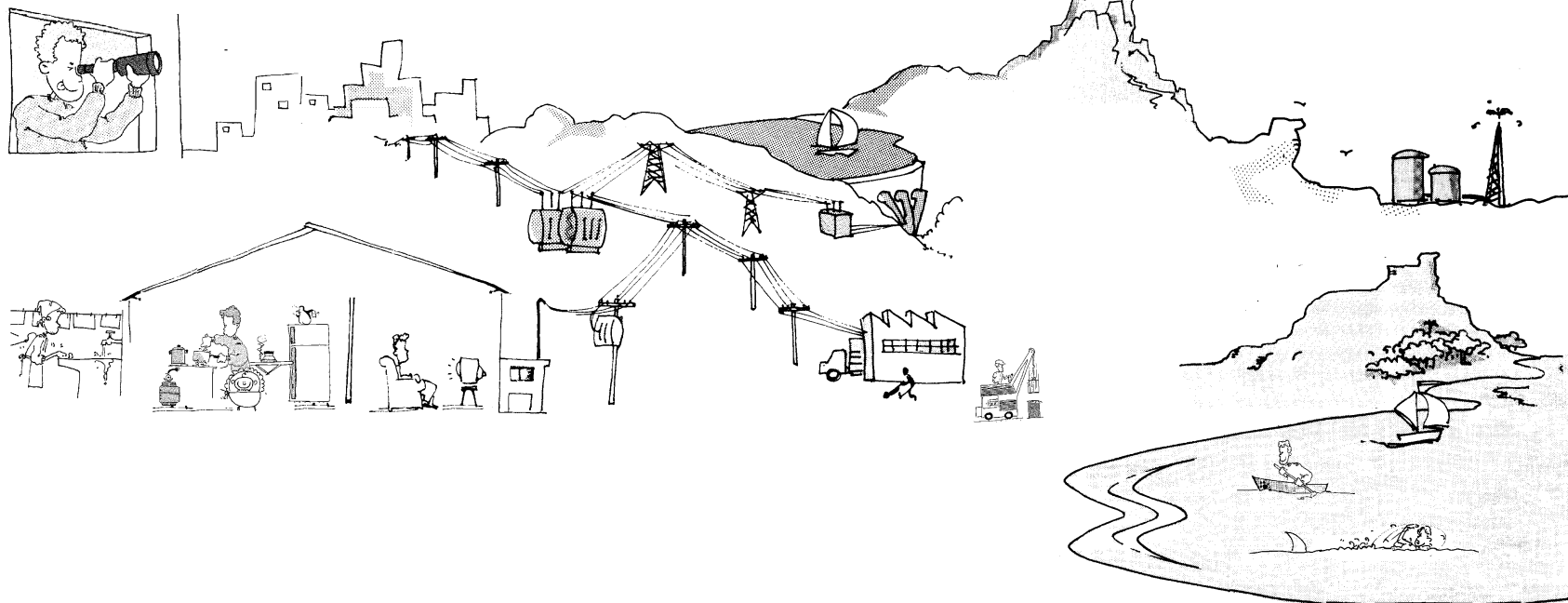


1

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 ...



ANA BEL LEE

Laerte. Anabel Lee.
Folha de S. Paulo, 4/4/93

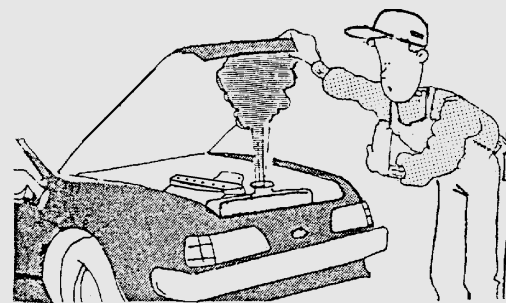
E assim sua mente teve de construir uma verdadeira "física prática". Você faz uso dessa "física" quando joga bola, anda de bicicleta, aperta um parafuso: são coisas ligadas a uma parte da física chamada Mecânica. Da mesma maneira, coisas ligadas à sua visão fazem parte de um ramo chamado Óptica, enquanto 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



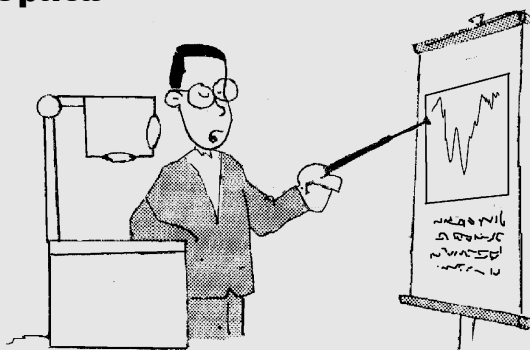
Tudo o que envolve *movimento*, *força* e *equilíbrio* relaciona-se à Mecânica. Estão ligadas a ela, entre outras, as atividades de pedreiros, marceneiros e motoristas. Ela também está presente nas máquinas e ferramentas, no treinamento esportivo, nas construções e em muitas outras coisas.

Física Térmica



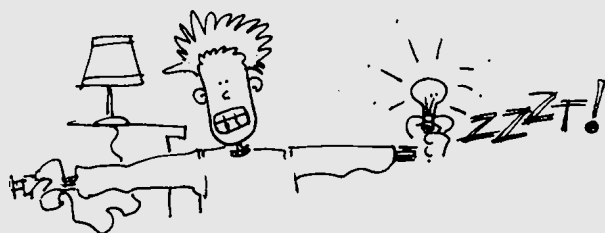
Coisas que estão ligadas ao calor e à temperatura, como um fogão, uma geladeira ou um automóvel estão relacionados à Física Térmica. Um cozinheiro, um padeiro, um técnico de refrigeração e um mecânico têm muito contato com essa parte da física.

