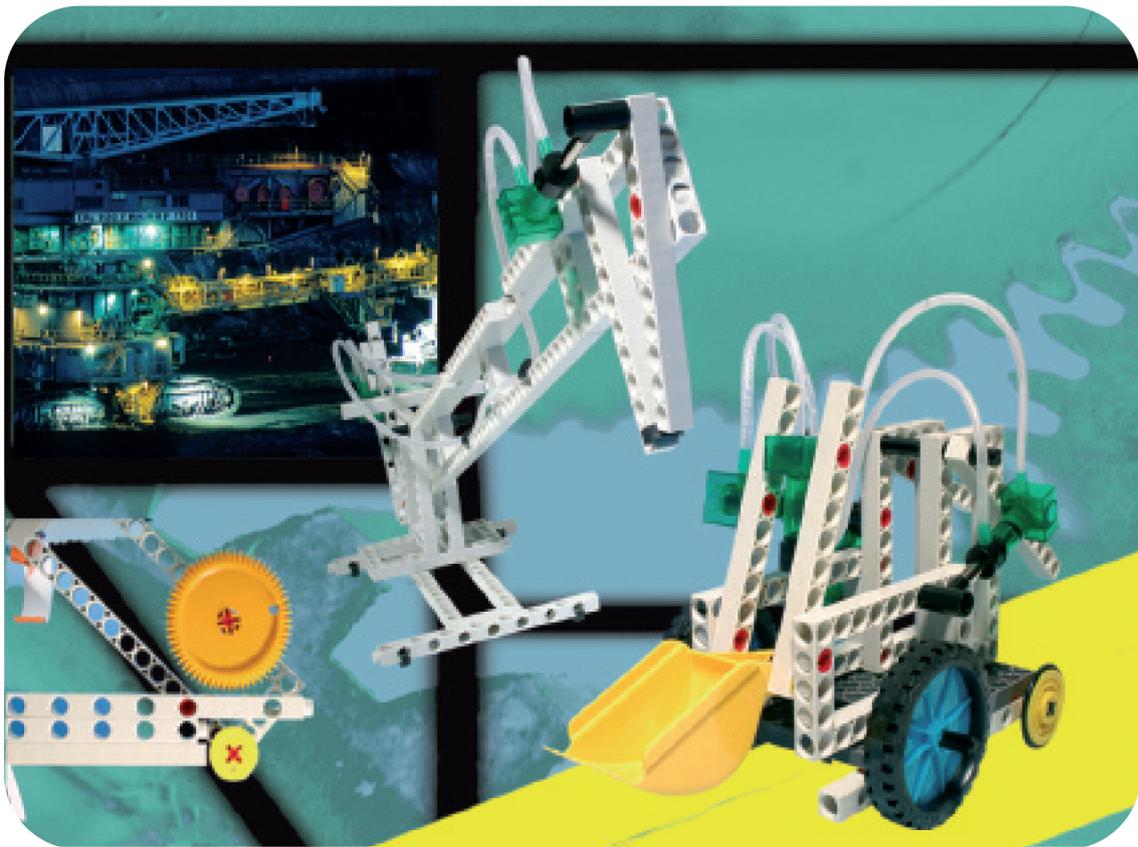


FÍSICA 1000



Índice

Conteúdo do kit	3	Trabalho e Forças	43
Alguns avisos e conselhos	6	Moinho de água	44
A terra atrai-nos	7	23 Energia na garrafa	44
A armadilha da batata	7	Moinho de água para o lar	45
1 A armadilha da batata	8	Um carro movido com um elástico	46
Localização do centro de gravidade	10	Central Eólica	47
2 O centro de gravidade	10	24 O primeiro teste da turbina eólica	48
Carro à vela	12	25 Teste da potência da turbina eólica	50
Veículo todo terreno com lagartas	13	Jogo de Pinball	52
3 Cronometragem do carro todo-terreno	14	26 A trajetória da bola	52
4 Tempo de queda	14	Um corredor de bolas de bowling	53
Indicador de velocidade	14	27 Propagação e transferência de momento	53
5 Peso = Força Gravitica	15	Um martelo eléctrico	54
6 A força gravítica reflecte-se na velocidade de queda	15	Bitola de impacto	54
Dinamómetro 0 a 7,5 Newton	16	28 Grande queda, grande impacto	55
Lanterna de um navio	17	29 A água absorve as oscilações	55
7 A vela estável	18	Absorvedor de Oscilações	56
8 Forças de Inércia	18	30 Um pêndulo	56
Um canhão de disparo	19	31 Registo de tempo	57
Painel numerado	20	Relógio de pêndulo	57
9 A trajetória parabólica	21	Forças em acção	58
10 Inclinação e distância percorrida	21	32 Pedras em voo	58
Máquinas simples	22	Estação de estudo da força centrífuga	59
Escala de força e alavanca de 2 braços	23	33 Competição entre forças	60
11 Medição de forças na alavanca	23	Uma centrifugadora	60
Escala de força e alavanca de um braço	24	34 Princípio físico da máquina de lavar a roupa	61
Uma balança	24	35 Princípio físico da centrifugadora	61
Roldana fixa	25	36 Comutação através da força centrífuga	61
12 Aplicação de forças usando roldanas	25	Comutação centrífuga	62
13 "The string eater"	26	Pião	63
Combinação de roldanas	26	37 Um pião num plano inclinado	63
Um carro num plano inclinado	27	Yo-Yo	64
14 Uma descida acentuada	27		
15 Medir a força de atrito	28		
Deslizar ou rodar trenó vs carro	29		
16 Forças de atrito	30		
Cremalheira e cunha	32		
17 Trabalho executado por uma cunha	32		
18 O Parafuso	33		
19 Rodas versus rolos	35		
Engrenagens	37		
Transmissão de força	37		
20 Equilíbrio na transmissão de energia	38		
Uma grua com duas mudanças	39		
21 Caixa de velocidades	39		
Um combóio monocarril	40		
O boneco saltitão comandado por manivela	41		
Cinematógrafo controlado por manivela	41		
22 O passaro na gaiola	42		
Um robot de Marte	42		

(Nestas duas páginas podes ver o padrão para a vela do carro à vela (p.12) As linhas sólidas indicam onde cortar com uma tesoura, as linhas a tracejado onde dobrar e as azuis onde acrescentar os espetos de madeira. Copia os traços para papel para poderes construir-la!

Conteúdo do kit

Neste kit de experiências vais encontrar componentes e peças de diferentes tamanhos e cores. Estas peças vão ser utilizadas para construir modelos, estruturas, máquinas e brinquedos mecânicos que serão utilizados nas experiências. Estes modelos não precisam de parafusos pois as peças encaixam-se umas nas outras.

1 Caixa do Motor (x1)

Esta caixa inclui um motor eléctrico, um compartimento para uma pilha de 1,5 V (tipo C), um interruptor de 3 posições (para a frente, para trás e desligado), um fio de ligação e uma roda dentada pequena que serve para reduzir a velocidade de rotação do motor. Podes acrescentar uma gota de óleo no encaixe do eixo com a caixa para permitir que o motor trabalhe mais facilmente. O compartimento para a pilha tem uma tampa lateral que pode ser deslizada sempre que pretenderes remover, trocar ou colocar uma pilha. Também podes utilizar uma pilha recarregável de 1,2 V (tipo C)

2 Bases de sustentação (x4)

Incluem-se neste kit 4 bases de sustentação. Nelas, poderás encaixar a maior parte das peças contidas no kit. As bases podem também ser encaixadas umas às outras (através do conector) permitindo-te assim obter bases com uma maior área. Tenta colocar sempre a base dos teus modelos sobre uma superfície plana e horizontal.

3 Conector para as bases (x6)

Este conector com 4 pernas é utilizado para ligar as bases de sustentação umas às outras. O conector pode ser inserido em ambas as faces das bases.

4 Molduras pequenas (10 buracos x 5 buracos) (x2)

As molduras serão utilizadas em diferentes contextos. Podem ser inseridas nas bases de sustentação ou encaixadas noutras molduras para criar uma estrutura sólida. Todos os eixos podem ser inseridos nos buracos das molduras.

5 Molduras grandes (14 buracos x 5 buracos) (x2)

As molduras grandes são utilizadas para construir as estruturas da maior parte dos modelos e das máquinas que vais construir.

6 Varas curtas (11 buracos) (x4)

Estas varas podem ser utilizadas em várias situações. Podem, por exemplo, ser utilizadas para tornar uma estrutura mais estável, ou para segurar os eixos. Têm também duas faces planas que são importantes nos jogos com bolas. Vais ver que também podem assumir papéis cruciais nas experiências.

7 Varas longas (7 buracos em cada face) (x4)

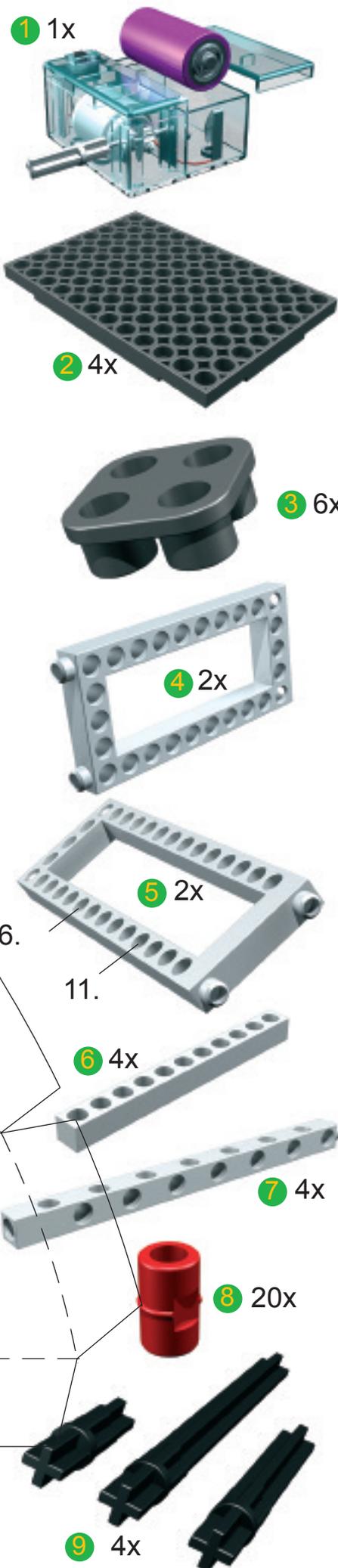
Esta vara tem buracos nas 4 faces, que podem sustentar qualquer um dos eixos que tens no kit. Estas varas, ao contrário das varas curtas, não têm faces lisas, e o espaçamento entre os buracos é o dobro do espaçamento existente nas varas curtas. Uma das principais vantagens é que este tipo de varas pode ser utilizados nas esquinas dos modelos ligando peças em ângulo recto. As extremidades destas varas permitem adaptá-las nas bases e noutras peças e permitem ainda o encaixe de várias varas para conseguir uma vara com maior comprimento.

8 Pino botão (x20)

Estes pinos são utilizados para fixar as varas e as molduras entre si. Quando pretenderes desmontar um modelo podes utilizar a chave de remoção de peças que encaixa na zona plana lateral dos pinos.

9 Eixos pequenos (x4), médios (x4) e grandes (x4)

Os eixos de cor preta vêm em três tamanhos. Têm uma secção transversal com a forma de cruz (+) para permitir o encaixe das rodas dentadas e das roldanas de modo a que rodem simultaneamente com a rotação do eixo. As extremidades de cada eixo são diferentes. Numa delas podes observar um anel preto que serve para evitar que o eixo deslize através dos buracos das varas ou das molduras. O eixo é também mais grosso neste lado podendo no entanto ainda ser inserido através dos buracos.





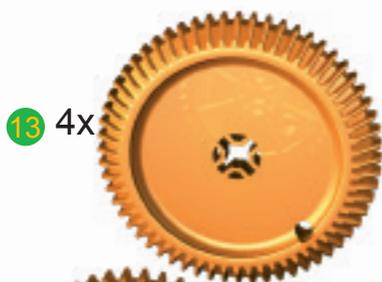
10 20x



11 10x



12 2x



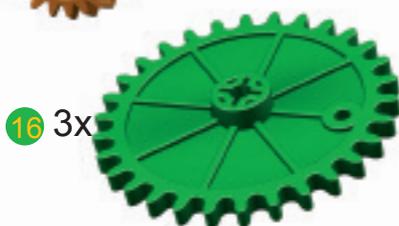
13 4x



14 2x



15 8x



16 3x



17 3x



18 3x



19 140

10 Pino de transmissão (x20)

Estes pinos encarnados podem ser inseridos nos vários buracos das varas e das molduras, com a sua extremidade cilíndrica. A outra extremidade encaixa no centro das rodas dentadas e das roldanas, fixando-as mas permitindo em simultâneo, a sua rotação. Também podes utilizar este pino para fixar peças de cartão às molduras e varas. Quando são inseridos nos buracos, o anel encarnado fica ligeiramente afastado do buraco de modo a que quando quiseres retirar o pino, basta colocar a chave de remoção neste espaço entre o buraco da vara (ou moldura) e o anel.

11 Pino de junção (x10)

Este pino tem uma abertura nas duas extremidades. Podem ser inseridos nos buracos apesar de ficarem fixos, podem rodar. A outra extremidade pode ser inserida noutra moldura ou vara (nos buracos). Este pino serve pois para juntar duas peças permitindo ainda a rotação de uma em relação à outra.

12 Pino de apoio (x2)

Este pino encarnado pode ser inserido no buraco existente na extremidade da vara longa através da sua extremidade mais grossa e pode rodar nesta posição. A ranhura circular impede que o pino saia do buraco. O cilindro mais fino da outra extremidade pode por outro lado ser inserido nos orifícios laterais das rodas e roldanas. Este pino é pois utilizado para unir as rodas às varas. Pode também ser utilizado como manivela, quando inserido apenas no orifício lateral das rodas.

13 Roda dentada grande (x2)

As rodas dentadas incluídas neste kit, são cor de laranja. As rodas dentadas grandes têm 60 dentes. O buraco no centro é utilizado para montar um eixo ou um pino de transmissão. O orifício mais pequeno e descentrado que está perto da periferia da roda permite-te encaixar um pino de apoio de modo a obter uma manivela para a rotação manual da roda. Uma roda dentada transfere movimento e força a outra roda dentada ou às rodas motoras. Neste processo podes diminuir a força aumentando o número de rotações ou aumentar a força diminuindo as rotações.

14 Roda dentada média (x2)

Esta roda é semelhante à anterior mas de menor dimensão e possui 40 dentes.

15 Roda dentada pequena (x8)

Esta roda dentada tem apenas 20 dentes, é um pouco mais fina que as anteriores e não tem orifício para o pino de apoio.

16 Roda motora grande (x3)

Estas rodas são verdes e têm 30 dentes. Estas rodas motoras podem ser utilizadas com uma corrente de borracha (ou lagarta). Também possuem orifício para o pino de apoio. Ao contrário das rodas dentadas as duas faces são iguais. A preturberância central é mais espessa nestas rodas motoras.

17 Roda motora média (x3)

Esta roda motora tem 20 dentes mas é em tudo semelhante à anterior.

18 Roda motora pequena (x3)

A roda motora pequena tem apenas 10 dentes e não tem orifício descentrado. Irás utilizar este tipo de rodas em eixos para manter as restantes peças numa posição estável.

19 Segmento de corrente (x140)

Estes segmentos são pretos e encaixam-se uns nos outros para formar uma corrente. O interior da corrente é liso ao passo que o exterior é rugoso. Se virares a corrente ao contrário a corrente pode ficar presa nos dentes das rodas motoras. A combinação de corrente com as rodas motoras é uma forma eficaz de transferir forças através de distâncias longas. Como a corrente fica com um pouco de folga permite compensar imperfeições que existam no movimento das rodas.

20 Roldana grande (x2)

As roldanas que te apresentamos neste kit são amarelas. Podes enfiar um elástico de borracha ou um cordel através da ranhura que está na periferia da roda. Repara que as duas faces são distintas. Podes juntar duas roldanas iguais e fazer atravessar um eixo pelo centro. Se quiseres prender um cordel à roldana tens ainda uma ranhura na zona central por onde o cordel pode passar depois de montado o eixo. Também nas roldanas tens um orifício para o pino de apoio. As roldanas são também utilizadas para transferir movimento mas, em vez da corrente, utiliza-se o elástico de borracha ou uma tira de tecido que desliza, permitindo uma rotação mais suave e elástica.

21 Roldana média (x2)

Em vez do orifício para o pino de apoio, tem um orifício por onde o cordel pode passar.

22 Roldana pequena (x2)

Esta roldana mais pequena tem as duas faces lisas e um orifício para o cordel.

23 Elástico de borracha (x4)

Tens elásticos com três tamanhos diferentes. Vão ser utilizados na transmissão de movimento através das roldanas, para fazer espirais elásticas e para armazenar energia.

24 Manivela (x1)

Vais utilizar a manivela para fazer rodar manualmente eixos e para converter o movimento de rotação em movimento lateral.

25 Pino tubular (x2)

Este pino pode transformar-se numa manivela excelente.

26 Bola (x8)

As bolas vão ser utilizadas em muitas experiências e em muitos jogos.

27 Ferramenta de remoção de peças (x1)

Esta ferramenta é muito útil para remover os pinos botão e os pinos de transmissão dos buracos das molduras e das varas. O lado mais espesso permite elevar o pino botão, e o lado mais fino, o pino de transmissão. Também podes utilizar o eixo longo para retirar ou desmontar os pinos botão, de apoio, de transmissão e os conectores das bases.

28 Anilha (x10)

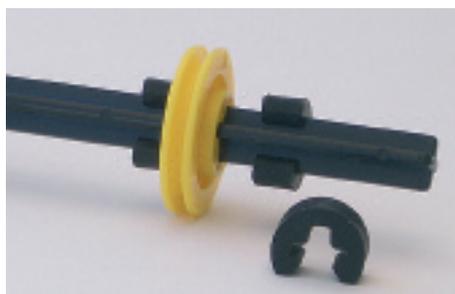
Utiliza-se a anilha para reduzir o atrito - por exemplo, para impedir que as rodas dos automóveis roçem no chassis - mas também para aumentar a distância entre as peças quando são montadas nos eixos. Podes utilizar as anilhas sempre que sentires que algumas peças estão a roçar umas nas outras. Em particular, as anilhas serão muito úteis quando fizeres engrenagens com várias rodas dentadas. As anilhas podem não aparecer nalgumas fotografias mas está à vontade para as utilizar sempre que sentires algum atrito nalgum modelo específico. Um bom engenheiro improvisa sempre para melhorar o desempenho dos seus modelos.

29 Travão de eixo (x10)

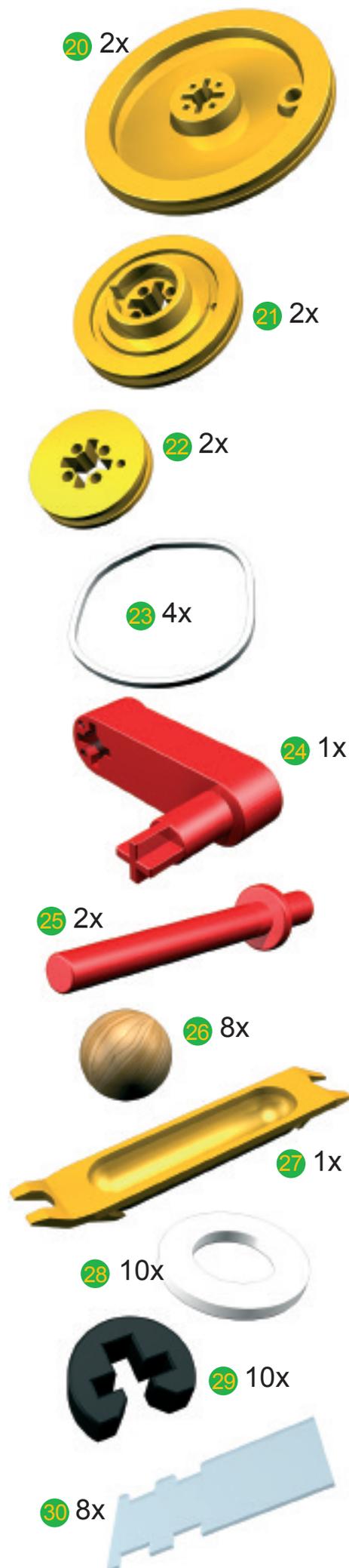
Estas peças são concebidas para evitar que uma roda deslize através do eixo. Podem ser facilmente utilizadas e montadas sem ter que desmontar a roda ou o modelo já construído.



As anilhas podem ser usadas para separar rodas dentadas.



Os travões de eixo impedem que as rodas deslizem no eixo.



Alguns avisos e conselhos para pais e jovens

Pilha de 1,5 V do tipo C



Cuidado!

Algumas peças contidas neste kit têm pontas e cantos aguçados. Cuida no seu manuseamento para não ocorrer nenhum acidente.

Atenção!

O kit contém peças pequenas e bolas. Não é aconselhável a utilização por parte de crianças com menos de três anos pois poderão inadvertidamente injerir algumas das peças.

Avisos no manuseamento das pilhas

Nalgumas experiências vais precisar de um pilha de 1,5 V do tipo C. Não recarregar pilhas que não são recarregáveis pois podem explodir!

Antes de começar a realizar as experiências

As peças deste kit estão distribuídas dentro de vários compartimentos diferentes, no interior da caixa. As peças mais pequenas estão dentro de bolsas de plástico. Tem cuidado para não perder nenhuma das peças quando abrires estas bolsas!

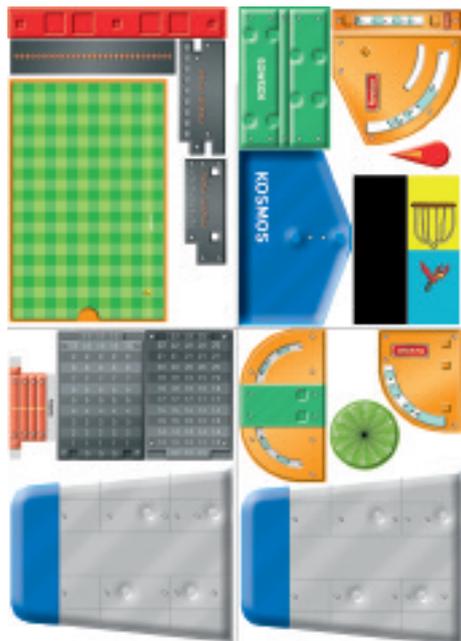
Tens também no interior da caixa um conjunto de folhas destinadas a recortes de algumas etiquetas, asas e componentes de cartão que serão úteis durante algumas experiências. Algumas podem ser destacáveis. Não as desmontes todas de uma vez mas apenas quando forem sendo necessárias.

Nalgumas experiências específicas irás precisar também de alguns objectos de uso comum que encontras em tua casa (fósforos, guardanapos de papel, fita-cola, marcadores de tinta permanente, sacos de plástico etc.).

Nas páginas 2 e 3 deste manual podes observar o desenho de uma vela impresso por baixo do texto. Esta vela será utilizada na experiência 12, na construção do "carro à vela". Para fazeres a vela, coloca um saco de plástico de congelação (ou outro saco transparente com plástico de boa qualidade) por cima, e copia o desenho da vela com um marcador de tinta permanente. Depois corta este desenho com uma tesoura.

As pás do **gerador heólico** (página 47) irão ser feitas recorrendo à folha de recortes destacáveis. Caso pretendas deixar o gerador eólico fora de casa durante algum tempo, deverás cortar estas mesmas pás e o leme mas em plástico (papel de acetato, ou cartão plastificado por exemplo) para que fiquem mais resistentes e à prova de água. Podes fazer 2 ou mais camadas se sentires que o plástico é demasiado fino. Para desenhares as pás, utiliza as que estão destacáveis e copia-as para o cartão ou acetato, contornando-as com um marcador de tinta permanente.

Nalguns modelos e experiências ou eixos têm que ser prolongados. A melhor maneira de o fazer, é utilizando duas rodas dentadas pequenas. Insete cada uma das rodas dentadas na extremidade de cada eixos. Une os dois eixos com uma roda motora pequena, como ilustrado na figura à esquerda. Podes também acrescentar um pouco de papel no encaixe dos eixos com as rodas para garantir uma ligação mais forte.



Folha de recortes destacáveis



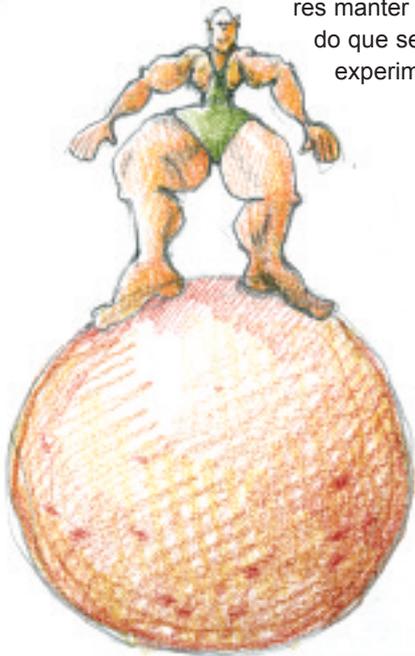
Este diagrama ilustra o procedimento que podes fazer mais prolongar eixos.

A Terra atrai-nos

Quem consegue cair para cima?

Quantas vezes já deste um trambolhão na tua vida? uma dúzia? 100 vezes? E de entre essas vezes, já alguma vez caíste para cima? ou já experimentaste ficar a flutuar no ar tal como os astronautas? Não, nenhuma vez, certo?

Quando eras pequeno e começaste a dar os primeiros passos, seguramente caíste inúmeras vezes. Sem dúvida que devias estar ansioso por te conseguires manter em pé já que assim te podias deslocar mais depressa do que se te mantivesses a gatinhar. Todo esse esforço que experimentaste no primeiro ano da tua vida foi num fundo um enorme duelo que travaste com a força da **gravidade**.



A Gravidade

Quando levantamos uma cadeira, um jarro de água ou mesmo um lápis, sentimos a presença da gravidade. A Terra, exerce uma força de atracção sobre todos os corpos sólidos que nela se encontram. E além disso a acção que exerce é igual em todos os corpos. Neste caso, para explicar o facto de ser mais fácil levantar um lápis do que um jarro cheio de água é porque a gravidade deve estar de algum modo relacionada com o peso dos corpos - como iremos abordar nesta primeira experiência, a armadilha da batata.

Física no mundo real

A gravidade exercita os músculos

Para conseguirmos andar erectos, o nosso organismo cresce desenvolvendo ossos sólidos e músculos fortes. Os músculos mais extensos que temos, são exactamente os que utilizamos para andar - nas nossas pernas. Se a gravidade na Terra fosse muito maior, então o nosso movimento só seria possível se tivéssemos músculos semelhantes aos do Hulk ou do Brutus. Se a gravidade por outro lado fosse mais fraca, então teríamos pernas bastante mais finas. A proporção da musculatura e dos membros nos outros animais e plantas também seria muito diferente do que é actualmente.

Armadilha da batata

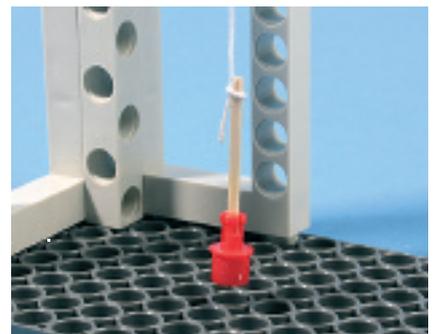
Materiais adicionais: 70 cm de fio ou lã e 1 fósforo de madeira

Monta o modelo numa superfície plana e que não esteja inclinada. Nas figuras podes observar como montar o modelo. Encaixa as 4 varas longas umas nas outras para fazer a torre comprida da estrutura. Depois, utilizando os pinos botão une as duas molduras grandes à vara inferior para impedir que a torre abane. Monta esta estrutura na base de sustentação. No final, acrescenta uma vara curta na extremidade da torre, fixando-a também com um pino botão.

