo na vida. Você só precisa saber que o nêutron é uma das partículas constituintes dos átomos, mais precisamente do núcleo dos átomos. Há também os elétrons, que ficam em torno do núcleo, e os prótons, que ficam junto dos nêutrons. Na estrela de nêutrons tudo é tão apertado que os elétrons são obrigados a se unir ao núcleo e vira tudo uma coisa só. Saiba que essa é uma explicação ultra-super-hiper-simplificada da coisa.

Pergunta chata nº 6:

A INTENÇÃO ERA EXPLICAR OU COMPLICAR?

... RAPIDINHAS ...

As estrelas cadentes são estrelas?

NÃO. SÃO FRAGMENTOS QUE SE INCENDEIAM AO ATRINCAR A ATMOSFERA E QUE AS PESSOAS CONFUNDEM COM ESTRELAS.

Os pulsares piscam?

NÃO. NA VERDADE ELES EMITEM LUZ NOS PÓLOS MAGNÉTICOS. QUANDO A PARTE LUMINOSA VIRA PARA CÁ, A GENTE VÊ. QUANDO NÃO, PARECE QUE APAGOU, MAS NA VERDADE ESTÁ VIRADA PARA O OUTRO LADO.

Existem estrelas invisíveis?

SE EXISTE, EU NUNCA VI.

Existem estrelas duplas?

EXISTEM ESTRELAS QUE ORBITAM UMA EM TORNO DE OUTRA, FORMANDO PARES, TRIOS ETC. COMO NA MÚSICA SERTANEJA. ELAS PODEM TER NASCIDO JUNTAS OU TER SE APROXIMADO.

Os buracos negros são buracos no espaço?

CLARO QUE NÃO. É A MATÉRIA DE UMA ESTRELA TÃO CONDENSADA QUE SUA BRUTAL GRAVIDADE IMPEDE A LUZ DE ESCAPAR. POR ISSO NÃO OPODEMOS VÊ-LA.

Como os caras sabem a temperatura das estrelas?

PELA SUA COR. ESTRELAS MUITO QUENTES SÃO AZULADAS. VERMELHA - AMARELA - BRANCA - AZULADA
ESSA:
MAS FRIAS SÃO AVERMELHADAS. A SEQUÊNCIA É MAIS OU MENOS

- 34 -

O Universo não é tudo?