Óptica



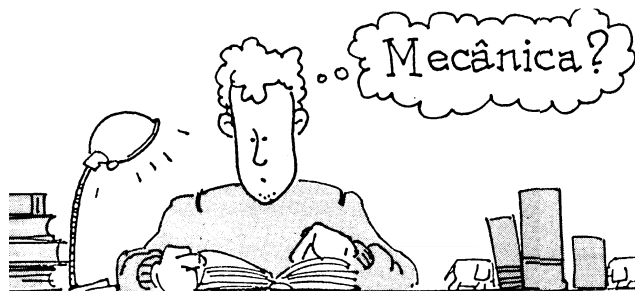
A Óptica estuda os fenômenos luminosos. Faz parte dela o estudo de lentes e instrumentos ópticos, das cores, da fotografia e muitas outras coisas. Vitrinistas, oculistas, pintores são exemplos de pessoas que lidam diretamente com a Óptica.

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.

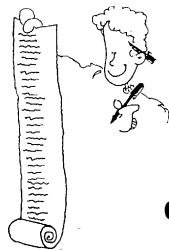
Este livro será dedicado ao estudo da Mecânica. Para uma primeira compreensão do significado desse ramo da física, um dicionário pode nos ajudar.



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*.

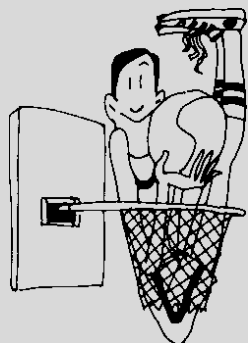
Pela definição do dicionário, percebemos que Mecânica pode ser muita coisa. E realmente é. Na figura que abre este capítulo, podemos visualizar muitas coisas e situações ligadas a essa parte da física. Da mesma forma, se pensarmos nas coisas que você usa, faz ou conhece também encontraremos muitas outras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

— 2 —

Pondo as coisas no
lugar

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

classifísica

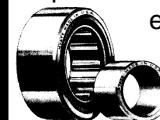
MECÂNICA

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.

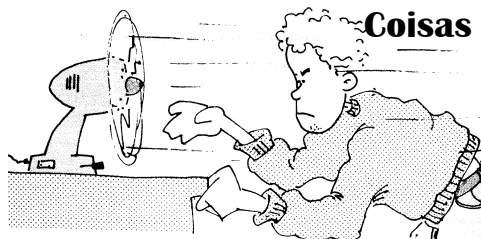
Vamos agrupá-las de um modo que torne mais fácil pensar nelas sob o ponto de vista da Mecânica. Uma maneira de fazer isso é ver de que forma tais coisas se encaixam nas idéias de **MOVIMENTOS, FORÇAS e EQUILÍBRIO**.

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**.

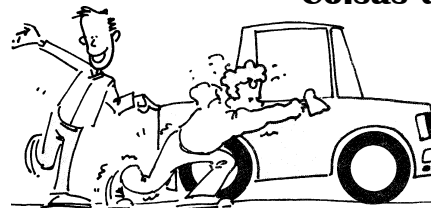


Coisas que giram

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**.

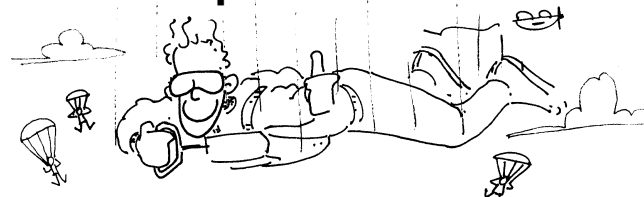
Forças

Coisas que produzem movimentos

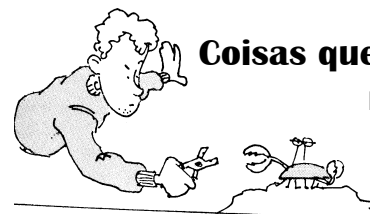


Os motores e combustíveis são exemplos de coisas que produzem movimentos: é graças ao motor e à energia do combustível que um carro pode se mover

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.

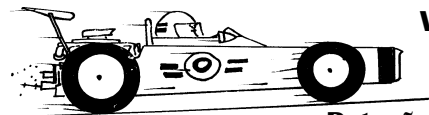


MOVIMENTO		FORÇAS			EQUILÍBRIO
se deslocam	giram	produzem movimento	controlam movimento	ampliam forças	ficam em equilíbrio
avião	hélices	motor	freio	martelo	ponte
bola	bola	vento	volante	alicate	balança
foguete	satélite	gasolina	trilho	macaco	bicicleta

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:

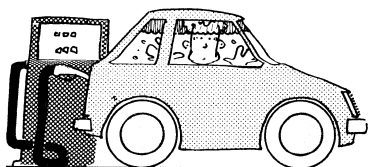
1 Quais são os fatores que determinam a velocidade de um automóvel?

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

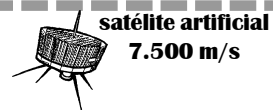
Iniciaremos o estudo da Mecânica nos perguntando: como as coisas fazem para se mover?

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



0,07 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.

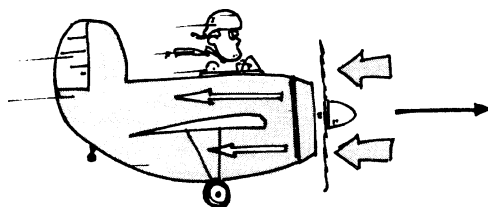
Coisas que parecem se mover sozinhas...

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"

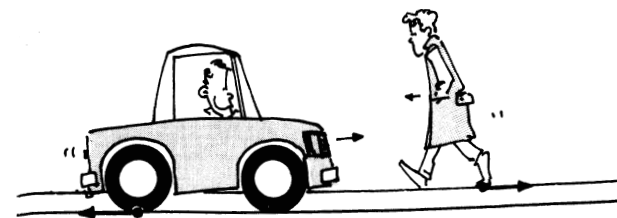
A locomoção sobre a água também exige "empurrar" algo para trás. Em geral, esse "algo" é a própria água, que pode ser empurrada por uma hélice, por um remo ou jato de *jet-ski*.

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.