Agora, vamos determinar a posição exacta na base de sustentação onde cairia uma batata que fosse largada do cimo da torre. Para isso, coloca um fósforo (sem cabeça) nas ranhuras da extremidade de um pino de transmissão. Este pino vai ser o teu prumo, ou seja vai-te indicar a direcção vertical. O prumo aponta sempre para baixo, mais concretamente na direcção do centro da Terra).

Guia o cordel ou fio através do último buraco da vara curta, no topo da torre e dá um nó, com a extremidade livre do cordel, no fósforo do teu prumo.

Baixa o cordel até que o prumo fique mesmo



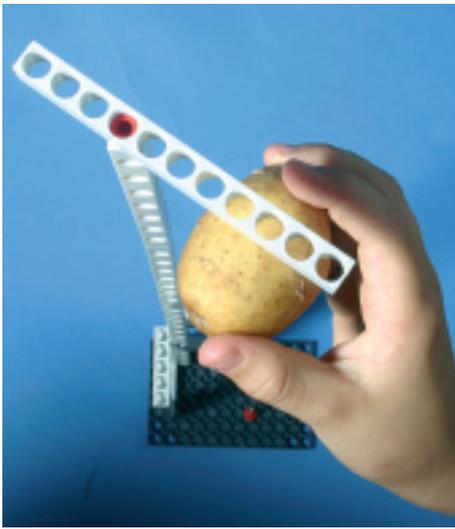
por cima da base de sustentação, mas sem lhe tocar.

Fixa o cordel à vara curta com um segundo pino de transmissão, que deve ser enfiada no último buraco da vara. O cordel deve ficar preso e o fio de prumo poderá baloiçar livremente sem tocar na base.

Espera até que o cordel deixe de baloiçar e observa com atenção para determinar qual o buraco da base de sustentação que está mais próximo do prumo. Remove o cordel, inserindo o pino de transmissão (prumo) neste mesmo buraco. Fica assim marcado para referência a posição onde a batata deverá cair, se for libertada da mesma posição vertical.



Experiência 1



Materias adicionais: 1 fósforo, 2 batatas pequenas e cruas (com um formato o mais arredondado possível, uma com aproximadamente 3 cm de espessura e outra com 5 cm)

Em primeiro lugar segura a batata mais pequena entre o polegar e os restantes dedos de modo a que fique centrada debaixo do último buraco da vara pequena, sem tocar na estrutura. Se a batata não for muito redonda podes inclinar um pouco para baixo o lado mais grosso para evitar que durante a queda a batata não rode demasiado. Larga-a com cuidado. Acertaste no pino? Se não, tenta de novo. Com um fósforo, verifica a profundidade de penetração do fósforo do pino no interior da batata. Faz uma marca no fósforo para registar esta profundidade.

Depois, repete a experiência mas utilizando a batata maior. Mede novamente a profundidade do buraco feito pelo pino e compara com a anterior. O que observas? Exacto! a batata maior tem um buraco mais fundo.

Batatas e o Peso

Provavelmente achaste esta experiência muito trivial. porque de facto, a batata maior é também mais pesada, logo faz sentido que tenha um buraco mais profundo. Mas, o que significa mesmo o ser mais "pesada"? Se tentares enfiar o fósforo no interior da batata, segurando-a com a mão, verificas que é preciso alguma força para o conseguir. Então, para que o o fósforo que está fixo no pino consiga penetrar no interior da batata (como ocorreu na experiência), é porque esta teve que fazer alguma força sobre ele.

A força da gravidade é também designada por atracção gravitacional. A Terra, com a sua massa imensa, atrai os objectos para o seu centro. É esta força de atracção que torna os objectos "pesados" e lhes confere o seu "peso". Quando seguras na mão uma batata e sentes o seu peso estás a sentir a força gravitacional exercida sobre a batata, pela Terra.

A Massa

Porque é que a Terra atrai os objectos? Em primeiro lugar, existe sempre uma força de atracção entre dois corpos - é a lei da natureza. A atracção exercida entre dois corpos é designada por gravitação (do latim, gravis = "peso"). A Terra é um corpo extremamente grande e a força de atracção é exercida sobre todos os corpos que estão na superfície da terra ou próximos da superfície. A força de atracção é maior nos corpos que dizemos ser "pesados" e é menor nos corpos que chamamos de "leves". A intensidade desta força depende pois de uma característica dos corpos, que é a massa. Mas afinal, o que é a massa?

Na Lua

Vamos imaginar que estamos na Lua e que queremos dar um pequeno salto. Assim que o fazemos, verificamos que conseguimos percorrer uma distância de alguns metros até atingir novamente o sólo. Porquê? Bem, a Lua tem uma massa que é perto de 6 vezes menor do que a massa da Terra, e por esta razão, a força de atracção que experimentamos na Lua é também 6 vezes inferior. O nosso peso na Lua é 6 vezes menor, mas a nossa massa é exactamente a mesma, quer estejamos na Lua ou na Terra. O peso é a força de gravidade, apesar de no nosso dia-a-dia, utilizarmos esse termo para designar a nossa massa.

gravitação: força manifestada pela atracção entre dois corpos materiais ou partículas.

massa: propriedade dos corpos que é uma medida da sua inércia e que normalmente é descrita pela quantidade de material que contém. Um corpo quando está num campo gravítico é atraído adquirindo um peso, que é proporcional à massa do corpo.



Depois da experiência, podes jogar este jogo com 2 ou mais participantes. Cada jogador lança 5 vezes a batata sobre o pino, tal como se fez na experiência. O jogador que conseguir mais buracos na batata, e mais próximos uns dos outros ganha. O jogador derrotado tem que descascar e cozinhar as batatas. O grande prémio é obtido por aquele que conseguir enfiar o pino com o fósforo o maior número de vezes no mesmo buraco. Deixamos-te a tarefa de identificar qual deverá ser o prémio a atribuir ao vencedor.





Um astronauta após a primeira aterragem na Lua em 1969. A bandeira parece estar a esvoaçar ao vento, mas na realidade tal não é possível pois na Lua não existe atmosfera, logo também não existe vento.

Agora, se libertarmos um martelo na superfície empoeirada na Lua, o que observaríamos? Iriamos verificar que cai mais lentamente para o chão, e até o pó que se liberta no embate também aterra novamente no sólo mais lentamente. Apesar da massa do martelo e dos corpos ser a mesma, na Lua ou na Terra, o seu peso depende da gravidade exercida pelo planeta ou corpo celestial. Um corpo pode pesar mais num planeta do que noutra, mas a sua massa mantém-se a mesma.

Ausência de peso

No espaço, se suficientemente afastados dos vários astros, os objectos aparentam não ter peso. Assim, no espaço é como se não tivéssemos peso. Os astronautas quando estão nos vaivéns experimentam esta ausência de peso ou de força gravitacional, e mantêm-se a flutuar dentro dos vaivéns. Até para beber água, têm que fazê-lo sugando através de palhinhas em garrafas bem vedadas, pois a água também não experimenta a gravidade e ficaria flutuar se fosse colocada num copo. Não tem por conseguinte peso. No entanto tanto o líquido como o astronauta possuem a mesma massa que têm quando estão na Terra. A massa de um corpo é medida em quilogramas (kg).

Para onde nos puxa?

Para onde está direccionada a gravidade quando actua sobre a batata ou sobre nós mesmos? Resposta: para o centro da Terra. Mais precisamente, para o seu centro de gravidade, ou centro de massa. E a Terra atrai-nos sempre com a mesma força? Não. De facto, quanto mais afastados estamos do centro de gravidade, menos influência experimentamos, ou seja menor é a força da gravidade. No interior de uma mina por exemplo a atracção que a Terra exerce é maior do que no cimo de uma montanha. Do mesmo modo, nós pesamos mais quando estamos a tocar no chão, do que quando estamos a voar dentro de um avião. Mas mesmo na superfície da Terra, existem diferenças em termos da intensidade da força da gravidade. Nos pólos Norte e Sul, os objectos são ligeiramente mais pesados do que no Equador. Isto porque a Terra não é perfeitamente esférica e é ligeiramente achatada nos polos, e assim a distância até ao centro da Terra é menor do que no Equador. Estas diferenças são no entanto muito pequenas e quase imperceptíveis. Existe também uma outra razão que influencia a força gravitacional no Equador: o movimento de rotação da Terra. Se quiseres saber um pouco mais sobre este fenómeno vê a página 58.

Onde está o Centro de Gravidade?

Quando te colocas apoiado sobre as duas pernas, ficas mais estável, do que quando te apoias sobre uma apenas. Se te puseres de gatas, apoiando os joelhos e as mãos também, ficas numa posição ainda mais segura e estável. Porquê? Tal como a Terra, todos os corpos e objectos têm o seu próprio centro de gravidade, que corresponde a um ponto que determina o equilíbrio e a estabilidade. Mas como podemos saber onde está o centro de gravidade? Vamos então construir um instrumento de localização de centro-de-gravidade.



Sempre que pretendes medir alguma coisa, utilizas sempre uma referência para comparar, uma unidade de medida. 5 kg por exemplo, correspondem a 5 vezes 1 unidade de 1 kg. O quilograma é a unidade de medida da massa. Para que em todo o mundo, o valor do quilograma seja o mesmo, é necessário calibrar todas as balanças e escalas utilizando um único padrão, que se mantenha sempre igual com a passagem do tempo e das condições atmosféricas. Este padrão, no caso do quilograma, foi durante um século, o chamado quilograma-padrão mantido em Paris desde 1889 e que consiste num cilindro feito de uma liga de platina e irídio, com 39 mm de altura e 39 mm de diâmetro. No entanto, verificou-se que este protótipo perdeu uma pequena fracção da sua massa, por razões ainda não conhecidas. Os cientistas têm então tentado arranjar um novo padrão que se mantenha inalterado com o tempo e válido universalmente. Neste momento existem dois possíveis candidatos que poderão vir a substituir o cilindro que é actualmente o quilograma-padrão. Uma das possibilidades consiste em utilizar um cristal de silício que contenha o número exacto de átomos para perfazer 1 kg de massa. Uma outra possibilidade consiste em utilizar-se a unidade de força electromagnética necessária para equilibrar uma massa de 1 kg. Caso um destes candidatos venha ser bem sucedido, o famoso quilograma-padrão poderá vir a ter algum descanso num museu.

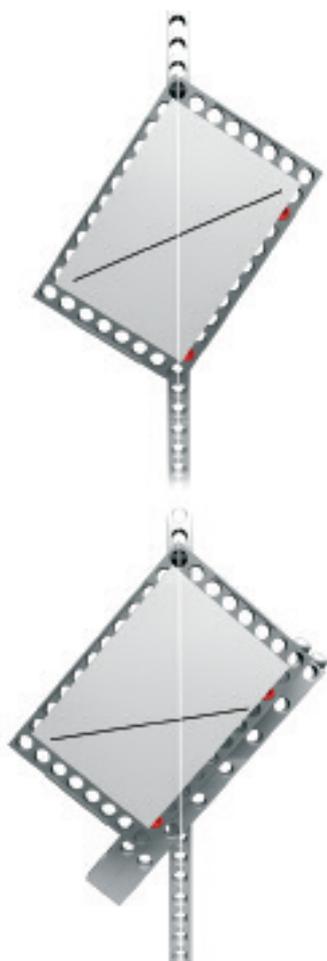
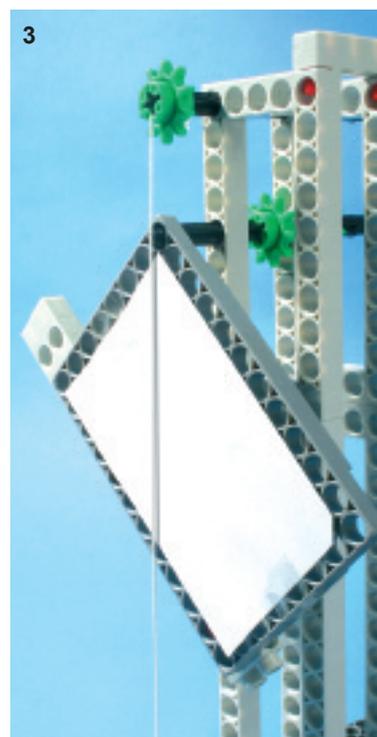
peso: força pela qual um corpo é atraído para a Terra ou outro astro celeste através da gravitação. O peso é obtido através do produto da massa do corpo pela aceleração da gravidade local (esta aceleração da gravidade é diferente nos diferentes astros celestes).

centro de gravidade: ponto no qual se poderia concentrar todo o peso de um determinado corpo, se a força da gravidade fosse aplicada neste ponto, o corpo manter-se-ia em equilíbrio, fosse qual fosse a sua posição.



Localização do Centro de Gravidade

1. Constrói a estrutura que se apresenta nas figuras. É importante que a estrutura fique colocada sobre uma superfície plana e horizontal.
2. Os eixos deverão ficar montados da mesma forma, e o cordel ou fio deverá passar entre o eixo e a roda motora pequena (verde), como ilustrado, ficando deste modo preso. O cordel e a roda motora grande vão fazer o papel de fio de prumo, para indicar a vertical.
3. O eixo superior poderá ser rodado para trás ou para a frente se necessário. O centro de gravidade da base de sustentação que está suspensa, pode ser alterado encaixando na base algumas varas longas por exemplo.



1 O centro de gravidade



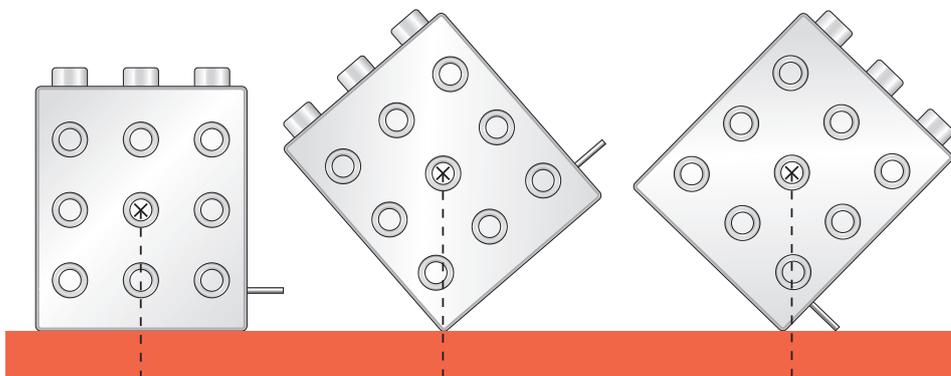
Passo 1: Vamos utilizar a base de sustentação como sendo o corpo do qual queremos determinar o centro de gravidade. Cola um pedaço de papel branco numa das faces da base de sustentação. Suspende a base colocando um dos seus cantos no eixo inferior. Deverá ficar suspensa com folga para baloiçar sem bater em nada. Espera um pouco até parar o movimento da base. Depois, empurra com cuidado o eixo para a aproximar a base do fio, sem lhe tocar. Agora, pressionando ligeiramente o cordel contra a base, marca dois pontos com uma caneta no papel: no topo e na base, na posição onde o cordel toca no papel. Depois de estes pontos estarem marcados, afasta o eixo para trás, retira a base e coloca-a novamente mas de modo a que fique suspensa de um canto adjacente (um dos cantos mais próximos). Repete o procedimento (aproxima o eixo, e marca novamente os dois pontos no papel). Podes então retirar a base e com uma régua, une os pontos obtidos na mesma fase. A intersecção das duas linhas corresponde ao centro de gravidade da tua base de sustentação.

Dica: Se o cordel parece que é atraído pela base, deixa em repouso a montagem durante uns instantes, para que ambos os objectos possam ter tempo de perder a carga. Esta atracção é devida à electricidade estática que ocorre entre materiais isolantes.

Passo 2: Agora vamos modificar o nosso objecto. Para isso, prende duas varas longas ao longo de umas das arestas da base de sustentação. Repete o mesmo procedimento que foi descrito no passo 1.. O que observas? O centro de gravidade deslocou-se para o lado que contém as duas varas, ou mais precisamente, o centro de gravidade deslocou-se na direcção do centro de gravidade das duas varas. Tenta agora equilibrar a base de sustentação com o teu dedo, colocando-o exactamente debaixo do centro de gravidade que obteste.

Na realidade, o que acabámos de obter foi o centro de gravidade na superfície da base de sustentação. Uma vez que o nosso objecto é tridimensional, seria necessário determinar ainda a que profundidade fica o centro de gravidade, e para isso precisaríamos de um instrumento mais sofisticado. No caso de placas ou varas, como são uniformes, o centro de gravidade fica geralmente sobre o centro de gravidade superficial e a uma profundidade correspondente a metade da espessura, no interior do objecto.

centro de gravidade superficial: centro de gravidade projectado numa superfície do objecto



O equilíbrio da caixa do motor (com a pilha dentro) fica estável quando está assente sobre uma das faces; Quando está apoiada sobre um dos cantos, está instável; quando está apoiada sobre um dos cantos e sobre a patilha de plástico, fica estável novamente. E se tirarmos a pilha?

Quando é que um corpo está em equilíbrio?

Se te tentasses equilibrar de pé, em cima de uma bola grande, terias pela frente uma tarefa um pouco difícil. No entanto, se o quisesse fazer em cima de um bloco rectangular, não terias qualquer problema. Existem três estados de equilíbrio, em que os corpos podem estar. O seu estado de equilíbrio em cada instante depende do que aconteceria se por algum motivo o corpo se movesse. Se o seu centro de gravidade se eleva, então o estado de equilíbrio diz-se estável, se desce, diz-se instável. Se o centro de gravidade mantém-se ao mesmo nível caso o objecto se mova, então diz-se que o estado de equilíbrio é indiferenciado.

Quando é que um corpo está estável?

Um corpo está estável quando o seu centro de gravidade está localizado verticalmente acima a sua base de apoio. Neste caso diz-se que o estado de equilíbrio é estável.

Se o seu centro de gravidade fica por cima de uma aresta da base, então terá tendência para inclinar-se. O mais pequeno movimento fará com que o objecto caia ou mude de posição. Mas a sua estabilidade também depende da força necessária para desequilibrar o corpo, e da base sobre a qual está apoiado. No caso de um carro as quatro rodas assentes no chão formam um rectângulo. Este rectângulo é a base de apoio.

A estabilidade de um objecto é maior se...

- ... se o seu peso for maior
- ... se a sua base for mais larga
- ... se a força nas arestas for menor
- ... se o centro de gravidade estiver mais baixo

Força Centrípeta e Centro de Gravidade

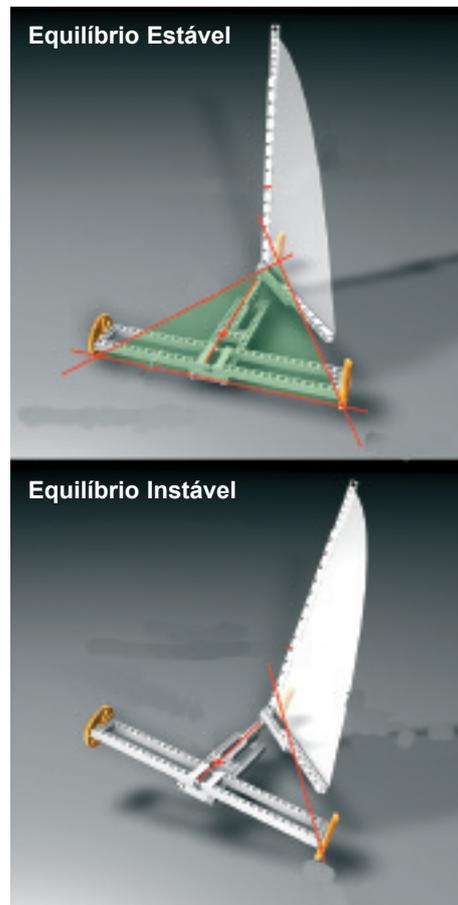
Um carro que se desloque numa curva terá maior estabilidade se o seu centro de gravidade se localizar o mais baixo possível e se as suas rodas estiverem também o mais afastadas possível. A força necessária para o carro fazer a curva; força centrípeta, tem assim mais hipótese de evitar o despiste do carro.

Esta regra da estabilidade também se aplica a muitos outros veículos incluindo o "carro à vela" que vais construir de seguida (instruções na pág 12). Neste veículo, a força que poderá desequilibrar o seu estado é resultante da acção do vento que actuará sobre o centro da vela e que tentará derrubar o veículo.

Quando em equilíbrio, o peso do carro que é aplicado no centro de gravidade (um ponto "no ar") está verticalmente acima da base de apoio do veículo, ou seja a base triangular constituída pelas duas rodas e o início do mastro (vê a figura superior).

Se o vento for demasiado forte o carro poderá elevar-se sobre apenas umas das rodas, reduzindo a base de apoio e o equilíbrio passa a ficar instável (figura inferior). Um vento demasiado elevado pode mesmo capotar o carro. Os carros à vela modernos podem atingir velocidades de 160 km/h. Mas qual o significado de velocidade?

equilíbrio: o estado de um corpo ou de um sistema físico em repouso ou num movimento uniforme sem aceleração, em que a resultante de todas as forças aplicadas é nula e a soma de todos os binários sobre qualquer eixo é também nula.



Carro à vela

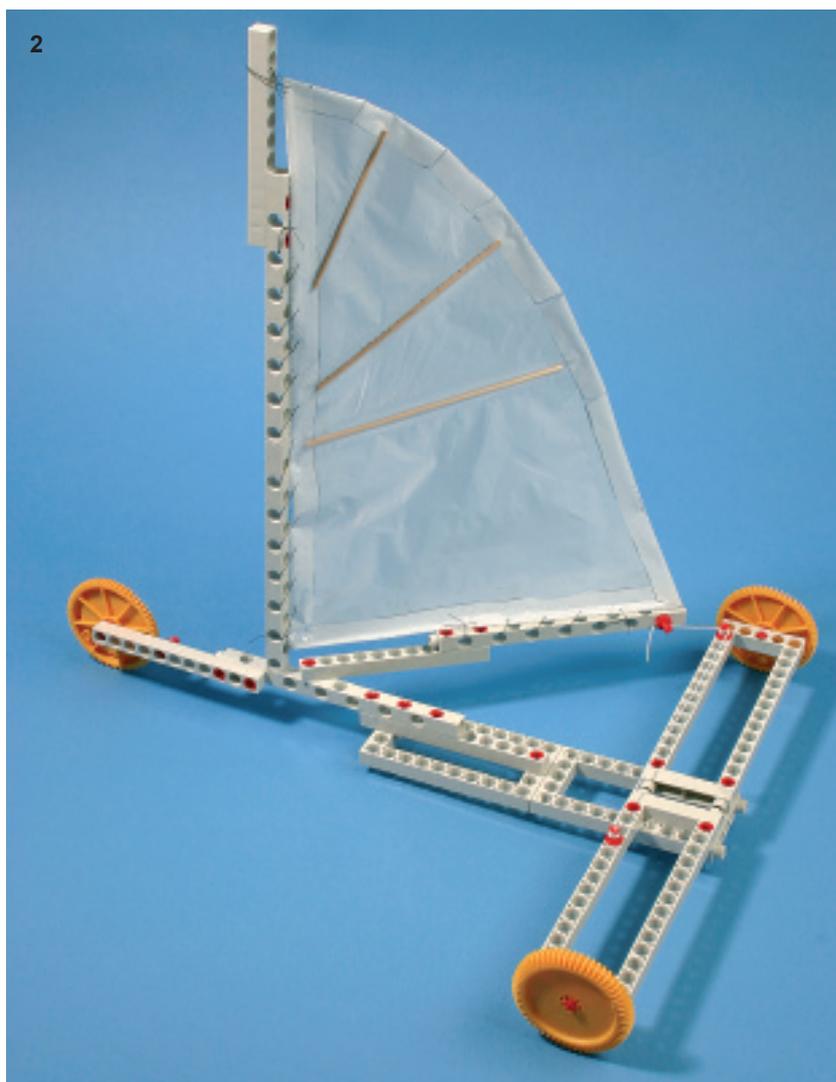
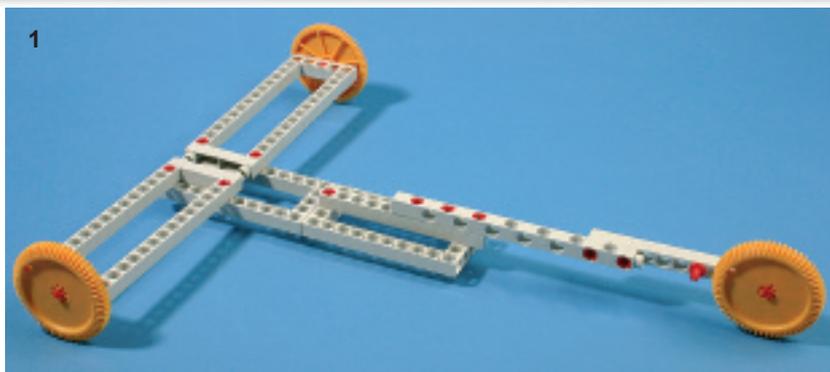
1. Monta a carroçaria do teu carro fixando com fita cola a ligação das duas molduras que constituem a base.

Copia para uma folha de plástico o desenho da vela que encontras nas páginas 2 e 3 do manual, e corta-o. Dobra para trás as extremidades e cola as bainhas com fita cola.

2. Cola alguns pedaços de espetos de madeira na vela para dar alguma rigidez à vela, como se ilustra na figura.

3. Cose a vela com uma agulha e linha de coser ao mastro (varas longas) como ilustrado. Não te esqueças de colar com fita cola as molduras da base.

Velocidade/Rapidez = metros (m)
por segundo (s) = m/s
Velocidade/Rapidez = quilómetros
(km) por hora (h) = km/h
Velocidade/Rapidez = milhas (mi)
por hora (h) = mi/h



Podes encontrar o esquema da vela nas páginas 2 e 3.

rapidez: é uma grandeza escalar que resulta da razão entre a distância e o tempo que esta demora a ser percorrida.
velocidade: é uma grandeza vectorial o que significa que para além da razão entre a distância e o tempo, que caracteriza a intensidade, deve também ser definida através do ponto de aplicação, a direcção e o sentido.

A rapidez não é um mistério

Lembras-te de como as batatas caíram na experiência 1? Mas com que rapidez caíram elas? Já agora, o que queremos dizer quando utilizamos termos como "rápido" e "lento"? O que significa isto da rapidez? A rapidez dá-nos uma medida do número de metros que um objecto percorre por unidade de tempo, ou seja o número de metros percorridos num segundo. No fundo pode ser especificada pela distância percorrida num determinado período de tempo. Assim para saber a rapidez só temos que dividir a distância percorrida, pelo tempo que tardou em percorrer essa distância. (No fundo estamos a calcular a rapidez média)

E o que é a velocidade?

A velocidade é semelhante à rapidez, mas é uma grandeza vectorial ou seja, também entra em conta com a direcção do movimento e não apenas a distância percorrida num determinado intervalo de tempo.