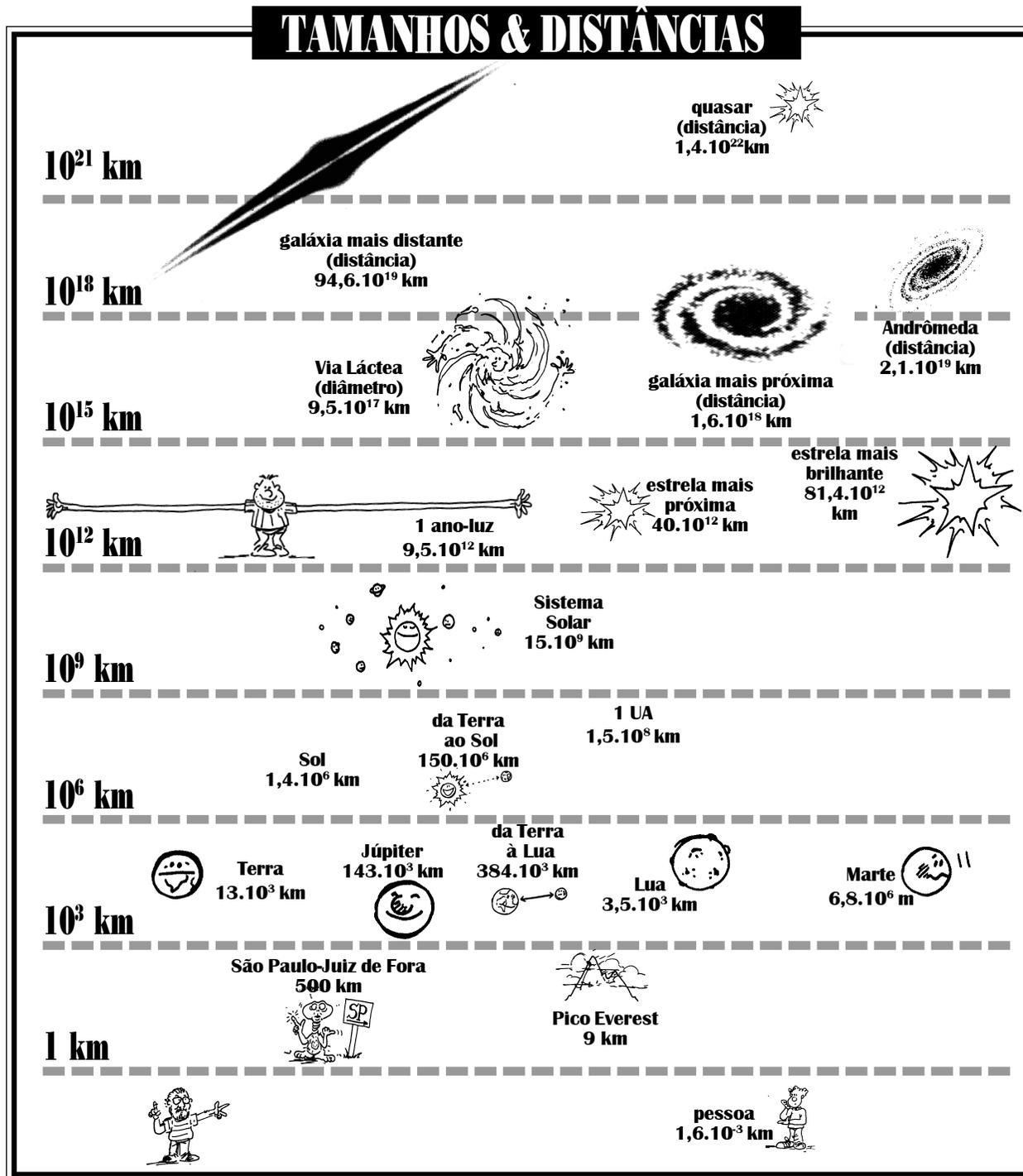
Galáxias, quasares, matéria escura, Big Bang. As diferentes formas no universo e a forma do universo.

Nesta tabela usamos potências de 10 para expressar números grandes. Veja:

- $10^1 = 10$
- $10^2 = 100$
- $10^3 = 1000$
- $10^4 = 10000$
- $10^5 = 100000$

Observe que o número de zeros é sempre igual à potência do dez. Não sabe o que é potência de números? Pegue seus livros de matemática do 1º grau!

TAMANHOS & DISTÂNCIAS



Nós não estamos sós. Nossa estrela é uma dentre os milhares da nossa querida galáxia Via Láctea, que tem um diâmetro da ordem de 100.000 anos-luz.

Galáxia !!!!!!!

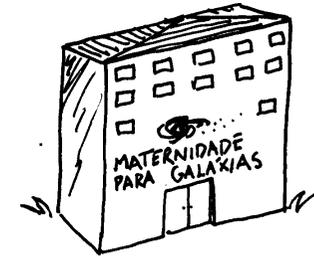
Esses monstros gigantes são verdadeiros titãs do espaço, que vivem em grupos e muitas vezes lutam entre si para dominar, podendo às vezes se destruir e outras vezes se juntar, somando forças e formando um monstro mais poderoso! E você está no cotovelo de um deles...

Nossa, mas isso é o caos! Não, não, calma, devagar... isso foi só uma metáfora. As galáxias não são bárbaras como os homens. São singelos e inocentes amontoados de gás, poeira, estrelas, planetas. Alguns dizem que elas são recheadas até de uma fria e misteriosa matéria escura!

Existem tipos diferentes de galáxias, em forma e tamanho. Podemos dizer que são três tipos principais: elípticas, que têm uma forma oval; espirais, que têm braços ligados a uma parte central; irregulares, que não têm forma bem definida. Há vários tamanhos de galáxia: desde as imensas até as estupidamente e gigantemente imensas. As imensas, também conhecidas como galáxias anãs, são maioria no Universo.