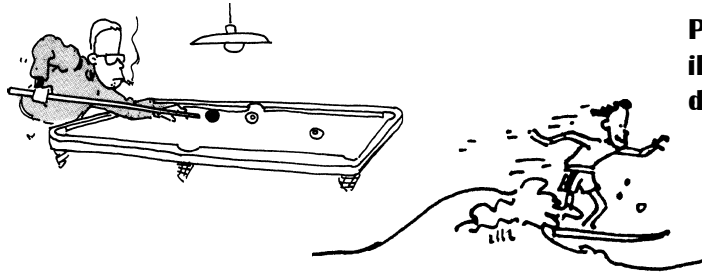


Coisas que realmente parecem não se mover sozinhas

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.



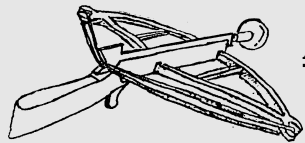
**Professores de Física
ilustrando a transmissão
de movimentos**

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

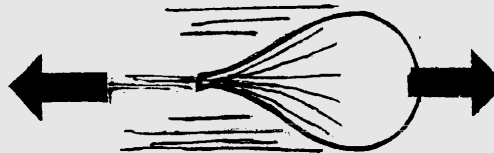
Estas três pequenas atividades mostram como os movimentos surgem aos pares: algo para a frente, algo para trás. Experimente e divirta-se!



A bestinha Soltando a bexiga

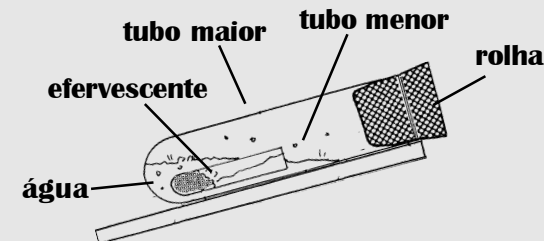
A figura mostra um brinquedo que é uma miniatura plástica de uma arma antiga usada para disparar flechas, conhecida pelo nome de "besta". Quando deixamos uma "bestinha" cair no chão, às vezes ela dispara e percebemos que a flechinha vai para um lado e a arma para o outro.

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



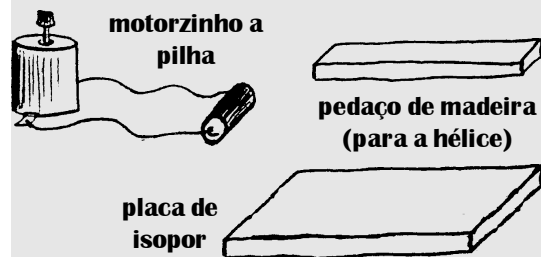
Se um canhão recua ao disparar, temos aí um possível sistema de propulsão. A montagem acima simula um canhãozinho, que também pode ser acoplado a um carrinho. Uma dica: aperte bem a rolha no tubo. Explique os movimentos das partes do sistema.

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

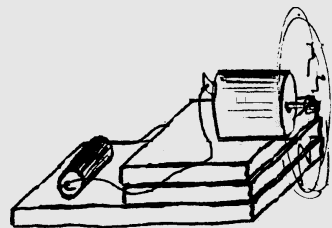
ESSAS TRÊS MONTAGENS SÃO IDÉIAS MAIS SOFISTICADAS PARA MOSTRAR COMO PODEMOS
EMPURRAR ÁGUA PARA TRÁS PARA CONSEGUIR MOVIMENTO

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?

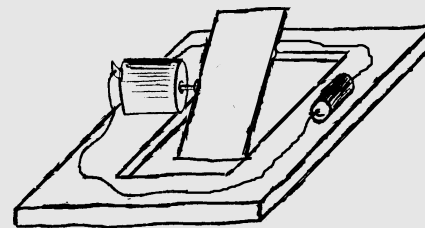
O que você faria para obter uma velocidade maior com esse barquinho?

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.

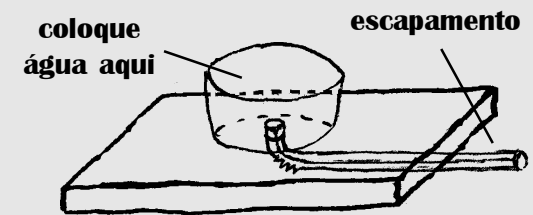
O que você faria para obter uma velocidade maior com esse barquinho?

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.

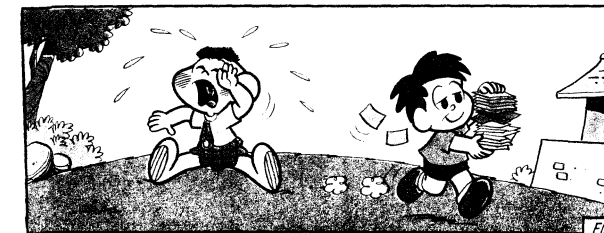
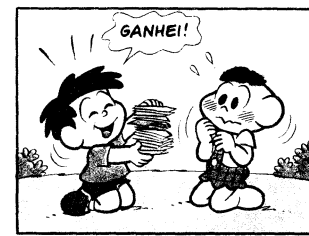
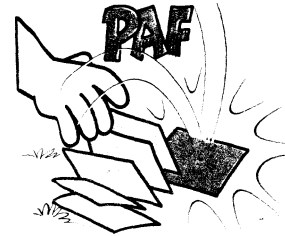
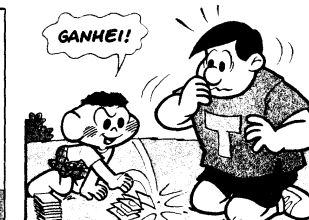
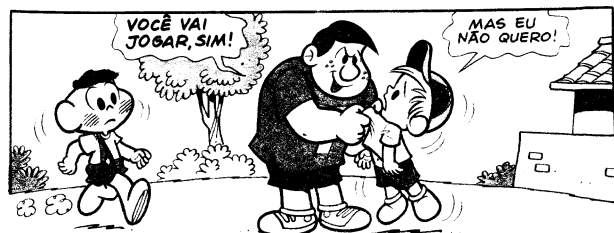
O que você faria para obter uma velocidade maior com esse barquinho?