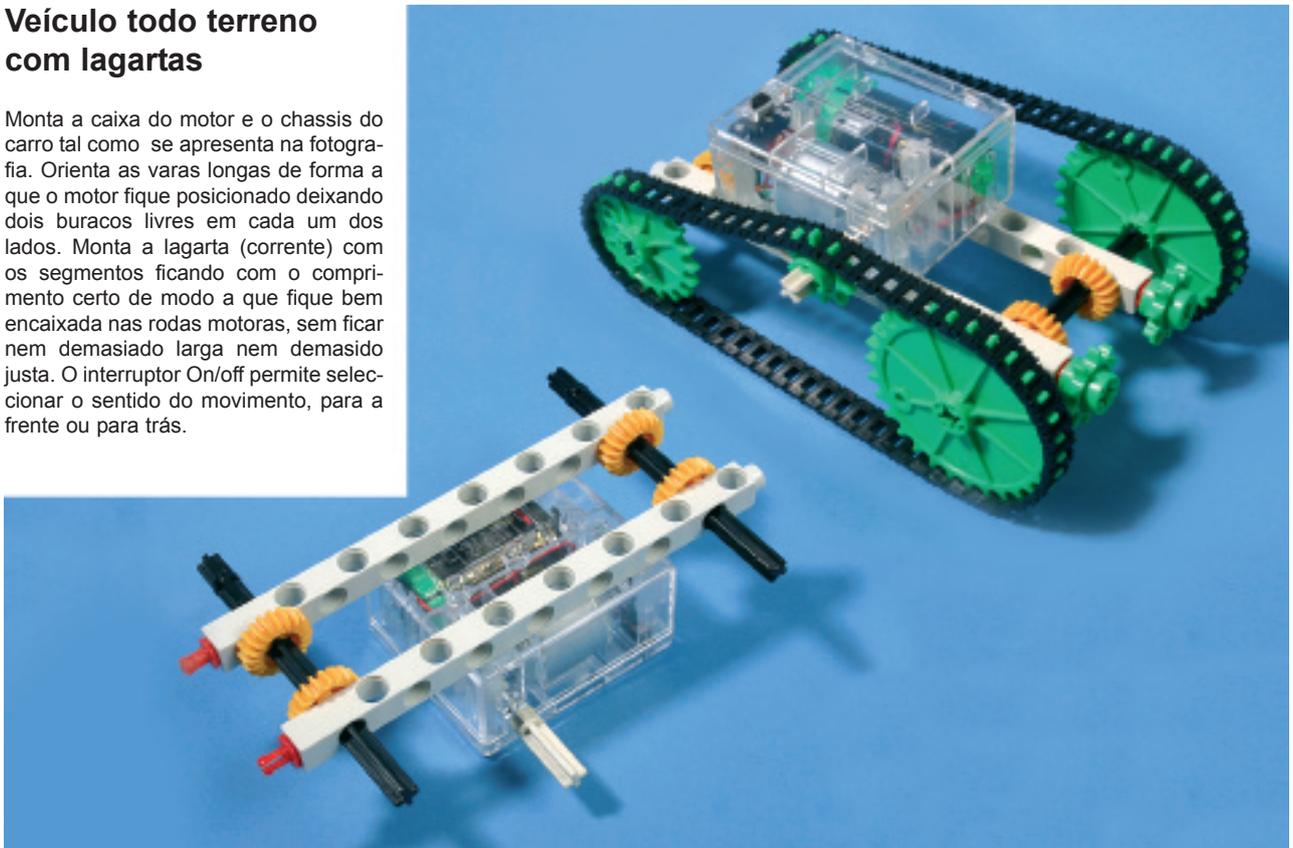
Física no
mundo
real

O passado do carro à vela

Os antigos egípcios já utilizavam carros que se movimentavam em terra por acção do vento. Há 3700 anos atrás, as tribos Qipong utilizaram vagões de transporte, com velas que chegaram a percorrer 20 000 km por entre as planícies chinesas. Por volta do ano de 1600, o inventor holandês Simon Steving desenvolveu um protótipo deste tipo de veículos que alcançou uma rapidez de 33,5 km/h. As primeiras locomotivas a vapor já estavam em andamento quando em 1853, a companhia americana de Kansas City, Windwagon Transport desenvolveu velas para os combóios da altura. Durante os anos 60, um veículo movido sob a acção do vento designado por "Aunt Anne", servia de transporte público na Alemanha. Hoje, este tipo de veículos são essencialmente utilizados para fins desportivos e de recreação.

Veículo todo terreno com lagartas

Monta a caixa do motor e o chassis do carro tal como se apresenta na fotografia. Orienta as varas longas de forma a que o motor fique posicionado deixando dois buracos livres em cada um dos lados. Monta a lagarta (corrente) com os segmentos ficando com o comprimento certo de modo a que fique bem encaixada nas rodas motoras, sem ficar nem demasiado larga nem demasiado justa. O interruptor On/off permite seleccionar o sentido do movimento, para a frente ou para trás.



Qual é mais rápido?

Peão	5km/h
Ciclista	20 km/h
Paraquedista	20 km/h
Baleia azul	27 km/h
Common Swift?	160 km/h
Comboio Amtrak	2250 km/h
Carro de Fórmula 1	362 km/h
Comboio TGV	300 km/h
Jato de passageiros	900 km/h
Som	1195 km/h
Carro a jacto	1227 km/h
Foguetão Saturno V a caminho da Lua:	40 000 km/h
A Terra no seu movimento de translação em torno do Sol :	107 208 km/h



3 Cronometragem do carro todo-terreno



Vamos agora descobrir a rapidez do carro todo-terreno que montámos no atelier anterior. Vai para uma sala com um amplo espaço no chão. Coloca um lápis no chão que irá demarcar a posição de partida. Reserva um segundo lápis para poderes marcar a posição final. Utiliza um relógio que tenha o ponteiro dos segundos (ou se tiveres um cronómetro, ainda melhor) para marcar o tempo. Liga o interruptor para a posição de movimento para a frente, e coloca o carro no chão de modo a que os seus faróis fiquem alinhados com o lápis da partida, olhando em simultâneo para o relógio. Assim que tiveres passado 10 segundos, coloca o segundo lápis no chão no local exacto onde o carro se encontrava para marcar a posição de chegada. Mede a distância entre os dois lápis com uma régua ou fita métrica e regista este valor.

Se o teu carro percorreu por exemplo uma distância de 6 metros (m) em 10 segundos (s), então é porque foi a uma rapidez de $6/10 = 0,6$ m/s ou se preferires, 60 cm/s. Se quiseres saber a velocidade em km/h repara que o carro percorre 0,6 m num segundo. Numa hora percorrerá $0,6 \times 3600 = 2160$ m = 2,16 km; ou seja a velocidade é de 2,16 km/h. Não é muito rápido se pensares que uma pessoa a andar tem uma rapidez média de 5 km/h, mas por outro lado, o teu carro tem apenas 18 cm de comprimento e consegue percorrer em cada segundo uma distância que é mais de 3 vezes o seu comprimento. Se pensares num modelo real, num carro deste tipo com 4 metros de comprimento e que conseguisse também percorrer 3 vezes o seu comprimento num segundo, então a sua rapidez seria de $12 \text{ m/s} = 12 \times 3600 = 43200$ m/h = 43,2 km/h. Este carro já seria razoavelmente rápido, para veículos deste tipo.

A roda motora cai com que rapidez?

Quando os objectos caem, fazem-no na direcção do centro da Terra. Mas com que velocidade ou rapidez? Caem sempre à mesma velocidade? bem, vamos tentar descobrir.

4 Tempo de queda



Pega numa roda motora e deixa-a cair no chão, tentando medir o tempo da queda. Tardou menos de 1 segundo (0,5 s) a chegar ao chão, não foi? Esta experiência não parece muito interessante, mas...

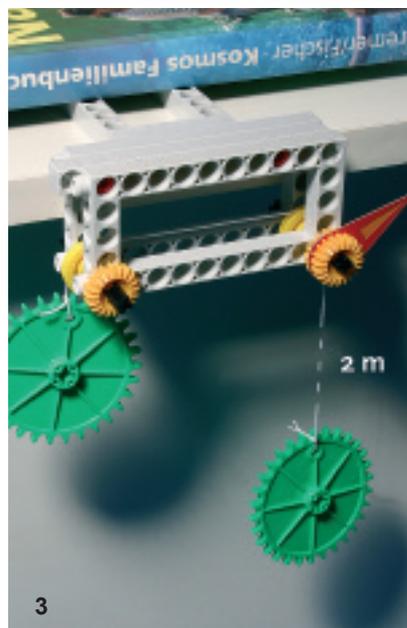
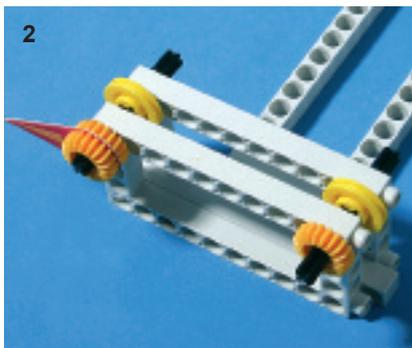
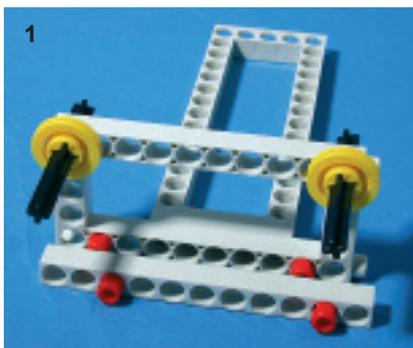
Meio segundo é um intervalo de tempo muito curto para que possamos observar este movimento com algum detalhe. Então, vamos construir um modelo de um instrumento que permita medir com mais precisão a descida da roda. O instrumento tem um fio que desliza através de duas roldanas. Iremos suspender dois pesos nas extremidades deste fio. Claro, que em circunstâncias normais, os objectos não costumam cair para o chão suspensos em roldanas. Mas, vamos utilizar este sistema uma vez que o peso dos objectos não é alterado e apenas introduziremos alguma fricção extra devido ao atrito do fio nas roldanas. Enquanto um dos corpos cai, o outro é puxado para cima.

Indicador de Velocidade

Vais precisar de aproximadamente 2 m de cordel do teu kit e um livro pesado que vai funcionar para estabilizar a estrutura. Destaca o ponteiro da folha de recortes e monta as várias peças tal como se ilustra nas figuras.

Empurra as duas roldanas pequenas através dos eixos de modo a que possam rodar livremente sem tocar na estrutura.

Não te esqueças de colocar os pinos botão entre a moldura pequena e a vara curta. Entala firmemente o ponteiro de cartão entre as duas rodas dentadas pequenas (Figura 2). Coloca o teu modelo sobre uma estante ou mesa alta, colocando um livro pesado sobre as molduras para fixar a estrutura (Figura 3). Prossegue para a Experiência 5.





Um paraquedista com o páraquedas aberto desce a uma velocidade de 20 km/h

5 Peso = Força Gravitica



Física no mundo real

Gotas de chuva rápidas

Ata uma roda motora grande a uma das extremidades do cordel no teu instrumento. Este será o teu corpo em queda. Guia o cordel através das ranhuras das roldanas e puxa-o até que a roda motora fique em contacto com a estrutura do indicador. Na outra extremidade do cordel, ata outra roda motora de modo a que fique em contacto com o chão. (Não cortes o restante cordel pois irás utilizá-lo na experiência posterior. Quando terminares, desata os nós.) Esta segunda roda motora vai actuar como um contrapeso, cancelando o peso da primeira roda motora. Agora, deslocando uma das rodas observa o que acontece quando as dispões em diferentes posições.

Não acontece nada, certo? Assim que as rodas deixam de baloiçar, mantêm-se em equilíbrio. Mesmo que uma esteja mais elevada em relação à outra, mantêm-se nessa posição, ficando ambas em repouso.

6 A Força Gravitica reflete-se na velocidade de queda



Agora, ata uma roda motora pequena na extremidade da segunda roda. Esta roda extra vai actuar como um segundo peso, uma vez que anteriormente os pesos das duas rodas cancelavam-se. Assim, esta força extra, vai permitir observar o movimento de queda da roda, sendo no entanto mais fraca que a força gravítica de uma roda grande individual.

Sobe a extremidade que contém as duas rodas até que a primeira fique mesmo por baixo da roldana e liberta-a. Se as rodas não iniciam o seu movimento de descida podes dar uma pequena ajuda dando um ligeiro toque na estrutura do teu modelo, de modo a vencer a inércia e o atrito (vê as páginas 17 e 28). As roldanas primeiro começam a rodar lentamente e depois mais rapidamente. Simultaneamente o ponteiro começará a rodar também lentamente e depois rodará tão rápido que quase não se distinguem os seus limites. Repara que também a roda que está na outra extremidade, começa a subir devagar e vai acelerando aos poucos até atingir a roldana da estrutura. Apesar dos pesos dos corpos se manterem iguais, o movimento é acelerado atingindo velocidades cada vez maiores.

Nesta experiência pudemos observar que um corpo quando cai, vai progressivamente atingindo velocidades maiores, ou seja tem aceleração. Quando um corpo tem um movimento (uniformemente) acelerado a sua rapidez (ou velocidade) aumenta em cada segundo uma quantidade constante. Matematicamente, expressamos a aceleração em unidades de m/s^2 .

Se uma gota de chuva fosse libertada de uma nuvem a 200 metros do chão, e se o fizesse numa situação de quase ausência de ar, levaria perto de 6,5 segundos a atingir o chão e aterraria com uma velocidade de 62 m/s ou 225 km/h. A rapidez média no percurso de descida seria de 31 m/s ou 112,5 km/h. Se as gotas chegassem a esta velocidade à superfície da Terra, então os guarda-chuvas não seriam capazes de resistir a este impacto. No entanto, devido à presença das moléculas que constituem a atmosfera, existe atrito, e este atrito trava o movimento de queda das gotas. No nosso dia-a-dia, as gotas de chuva caem em média com uma rapidez de 25 km/h.



Demonstrámos com este instrumento, que os corpos em queda livre estão sujeitos a uma aceleração, que é devida à força gravítica: é a aceleração da gravidade que é igual para todos os corpos, independentemente da sua massa.

Na experiência anterior, a roda dentada levou perto de 7 segundos no seu movimento de queda livre, percorrendo sensivelmente 2m. Se não utilizássemos as roldanas e o contrapeso, a descida seria feita em perto de 0,7 s (nem chegava a 1 s). Todos os corpos sujeitos à força gravítica caem e adquirem um movimento acelerado, sendo a aceleração igual à aceleração gravítica.. Na Lua, por exemplo, a aceleração seria de $1,62 \text{ m/s}^2$.

Na Terra por outro lado, a aceleração gravítica é de $9,81 \text{ m/s}^2$. Com isto queremos dizer que a velocidade em cada segundo aumenta de 9,8 m/s ou seja, no primeiro segundo a velocidade do corpo é de 9,81 m/s, no segundo é de 19,62 m/s e assim sucessivamente. A aceleração gravítica é representada pela letra g e é igual para todos os corpos, independentemente das suas massas ou do pesos dos corpos. Esta aceleração também se aplica às batatas que utilizaste na experiência 1. Assim, se todos os corpos têm a mesma aceleração, deveriam chegar ao mesmo tempo ao chão, se fossem lançados da mesma posição. Tal só não acontece pois temos que entrar em conta também com a resistência do ar que abranda o movimento de queda e que pode actuar de forma distinta nos diferentes corpos.

Como medimos a Força?

Já sabemos o que é a massa e como a podemos medir. Também já aprendemos um pouco sobre o que é o peso e de como está associado à força gravítica que a Terra exerce sobre os corpos. Nesta última experiência constatámos a existência de aceleração no movimento de queda de um corpo. Nesta altura já podemos definir a unidade da força. As forças são expressas pela unidade newton (N).

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m} / 1 \text{ s} / 1 \text{ s} = 1 \text{ kg.m/s}^2$$

força: acção física responsável pelas mudanças no estado de movimento dos corpos.

Uma força de um newton é a força necessária para acelerar um corpo com 1kg de massa para uma velocidade de 1 m/s, num segundo. Dito de outra forma: 1 N é a força necessária para induzir uma aceleração de 1 m/s^2 num corpo de kg. Para medir forças, vamos construir um dinamómetro.

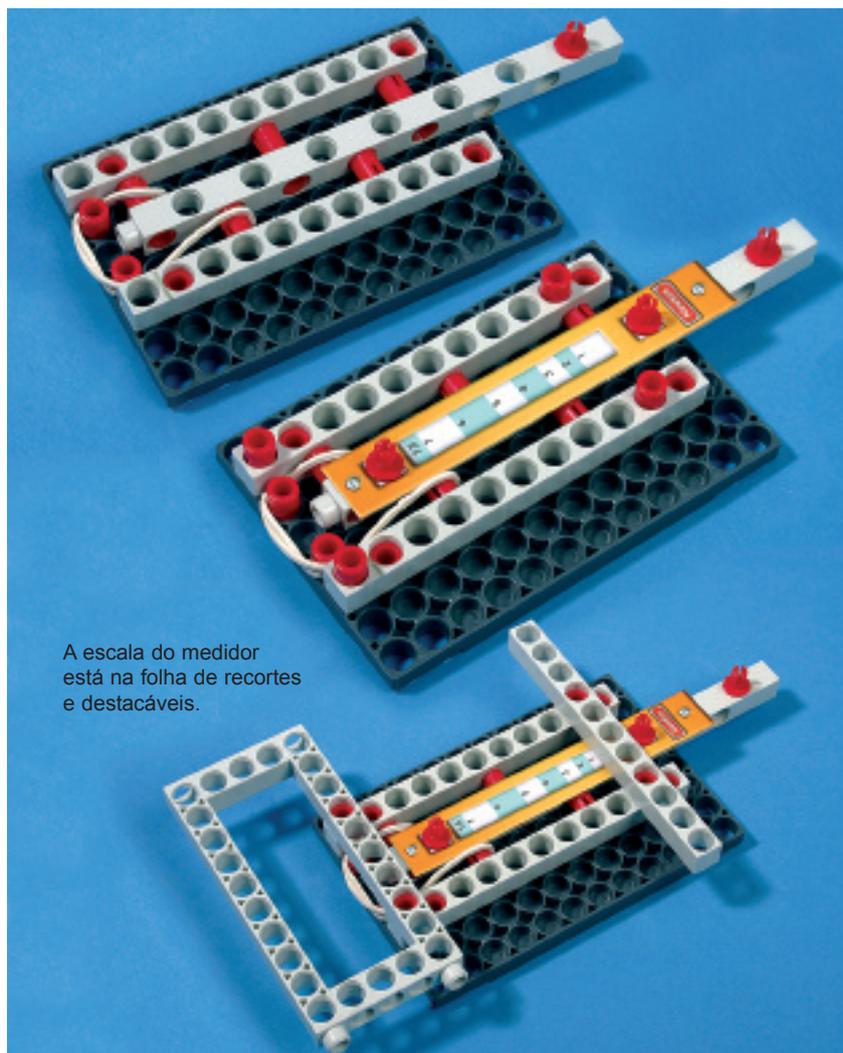
Dinamómetro 0 a 7,5 N (newton)

Monta o instrumento como ilustrado. Tem atenção para que a vara que contém o medidor de papel se possa mover livremente e centrada entre as varas que a cercam. Tenta não inclinar a vara com o medidor durante as tuas medições.

Regista os valores fazendo uma marca com um lápiz no buraco central da vara que está perpendicular à vara do medidor.



Podes utilizar duas rodas motoras para entalar o teu instrumento na borda de uma mesa ou de uma tábua.

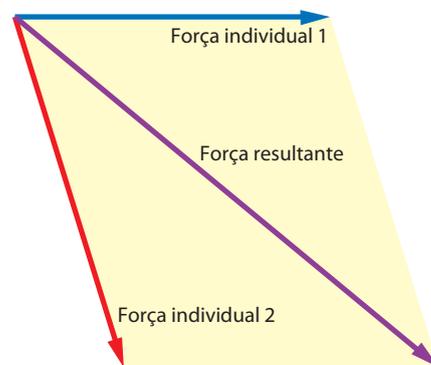


A escala do medidor está na folha de recortes e destacáveis.

Adição de Forças

Como sabes, a força da gravidade é uma força que está direccionada para o centro da Terra. Quando tu empurras uma porta, exerces uma força que vai na direcção da porta. As forças têm sempre uma magnitude ou intensidade, mas também uma direcção e um sentido. São pois grandezas vectoriais, como a velocidade. Então, o que acontece quando se aplicam duas forças com diferentes direcções? O resultado é a chamada força resultante, que pode ser encarada como um compromisso entre as acções exercidas pelas várias forças em jogo.

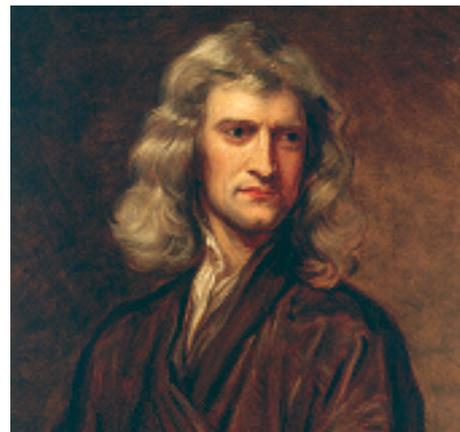
Podemos representar as forças através de vectores (setas), em que a seta da extremidade indica o sentido e a direcção da força, e o tamanho da seta indica a intensidade. Se as forças são aplicadas no mesmo ponto, então a origem das setas é também um mesmo ponto. Assim, para somar duas forças podemos usar o método do paralelograma: traçamos no final de cada seta (que representa uma força) uma linha paralela à outra força. No ponto onde se intersectam estas duas linhas, irá terminar a seta que representa a força resultante. Observa a figura para perceber melhor (todas as forças têm o mesmo ponto origem).



As forças podem ser somadas recorrendo ao método do paralelograma

Massa inercial e giroscópio

Todos os corpos têm tendência a manter o seu estado de movimento se não lhe for aplicada nenhuma força extra. Se um objecto está parado, preferirá manter-se parado e se está a movimentar-se a uma dada velocidade, preferirá manter este estado de movimento, mantendo a mesma velocidade e a mesma direcção. Um pouco estranho, não achas? Estas evidências que estão relacionadas com uma tendência da matéria que é a inércia, foram descritas por Isaac Newton (1643-1727) na sua Primeira Lei do Movimento. Newton foi um cientista inglês que estudou os movimentos e as forças muito exaustivamente. Por esta razão, a unidade de força recebeu o "título" de newton, em sua homenagem. Na física, um corpo que está parado é entendido como estando num estado de movimento particular: diz-se que está em repouso. Para que se consiga alterar o estado de movimento de um corpo é necessário aplicar uma força. Então a força é a acção responsável pela alteração do estado de movimento de um corpo. Tu também experimentas alguma inércia de manhã, quando acordas: é necessária uma força maior para te conseguir levantar e movimentar do que quando já está bem acordado.



Sir Isaac Newton (1643-1727), físico, matemático e astrónomo inglês

Na próxima experiência vamos demonstrar a inércia de um corpo. Vamos suspender uma vela pequena de modo a que se possa movimentar livremente ao longo de dois eixos. Este tipo de estrutura é designada por giroscópio e é muito utilizada nas bússolas e nas lanternas dos barcos em que apesar do movimento das ondas a estrutura mantém-se sempre horizontal.

LANTERNA DE UM NAVIO

Materiais adicionais: 1 vela pequena com base metálica

Atenção! Não acendas a vela! poderás derreter o plástico das peças da estrutura.

Monta o teu modelo como ilustrado. Verifica que os eixos podem rodar livremente (Figura 1). Fixa a vela com um elástico de borracha (Figura 2). Presta atenção à posição dos buracos das varas longas. Têm que estar alinhados. Monta esta estrutura de suporte da vela na base, de modo a que

fique no centro e possa rodar livremente. Utiliza os travões de eixo para manter os eixos dentro da estrutura. Quando movimentas a base, tal como se fosse um navio, podes então verificar que a tua vela se mantém estável e não parece ser afectada pelo movimento que impuseste na base.



Resumo de Definições

Não confundas os seguintes termos:

Massa: característica dos corpos associada à matéria de que são constituídos. A massa de um corpo é sempre a mesma independentemente da sua posição, no espaço, noutros planetas, etc.) A massa é expressa em quilogramas (kg).

Força: acção física responsável pelas mudanças no estado de movimento dos corpos. A força é expressa em newton (N).

Gravidade: é a força de atracção mútua que os corpos exercem uns sobre os outros, sendo proporcional às massas dos corpos. A gravidade é responsável por manter a Terra e os planetas nas suas órbitas em torno do Sol e por atrair os corpos para o chão na Terra conferindo-lhes peso, assim como noutros planetas; quanto maior for a massa, maior será a gravidade experimentada, e vice-versa. A gravidade, sendo também uma força, é expressa em newton (N).

Peso: resulta da força da gravidade, sendo o que os corpos adquirem quando atraídos pela gravidade. O peso na Terra é diferente do peso na Lua, devido à diferença na força gravitacional ou força de tracção. O peso vem por conseguinte expresso em newton (N) e pode ser designado por força gravítica.

Rapidez: é uma grandeza escalar associada ao movimento sendo definida pela razão entre a distância percorrida e o tempo gasto em percorrê-la. A rapidez representa o módulo da velocidade e vem expressa em metros por segundo (m/s) ou quilómetros por hora (km/h).

Velocidade: é uma grandeza vectorial, podendo no fundo ser definida como sendo a rapidez com uma determinada direcção. No quotidiano utilizamos normalmente o termo velocidade para nos referirmos à rapidez, uma vez que não consideramos a direcção e apenas o valor ou módulo da velocidade. É normalmente expressa em m/s ou km/h.

Aceleração: taxa de variação da velocidade, ou por outras palavras, dá-nos como está a variar a velocidade num determinado intervalo de tempo. Aceleração nula significa que a velocidade é constante, aceleração não nula, implica que a velocidade está a aumentar (ou diminuir) em cada segundo. A aceleração é expressa em metros por segundo por segundo, ($m/s/s = m/s^2$).

7 A vela estável



Em primeiro lugar segura a estrutura de forma a que a vela fique centrada por cima da junção das duas bases de sustentação (não acendas a vela!). Depois, inclina para um dos lados e depois para o outro, depois desloca-a para a frente e depois para trás e abana ligeiramente a estrutura. Para além de alguns movimentos pequenos a vela mantém-se estável e sempre horizontal. O movimento da estrutura quase que não afecta o da vela. É exactamente este princípio que é utilizado nas lanternas dos navios, para que fiquem firmes e direitas apesar da ondulação. A pequena vibração que poderás sentir na vela é devida ao atrito nos eixos. Devido ao atrito, alguma da força que aplicas com a tua mão, chega a ser transferida para a vela, mas com muito menos intensidade.

A vela, sendo atraída pela gravidade, tende a posicionar-se de forma a ficar o mais próxima possível do centro da Terra. Quanto mais baixo estiver o centro de gravidade da vela e da estrutura de suporte e quanto maior for o peso da vela, mais estável será o seu equilíbrio. A vela simplesmente assume esta posição e não é facilmente deslocada desta posição de equilíbrio.

8 Forças de Inércia



Remove a vela da estrutura de suporte (o teu giroscópio) e coloca-a sobre uma folha de papel (mais uma vez te lembramos que não a deves acender). Mantém a folha de papel com a vela sobre uma superfície lisa como o tampo de uma mesa. Puxa rapidamente o papel horizontalmente, o que verificas? A vela mantém-se na mesma posição e praticamente não reagiu ao movimento do papel. O que acontece é que a força de inércia da vela é superior à força horizontal que foi transferida da tua mão para o papel.

Na Terra, existem vários obstáculos e formas de resistência ao movimento rectilíneo e estável dos objectos. De entre estes obstáculos, os mais importantes são sem dúvida o atrito (vê página 28) e a gravidade. Para manter um movimento rectilíneo constante (com a mesma direcção e velocidade) é necessária a aplicação de uma força constante. Uma nave espacial, por outro lado, tendo sido enviada para o espaço planeário com uma determinada velocidade inicial (através da aplicação de uma força inicial) mantém continuamente o seu movimento tanto em direcção como em velocidade, sem estar actuado por nenhuma força. Se a nave acciona os seus propulsores ou seja, se existe uma força continuamente aplicada, então a velocidade da nave aumenta. Se a força aumenta, então a aceleração que a nave adquire aumenta também proporcionalmente.

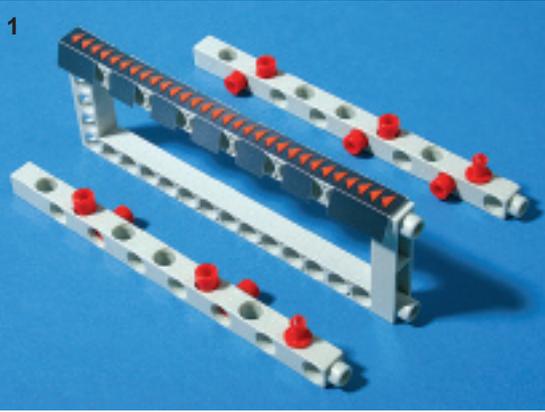
O Peso é também indicado em newton

O peso dos corpos é determinado pela força da gravidade e sendo uma força, é expresso em newton (N). Como vimos anteriormente uma força de 1 newton é a força necessária para acelerar um corpo com 1kg de massa para uma velocidade de 1 m/s, num segundo. A Terra, acelera um corpo, inicialmente parado, de 1 kg para uma velocidade de 9,81 m/s num segundo, pelo que o peso de 1 corpo de 1 kg deverá 9,81 vezes maior, ou seja 9,81 N. Assim também podemos utilizar o dinamómetro que construímos para pesar objectos. Se queremos determinar o peso de um objecto em kg (no fundo, a massa) só temos que dividir o valor que vem indicado em newton, por aproximadamente 10 (se quiseres ser mais preciso, por 9,81).