É devido à atração gravitacional que as galáxias gostam de viver em grupos. A nossa galáxia juntamente com Andrômeda e mais umas dezenas de galáxias menores formam um grupo chamado Grupo Local.



Como se formaram as galáxias?

.....

Não se sabe ainda como e quando esses bichos se formaram, e o principal motivo para essa dúvida é que a maior parte da massa do Universo não é luminosa, é matéria escura!

Matéria escura? Mas o que é isso?

Ao estudar galáxias, especialmente a nossa, verifica-se que mesmo somando a massa de todas as estrelas ainda é pouco para que elas se mantenham presas devido à força gravitacional. Daí surgiu a idéia de que deve haver um tipo de matéria diferente, não visível, por isso chamada de matéria escura, da qual não se conhece a natureza.

Mesmo assim existem duas idéias sobre como aconteceram as formações de galáxias: uma diz que primeiro se formaram superaglomerados de formas alongada parecidas com filamentos, ou achatadas parecidas com panquecas. Nessa idéia, por algum motivo, esses superaglomerados se fragmentaram, dando origem a estruturas menores, que são as galáxias. A outra idéia diz que primeiro se formaram sistemas menores, a partir da agregação gravitacional. Essas estruturas foram também se agregando, dando origem aos aglomerados e superaglomerados de galáxias.

De qualquer forma o importante é perceber que tudo isso só existe devido à interação gravitacional. Se não fosse ela, a matéria escura, as estrelas, os gases, as nebulosas, os planetas e tudo o mais não se juntariam para formar esses imensos agrupamentos de matéria. Mais ainda, nem sequer existiriam estrelas, planetas e tudo o mais, uma vez que eles próprios se originaram de um acúmulo de matéria provocado pelas forças gravitacionais.

O Universo

Qual é a maior curiosidade da humanidade? Não sabe?

Você sabe de onde vem? Sabe para onde vai? Sabe se está sozinho neste mundão? Não sabe, né?!

Existem outras pessoas muito preocupadas, assim como você, em responder a essas questões. Os que estudam para saber sobre o Universo são os cosmólogos.

Esses sujeitos estranhos, ao observar as galáxias e seus aglomerados e perceber que eles se afastam continuamente uns dos outros, concluíram que nosso Universo está se expandindo! Como explicar isso?

A teoria mais aceita é que a origem do Universo se deu com o chamado Big Bang (não, não é marca de sanduíche!). Segundo essa teoria, o Universo surgiu de uma explosão gigantesca cerca de 10 a 20 bilhões de anos atrás. Tudo o que existe estava espremido em um espaço minúsculo, extremamente quente e denso. No início era só radiação e não havia matéria na forma que temos hoje. Como o esfriamento continuou, formou-se a matéria conforme a conhecemos hoje. Várias perguntas podem surgir daí:

**SE O UNIVERSO SURTIU
DE ALGO MINÚSCULO QUE EXPLODIU,
O QUE HAVIA ANTES?
O QUE IRÁ ACONTECER
COM O UNIVERSO NO FUTURO?**

Don't worry, be happy!!!!!!!

A primeira pergunta é fácil responder: não sabemos! Mas se conseguirmos responder a segunda, talvez possamos ter pistas sobre a primeira. Acredita-se que o Universo tem se expandido desde o Big Bang, embora não se saiba se essa expansão vai ou não continuar.

A expansão pode ser gradualmente lenta e reverter-se em algum instante. De acordo com as continhas feitas pelos cosmólogos, isso dependerá de qual é o valor da massa total do Universo. Vejamos:

Se existir menos massa que uma certa quantidade, a força gravitacional não será suficiente para parar a expansão, e então o Universo crescerá para sempre e pronto! Nesse caso, ficaremos ainda sem saber o que veio antes da explosão, ou por que essa explosão ocorreu, fora as outras 412.232 perguntas ainda não respondidas.

Mas se a quantidade de matéria for grande o bastante, o Universo irá atingir um certo limite e cessará a expansão. Irá contrair-se de modo a voltar até um estado de altíssima densidade, ocorrendo outro Big Bang, e depois expansão de novo. Assim, o Universo será oscilante: explode, cresce, encolhe, explode... Se for assim, já temos uma vaga idéia do que havia antes. É aí que vemos claramente a importância de se descobrir como é a matéria escura: para saber se o Universo voltará a encolher ou não.