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.

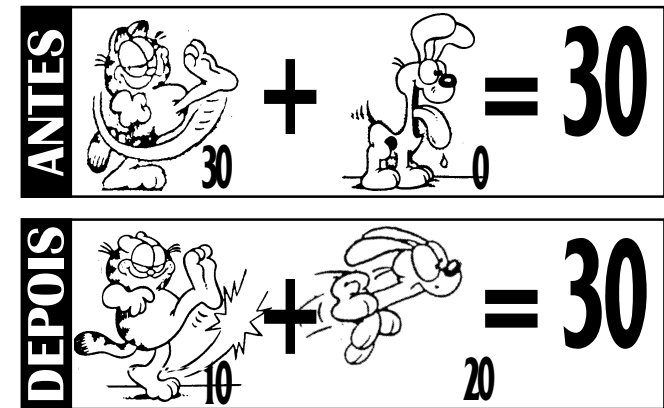
O cãozinho inicia seu movimento ao ser atingido pelo pé do Garfield. Assim, uma parte do movimento do pé é transferida ao cachorro. Como exemplo, imagine que a quantidade de movimento do pé do gato seja igual a 30. Como o cachorro ainda está parado, sua quantidade de movimento é igual a zero. Assim, 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:

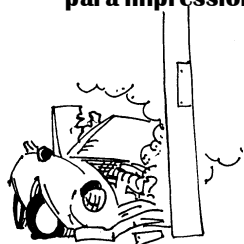
Lei da Conservação da Quantidade de Movimento:

“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.

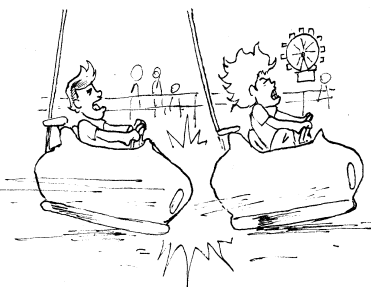
1975 O terrível acidente de Pierre e Sabine



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

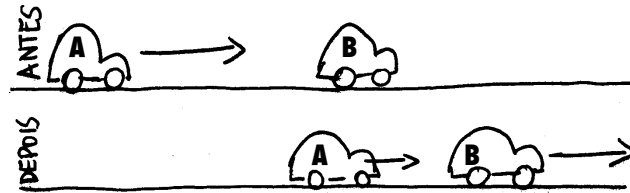


Faça-os bater de frente, um deles com velocidade bem superior.

- 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:



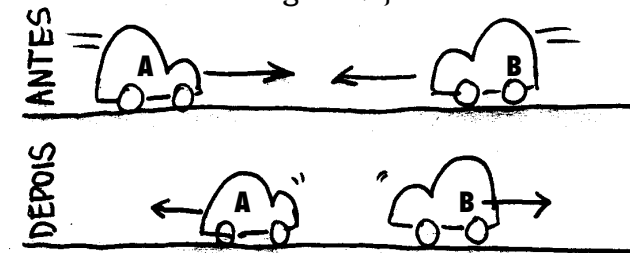
Este exemplo é idêntico aos que vimos antes, como o chute do Garfield. Suponha que a quantidade de movimento inicial do carrinho de trás fosse igual a 100. Se após a batida o carrinho de trás ficasse com quantidade de movimento igual a 40, quanto seria a quantidade do carrinho da frente? Observe a "conta" 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:



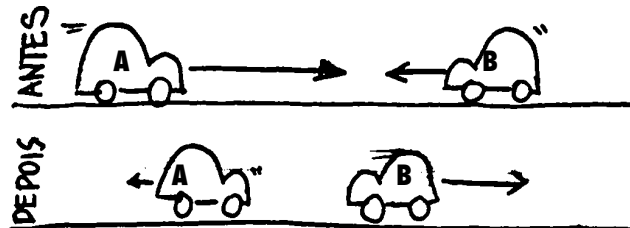
Se ambos avançam com 100, o total é 200, certo? E se cada um volta com 60, o total é 120, certo? Então, não há conservação, certo? ERRADO! Aqui estamos com movimentos opostos, que são representados por números opostos. Isso mesmo, negativo e positivo! Veja na lousa como a conservação acontece:

	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

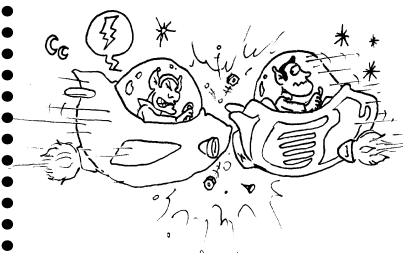
1992 Os inacreditáveis irmãos suicidas



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

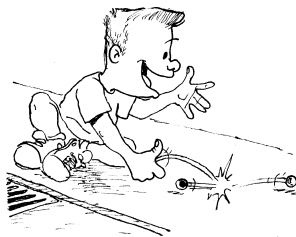


Na inauguração de mais um modelo da U.S.S. Enterprise, o andróide que ajudava as naves a manobrar estava gripado e faltou ao serviço, causando grave incidente. Uma nave que estava dando ré com uma quantidade de movimento de 250 Megaunidades foi atingida por outra que vinha em sentido oposto com 500 Megaunidades.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

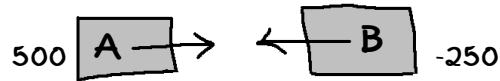
como resolver problemas de Física

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:

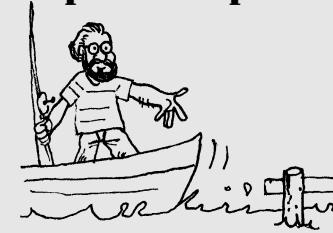
Resp.: A outra nave voltou para trás bem mais vagarosamente, pois sua quantidade de movimento é negativa e de pequeno valor.

Comentário de Spock:

Tradução do idioma vulcano não disponível.