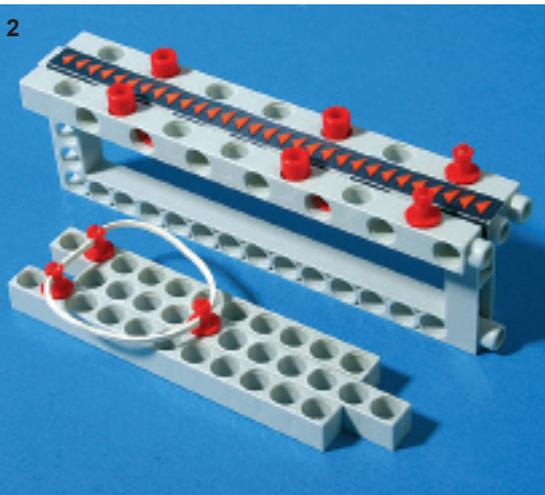
A sonda espacial Marte percorre milhões de km através do espaço sem estar actuada por nenhum propulsor.



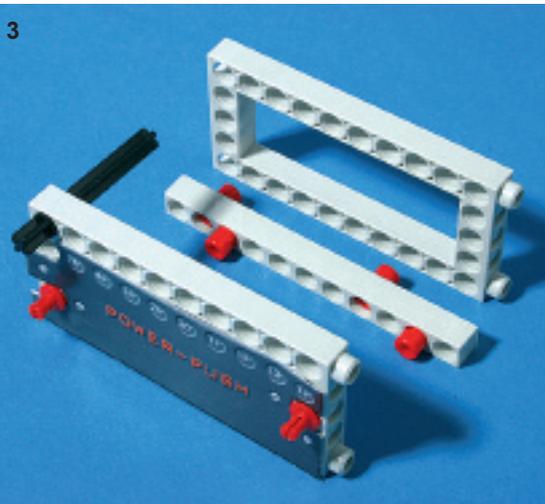
1



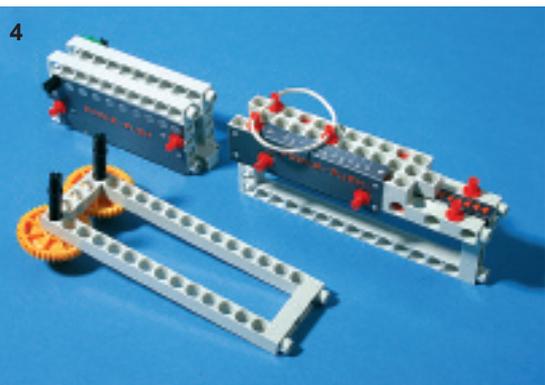
2



3



4



Um canhão de disparo

Vais precisar de alguns destacáveis da folha de recortes, como indicador de ângulos e a escala de potência e o painel de deslize (vê as figuras) e algumas bolas de madeira.

Dobra o painel de deslize e insere-o em torno da vara curta (como ilustrado nas figuras 1, 2 e 4) e garante que a vara possa deslizar livremente por entre o painel. Vais utilizar a escala de potência para ler a força aplicada no disparo da bola (figura 5). Monta a moldura pequena utilizando o indicador de ângulos (figura 3). A estrutura que contém a vara curta pode ser encaixada na estrutura menor utilizando um eixo médio e uma roda motora pequena. Verifica que o eixo é colocado alinhado com os números da escala do indicador de ângulos, na estrutura mais pequena, e que atravessa também o último buraco da base da estrutura maior (figuras 5 e 6).

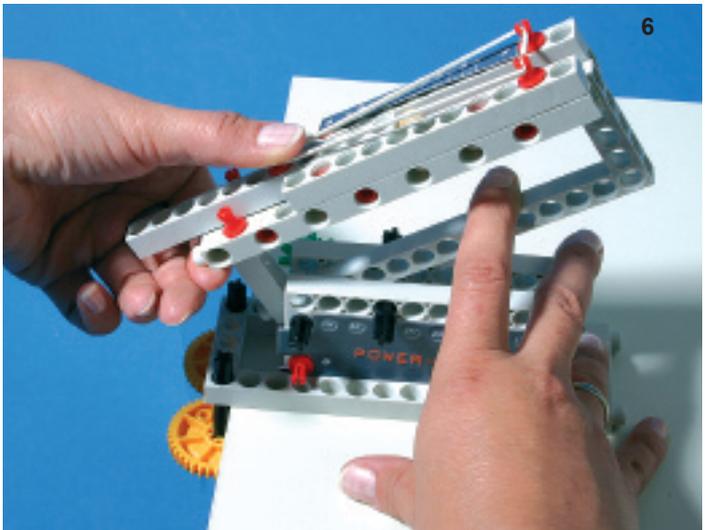
Podes seleccionar o ângulo de disparo, inclinando a estrutura maior (que contém o elástico) e inserindo um eixo sobre o buraco que está imediatamente por cima do indicador de ângulos, no ângulo que pretendes seleccionar (figura 6). Monta as duas estruturas sobre uma moldura grande que podes encaixar no tampo de uma mesa e estás pronto para começar a disparar o teu canhão (figuras 4 e 5).

Puxa para trás a vara curta usando o teu polegar sobre o pino de transmissão, até à potência de disparo que pretendas (vê a escala de potência). Coloca uma bola no espaço entre as varas. Enquanto puxas a vara curta com uma mão, utiliza a outra mão para segurar a estrutura (figura 6). Por fim, liberta o teu polegar de uma só vez e observa o movimento da bola que é disparada. Verifica de vez em quando que as varas continuam bem fixas na estrutura.

5



6





Uma besta concebida na Época Renascentista pelo genial Leonardo da Vinci (1452-1519) e que funciona usando o mesmo princípio do teu canhão de disparo. Os factores decisivos no disparo são o ângulo e a tensão no elástico.

Quem consegue lançar mais longe?

Já reparaste com certeza que independentemente da inclinação ou da força que aplicas, a bola acaba sempre por cair no chão. Como já sabes, a gravidade é a responsável por este fenómeno, estando sempre a atrair a bola para o chão. Também podes observar que quanto maior for a força ou potência que aplicas, maior é a velocidade que a bola atinge. Ou seja a força é de facto responsável pela alteração de movimento da bola. Se não existisse a gravidade ou o atrito do ar, a bola seguiria sempre em linha recta e nunca mais a verías.

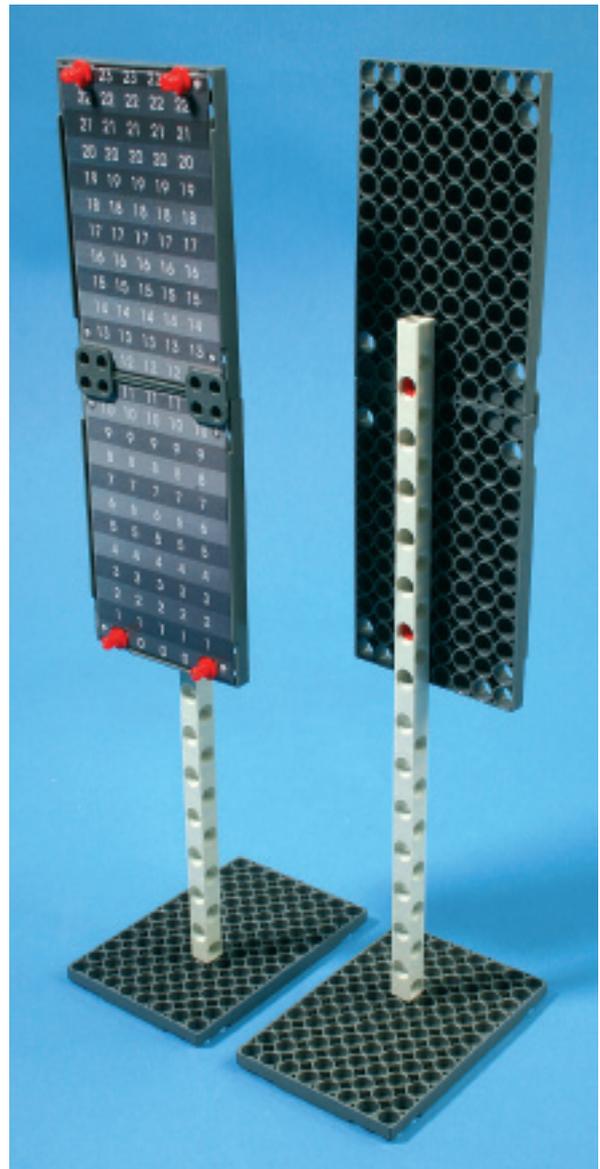
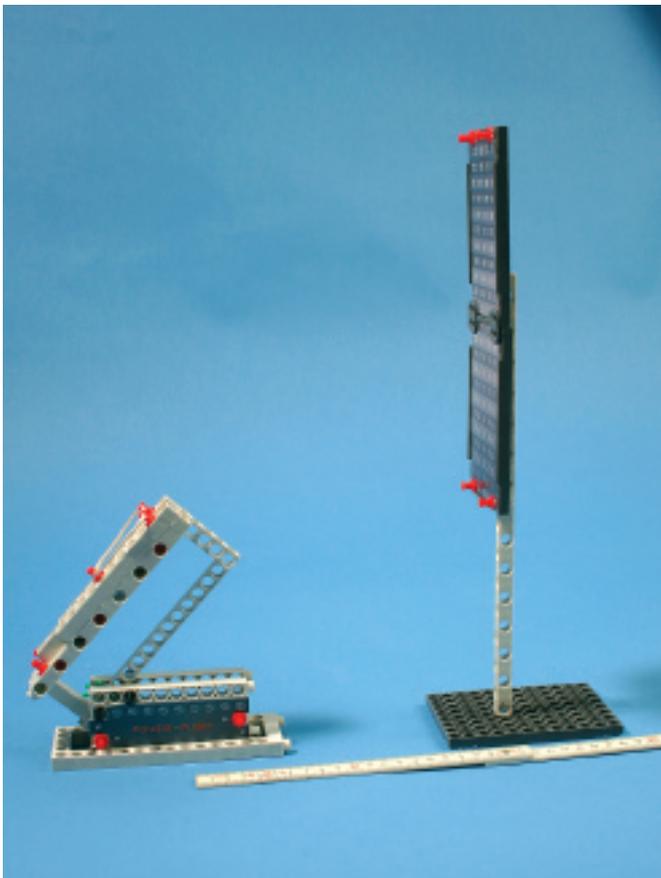
Se fizeres um jogo com os teus amigos ou colegas, para ver quem lança mais longe, vais poder verificar que a inclinação da estrutura também desempenha um papel importante na distância final que a bola consegue atingir. Podes então começar intuitivamente a perceber que para obter a maior distância deverás escolher a inclinação e força ideais. E quais são estas? Bem, para testar e experimentar as diferentes possibilidades vamos utilizar um painel numerado e vamos disparar as bolas com o canhão contra este painel. No Ateliêr IX tens as instruções de montagem do painel e as instruções de montagem do canhão estão na página anterior.

Treina primeiro alguns tiros com o teu canhão, com diferentes ângulos de disparo e diferentes forças. Se puzeres alguém a disparar podes seguir com mais atenção a trajectória da bola no ar. Agora, podemos começar a registar alguns valores com o painel numerado.

Painél numerado

Vais precisar de duas tabelas numeradas que tens nas folhas de recortes.

Primeiro monta a base de sustentação com as 2 varas compridas que vão servir de apoio ao painel. Fixa as tabelas às outras duas bases de sustentação, como ilustrado nas figuras (fixando-as com pinos de transmissão e conectores de base).



9 A trajectória parabólica



Mede a altura a que a bola sai do canhão, relativamente à superfície de apoio onde colocaste o canhão de disparo. Posiciona o painel numerado de modo a que a linha contendo os "0" (zeros) fique também esta altura da superfície e monta de seguida o outro painel. Com uma fita métrica ou uma régua, marca a origem da distância, ou seja posiciona o zero da fita métrica com a posição horizontal de onde a bola sai. Podes colar a fita métrica com fita-cola e mantém-na alinhada na direcção de disparo.

Coloca o painel numerado a 10 cm do zero da fita métrica (posição de origem) e em frente do canhão. Ajusta a inclinação do canhão para o ângulo de 46° , dispara uma bola com uma potência de disparo de 3 e observa com atenção a linha no painel em que a bola acerta. O valor indicado em cada linha dá a altura da bola em relação ao ponto de partida. Marca este ponto (distância e altura) no gráfico que está impresso na contracapa traseira deste manual. Repete então este procedimento para as distâncias de 20 cm, 30 cm, 40 cm e assim sucessivamente até uma distância de 80 cm.

Para cada distância marca no gráfico a altura da marca que a bola fez no painel, como fizeste para o primeiro caso e no fim, tenta unir os pontos através de uma linha contínua. Se achares que um dos pontos parece estar fora do sítio, repete a experiência para a distância correspondente.

Obténs deste modo uma curva meio arredondada que encurva mais no centro do que nas extremidades. Porque é que se obtém este tipo de curvas? É simples. A trajectória percorrida pela bola resulta da existência de duas forças individuais: a força com que a bola foi disparada e a força da gravidade. A velocidade imposta pelo força aplicada pelo canhão está em competição com a aceleração da gravidade que puxa para baixo. Após o lançamento, a bola fica apenas sujeita à força da gravidade mas tem um movimento que inicialmente foi imposto pela força aplicada pelo canhão. Como resultado, a bola tende a cair para o chão, mas efectua uma trajectória arredondada que assume a forma de uma curva matemática, a parábola. Quanto maior for o ângulo de lançamento, mais acentuada é a curvatura da parábola, e quanto menor for o ângulo, a parábola fica mais alargada (ou menos acentuada a sua curvatura). Uma vez que a força do canhão só é aplicada no início, dá apenas a velocidade inicial à bola e deixa de poder acelerar a bola. A força da gravidade por outro lado, está sempre presente e manifesta-se durante todo o movimento, puxando a bola para baixo com uma aceleração de $9,81 \text{ m/s}^2$, a aceleração gravítica.

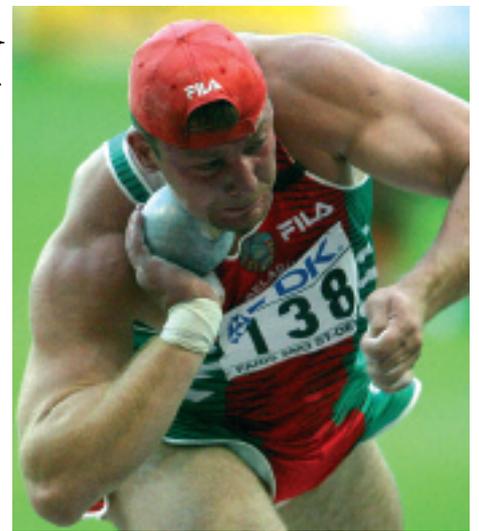
10 Inclinação e distância percorrida



Utiliza novamente o canhão seleccionando uma ângulo de disparo inicial de 33° e uma potência de disparo de 3 numa superfície plana e sem obstáculos (não utilizes o painel numerado). Lança a bola e mede a distância que vai desde a origem até ao ponto onde a bola atingiu a mesa. Repete este procedimento, registando os valores, com a mesma potência de disparo mas mudando o ângulo para 75° , e depois para 46° novamente.

Em que situação a bola conseguiu chegar mais longe do ponto inicial? Se utilizaste sempre a mesma potência de disparo e tens as varas bem encaixadas no teu canhão, então a tua resposta deverá ser a 3ª situação, ou seja, quando o ângulo de disparo foi de 46° . Talvez pensasses que quanto menor fosse o ângulo, maior seria a distância percorrida, mas não é bem assim. De facto, qualquer que seja o objecto (uma bola, uma pedra ou um pedaço de ferro) a distância alcançada num lançamento é maximizada quando é lançado a um ângulo de 45° .

Já agora, deixamos-te mais uma questão: durante quanto tempo fica a bola no movimento de subida? e no movimento de descida? Provavelmente respondeste que demora menos tempo a descer do que a subir, mas não é isso que acontece. De facto o tempo de subida é igual ao de descida se considerares que a altura de lançamento é a mesma que a de chegada.



O peso percorre uma maior distância quando é lançado a um ângulo de 45°



Agora que já sabes algumas coisas sobre ângulos, forças necessárias e trajectórias parabólicas, podes começar a praticar a tua pontaria. Este jogo funciona melhor com dois ou mais jogadores.

Pendura uma caneca numa vara de caordo com a montagem ilustrada na figura seguinte. Podes criar as tuas próprias regras, mas deixamos-te de qualquer maneira, algumas sugestões: cada jogador tem a possibilidade de executar 10 lançamentos seguidos. Os lançamentos poderão ser primeiro a 30 cm de distância, depois a 60 cm e finalmente a 80 cm. Por cada lançamento que atinja a caneca corresponde uma pontuação de 10, 20 e 50 pontos para cada distância respectiva.

Cuidado! - Sempre que alguém execute um lançamento, os outros jogadores deverão ficar afastados da linha de lançamento.



Máquinas Simples



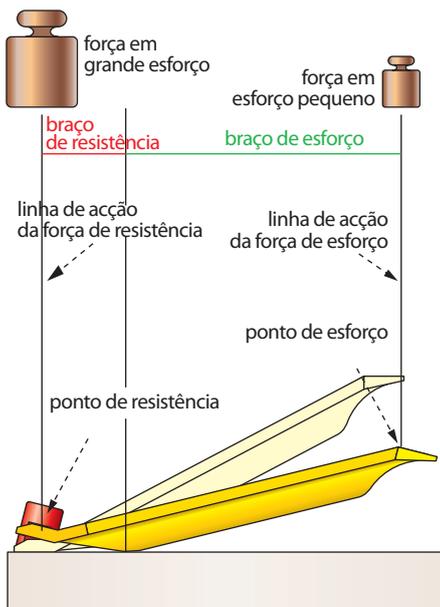
As pontas das lanças utilizadas pelo Homem da Idade da Pedra são máquinas simples

Máquinas Pré-históricas

Aquilo que nos diferencia a nós humanos dos restantes animais é a nossa inteligência e a capacidade de criar e utilizar instrumentos e outros recursos para facilitar as nossas tarefas diárias. Mesmo os nossos antepassados da idade da pedra possuíam esta "esperteza". De facto, foram os primeiros a desenvolver máquinas. Máquinas? Será que podemos chamar de máquinas às lanças e machados fabricados em pedra, osso e madeira? Sim, são de facto máquinas simples ou dito de outra maneira, instrumentos que permitiram facilitar a caça e a defesa do território do homem da Idade da Pedra. São instrumentos que alteram a intensidade e a direcção de aplicação da força necessária para determinadas actividades e trabalhos. Mais à frente iremos abordar a noção de "trabalho" do ponto de vista da física. Convém no entanto realçar que sempre que as máquinas facilitam o trabalho, não significa que o trabalho executado é menor.

A força aplicada que é poupada reflete-se numa distância

Para executar um mesmo trabalho, quanto menor for a força necessária maior é a distância de aplicação da mesma força. Podes comprovar esta regra através das seguintes experiências que incluem máquinas simples que incluem a alavanca, combinações de roldanas, o plano inclinado, o parafuso e a roda.



A alavanca

Neste momento já deves estar familiarizado com a ferramenta de remoção de peças que vem incluída neste kit. É uma ferramenta que permite elevar e remover facilmente os pinos botão e pinos de apoio, mesmo que estes estejam bem encaixados dentro dos buracos das molduras e das varas. Se tentares remover com a mão os pinos, verificas que é bastante mais difícil. Porque será? A ferramenta de remoção de peças tem duas extremidades: uma delas encaixa no pino e a outra é utilizada para segurar e imprimir movimento. Quando empurras para baixo a extremidade livre, elevas a extremidade encaixada no pino, conseguindo a sua remoção. Se reparares, existe um ponto na ferramenta que praticamente não se move: o ponto em que a ferramenta está apoiada sobre os pinos. É o ponto de apoio ou ponto pivô da alavanca. As duas extremidades ou braços da alavanca rodam em torno deste ponto. Assim, enquanto um dos braços está a executar trabalho (sobre o pino) o outro é utilizado como manivela.

Alavancas de 1 braço e de 2 braços

Uma alavanca é um instrumento que pode rodar em torno de um eixo. Pode ter diversas formas mas tem sempre necessariamente um ponto pivot ou de apoio e é utilizada para poupar energia na execução de trabalho. As alavancas possuem também outros pontos característicos: um ponto ou extremidade que suporta uma determinada carga ou onde se pretende exercer uma força, e outro onde uma força é aplicada (normalmente pela nossa mão). Se o ponto de apoio está localizado entre estes dois pontos, então estamos na presença de uma alavanca de dois braços. Se o ponto pivô coincide com uma das extremidades, então é uma alavanca de um braço. A tua ferramenta de remoção de peças é uma alavanca de um braço.

Braço para esforço e braço para a resistência

Quando pressionas a extremidade da alavanca com a força suficiente para retirar um pino botão, a ferramenta de remoção de peças está em equilíbrio. No fundo basta um pouco de esforço da tua parte para conseguir remover através da alavanca o pino. Como é possível? É porque o comprimento da alavanca é suficientemente longo para que a força que precisas de aplicar seja suficientemente pequena. Acontece o contrário na outra extremidade, em que o ponto pivô coincide com a extremidade que está encaixada no pino. Como a distância ao ponto pivô é pequena, a força exercida no pino é grande. Esta é por vezes designada por força de resistência. Quando o comprimento do braço onde é aplicado o esforço é duas vezes superior ao comprimento do braço onde está a carga, a força exercida na carga é duas vezes superior à força que aplicas. Em termos matemáticos pode-se dizer que o produto da força aplicada (em N) pelo comprimento do braço do esforço (em m) é igual ao produto da força exercida na carga (N) (ou resistência) pelo comprimento do braço de resistência (m). Assim pode-se escrever a seguinte equação:



Uma tesoura é no fundo um par de alavancas. A força utilizada no corte aumenta à medida que te aproximamos do ponto de rotação ou ponto pivô.

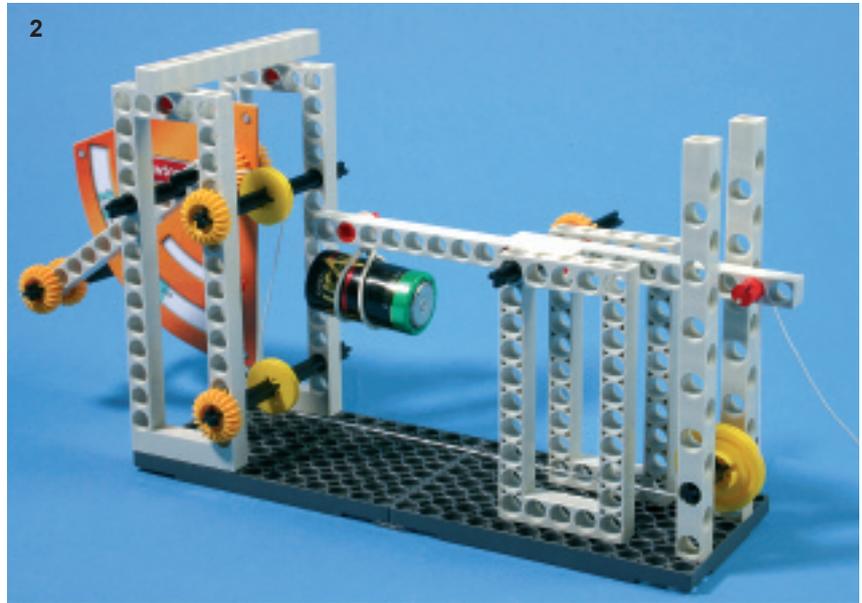
$$\text{Força aplicada} \times \text{braço} = \text{força de resistência} \times \text{braço de fio de resistência}$$

Escala de força e alavanca de 2 braços

Vais precisar ainda de 2 escalas de Newton impressas da folha de recortes. Monta a escala de força (de 0 a 2 N) como se apresenta na figura 1. Deverás introduzir um pino de apoio na escala impressa em cartão de forma a manter a escala presa à parte detrás da moldura. O eixo pequeno na extremidade da vara curta é mantido na posição através de um travão de eixo. Depois, monta a alavanca que se apresenta no lado direito da figura 2. As duas varas curtas

que constituem os braços da alavanca estão fixas uma à outra através de dois pinos botão, estando cada um deles virado para o lado do eixo longo. Esta posição corresponde ao ponto de rotação ou ponto pivô da alavanca. (figura 2). Guia a linha através da primeira roldana, desde a escala de força, e fá-la passar através das outras duas roldanas. A linha deverá ser atada no penúltimo buraco do braço da alavanca. Fixa a linha com um pino de junção (vê a figura 2). Para criar uma carga de resistência insere outro pino de

junção no oitavo buraco a contar desde o ponto pivô no braço esquerdo da alavanca e utiliza um elástico de borracha pequeno para manter uma pilha suspensa junto ao braço. Como o ponto de rotação da alavanca está localizado a meio dos dois braços, assim que colocas a pilha o braço de resistência da tua alavanca (o que está à esquerda na figura) desce devido à carga e simultaneamente, o braço de esforço sobe fazendo deslocar o ponteiro na escala de força.



Força na alavanca - um binário

Cada um dos lados da equação da alavanca representa um binário ou torque. O binário é pois o produto de uma força pela distância da linha de acção vertical desta força até ao ponto de rotação da alavanca. Este produto é por conseguinte expresso em newton.metro (Nm).

Vamos agora fazer algumas medições que nos permitirão quantificar o funcionamento desta alavanca. Executa a montagem descrita no ateliêr.

11 Medição de forças na alavanca



Coloca o pino de junção no oitavo buraco a contar desde o ponto de rotação (o penúltimo) no braço esquerdo da alavanca e fixa a pilha como explicado no ateliêr. No lado oposto, passa a extremidade do cordel através do oitavo buraco do braço (penúltimo) e insere outro pino de junção para fixar o cordel. Puxa o cordel até manter a alavanca na posição horizontal. A força que estás a exercer no cordel equilibra a força do peso da tua carga (a pilha). Quando a alavanca está na posição horizontal, o equilíbrio foi alcançado. Se o ponteiro estiver um pouco perreco, dá primeiro umas pancadas ligeiras na base da estrutura e puxa com mais força algumas vezes até que o seu movimento fique mais solto. Podes ler o valor na escala de força, olhando através do terceiro buraco do ponteiro. O valor que observas vai depender do tipo de pilha que colocaste mas deverá estar entre 0,5 e 0,75 N. Agora, podes utilizar a tua escala de força para obter o peso respectivo (ou mais correctamente a massa) em gramas: entre 50 e 75 g.

O ponto onde exerces a força e o ponto onde a carga está localizada, estão ambos à mesma distância do ponto de rotação da alavanca (a uma distância de 8 buracos ou 8 cm). Assim, a força que aplicaste é igual à força do peso da carga, ou por outras palavras a força de esforço é igual à força de resistência. Através da escala consegues determinar o peso da pilha. Segunda experiência: Pendura a pilha no quarto buraco, encurtando para metade a distância entre a carga e o ponto de rotação. Deste modo, o esforço que irás aplicar ficará ao dobro da distância ao ponto de rotação, relativamente à carga e por essa razão a força de esforço será metade da experimentada na situação anterior. Deste modo poupaste energia. De facto, repara na leitura da tua escala: a indicação é agora de metade do que mediste anteriormente, ou seja entre 25 e 37 N.

Cálculo das forças na experiência "medições de força na alavanca", assumindo que a pilha pesa 50 g.