Pois é: ou o Universo é eterno ou ele é mortal, nasce e depois de muito tempo morre. Se for assim, não se preocupe porque o tempo de vida do nosso planeta com certeza é bem menor que o tempo de vida do universo! Você já sabe que quando o sol se tornar uma gigante vermelha, o que ocorrerá daqui a cerca de 5 bilhões de anos, os humanos terão de dizer adeus de algum jeito.



As Cobras



Luís Fernando Veríssimo

O que você acha da afirmação da cobra no segundo quadrinho? Discuta com seus colegas durante a festinha de "amigo secreto"...

O Estado de S. Paulo

TUDO NUM PONTO

O texto é um trecho do conto "Tudo num ponto", de Ítalo Calvino, em seu livro *Cosmicômicas*, Editora Companhia das Letras, e é uma brincadeira sobre o Universo antes do Big Bang.

Compreende-se que todos estivéssemos ali, disse o velho Qfwfq, e onde mais poderíamos estar? Ninguém sabia ainda que pudesse haver o espaço. O tempo, idem; que queriam que fizéssemos do tempo, estando ali espremidos como sardinha em lata? Disse "como sardinha em lata" apenas para usar uma imagem literária; na verdade, não havia espaço nem mesmo para se estar espremido. Cada ponto de cada um de nós coincidia com cada ponto de cada um dos outros em um único ponto, aquele onde todos estávamos. Em suma, nem sequer nos importávamos, a não ser no que respeita ao caráter, pois, quando não há espaço, ter sempre entre os pés alguém tão antipático quanto o sr. Pber^t Pber^d é a coisa mais desagradável que existe.

Quantos éramos? Bom, nunca pude dar-me conta nem sequer aproximadamente. Para poder contar, era preciso afastar-se nem que fosse um pouquinho um dos outros, ao passo que ocupávamos todos aquele mesmo ponto. Ao contrário do que possa parecer, não era uma situação que pudesse favorecer a sociabilidade;

sei que, por exemplo, em outras épocas os vizinhos costumavam freqüentar-se; ali, ao contrário, pelo fato de sermos todos vizinhos, não nos dizíamos sequer bom-dia ou boa-noite.

Cada qual acabava se relacionando apenas com um número restrito de conhecidos. Os que recordo são principalmente a sra. Ph(1)Nk₀, seu amigo De XuaeauX, uma família de imigrantes, uns certos Z'zu, e o sr. Pber^t Pber^d, a quem já me referi. Havia ainda uma mulher da limpeza - "encarregada da manutenção", como era chamada -, uma única para todo o universo, dada a pequenez do ambiente. Para dizer a verdade, não havia nada para fazer durante o dia todo, nem ao menos tirar o pó - dentro de um ponto não pode entrar nem mesmo um grão de poeira -, e ela se desabafava em mexericos e choradeiras constantes. Com estes que enumerei já éramos bastantes para estarmos em superlotação; juntem a isso tudo quanto devíamos ter ali guardado: todo o material que depois iria servir para formar o universo, desmontado e concentrado de modo que não

se podia distinguir o que em seguida iria fazer parte da astronomia (como a nebulosa Andrômeda) daquilo que era destinado à geografia (por exemplo, os Vosges) ou à química (como certos isótopos de berílio). Além disso, tropeçávamos sempre nos trastes da família Z'zu, catres, colchões, cestas; esses Z'zu, se não estávamos atentos, com a desculpa de que eram uma família numerosa, agiam como se no mundo existissem apenas eles: pretendiam até mesmo estirar cordas através do ponto para nelas estender a roupa branca.

Também os outros tinham lá sua implicância com os Z'zu, a começar por aquela definição de "imigrante", baseada na pretensão de que, enquanto estavam ali primeiro, eles haviam chegado depois. Que isso era um preconceito sem fundamento, a mim me parecia claro, dado que não existia nem antes nem depois e nem lugar nenhum de onde imigrar, mas havia quem sustentasse que o conceito de "imigrantes" podia ser entendido em seu estado puro, ou seja, independentemente do espaço e do tempo.