DESAFIO

O professor pescador



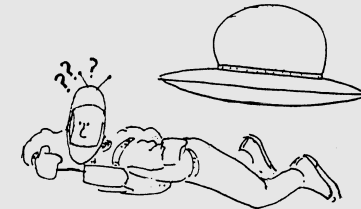
Um professor de Física em férias decide pescar na tranqüila lagoa do sítio de um conhecido. Porém, ao encostar o barco no cais para sair, percebe um problema. Quando ele anda para a frente o barco se move para trás, afastando-se da plataforma e dificultando a saída.

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?

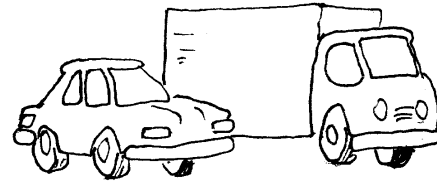
resposta em um desafio posterior

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

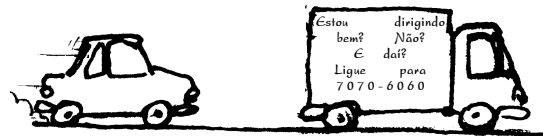


Sai da freeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeente!!!!

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.

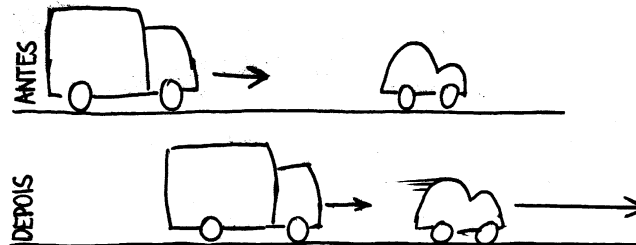
Para todas as colisões, relate minuciosamente ao seu superior o ocorrido com os veículos.

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.

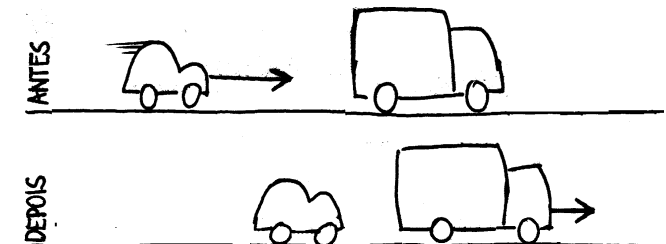
$$q = m \cdot v$$

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

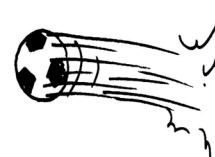


SUPERPETROLEIRO

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

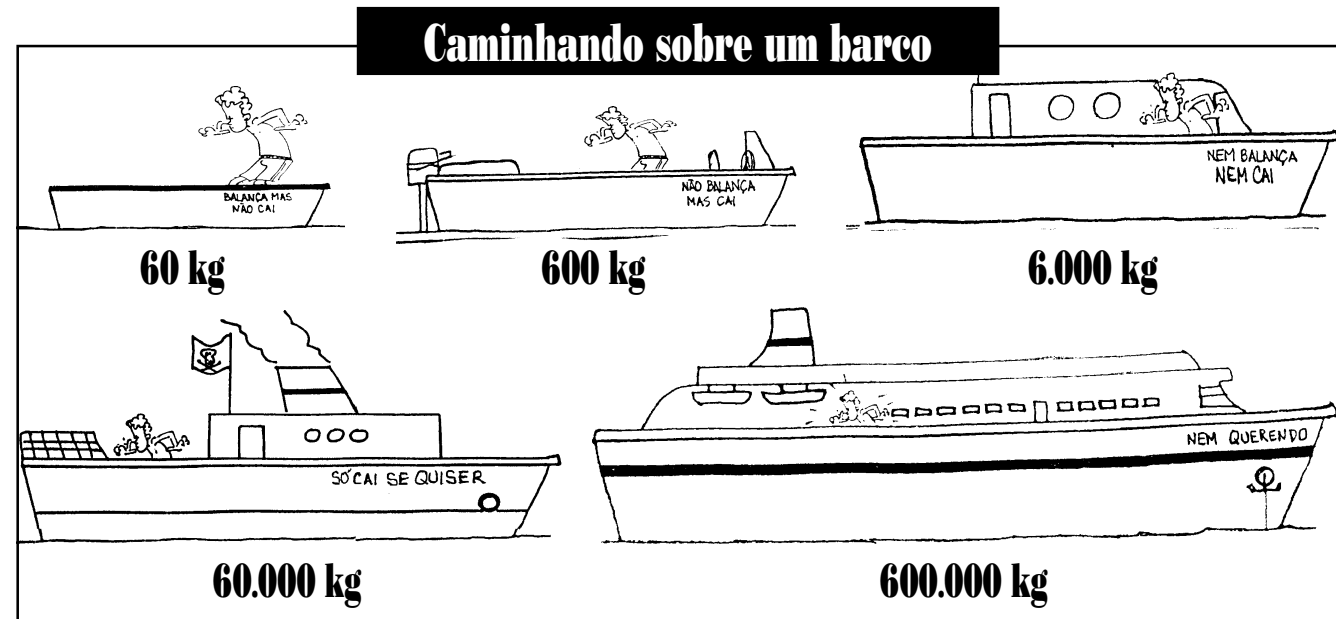
15 t
6 m/s

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.

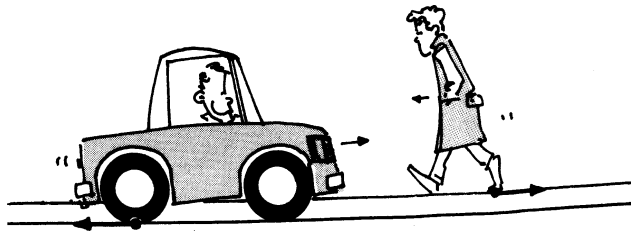
É o que verificamos no caso de um navio de 600 toneladas.

Sua massa é 10 mil vezes maior do que a de uma pessoa de 60 kg. Portanto sua velocidade para trás será também 10 mil vezes menor do que a da pessoa, e seu deslocamento também será proporcionalmente menor. Esse deslocamento é realmente imperceptível a olho nu.