Vamos utilizar as seguintes conversões:

Centímetros para metros:	1 cm = 0,01 m
Gramas para quilogramas:	1 g = 0,001 kg
Passar de quilograma-força para newton:	1 kgf = 9,81 N
(que podemos arredondar para 10 N)	

1ª Experiência

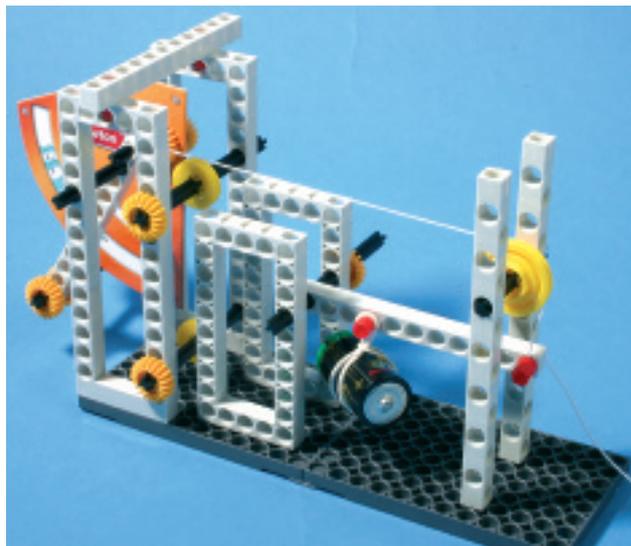
Lado do esforço	Lado da resistência
$0,08 \text{ m} \times 0,5 \text{ N} =$	$0,08 \text{ m} \times 0,5 \text{ N}$
ou $0,04 \text{ Nm}$	$= 0,04 \text{ Nm}$

2ª Experiência

Lado do esforço	Lado da resistência
$0,08 \text{ m} \times 0,25 \text{ N} =$	$0,04 \text{ m} \times 0,5 \text{ N}$
ou $0,020 \text{ Nm}$	$= 0,020 \text{ Nm}$

Escala de Força e alavanca de um braço

Utiliza a estrutura que montaste na experiência anterior (alavanca de dois braços) e converte-a numa alavanca de 1 braço. O cordel responsável pela força aplicada irá passar por apenas uma roldana no fim antes de passar pelo último buraco do braço de esforço (à esquerda). Nesta montagem vai ser utilizado um braço de resistência mais curto. A pilha é mais uma vez pendurada no braço da alavanca sendo a carga que irá ser levantada pela alavanca (à direita).



Um abre-garrafas também é uma alavanca de 1 braço

Vamos alterar ligeiramente esta montagem para provar que numa alavanca de um braço os dois binários são iguais no estado de equilíbrio, ou seja, também é possível poupar energia utilizando uma alavanca deste tipo.

As alavancas são instrumentos que fazem parte do nosso dia-a-dia. Podes encontrar alavancas nas portas da tua casa, no travão de mão do carro e na utilização de uma chave-inglesa, para além de muitas outras situações. As alavancas permitem reduzir o esforço necessário para executar certas tarefas. Os nossos dedos, braços, mãos e pernas obedecem também às leis das alavancas tal como o sobe-e-desce nos baloiços. Também são utilizadas as alavancas para equilibrar pesos tal como acontece numa balança de pratos. Vais construir no próximo atelier, uma balança que permitirá pesar objectos até 50 g.

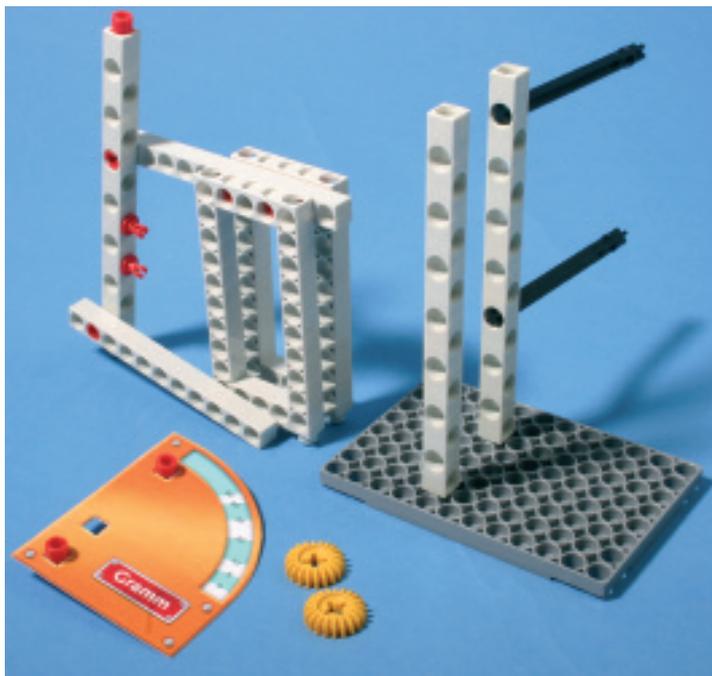
Uma Balança

Vais precisar da escala de massas que tens incluída na folha de recortes e destacáveis. Utiliza pinos de junção para ligar as varas curtas à vara longa e verifica que ambas as varas rodam livremente. As duas molduras

pequenas vão servir de contra-peso.

Coloca a base de sustentação por cima da vara longa procurando a melhor posição (experimenta posições diferentes). Tenta centrar o melhor possível a base de sustentação até encontrar o equilíbrio. Coloca o objecto que queres pesar sobre a base, no

centro, mesmo por cima da vara longa. Não coloques objectos com mais de 50 g. Dá algumas pancadas leves na base de sustentação e aguarda uns segundos até que o movimento da escala cesse. Depois podes ler na escala o valor indicado pela extremidade da vara que serve de ponteiro.

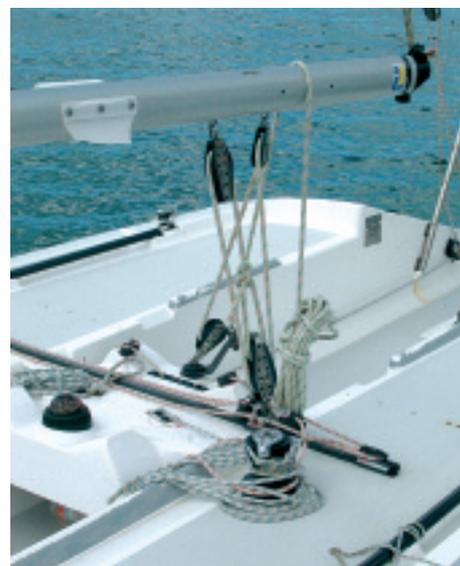


Este tipo de balança elevatória também pode ser utilizado para perceber melhor o funcionamento das alavancas. O peso na plataforma faz elevar o contrapeso. Neste processo, o centro de gravidade é deslocado para fora e a vara sustém a plataforma que se vai afundando e aproximando do centro de rotação da alavanca. Assim, o braço de esforço fica mais comprido enquanto que o braço de resistência fica mais curto. Quanto mais pesado é o objecto colocado na plataforma, mais visível é este efeito.

Roldanas fixas - Como alterar a direcção de forças

As roldanas estão presentes em muitas situações comuns - nos barcos à vela, nos elevadores, nos locais de construção, etc.

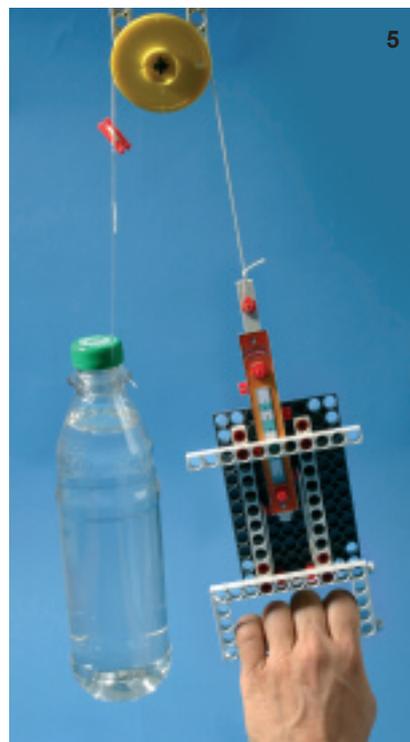
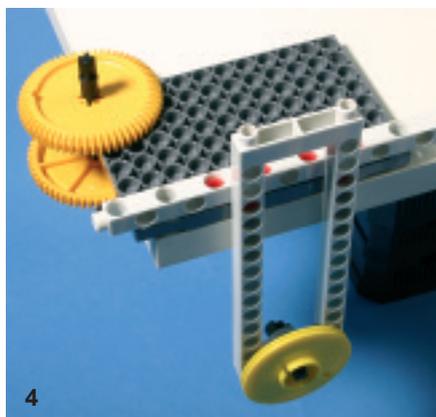
O tipo de roldana mais simples é a roldana fixa que no fundo é um disco circular com um eixo no centro e uma ranhura que acompanha normalmente o perímetro do disco. Através desta ranhura pode ser inserida uma corda ou um cordel que desliza facilmente. A roldana fica presa a um determinado ponto através de um varão que a atravessa pelo seu eixo normalmente. A utilização de roldanas fixas permite simplificar algumas tarefas, apesar de neste caso não implicar uma poupança de energia para executar as tarefas. Permite sim, redireccionar os esforços ou forças. Antes de começar a construir uma roldana fixa, começa por montar o dinamómetro (mede forças dos 0 ao 7,5 N) que utilizaste na página 16. Vamos utilizar este instrumento para medir a intensidade das forças. Também o podes utilizar para medir massas bastando para isso dividir os valores em Newton por 10, obtendo os respectivos valores em kg. Vamos tentar medir o equilíbrio entre forças que actuam numa roldana fixa.



A roldana fixa funciona como uma alavanca de dois braços

Roldana fixa

Podes utilizar uma garrafa de plástico de meio litro (0,5 L) como peso. Encaixa a estrutura com as duas rodas dentadas e a base de sustentação na extremidade de uma mesa, como ilustrado na fotografia. Vais precisar ainda de um pedaço de cordel com perto de 1 m de comprimento (não cortes o cordel pois vais precisar de cordel comprido nalgumas experiências mais à frente) e do dinamómetro (vê as instruções de montagem deste medidor na página 16). Repara que a direcção da força é invertida pela roldana. De facto a roldana vai funcionar como uma alavanca de dois braços (vê o esquema apresentado na parte inferior desta página, à direita).

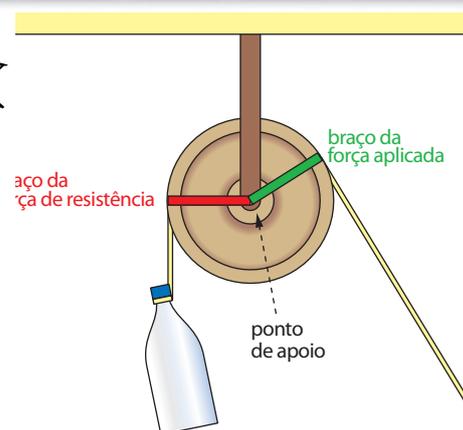


12 Aplicação de forças usando roldanas

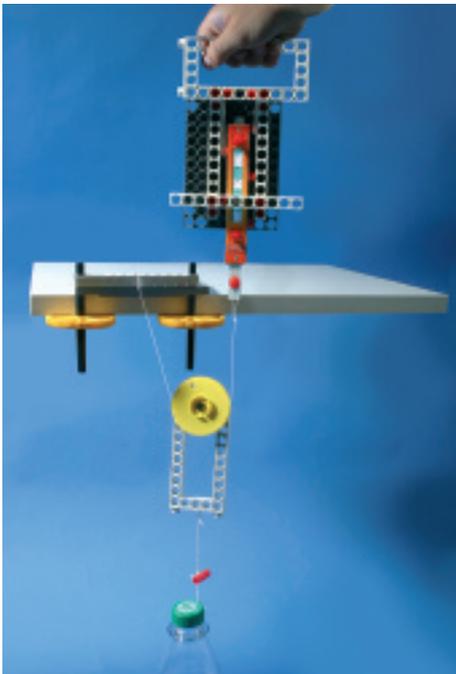


Amarra a garrafa de plástico, cheia com água, numa das extremidades do cordel e ata o dinamómetro a aproximadamente 50 cm desta extremidade. Puxa a garrafa para cima, com o dinamómetro e regista o valor que observas na escala. Este valor indica o peso da garrafa que deverá estar próximo de 5 N. Depois, desata o cordel da garrafa, guia o cordel através da roldana e volta a atar a extremidade do cordel à garrafa. Puxa agora pela estrutura que contém o dinamómetro, elevando a garrafa, até atingir o equilíbrio e regista novamente o valor.

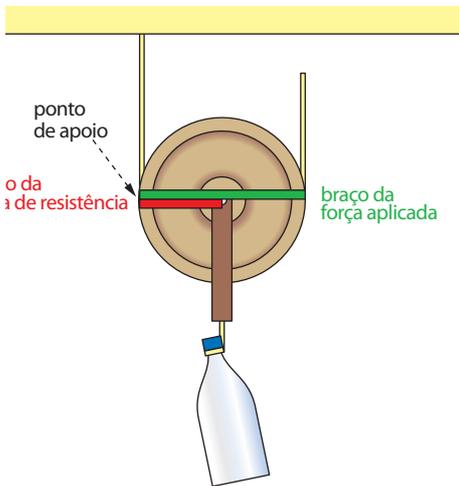
Como podes constatar, a medida efectuada com roldana deu o mesmo resultado que a medida efectuada sem roldana. Ou seja, para elevar a garrafa precisaste de fazer a mesma força; a única coisa de diferente entre as duas experiências é a direcção da força que aplicaste. Neste último caso, para conseguir elevar a garrafa, tiveste que puxar para baixo o cordel. Uma roldana fixa funciona como uma alavanca de dois braços de igual tamanho: carga = força.



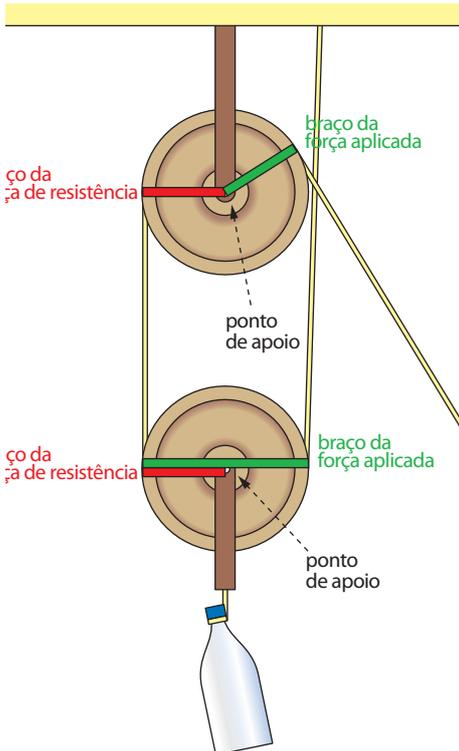
A roldana fixa funciona como uma alavanca de dois braços



Uma montagem com uma roldana móvel, para medir forças



A roldana móvel é também uma alavanca



Combinação de roldanas: roldana móvel + roldana fixa

Roldanas móveis - Como alterar a intensidade da força

A utilização de uma roldana móvel leva a resultados diferentes. Com este tipo de roldanas, consegue-se modificar a intensidade necessária de força para elevar um determinado objecto, reduzindo-a para metade. Como? Numa roldana móvel, o peso da carga é distribuído pelas duas secções do cordel ou do cabo que envolvem a roldana. Este tipo de roldanas funciona também como uma alavanca. Vais ver agora na próxima experiência que a redução da força necessária para elevar a garrafa só é possível à custa de um aumento no comprimento do cordel.

13 O "come fio"



Ata a extremidade do cordel no dinamómetro, como se apresenta em baixo, suspende a roldana com a garrafa e mede o valor que é indicado pelo dinamómetro.

Combinação de roldanas - roldana fixa e roldana móvel

Assim, se pretendermos alterar não apenas a intensidade do esforço necessário para uma determinada tarefa mas também a direcção da força que será aplicada, basta utilizar uma combinação de roldanas.

Combinação de roldanas

Vais precisar da montagem efectuada para a roldana fixa (vê as instruções na página 25), do dinamómetro e de mais uma roldana onde será montada uma estrutura que permita suspender a tua carga (a garrafa de 0,5 L por exemplo).

Podes conseguir reduzir ainda mais a força necessária para elevar a carga. Para tal basta acrescentar mais roldanas e por conseguinte também mais cordel. O que acontece é que o peso da garrafa vai ser distribuído pelas várias secções do cordel, pelo que quanto maior for o número de roldanas, maior será o número de secções e por conseguinte, menor será o esforço necessário para igualar o peso da garrafa.

Tal como em qualquer máquina, nem todo o teu esforço ou força que aplicaste é transferido para o cordel. Existe sempre uma pequena fracção que se perde por fricção ou atrito nas roldanas. Este constitui mais um princípio importante da mecânica:

Não existem máquinas sem atrito

O atrito é sobretudo causado pela fricção do cordel ao deslizar sobre as roldanas. É também por este motivo que a leitura que fazes com o dinamómetro quando puxas com força é ligeiramente superior do que quando desixas estar em repouso o sistema.

O plano inclinado - Forças numa superfície inclinada

Uma cadeiras de rodas não consegue subir escadas. Por este motivo os edifícios mais recentes são construídos incluindo rampas de acesso para permitir a passagem para zonas mais altas do edifício a cadeiras de rodas e carrinhos de mão. As rampas de acesso são no fundo superfícies inclinadas que nos facilitam um pouco a vida.

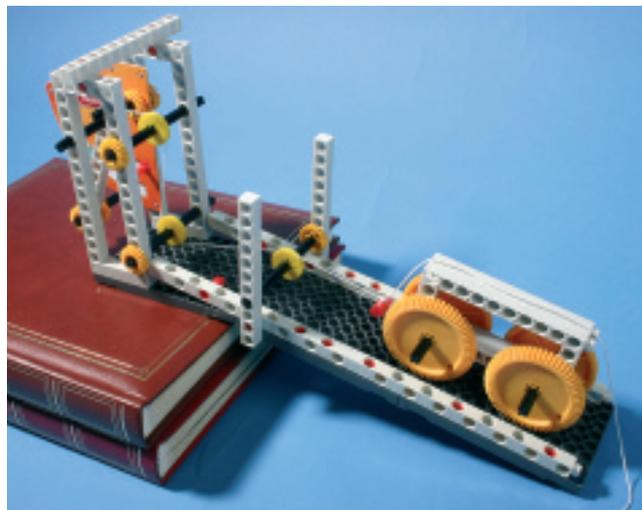
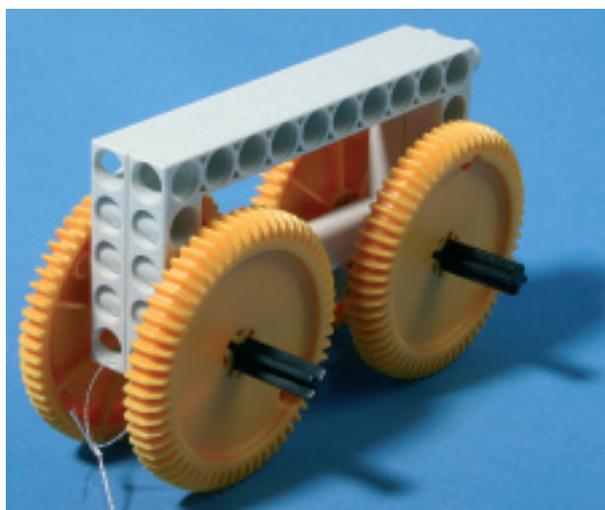
Na física, este tipo de superfícies recebe o nome de plano inclinado, que como o nome indica representa uma superfície plana, com alguma inclinação relativamente à horizontal. Para perceber como é que as forças se distribuem em planos inclinados vais montar um veículo e um plano inclinado que irá ser adaptado à escala de forças que fizeste na página 23.



Um carro num plano inclinado

Monta a estrutura da página 23 para medir forças (de 0 a 2 N) e na extremidade do cordel ata um pino de junção. Depois, monta o teu carro de acordo com a fotografia seguinte. Antes de montar as rodas dianteiras (rodas dentadas) ata um

pedaço curto de cordel nas molduras, deixando um pequeno anel. Podes então colocar este anel através do pino de junção que está preso ao cordel do medidor de forças, unindo deste modo o carro ao medidor. Vê as figuras.



14 Uma descida acentuada



Passo 1 - Coloca o teu medidor de forças nas bordas de uma mesa alta e suspende o carro. O valor que medes no medidor corresponde ao peso do carro.

Passo 2 - Sobrepõe alguns livros sobre a mesa de modo a obter um ponto relativamente alto face à superfície da mesa. Coloca o medidor de forças sobre os livros e liga-o ao plano inclinado com 2 pinos de junção. Regista o valor indicado na escala, o que observas? A força parece ser menor. O que acontece é que a força do peso do carro está distribuída em duas forças individuais, uma vertical e uma paralela ao plano.

Quando vamos na estrada por vezes aparecem sinais indicando que se aproxima uma descida ou subida com alguma inclinação. A inclinação nestes sinais, é normalmente expressa em percentagens, como 15 % por exemplo. Esta percentagem indica que o carro ao percorrer 10 m conseguiu subir 1,5 m em termos de altura ($1,5/10 = 0,15 = 15\%$).

Quanto mais inclinado for o plano, maior é a força que medes no teu medidor, ou seja maior é o esforço para subir a rampa. Por outro lado se for muito pouco acentuado ou pouco inclinado, o esforço é reduzido mas a distância que o carro terá de percorrer para atingir a mesma altura é bastante maior.

Física no mundo real

Polia ou roldana?

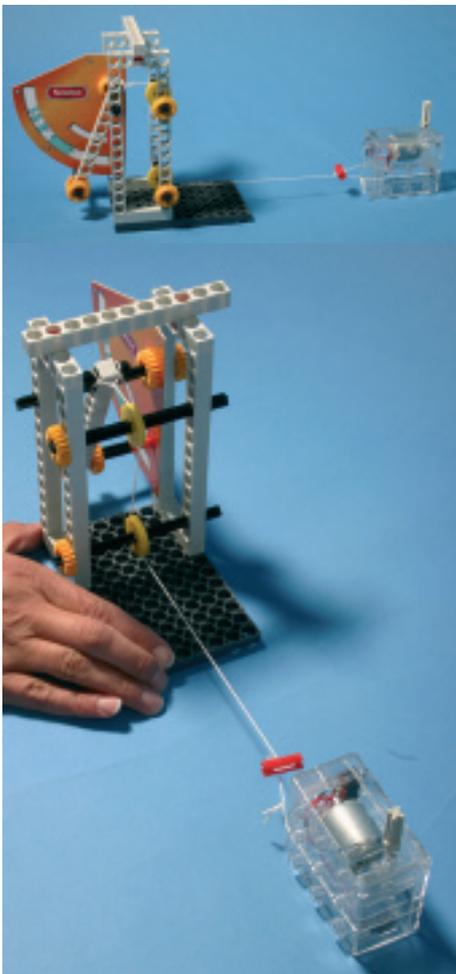
As roldanas também são por vezes chamadas de polias. Este termo polia vem do grego "polos".



Este sinal indica que a estrada descerá 1,5 m em altura por cada 10 m percorridos.



Para subir montanhas elevadas as estradas são geralmente em zigue-zague de modo a que a inclinação não fique demasiado acentuada.



Forças de atrito

Como já sabes, o atrito está sempre presente em todas as máquinas. Este atrito manifesta-se nos vários constituintes das máquinas e também no movimento dos mais diversos corpos. Uma bola em queda também experimenta atrito devido às moléculas do ar que nela embatem. Sempre que um corpo se movimenta no interior de outro (ar, água, gases, ou de um modo geral, fluidos) o seu movimento é travado devido à existência de uma força que contraria este movimento e que é designada por força de atrito. No estado de repouso não existe atrito. O atrito manifesta-se apenas quando um corpo tende a iniciar o seu movimento ou quando já está em movimento. E esta força de atrito é uma força que tende a contrariar este movimento. A força de atrito é paralela à superfície de contacto e tem o sentido contrário ao do movimento.

Não desmontes o teu medidor de forças pois vais utilizá-lo nas próximas experiências



A rampa inclinada que permite colocar o barco na água, é revestida com uma tinta especial para reduzir o atrito e facilitar o movimento.

15 Medir a força de atrito



1º passo - Ata a caixa do motor na extremidade do cordel do medidor de forças. Desliza o medidor lentamente ao longo da superfície da mesa até que o cordel fique bem esticado. Agora puxa um pouco mais até sentires que a caixa do motor está prestes a mover-se. Regista o valor do medidor de forças. Esta é a força de atrito que resulta da fricção entre a caixa do motor e a superfície da mesa.

2º passo - Repete esta experiência mas agora, puxa em contínuo o medidor de modo a que a caixa do motor se mantenha em movimento. Tenta manter este movimento estável e uniforme e regista o valor dado no medidor. Podes experimentar com outro tipo de superfícies.

O que podes concluir desta experiência? No segundo passo, deves ter reparado que o ponteiro se manteve num valor um pouco mais baixo do que no primeiro caso. O que acontece é que o atrito inicial para começar o movimento é maior, do que o atrito sentido durante o movimento. No primeiro passo da experiência mediste a força de atrito estático e no segundo passo, a força de atrito cinético. A força de atrito cinético é sempre menor do que a força de atrito estático. A força necessária para imprimir movimento a um carro que está parado é maior do que a necessária para manter o movimento do carro. O atrito experimentado nas rodas do carro é também diferente do experimentado na caixa do motor, pois esta última desliza pela superfície ao passo que as rodas executam um movimento de rotação, o que pressupõe menor atrito cinético.

De facto se tivesses colocado um par de rodas na caixa do motor poderias observar que seria mais fácil colocá-la em movimento e que a força de atrito seria menor. Por esta razão muitos móveis vêm hoje em dia incorporados com pequenas rodas para facilitar o seu transporte e deslocação.

Para te aperceberes melhor das vantagens do atrito por rotação face ao atrito cinético quando os corpos deslizam, vamos utilizar o plano inclinado novamente mas desta vez vamos incorporar um sistema com uma manivela que te vai permitir explorar as duas situações. No modelo, o chassis do carro está apoiado na estrutura. Quando elevas a manivela fazes com que o carro fique apenas apoiado nas rodas e começa automaticamente a descer. Alguém que observe de fora não vai perceber como é que conseguiste por o carro em movimento acionando apenas a manivela.

Deslizar ou rodar Trenó vs carro

Em primeiro lugar faz a montagem da base de deslizamento. (Figura 1: Neste caso o chassis do carro tem apenas uma moldura e duas varas curtas.) As rodas do carro e o deslizar do chassis na base vão permitir que estudes simultaneamente o atrito cinético e o atrito de rotação (Experiência 16). Quando montares a rampa (figura 2) fixa as duas rodas motoras pequenas na moldura pequena com dois pinos de transmissão. A manivela permite mudar da situação de deslizamento (tipo trenó) para a de rotação das rodas como ilustrado na figura 5. Na figura 4 apresentamos a montagem completa.

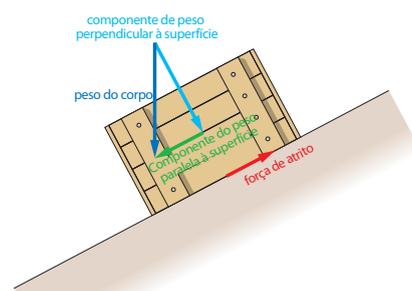
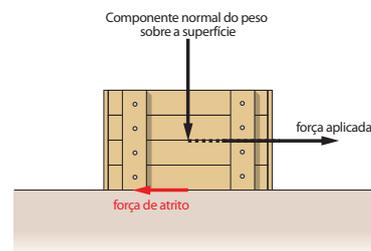
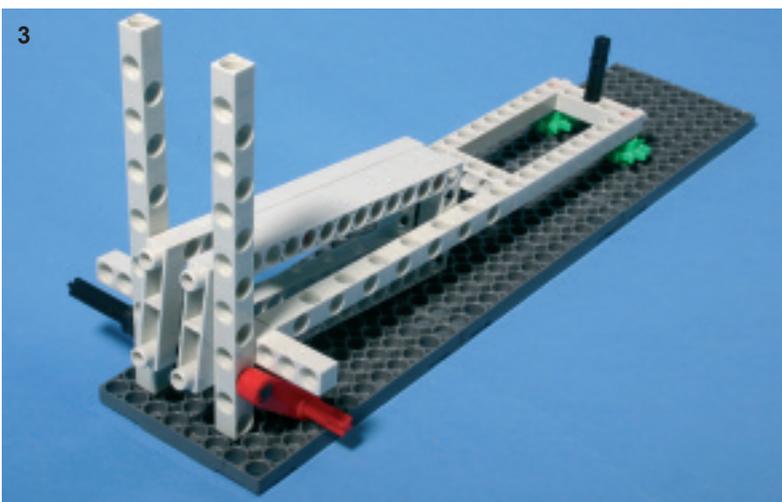
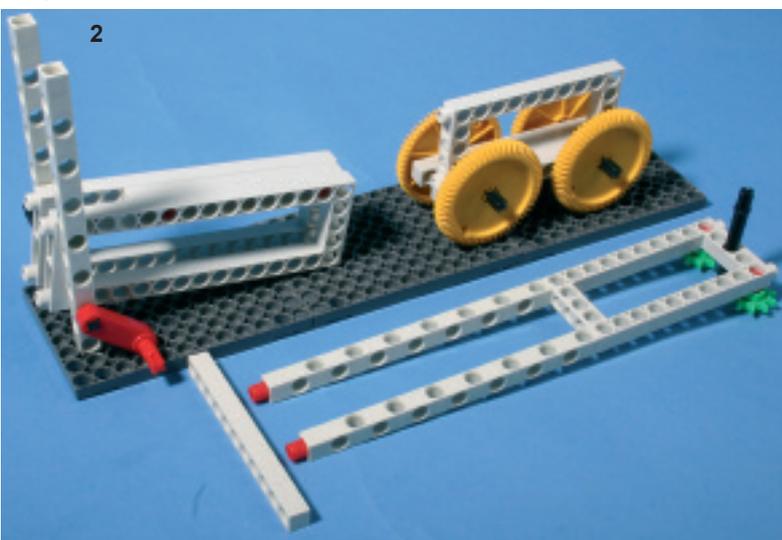
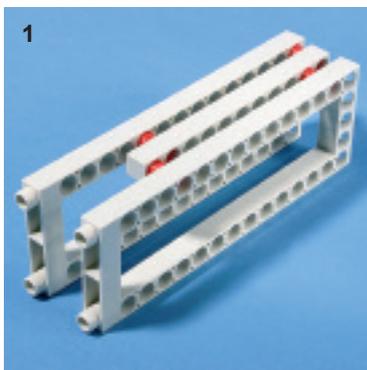


Ilustração superior: A força de atrito opõe-se à força aplicada. Durante o movimento a força de atrito é de menor intensidade que a aplicada.

Ilustração inferior: se inclinares gradualmente a superfície até ao ponto em que o corpo começa a deslizar, a força de atrito e a força responsável pelo movimento ficam com a mesma intensidade.

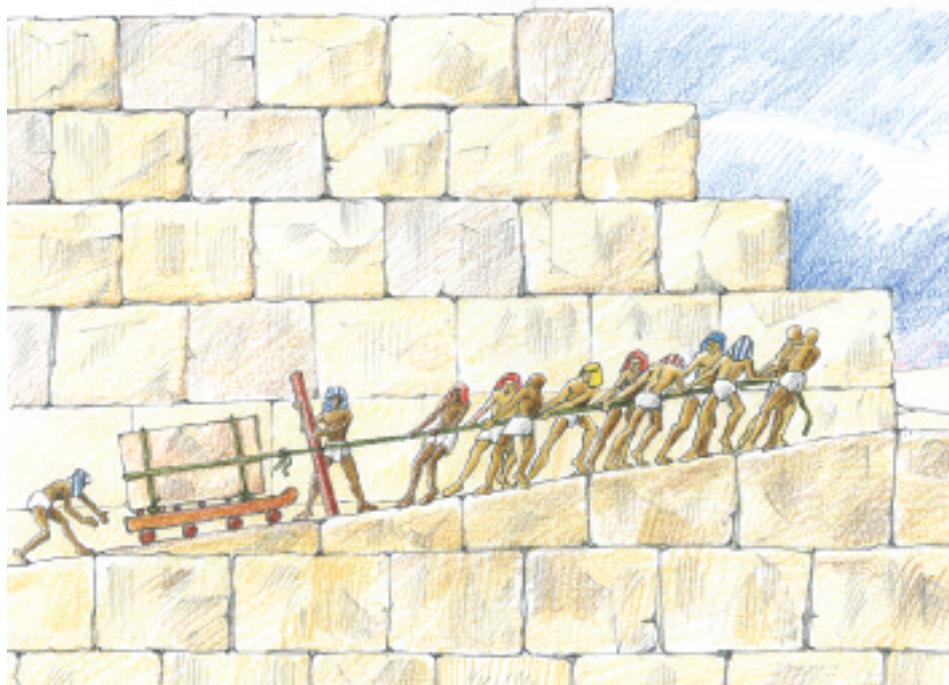


16 Forças de atrito



Coloca o carro sobre o plano inclinado, na parte mais elevada e larga-o. Apesar da superfície ser inclinada o carro não se movimentava porquê? porque o atrito estático existente entre a superfície do plano e o chassis que está apoiado na base interior é demasiado elevado. Empurra ligeiramente o carro com os dedos para ver se consegues imprimir movimento ao carro. Como podes observar, o carro continua parado apesar do plano ser inclinado. De facto, o atrito estático existente impede o movimento do carro. Experimenta agora elevando a manivela: o carro fica totalmente apoiado sobre as rodas e o chassis deixa de ficar em contacto com a base; o carro começa a descer.

A área da superfície de contacto não afecta a força de atrito. O aspecto que é decisivo é a força normal perpendicular à superfície de contacto e a rugosidade das superfícies dos corpos e do plano. Se experimentares com diferentes superfícies podes perceber como a rugosidade altera significativamente o atrito (experimenta com um espelho, ou vidro).



Os egípcios utilizaram há 4500 anos atrás máquinas simples para construir as pirâmides. Construíram rampas em pedra ou terra e transportavam os materiais necessários através das rampas e recorrendo a cilindros de madeira colocados debaixo dos blocos. Desta maneira reduziam o atrito e assim construíram a famosa pirâmide de Keops.



Para reduzir ainda mais o atrito em muitas máquinas, utilizam-se rolamentos. Assim, em vez da rotação do disco inteiro, são as várias esferas que estão incluídas no rolamento que rodam. Tens sistemas destes na tua bicicleta (nos pedais e nas rodas).

A Importância do Atrito

Claro que o atrito também é algo necessário. Se a tua bicicleta possuísse pneus totalmente lisos e suaves então terias grandes dificuldades para pará-la e mesmo para conseguir efectuar curvas acentuadas, uma vez que a adesão à estrada seria muito reduzida. Se quisesses descer uma rampa não terias problema nenhum, mas se pelo contrário, quisesses subir irias ter algumas complicações. Se o atrito fosse demasiado pequeno as rodas rodariam facilmente mas sem "empurrar" o chão para trás. No fundo a força de atrito entre as rodas e o solo permite que as primeiras se agarrem ao solo produzindo movimento pela troca de forças. Todas as formas de transporte que se deslocam sobre rodas não poderiam fazê-lo sem a presença do atrito.

Sempre que temos duas superfícies em contacto, existe alguma fricção entre elas e por conseguinte atrito. Para determinar as características do atrito, podemos colocar um corpo em cima de outro e inclinando cuidadosamente o corpo que está por debaixo, observa-se a inclinação a partir da qual o corpo de cima começa a deslizar. Obviamente vai depender do tipo de superfícies. Para caracterizar o atrito entre dois corpos utiliza-se o coeficiente de atrito que é uma grandeza adimensional ou seja, não tem unidades. Por exemplo o coeficiente de atrito dinâmico entre a borracha dos pneus e o asfalto é geralmente de 0,3 e deve ser utilizado quando a bicicleta está a travar. O coeficiente de atrito estático para esta mesma situação poderia ser de 0,6. Podes imaginar o significado deste valor considerando que se estiveres montado na tua bicicleta a travar, no topo de uma descida, ela só começará a deslizar se a inclinação da descida corresponder a uma altura de 0,6 m para um comprimento de 1 m (equivalente a uma inclinação de 60 %).



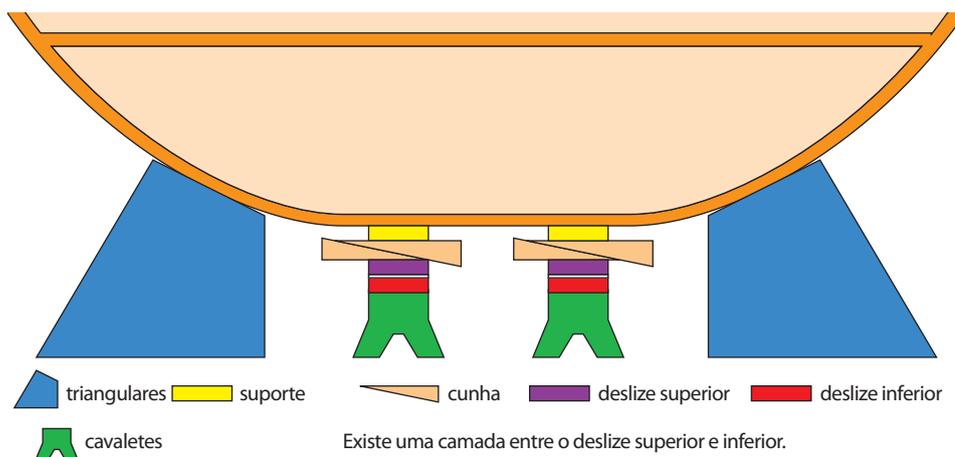
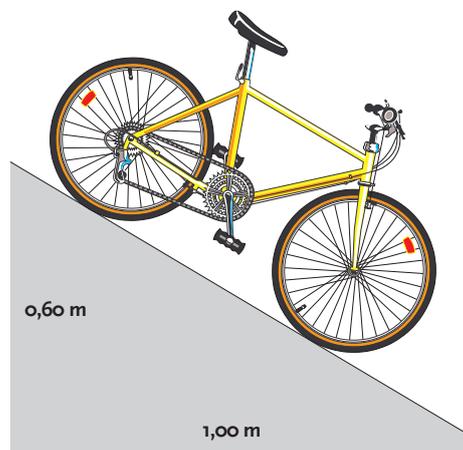
O Rolamento reduz fortemente o atrito.

Esta situação está ilustrada na figura á direita.

A maior parte dos travões dos carros, das bicicletas ou mesmo das máquina da roupa tiram partido de coeficientes de atrito dinâmicos elevados. Talvez agora consigas entender porque é que no caso dos combóios, com rodas e linhas todas em aço, percorrem distâncias muito elevadas de travagem até conseguirem parar, e porque é que não costumamos observar grandes descidas ou subidas no trajecto percorrido pelos combóios.

Como elevar navios

Os veículos mais pesados são talvez os navios de transporte de mercadorias, com os seus gigantescos tanques. Como é que estes navios são colocados dentro de água? Não existem gruas suficientemente grandes para conseguir elevar um destes navios. Existem duas possibilidades para conseguir este feito. A primeira consiste em construir o navio dentro de comportas fechadas (um dique seco) numa zona especial perto do porto. Assim que o navio está totalmente pronto, são abertas as comportas de água e num instante o navio fica a flutuar.



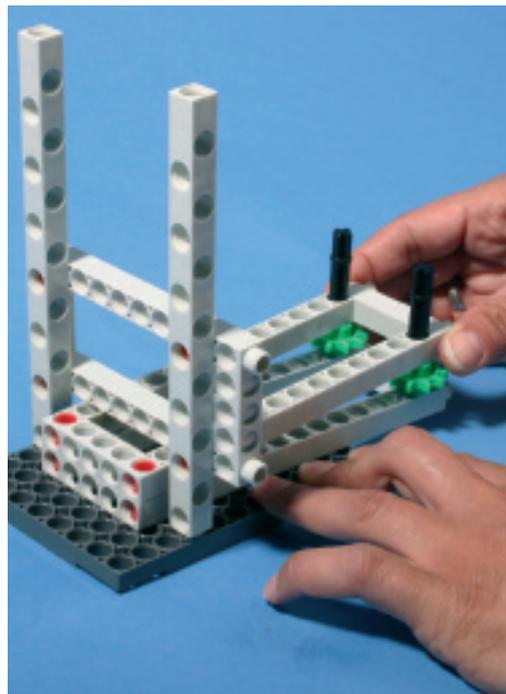
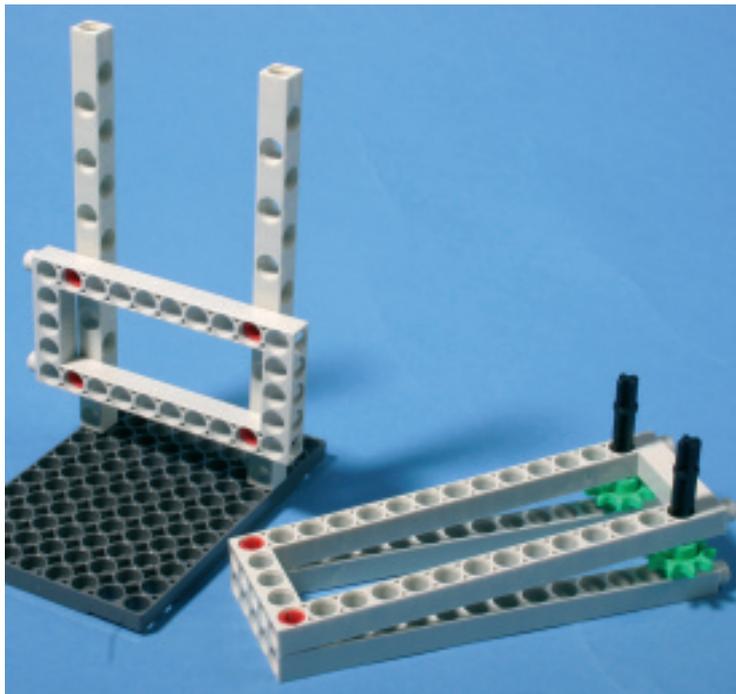
O navio é sustentado por um conjunto de cavaletes e cunhas triangulares durante a sua construção. As vigas de aço mantêm o navio bem seguro e na posição certa.

Cremalheira e cunha

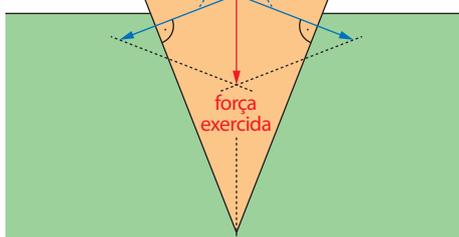
Em primeiro lugar faz a montagem da cremalheira e da cunha sobre a

base de sustentação. A zona final da cunha, que não tem as duas rodas motoras verdes deverá estar em contacto com a parte inferior, e para tal utiliza dois pinos de junção (à

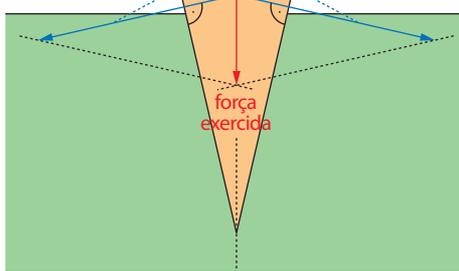
esquerda). depois de montado já podes realizar a experiência 17. Vais poder observar que utilizando uma cunha é muito fácil deslocar uma cremalheira.



segundo as direcções
perpendiculares às faces da cunha



componentes da força
segundo as direcções
perpendiculares às faces da cunha

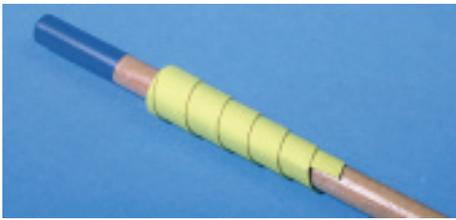


17 Trabalho executado por uma cunha



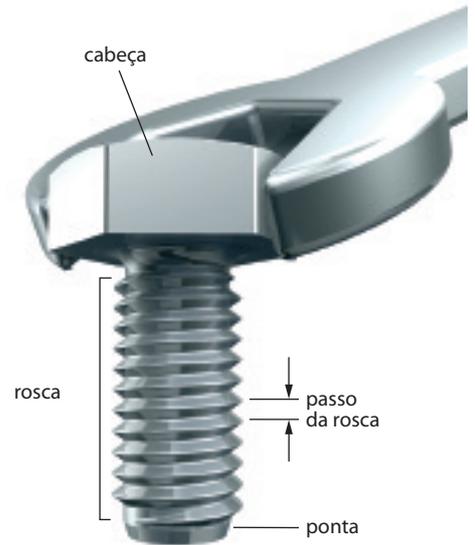
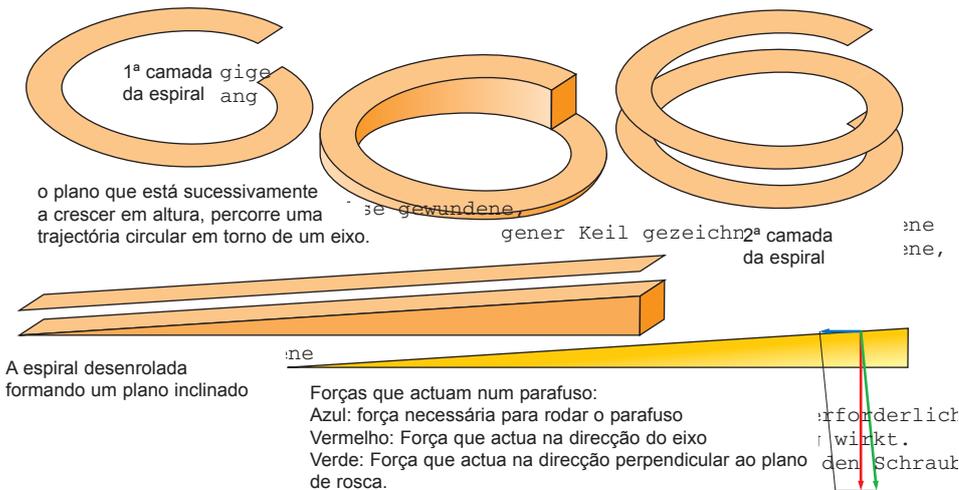
Começa por puxar a cremalheira (moldura pequena) sem utilizar a cunha, e volta a colocá-la fixa às varas. Agora, introduz a cunha por baixo da moldura até que faça alguma pressão, e retira novamente a cremalheira. Notas alguma diferença?

Consegues tirar a moldura no fundo a tua cremalheira) bastante mais facilmente não é? vamos tentar aprofundar um pouco mais e tentar visualizar que forças estão a actuar nesta estrutura. a cunha consiste em 2 planos inclinados juntos na base. a força que é exercida por trás na cunha é dividida em duas forças laterais, que são perpendiculares aos lados das mesmas.



O parafuso - Inclinado e torcido

os parafusos são utensílios bastante comuns e devem também grande da sua utilizada ao plano inclinado. Podes imaginar um parafuso como sendo uma espiral obtida através do desenho consecutivo de um círculo em torno de eixo enquanto se eleva o plano do traçado gradualmente. Pode pois ser visto como um plano inclinado torcido. No esquema seguinte ilustra-se um espiral que é obtida desta forma e que clarifica este conceito de plano inclinado torcido.



Construção de um Parafuso

18 O Parafuso



Copia o desenho do plano inclinado (que está no topo desta página) para uma folha de papel e recorta-o. Depois enrola o papel à volta de um lápis começando pela zona mais estreita.

Num parafuso, a pequena força aplicada na rotação da cabeça traduz-se numa trajectória circular. A força resultante manifesta-se na direcção do eixo de rotação, em linha recta. O movimento de rotação do parafuso é deste modo transformado num movimento linear rectilíneo, em que as espiras avançam ou recuam na direcção do eixo. desta maneira, aplicam-se as mesmas leis do movimento que vimos atrás, em que que a força na direcção do eixo é obtida à custa de um maior comprimento na direcção de rotação.

Mas então, qual o factor que determina o avanço ou recuo de um parafuso? A altura da espira. Quanto maior for o número de voltas dadas na cabeça do parafuso para que este anda um centímetro no seu movimento de avanço ou recuo, menor é a inclinação das espira (menor a altura entre secções da espira) e maior o ganho na força. A utilização de ferramentas adequadas pode ainda otimizar este ganho, como por exemplo com uma chave inglesa com um cabo longo, que funciona como uma alavanca. Podes-se desta maneira, aumentar o binário, ou torque.

Vimos atrás que o atrito tem consequências importantes no movimento de objectos num plano inclinado. Quanto maior a inclinação do plano, mais facilmente é vencida a força de atrito. Vimos também que o atrito depende da superfície de contacto dos objectos e do plano, e que para além de ser impossível remover na totalidade as forças de atrito elas são muitas vezes necessárias e imprescindíveis ao movimento.

Também num parafuso toma-se importante avaliar o papel que o atrito desempenha, e para tal convém analisar a função específica para que foi desenhado. Em determinadas situações, utilizam-se os parafusos de forma a tirar partido da força de atrito para mantê-los fixos e estáveis. Quando se aparafusa uma chapa metálica por exemplo, o atrito entre os dois metais é reduzido (parafuso e chapa) e neste caso utilizam-se espiras pouco inclinadas ou com reduzida altura entre secções para fixar o parafuso na chapa.



A escada em espiral, um tipo especial de parafuso



Parafusos para madeira e para metal. No primeiro e segundo caso, o parafuso vai desbastando o seu próprio caminho e no terceiro, o movimento é feito através de roscas percursos já com rosca.

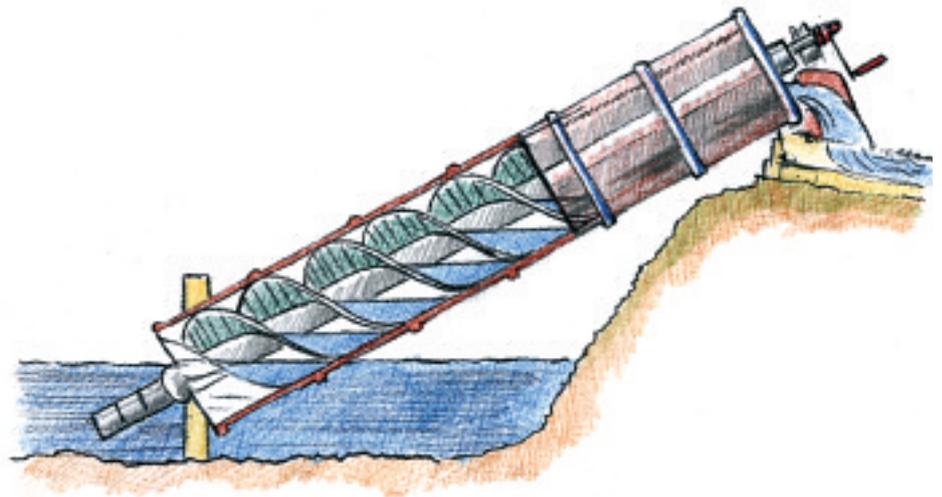


A inclinação das pás associada à alta velocidade de rotação dá ao helicóptero a sua sustentação no ar.

Se por outro lado se pretende aparafusar em placas de madeira, como o atrito entre o metal do parafuso e a madeira é maior, poder-se-á utilizar parafusos com uma maior altura entre secções da espira. Os parafusos utilizados para a madeira apresentam normalmente um número menor de secções do que os utilizados para o metal.

As brocas são também um tipo de parafusos em que o atrito é desejável. A ponta de uma broca é constituída por lâminas de corte muito rígidas e resistentes de forma a poder cortar metais ou madeira eficientemente e para tal, o atrito é essencial. Este tipo de forças de atrito em espiras tipo parafuso é utilizado em inúmeros objectos que utilizamos diariamente como nos tornos e nas lâmpadas.

Existem também outras aplicações de peças espirais tipo parafuso em que o atrito é algo indesejável e deve ser minimizado. É o caso das hélices dos navios e dos aviões. Pretende-se neste caso que o seu movimento de rotação através da água ou ar tenha o menor atrito possível imprimindo movimento na direcção do eixo. O atrito é minimizado utilizando velocidades de rotação muito elevadas. As hélices dos helicópteros conseguem também a elevação do veículo através deste princípio.



O modelo de parafuso para extracção de água de Arquimedes. À medida que é feita a rotação da espira, a água vai sendo empurrada para cima até sair.

Física no mundo real

O inventor do parafuso

O matemático e físico grego Arquimedes (287-212 A.C) construiu e desenvolveu um protótipo de parafuso destinado à extracção de água. Arquimedes também descobriu as roldanas e as porcas, ambas baseadas nos conceitos do plano inclinado.



Alavanca de dois braços iguais - a Roda do carro

As rodas existem já neste mundo há pelo menos 6000 anos, desde o fim da Idade do Neolítico. Os arqueólogos encontraram evidências da roda em escavações efectuadas entre os rios Eufrates e Tigre no que se pensava ser vestígios da antiga civilização dos Sumérios. Nestas escavações encontraram representações de veículos movidos com rodas. Seguramente que as rodas já tinham sido descobertas antes. Inicialmente devem ter sido feitas em madeira, recorrendo a secções de troncos de árvores. Um disco só pode ser considerado uma roda quando pode rodar livremente em torno de um eixo. As mós utilizadas para esmagar cereais e outros alimentos são também rodas.

As cargas eram transportadas na época Neolítica com o auxílio de troncos de árvores. Este método tornava-se um pouco complicado para transportes de longa distância, uma vez que à medida que os troncos rodavam por baixo da carga era necessário recolocar os últimos troncos na dianteira sucessivamente.

Este método no entanto é ainda hoje utilizado para o transporte de cargas muito pesadas em distâncias relativamente curtas. A utilização destes rolos cilíndricos é muito semelhante à utilização de rodas, pelo menos no que diz respeito ao atrito, como vais poder constatar na próxima experiência. O papel dos rolos cilíndricos vai ser desempenhado por dois pares de rodas fixos por um eixo e desacoplados da estrutura (carga).



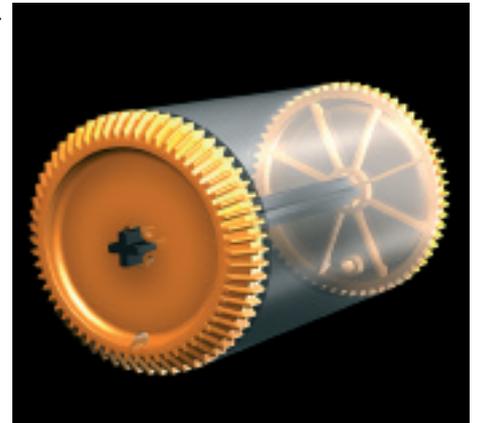
A roda tem já 6000 anos de existência: desde as primeiras fabricadas em madeira até às actuais rodas sofisticadas dos automóveis.