Quando começamos a andar para a frente, para ir à padaria, por exemplo, aparentemente não há nenhum objeto que inicie um movimento para trás. O mesmo acontece a um carro: ele parece iniciar seu movimento para a frente sem empurrar nada para trás.

Mas andar a pé ou de carro são interações entre os pés ou pneus e o chão. Para caminhar, empurramos a Terra para trás e nos deslocamos para a frente. Porém, não vemos a Terra se deslocar em sentido oposto. Isso nos causa a

impressão de que o nosso movimento não é compensado por outro e, que no sistema "pessoa + planeta Terra", a conservação da quantidade de movimento não ocorre.



O problema é que a massa da Terra é um pouco elevada...

Andar de carro ou a pé implica "empurrar" o chão para trás.

600 kg

O que aconteceria com a Terra se todo mundo resolvesse andar para o mesmo lado ao mesmo tempo?

Claro que iria ficar mais fácil transitar no centro de São Paulo... Mas será que afetaria a rotação da Terra? Como podemos avaliar isso? Vamos fazer um cálculo muito simplificado para verificar se o deslocamento da Terra devido ao andar das pessoas seria muito grande. Para isso, usaremos os seguintes dados:

Massa da Terra = 6.000.000.000.000.000.000.000 kg

População da Terra = 5.000.000.000 de habitantes

Massa de um habitante, em média = 50 kg, levando em conta que boa parte deles são crianças.

Velocidade do andar = 1 m/s.

População:

$$m_{pop} = 5.000.000.000, x 50 \text{ kg} = 250.000.000.000 \text{ kg}$$

$$q_{pop} = m_{pop} \times v_{pop} = 250.000.000.000 \text{ kg.m/s}$$

A Terra irá ganhar uma quantidade de movimento de -250.000.000.000 kg.m/s para trás. Para achar a velocidade, dividimos q por m:

$$v_{Terra} = \frac{q_{Terra}}{m_{Terra}}$$

$$v_{Terra} = \frac{-250.000.000.000 \text{ kg.m/s}}{6.000.000.000.000.000.000.000 \text{ kg}}$$

$$v_{Terra} = 0,0000000000000042 \text{ m/s}$$

O que você acha dessa velocidade?!? O que aconteceria com a Terra?

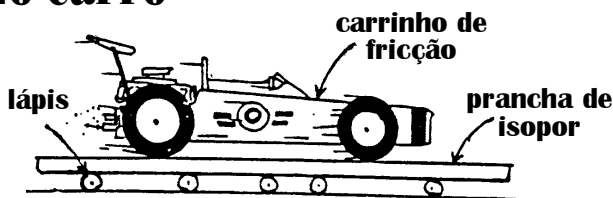
Quem será que "pesou" a Terra?

E como fez isso?

Mistério....

formas práticas de empurrar a Terra

No carro



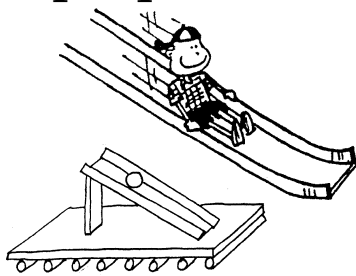
Faça uma montagem como a da figura ao lado. Para isso coloque uma prancha de isopor sobre vários lápis enfileirados, dê a fricção em um carrinho e coloque-o sobre a prancha. Será que o “chão” vai para trás? O que você acha?

Tente também:

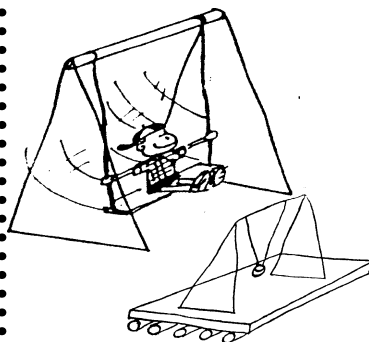
1 Fazer a mesma experiência com pranchas de outros tamanhos, observe o que acontece de diferente e tente explicar. Uma maquete de rua sobre a prancha é uma idéia para feiras de ciências ou simples diversão.

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 friccione 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

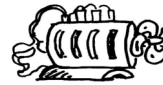
VELOCIDADES ANGULARES

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

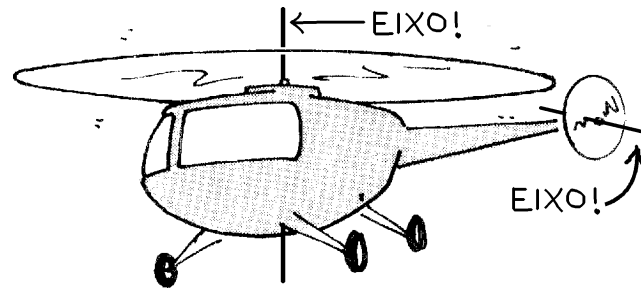
estabelecer as principais diferenças que observamos entre esses dois tipos de movimento.



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.

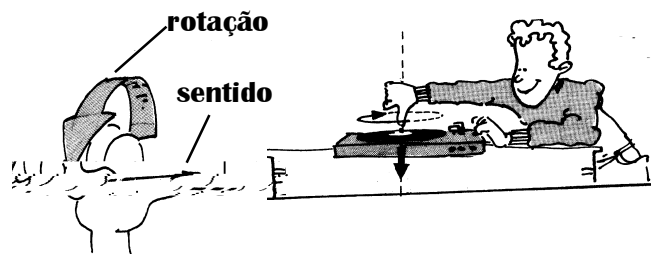
O sentido das rotações

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

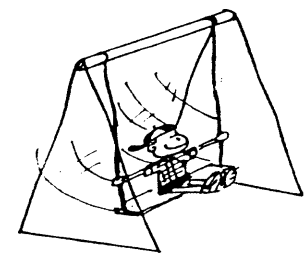
JOGO DOS 7 EIXOS



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.