19 Rodas versus rolos



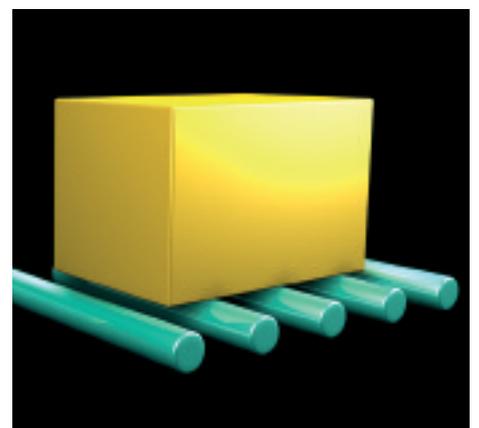
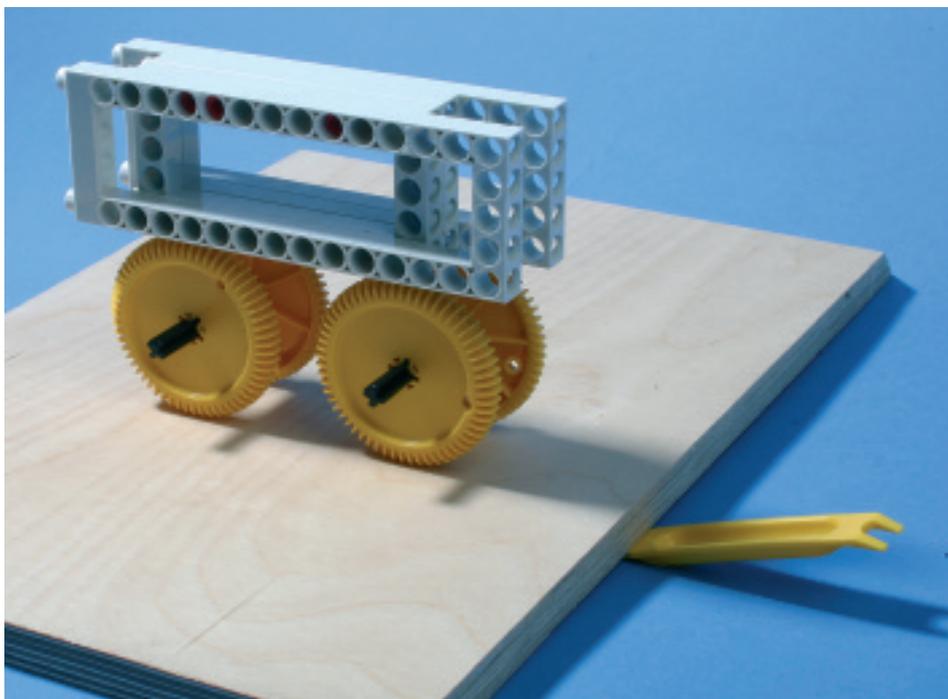
1º passo: Coloca as **rodas** nos **eixos** de forma a que se possam mover tal como os rolos de que falámos, por baixo da estrutura do teu carro. Coloca as rodas assim montadas e o chassis do carro sobre uma placa de madeira e coloca uma extremidade da ferramenta de remoção de **peças** debaixo da placa, como ilustrado na fotografia. Empurra devagar para baixo a outra extremidade da **ferramenta de remoção e peças** e observa o que acontece: o corpo começa a mover-se devido ao movimento de rotação das rodas.

2º passo: Desmonta as rodas e volta a colocá-las na estrutura do carro de acordo com as instruções da página 36. Neste caso as rodas ficam acopladas do chassis do carro. Repete o procedimento de empurrar a ferramenta de remoção de peças depois de colocado o carro sobre a placa de madeira e observa a diferença em relação ao passo anterior.

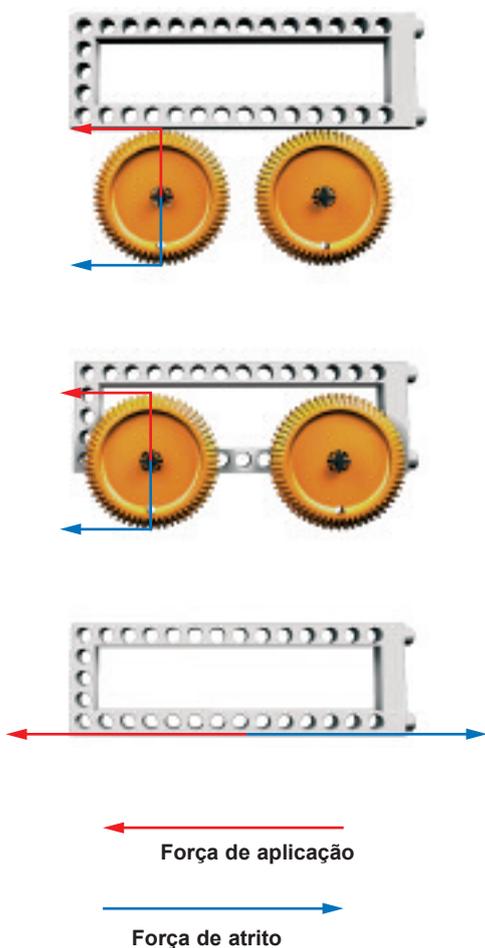


Transporte sobre rolos.

Podes ver que em ambas as situações o objecto começa a mover-se devido à rotação das rodas ou rolos, e repara que a inclinação do plano inclinado é igual nos dois casos. O atrito estático entre as rodas e a superfície é igual nas duas situações de transporte de carga. Se quiseres, também podes comparar o atrito dinâmico nos dois casos.

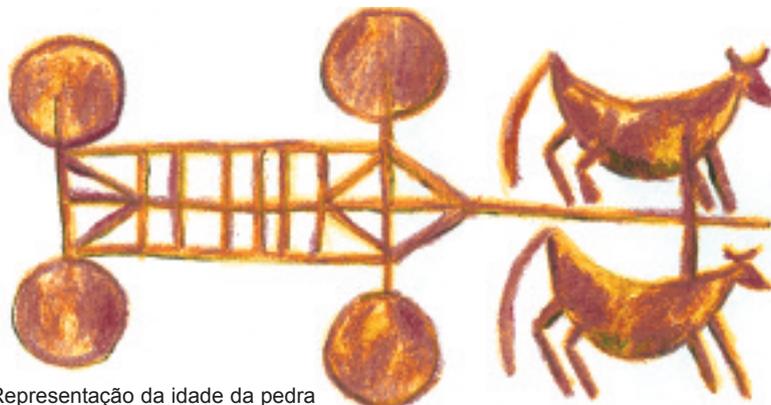


O par de rodas que rodam simultaneamente e ligadas uma à outra, funciona como o movimento de um rolo ou tronco de madeira. A força de atrito não depende da área da superfície de contacto.



As rodas e os rolos podem ambos ser vistos como uma alavanca de dois braços igualmente afastados do eixo de rotação. O atrito no transporte de cargas recorrendo a este tipo de montagens é bastante inferior ao atrito experimentado quando as cargas são simplesmente puxadas, estando directamente em contacto com o chão.

Claro que quando as rodas estão acopladas à estrutura, facilitam bastante o transporte. o carro fica apoiado em apenas 4 pontos, uma vez que as rodas estão unidas por eixos o que em relação aos rolos é mais uma vantagem. Com a utilização das rodas, o problemas das longas distâncias foi superado, com a construção de veículos puxados a animais e com possibilidade de armazenar grandes volumes de carga



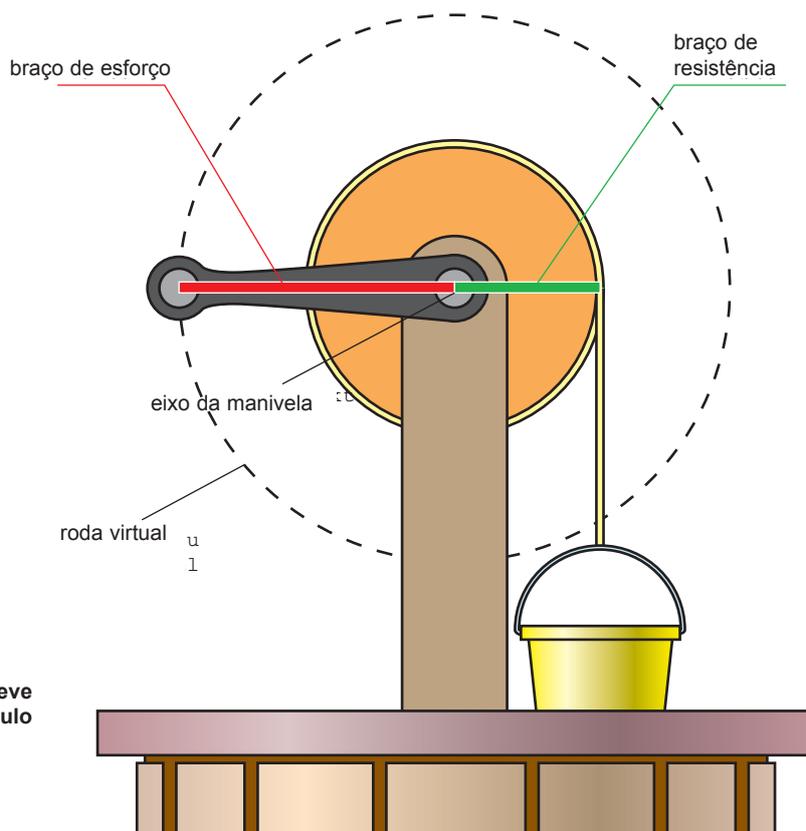
Representação da idade da pedra de uma carruagem movida a bois

No transporte de cargas em carros com rodas não se altera nem a intensidade nem a direcção da força aplicada, ao contrário do que acontece nas as roldanas ou nas alavancas de 1 braço ou de 2 braços de tamanhos diferentes.

Também podemos ver muitas semelhanças às rodas em objectos como as manivelas. Apesar de não se ver uma roda física, o movimento de rotação um braço em torno de um eixo fixo possui as mesmas propriedades. Vês este tipo de manivelas nos poços de água, em que a manivela é utilizada para fazer descer ou subir um balde. Neste caso, a manivela constitui uma alavanca de 2 braços, em que a distância do ponto de aplicação da força (braço de esforço) até ao ponto pivot é geralmente superior ao braço de resistência. No esquema seguinte ilustra-se esta situação. Se o braço de esforço tiver um comprimento duas vezes superior ao braço de resistência, cosegues poupar alguma força, ou seja precisas apenas de aplicar uma força equivalente a metade do peso do balde com água.



Máquina utilizada na construção de estradas que utiliza rolos para alisar o alcatrão.



A manivela descreve um círculo



Engrenagens

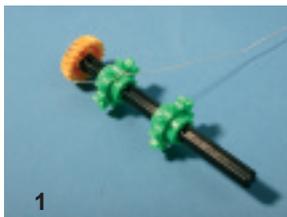
As forças podem ser transferidas de uma roda para outra e desta maneira podem ser ampliadas ou reduzidas. As engrenagens são combinações de rodas que são unidas através de correias ou correntes metálicas nas suas periferias. As correias são responsáveis pela transmissão de movimento de uma roda para as restantes. Podem se considerar diferentes tipo de rodas e diferentes tipos de engrenagens dependendo da transferência que se pretende.

Quando se combinam rodas de diferentes tamanhos, os binários produzidos em cada roda são diferentes devido ao diferente tamanho do braço de esforço. Nos exemplos que se ilustram à direita, a transferência de força através de combinações de rodas com corrente (1), com corda (2), ou de rodas dentadas(3) produz um torque superior na roda maior.

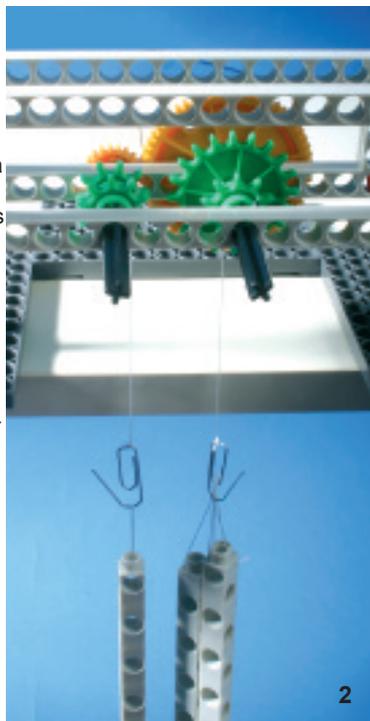
Transmissão de força

Para executar este ateliêr vais precisar de alguns clips de papel e um pouco de fio. Não utilizes o cordel fornecido no kit pois vais precisar de cortar alguns pedaços e não o poderás reutilizar nas experiências posteriores. Podes a usar fio dental ou linha de coser.

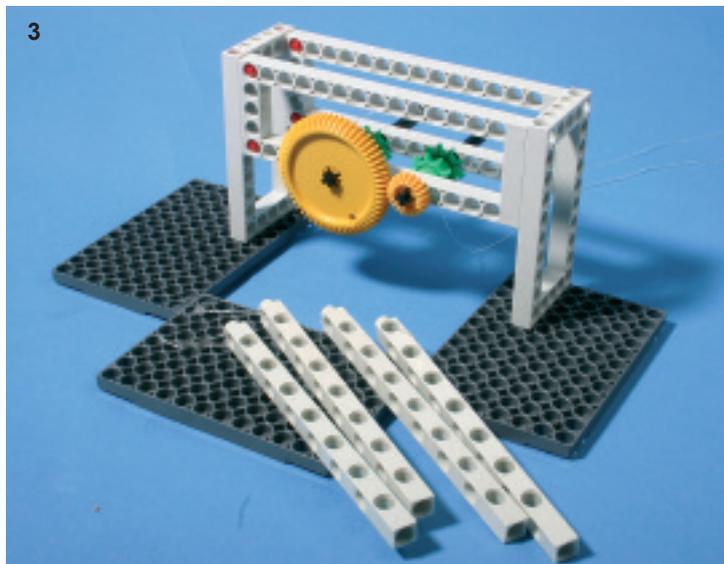
Cada eixo está ligado a duas rodas motoras para além da roda dentada para garantir alguma estabilidade (Fig. 1). Quando estas duas rodas motoras se juntam vão funcionar como carroto para a linha. Repara que os dois eixos longos estão distanciados por 4 buracos nas molduras (Fig. 2). Esta é a distância adequada para o encaixe correcto das rodas dentadas (Fig. 2). Leva a estrutura montada para uma extremidade da mesa e poisa um livro pesado sobre as bases de sustentação para fixá-las bem na mesa.



1



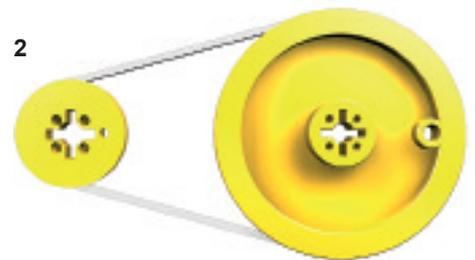
2



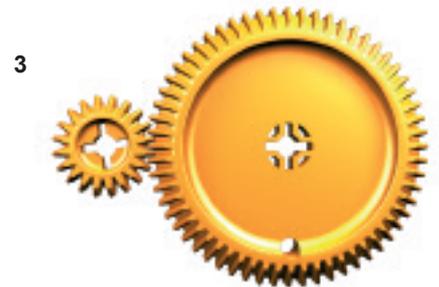
3



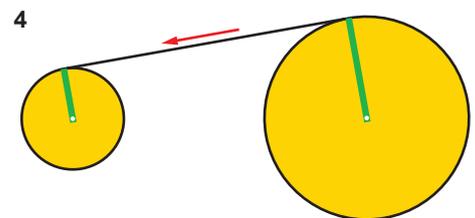
1



2



3



4

Transmissão de forças com rodas:

- 1ª figura - Transmissão de força com rodas motoras e corrente
- 2ª figura - Transmissão de força através de uma correia e roldanas
- 3ª figura - Transmissão de forças com rodas dentadas
- 4ª figura - A força actua sobre alavancas de diferentes comprimentos

20 Equilíbrio na transmissão de energia



Suspende uma vara na linha do lado esquerdo da montagem, e outra no lado direito. O que acontece? Apesar de terem o mesmo peso, a vara do lado esquerdo começa a descer puxando a vara do lado direito para cima. Pendura agora outra vara no lado direito. Repara que acontece mesma coisa, com um movimento mais lento. Suspende agora uma terceira vara no lado direito. Esta montagem parece estar em equilíbrio, sem movimento das varas. De facto, mesmo se abanares um pouco a estrutura verificas que os dois lados estão equilibrados.

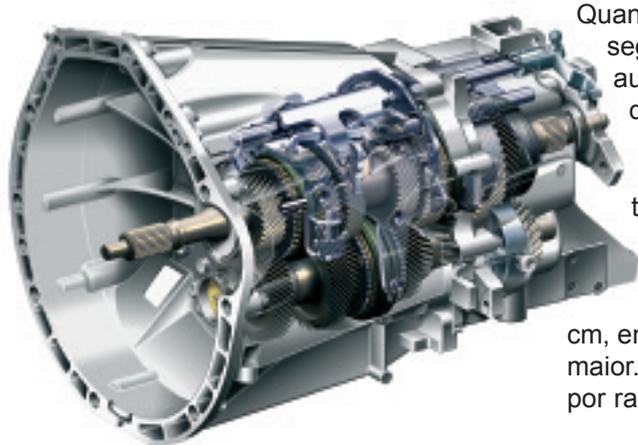
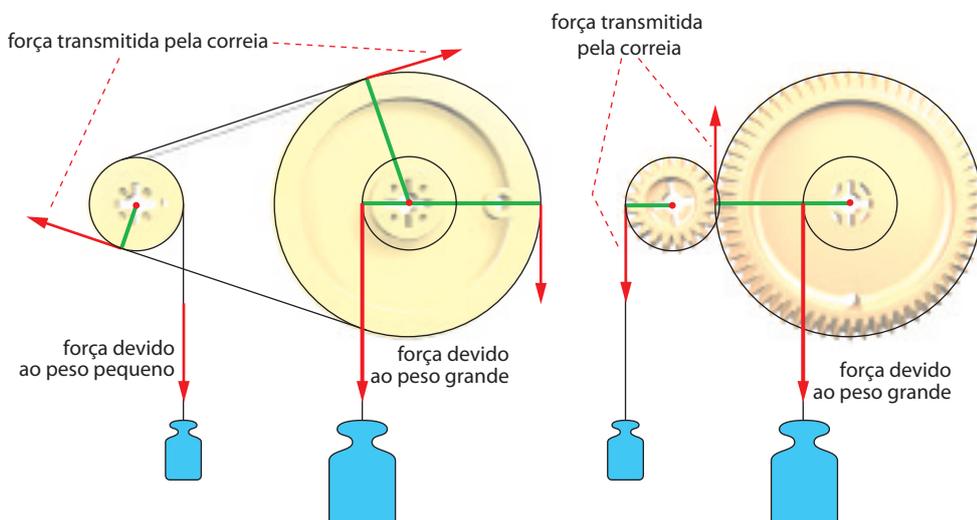
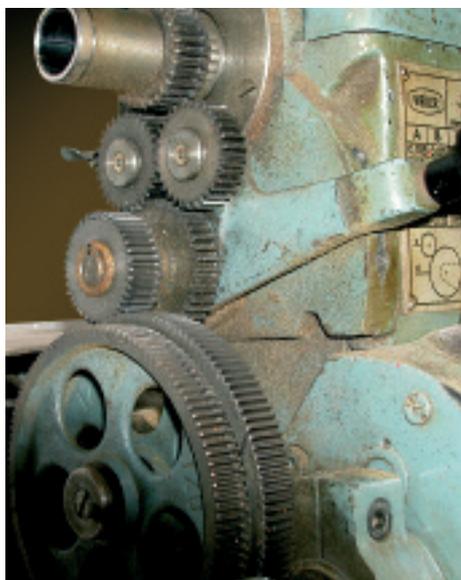


Imagem de uma caixa de velocidades de um carro

Quando as forças são transmitidas através de rodas e engrenagens a seguinte regra é aplicada: o ganho em força é conseguido à custa de um aumento de distância. Nesta experiência, as duas rodas estão engrenadas uma à outra através dos seus dentes, pelo que um ponto na periferia da roda mais pequena percorre a mesma distância que um ponto na periferia da segunda roda, ou seja têm a mesma velocidade linear ou tangencial. No entanto, uma vez que uma é mais pequena, para percorrer a mesma distância, a mais pequena terá que rodar mais vezes. Tem deste modo, uma maior velocidade de rotação. Se a roda mais pequena tem um diâmetro de 1 cm, e a roda maior um diâmetro de 3 cm, então a mais pequena terá que rodar 3 voltas por cada volta individual da maior. Esta razão entre a velocidade de rotação das duas rodas é designada por razão de transmissão e neste caso seria de 3:1

A roda dentada mais pequena tem 20 dentes, e estando engrenada na roda maior (com 60 dentes) completa 3 voltas completas por cada volta completa da maior. Como os carretes formados pelas rodas motoras são iguais, o que está acoplado à roda dentada mais pequena acaba por enrolar 3 vezes mais fio do que o que está ligado na roda dentada maior. O diferente tamanho das rodas resulta em braços de esforço também diferentes, pelo que a transmissão da força nas duas rodas dentadas é diferente. O equilíbrio entre as forças é atingido apenas quando o peso suspenso na roda grande é 3 vezes superior ao peso suspenso na roda pequena. Podes ver um esquema desta situação no diagrama em cima. Este exemplo permite ilustrar a vantagem das engrenagens, mostrando como uma carga de peso inferior consegue puxar cargas mais pesadas. A combinação de várias rodas dentadas é utilizada em várias máquinas como nos motores dos automóveis, nas gruas etc. A aplicação de uma força relativamente pequena é transferida e ampliada.

O eixo de transmissão dos automóveis rodam a velocidades muito elevadas chegando a atingir as 10 000 rotações por minuto. Para transmitir a potência do motor ao eixo utilizam-se engrenagens na caixa de velocidades que permitem abranger uma gama ampla de velocidades.



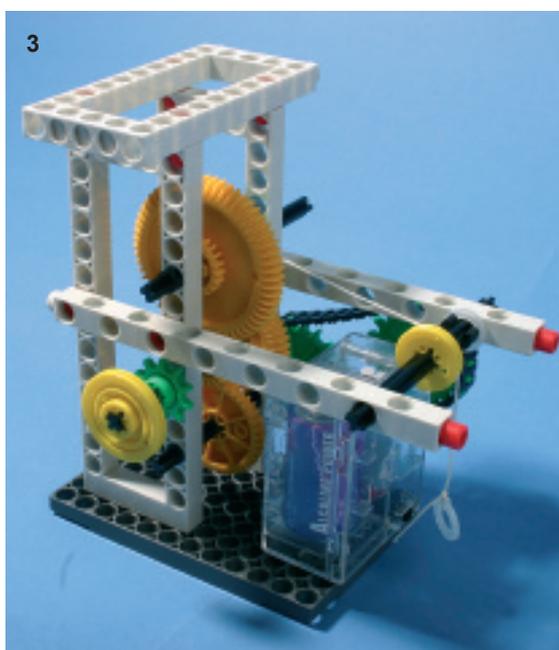
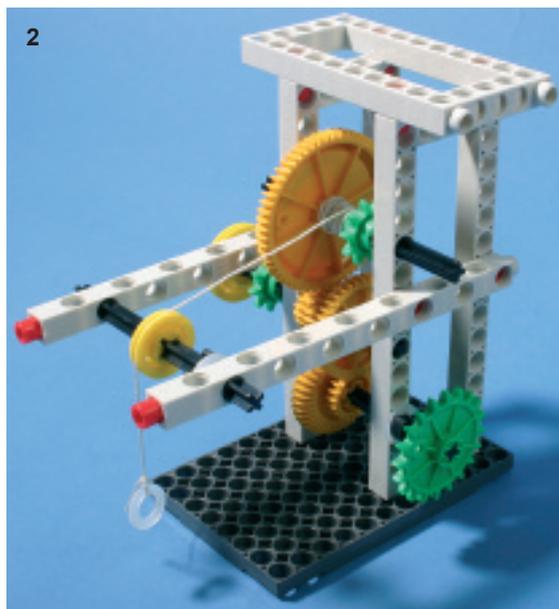
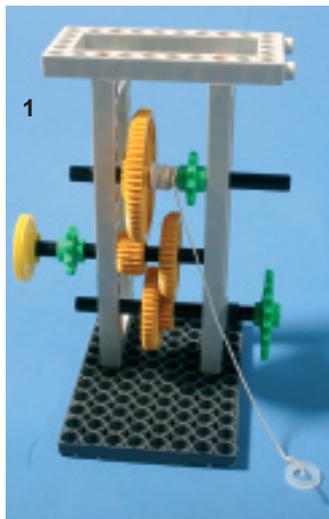
Pormenor de um sistema de engrenagens

Uma grua com duas mudanças

Para efectuares algumas medidas vais precisar ainda do dinamómetro que mede forças de 0 a 7,5 N (vê a página 16). Monta a grua como se apresenta nas ilustrações. Guia o cordel através do buraco do eixo existente na roda dentada grande e dá um nó para prender o cordel. Testa esta engrenagem rodando o eixo da roda dentada inferior (figura 1). O cordel deverá ficar enrolado no eixo da roda dentada grande, a que está no topo da estrutura, entre a roda motora pequena e a roda dentada grande (figura 1). Coloca depois duas varas longas e uma roldana pequena em frente desta estrutura (figura 2). Por fim, a caixa do motor deverá ficar montada à frente com uma roda motora pequena e uma corrente de plástico com alguma folga. (figuras 3 e 4).

Para a experiência 21, fixa o dinamómetro sobre a mesa a uma certa distância da grua (figura 4). Verifica que o dinamómetro está

centrado e de que se move livremente. Tenta não inclinar a vara onde está colocado o dinamómetro enquanto medes a força. Guia o cordel através da roldana e liga a extremidade ao dinamómetro.



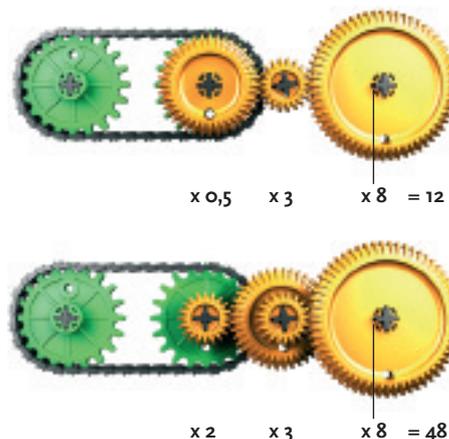
4

21 Caixa de Velocidades



Antes de registar os valores no dinamómetro verifica que a engrenagem roda facilmente, rodando para a frente e para trás o volante axial (roldana pequena lateral) até sentires que as rodas dentadas e motoras estão bem encaixadas umas nas outras e rodam simultaneamente. Liga o motor enrolando o cordel e desliga-o novamente. Liga a extremidade do cordel ao gancho do dinamómetro como ilustrado na figura 4 e volta a ligar o motor. Assim que o motor termine de exercer força, lê o valor indicado no dinamómetro. Repete a experiência mas ajustando agora o movimento à roda inferior e observa a diferença.

Como deves ter constatado consegues obter movimentos com diferentes velocidade e forças. Observa o esquema à direita onde se esquematiza as diferentes combinações de rodas na engrenagem utilizada nos dois casos. No modo de alta velocidade, a engrenagem aumentou a força em 12 vezes, e na de baixa velocidade o aumento foi de 48 vezes. A leitura que efectuaste no dinamómetro é compatível com estes resultados?

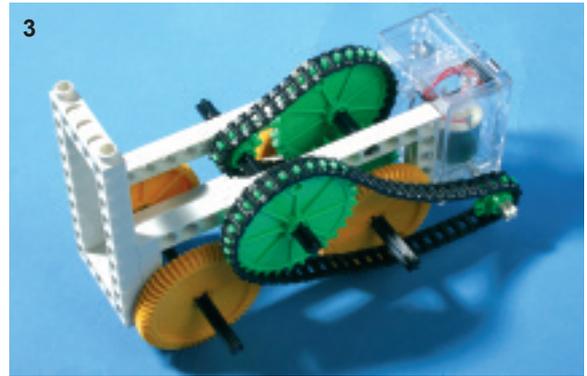
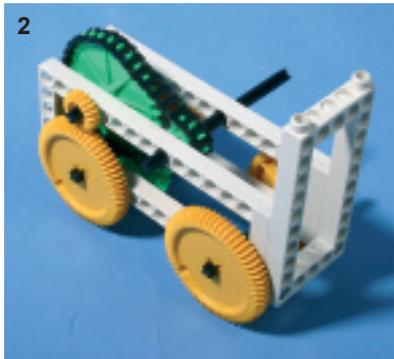
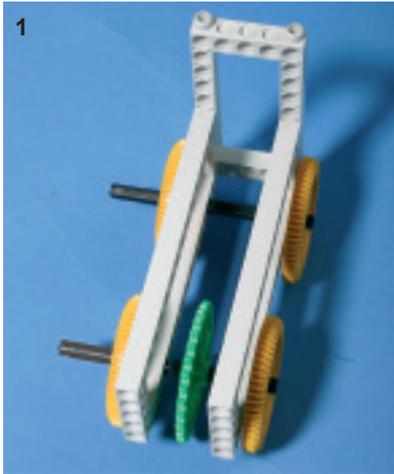


Aumento da força na caixa de velocidades. Em cima para maior velocidade e em baixo, a situação para uma velocidade mais lenta.