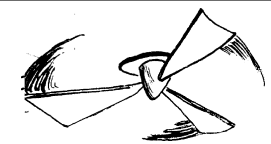
Nesse sistema, meia volta, ou seja, 180°, equivaleria a π radianos e o comprimento está ligado ao ângulo pela seguinte fórmula

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

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**



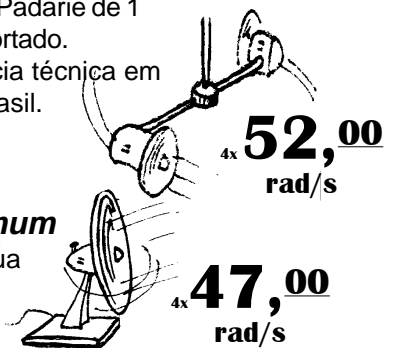
Buteco's Master
Modelo executivo à prova d'água. Auto-reverso.

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

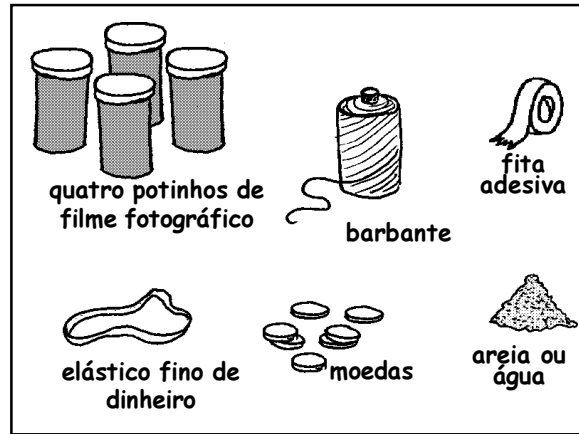
se conservam

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.

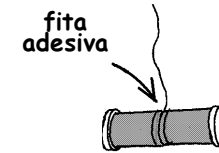
material necessário



monte o equipamento

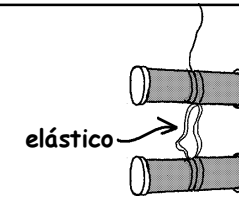
1ª ETAPA:

Una dois potinhos pelo fundo com fita adesiva. Prenda-os a um barbante.



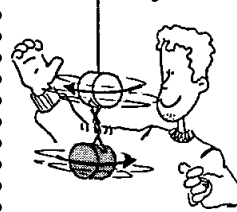
2ª ETAPA:

Monte outro conjunto igual. Una ao primeiro com o elástico



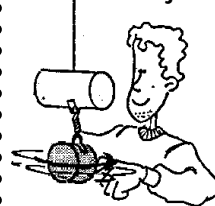
fazendo as coisas funcionar...

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:

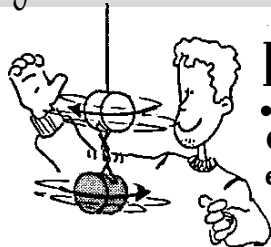
Eles têm a mesma velocidade?

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!

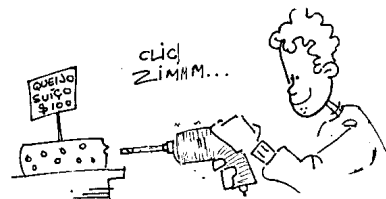
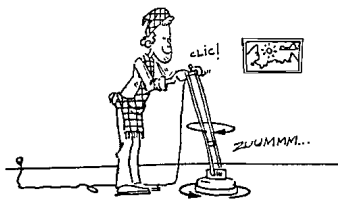


Rotações que se compensam

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.

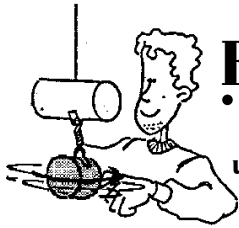
Se o liquidificador não tivesse "pés" de borracha e estivesse sobre uma superfície lisa, veríamos sua carcaça girar em sentido oposto ao do motor. A quantidade de movimento angular do motor é, portanto, "compensada" pela da carcaça, que tem sentido contrário. Por isso, podemos considerar que as quantidades 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.



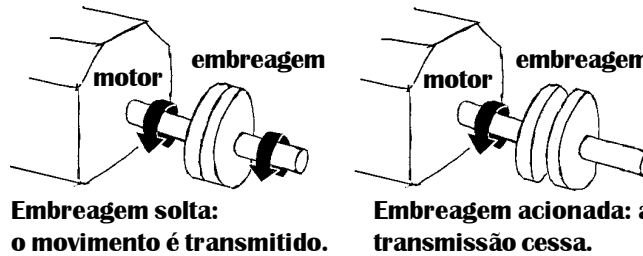
Rotações que se transferem

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.

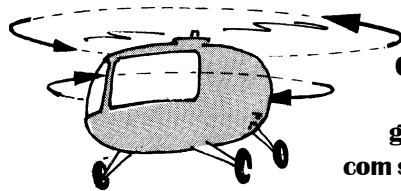
A tendência de um corpo que perde sua rotação devagar é manter sua velocidade e também a direção do eixo de rotação. É o que acontece com um pião, que tende a ficar em pé! E com a bicicleta, que devido à rotação de suas rodas se mantém em equilíbrio. A própria Terra mantém a inclinação de seu eixo quase 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.

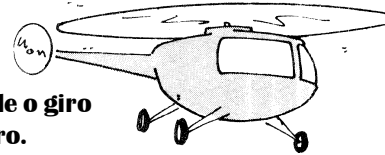


Os primeiros helicópteros giravam junto com suas hélices.

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.



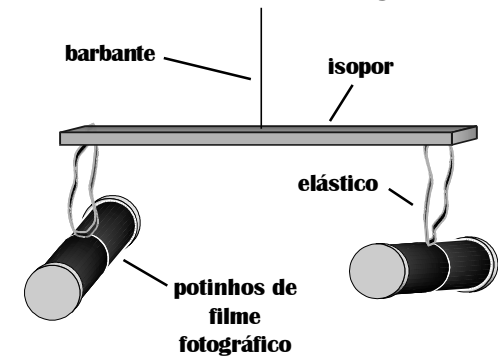
A função dessa hélice lateral é produzir uma força capaz de compensar o giro do corpo do helicóptero, proporcionando assim a estabilidade do aparelho.

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

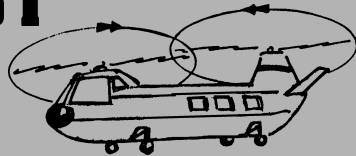
Nesta leitura vimos os efeitos interessantes do funcionamento do helicóptero. O helicóptero militar, discutido nos exercício "ROMBO I", pode ser simulado com a montagem abaixo.



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?

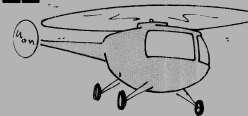
Agora torça, fazendo com que os potinhos girem em sentidos contrários. E agora, o que você percebe? Tente explicar.

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

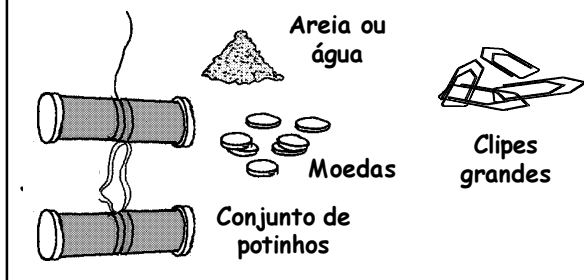
Gente que gira

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"...

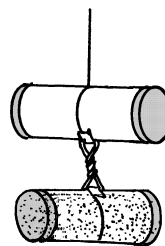
do que você irá precisar



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.



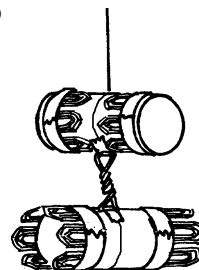
Refaça as duas experiências da leitura anterior usando esses potinhos e responda:

- 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.

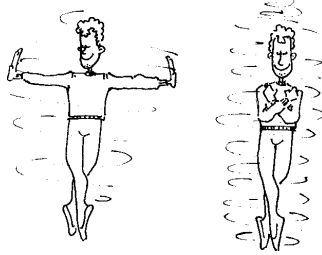


Repita os mesmos procedimentos com esses potinhos e responda:

- 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?

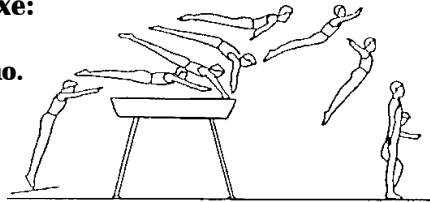
Ao aproximar seus braços do eixo de rotação, o bailarino aumenta sua velocidade.

Um bailarino ao executar um rodopio 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.

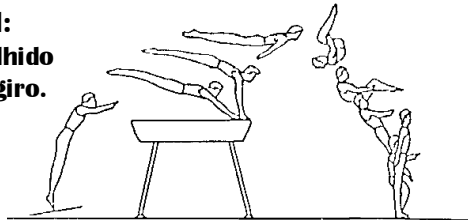


Na modalidade de ginástica conhecida como salto sobre o cavalo o atleta precisa encolher o corpo para realizar o salto mortal (giro para a frente). Com isso, ele consegue aumentar sua velocidade de giro durante o voo sem precisar receber um novo impulso. Já em um salto estilo peixe, em que não há o rodopio,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

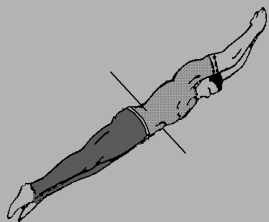
Na experiência que fizemos na página anterior, você viu que os potinhos com cliques colados mais perto do eixo giram mais rápido. Isso é semelhante ao caso do bailarino com os braços fechados. Quando o bailarino abre os braços, a situação se assemelha aos potinhos com os cliques colados longe do eixo: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

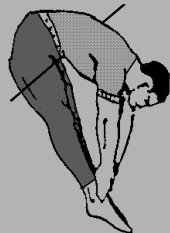


Com o corpo esticado, sua dificuldade de giro é grande, e a velocidade de giro é pequena, porque a massa está distribuída longe do eixo. Os valores podem ser mais ou menos os seguintes:

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

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

semi-encolhido:

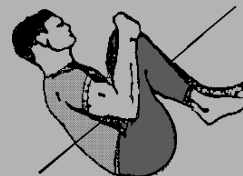


Com o corpo mais encolhido, o momento de inércia (dificuldade de giro) diminui, pois a massa do corpo se aproxima do eixo de rotação. Ao mesmo tempo, aumenta a velocidade angular.

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

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

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:

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

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

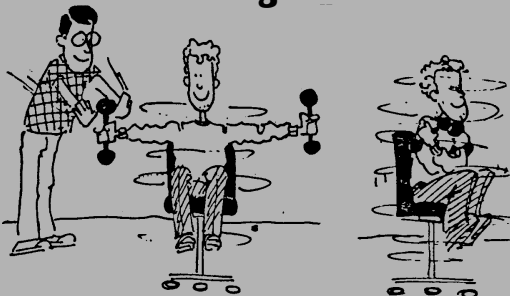
$$4 \times 3,0 = 12$$

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.

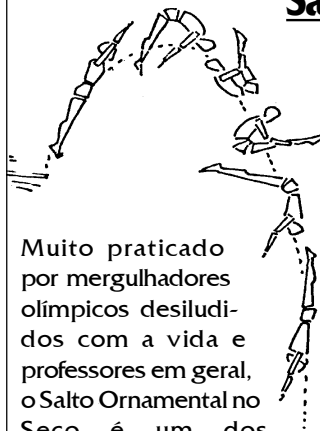
São duas modalidades: a *livre*, na qual o atleta não pode usar nenhum acessório especial para aumentar o desempenho, e a *peso-pesado*, na qual o piloto segura nas mãos pequenos halteres de ginástica.

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.

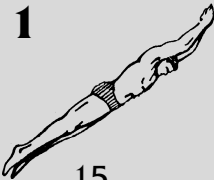


Um professor de Física, praticante da modalidade, nos revelou alguns macetes.

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?