Um combóio monocarril

Vais precisar de uma tábua de madeira para servir de rampa. Monta o combóio como indicado nas figuras. Em primeiro lugar monta o chassis incluindo a roda motora grande colocada no eixo frontal no interior da montagem. Depois insere outro eixo com a roda motora pequena encaixada sobre a grande e coloca uma corrente de plástico para criar a engrenagem de transmissão (figura 2). Por fim, insere o motor, a roda dentada pequena e a corrente na engrenagem de fora (figura 3).

Estica a corrente que sobre sobre a tábua de madeira. O teu combóio tem peso suficiente para permitir que a roda motora dianteira (a grande) encaixe também na corrente e permita deste modo guiar o comboio através da tábua. Podes inclinar a tábua para criar um declive acentuado e observar o monocarril a subir. Para facilitar o movimento podes colocar ainda algumas tiras de madeira de 3 cm de largura e 1 mm de espessura, com 40 cm de comprimento, ao longo da tábua, na zona onde as rodas apoiam o solo.



Física no mundo real

Um trepador muito útil

Comboio de montanha.



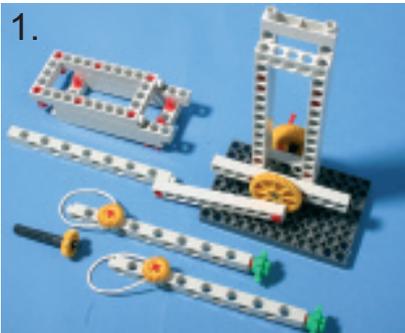
Escalada passo a passo

Os veículos que para se movimentar precisam de aplicar muita força, são veículos normalmente lentos pois a potência do motor tem que ser multiplicada algumas vezes através de engranagens. Os comboios de montanha que percorrem áreas muito inclinadas são veículos deste tipo. Uma locomotiva de montanha possui sempre rodas motoras ou dentadas para encaixar em espaços próprios no terreno permitindo que não deslizem para trás. O seu movimento de subida faz-se passo por passo. O teu comboio consegue subir por superfícies inclinadas com um declive que pode chegar até 55 %.

O boneco saltitão comanda- do por manivela

Vais precisar de um pouco de papel neste ateliêr.

As rodas na base do boneco saltitão são montadas usando um eixo médio,

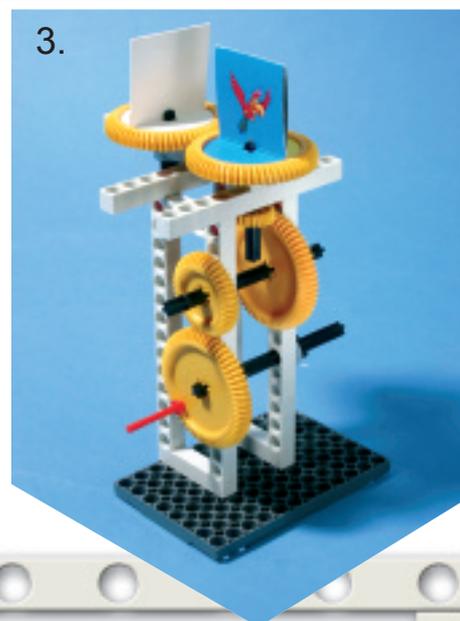


um pino tubular para servir de manivela, duas rodas dentadas médias e um pino de transmissão (figura 1). Assim que a base esteja montada, fixa uma vara curta à roda dentada média com um pino de transmissão, e na outra extremidade utiliza um pino de de junção para unir esta vara a uma vara longa (figura 1). O eixo vertical (que representa o pescoço do boneco) é inserido através do buraco da vara longa utilizando um papel enrolado que irá acomodar o eixo no buraco. esta vara vai servir para fazer actuar o boneco. Pendura os braços do boneco utilizando dois elásticos de borracha (figura 2).



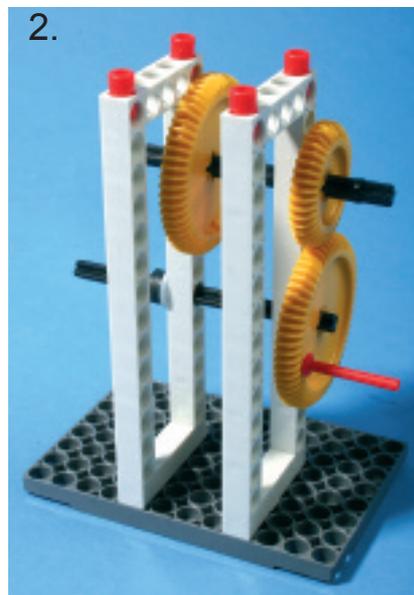
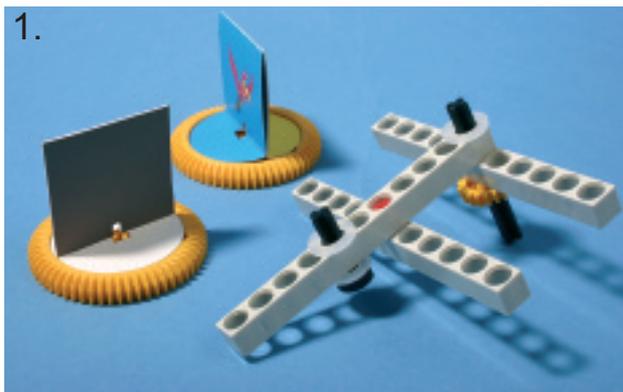
Quando o tempo também conta

Um engenheiro que constroi sistemas de transmissão nem sempre está interessado em alterar a intensidade das forças. Por vezes o objectivo principal consiste em abrandar ou acelerar o movimento. muitos efeitos ópticos dependem também de movimentos que estão acelerados a tal ponto que as nossas referências visuais são alteradas. com a utilização de rodas a rodar a elevadas velocidades por exemplo é possível criar a sensação de côr e também produzir filmes animados através de imagens estáticas como acontece na televisão. o olho humano por exemplo, só consegue distinguir perto de 5 imagens diferentes por segundo. se as imagens aparecem a um ritmo superior a este, começam a misturar-se e perdemos a noção de que são imagens individuais. numa câmara de vídeo, registam-se normalmente 25 a 30 imagens por segundo e este mesmo número é utilizado nas imagens que vemos na televisão. O painel comandado por manivela que vamos construir no próximo ateliêr contém apenas duas imagens diferentes. Quando começares a dar à manivela, vais ver que estas duas imagens misturam-se. Assim terás a percepção de uma única imagem.



Cinematógrafo controlado por manivela

Na folha de destacáveis e recortes vais encontrar um painel branco e um painel contendo um pássaro e uma jaula. estes dois painéis deverão ser dobrados e fixos nas ranhuras interiores das rodas dentadas grandes. Coloca os painéis de forma a que fiquem perpendicularmente um em relação ao outro. A roda dentada pequena que está localizada por baixo do painel que contém a figura do pássaro e da jaula deverá ficar engrenada perpendicularmente com a outra roda dentada grande (que está vertical, na figura 3). Se quiseres também podes desenhar os teus próprios desenhos para ver o efeito final. Para isto só tens que dobrar ao contrário o painel, e desenhar na parte detrás. Se os painéis começarem a soltar-se devido ao rápido movimento podes fixá-los com um pouco de cola.





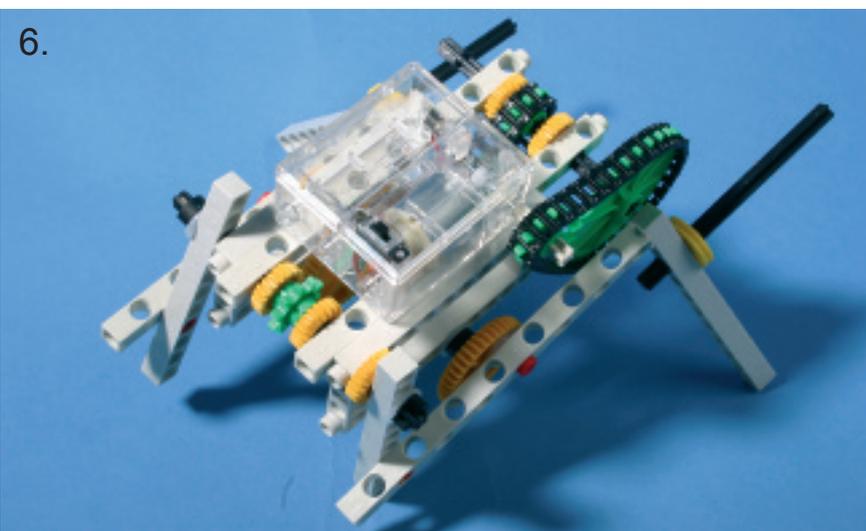
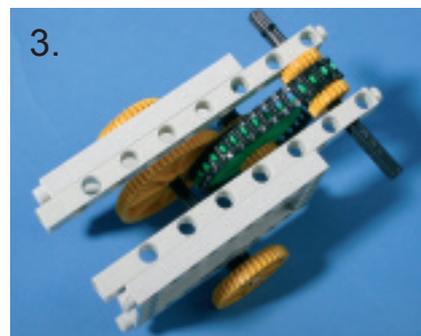
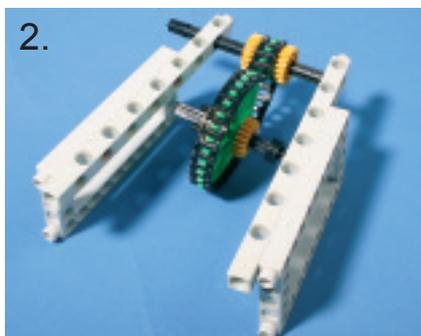
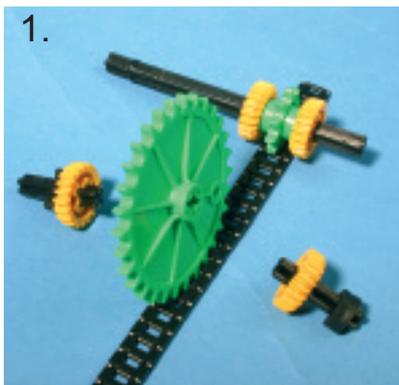
Coloca o teu cinematógrafo perto de uma janela ou debaixo de um candeeiro para que fique bem iluminado por cima. Deves utilizar um fundo escuro, o que podes fazer fechando a luz do quarto mas deixando o candeeiro ligado, ou usando uma cartolina preta por detrás da montagem. Roda lentamente a manivela e depois aos poucos, começa a aumentar a velocidade de rotação. As linhas e as cores das duas figuras vão começar a misturar-se aos poucos. Retira agora a cartolina preta (ou liga a luz do quarto) e repete a experiência. O que observaste? Nesta última situação, a imagem está mais clara mas menos nítida, não é assim? A velocidade com que o painel roda é tão grande, que os nossos olhos dão-nos informação de que existe apenas uma imagem, a de um pássaro colocado dentro de uma gaiola.

Até aqui já falámos de diferentes tipos de transmissão de energia e efectuámos muitas montagens mecânicas. Talvez já te sintas suficientemente confiante para montares agora o Robot de Marte, que transmite energia e movimento de diversas maneiras: através de rodas dentadas, através de manivelas e com alavancas. Este robot anda para a frente e para trás em superfícies rugosas e em superfícies planas, tal como as aranhas. Quando o movimento das pernas começa a falhar as lagartas das rodas entram em acção, como nos tanques de guerra.

Um Robot de Marte

Para este ateliêr vais ainda precisar de alguns lenços de papel e fio ou corda. Segue as instruções de montagem ilustradas na figura. A roda motora grande e os dois eixos pequenos deverão ser montados no canto inferior da moldura pequena (figura 2). Nas figuras 3 e 4 podes observar que a roda dentada grande está em contacto com uma das das rodas dentadas pequenas no eixo dianteiro.

Para impedir que as rodas centrais deslizem, fixa-as com um pouco de papel em volta do eixo, fazendo uma ligação mais apertada (figuras 3 e 4). As pernas longas deverão ser ligadas às pernas traseiras (varas curtas) usando pinos de junção (figura 5). Por outro lado, estas pernas longas deverão ser fixas às rodas dentadas usando pinos de transmissão (figuras 5 e 6). Estes pinos de transmissão podem ser encaixados nos orifícios centrais das rodas dentadas com um pedaço de fio. presta atenção a montagem destas rodas.: quando o pino num dos lados está orientado para cima, o do outro lado deverá estar para baixo (figura 6). também poderás colocar um pouco de papel na ligação das pernas curtas (pernas dianteiras) para fixá-las melhor. podes alterar o movimento do teu robot, mudando a inclinação das pernas dianteiras. As correntes de borracha que constituem a lagarta deverão ficar um pouco largas.



Trabalho e Forças

Na experiência 21, que efectuámos com a grua, pudeste observar como a força que puxava o cordel pôde ser transformada utilizando engrenagens. Com a engrenagem menor conseguimos uma força de 6 N, perto de 4 vezes superior à força obtida com a engrenagem maior que era de 1,5 N. Estas são as forças que o motor pode produzir para essa montagem, considerando que as pilhas estavam totalmente carregadas.

Numa grua real o motor deverá não só produzir determinada força como conseguir levantar uma determinada carga sem a deixar cair. Nesta situação poderá sustentar e levantar pesos de 4 N ou 1,0 N ou seja corpos com 0,4 kg ou 0,1 kg nos dois casos.

O que é o trabalho?

Vamos imaginar que a grua deverá levantar uma carga de 0,1 kg até uma altura de meio metro (0,5 m) nas duas engrenagens. Em ambos os casos o trabalho efectuado é o mesmo, ou seja, elevar um peso desde o chão até uma altura de 0,5 m. Se utilizares a engrenagem maior, consegues realizar este trabalho mais rapidamente, mas ambas as situações resolvem o problema de elevar a carga.

Como podemos então medir o trabalho? O trabalho realizado pela grua consistiu em elevar um peso de 0,1 kg a uma altura de 0,5. Um físico responderia a esta questão dizendo que sempre que uma força é responsável por deslocar um objecto de uma determinada distância, então efectua trabalho com respeito a esse objecto. O trabalho é por conseguinte uma grandeza que é igual ao produto da força pela distância que o corpo se move:

$$\text{Trabalho} = \text{Força} \times \text{Distância}$$

Em termos das unidades, o trabalho é descrito por Nxm ou newton x metros, que também se pode escrever Nm. Uma unidade equivalente a esta é o joule: 1 joule (J) = 1 newton metro (Nm).

Como podes constatar para realizar trabalho não é suficiente que exista força, mas para além da força, esta tem de provocar a deslocação do objecto enquanto é aplicada. Por exemplo se segurares uma garrafa de água com o teu braço estendido durante alguns minutos, não realizas trabalho nenhum, pois a garrafa manteve-se na mesma posição apesar de estares a aplicar força durante este período de tempo. Se por outro lado, elevas a garrafa desde o chão até à altura da tua cintura, executaste trabalho pois a garrafa percorreu uma determinada distância sujeita à força por ti aplicada.

A energia pode ser transformada em trabalho

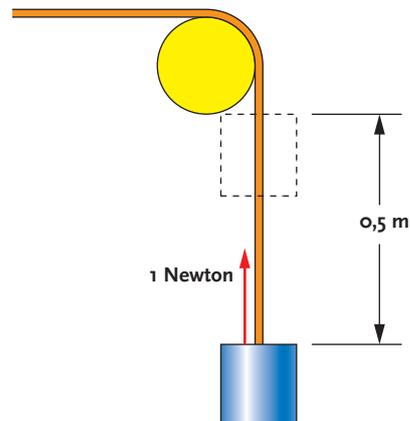
Imagina agora que tens uma garrafa em cima da mesa e a deslocas para o tampo de uma cadeira. Efectuaste trabalho mais uma vez. Assim que ela fica em repouso, o teu trabalho ficou armazenado sob a forma de energia. Esta energia poderá vir a ser convertida em trabalho novamente ou dito de outra forma:

A energia é a capacidade que um objecto tem de realizar trabalho

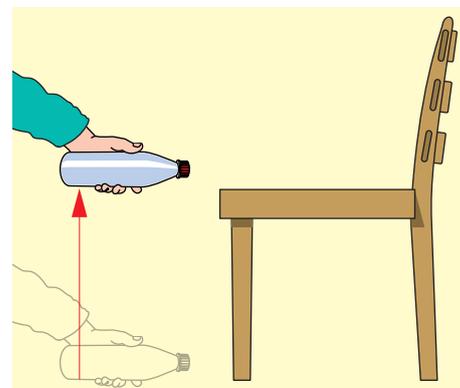
Tal como o trabalho, a energia é expressa em joules (J).

Para te demonstrar que a garrafa que está pousada no cimo da cadeira tem energia armazenada podemos pensar numa pequena experiência. Se construirmos um pequeno moinho e abriremos a garrafa, verificas que a água tende a sair da garrafa e produz movimento nas lâminas ou pás do moinho. A razão disto é que a garrafa em repouso contém energia potencial. Quando abres a garrafa, a água nela contida adquire energia cinética ao cair e transfere esta energia para o moinho.

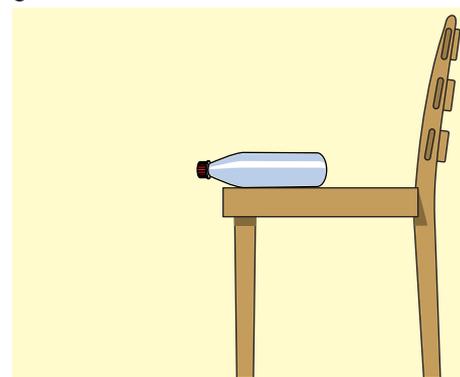
Este processo é ainda hoje utilizado em moinhos de água.



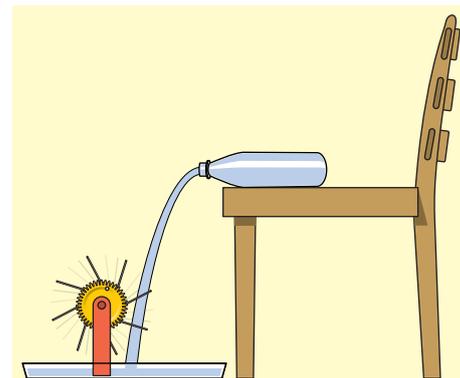
$$\text{Trabalho} = \text{Força} \times \text{Distância}$$



Quando elevas uma garrafa deslocando-a, realizas trabalho sobre a garrafa.



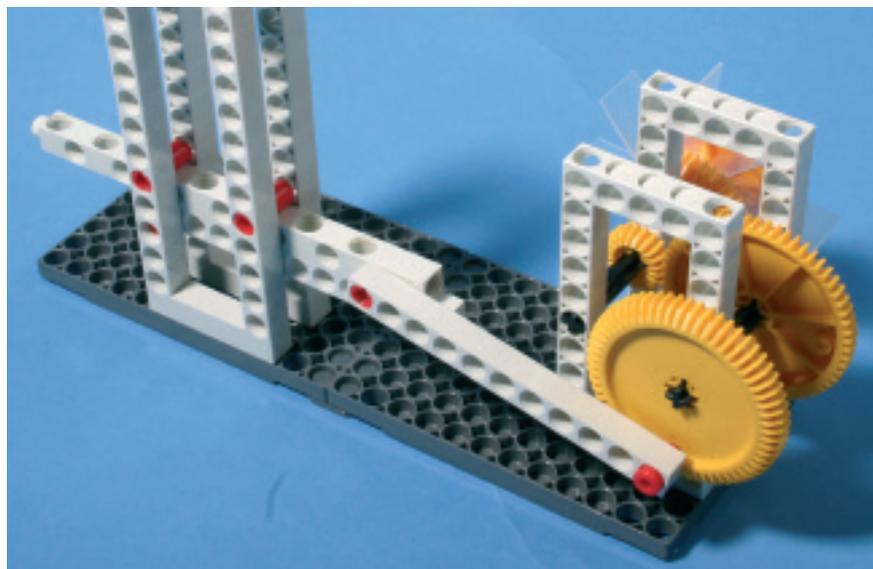
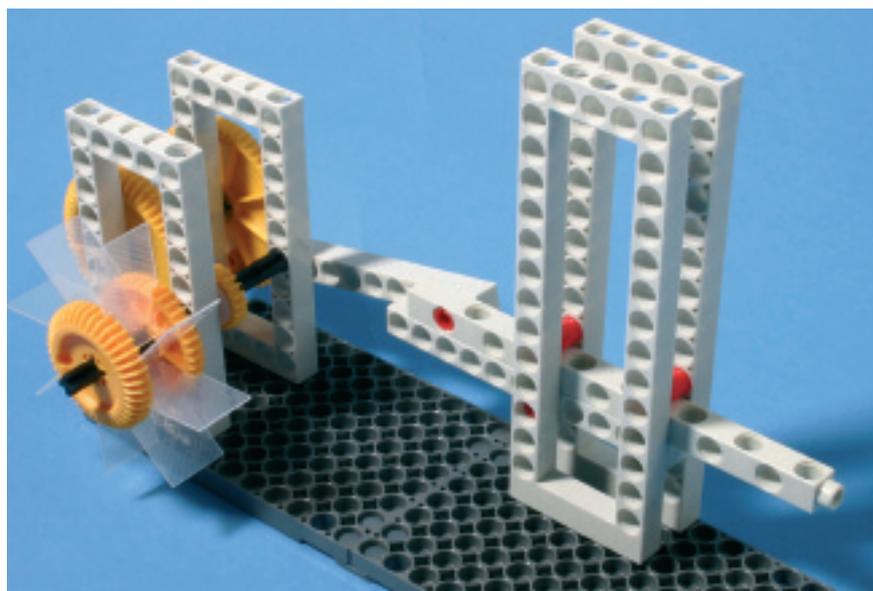
A garrafa na cadeira contém energia potencial



O fluxo de água contém energia cinética

Moinho de água

Insere as lâminas de plástico nos compartimentos interiores de uma das rodas dentadas e fixa-as encaixando outra roda dentada (figura em baixo). Monta a estrutura do moinho. Repara que a vara de transmissão, a que está ligada à roda dentada grande, está também ligada à vara móvel com um pino de junção. O movimento da roda dentada grande faz com que a vara móvel ande para a frente e para trás. Para tal foram também colocados dois pinos botão a ligar as molduras por cima da vara móvel, mantendo o seu movimento horizontal. A vara de transmissão está ligada à roda dentada com um pino de transmissão.



23 Energia na garrafa



Coloca o teu moinho num alguidar e enche uma garrafa com água. Despeja devagar a água da garrafa sobre o centro das lâminas do moinho, na vertical. Depois, eleva gradualmente a garrafa mantendo o mesmo fluxo de água a incidir sobre o moinho. Tenta atrasar o movimento da vara móvel fazendo um pouco de pressão com os dedos. O que observas?

À medida que elevas a garrafa o moinho começa a rodar cada vez com maior velocidade, pois a água que sai da garrafa atinge o moinho com maior velocidade também. Podes também constatar que a vara móvel executa um movimento também mais rápido, à medida que sobes a garrafa. Se colocas o dedo, podes verificar que a força exercida no teu dedo é também cada vez maior. Também podes tentar accionar este moinho no lavatório utilizando a água que sai da torneira e imaginar alguma forma de aplicar este movimento horizontal da vara.

A água deverá cair sobre as lâminas do moinho na vertical, como ilustrado

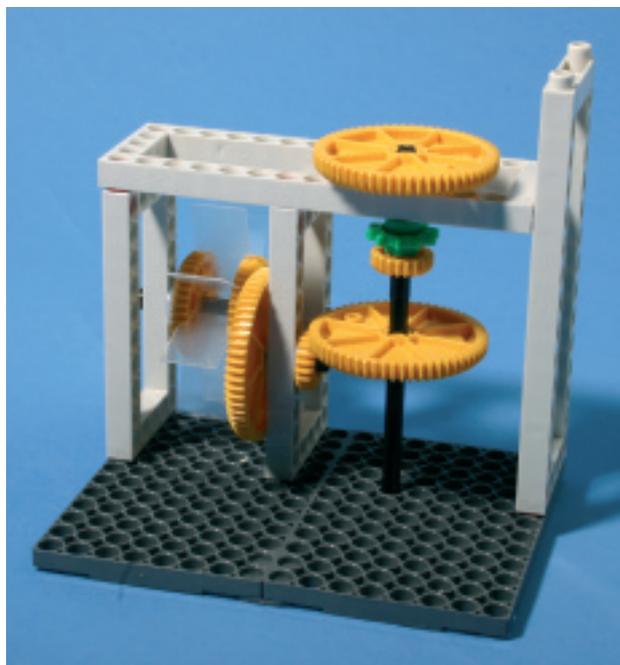
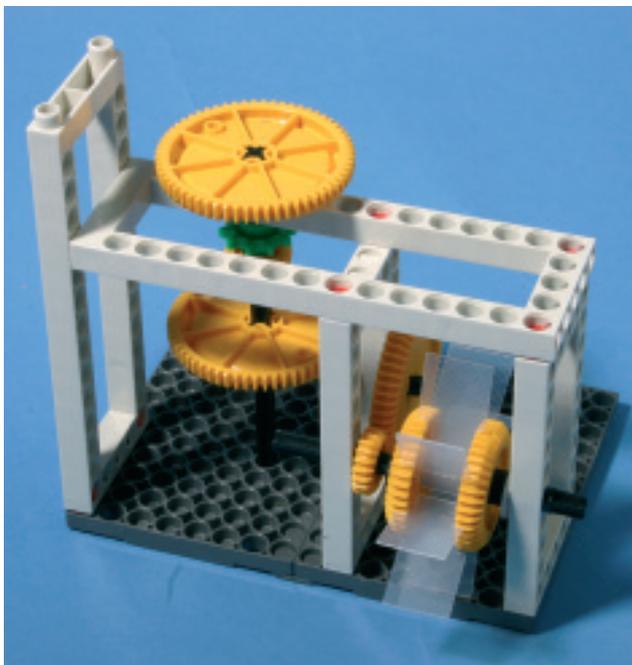


Moinho de água para olaria

Monta o moinho de água seguinte. O eixo vertical que suporta as duas rodas dentadas grandes e a roda motora pequena é constituído por um eixo longo e um eixo curto. A roda dentada que está no topo

utiliza um disco extra de suporte, tal como a roda dentada pequena no outro lado do eixo curto (entre o moinho de água e o moinho horizontal). Podes utilizar este moinho para fabricar alguns potes de barro ou massa de modelar. com este projecto podes perceber e observar os

princípios físicos da transmissão de força. Claro que para poupar água podes tentar alterar este moinho substituindo o moinho de água pelo teu motor a pilhas.

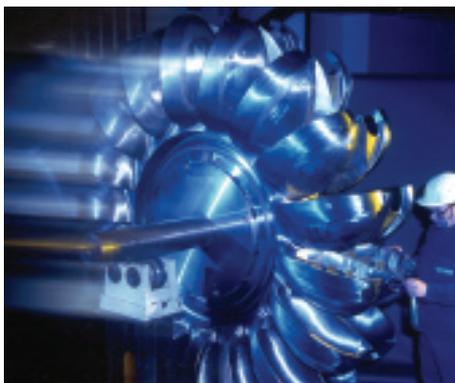


A energia transforma-se

Até agora já vimos que o trabalho realizado na elevação de uma garrafa fica armazenado sob a forma de energia na garrafa. A energia que foi armazenada devido a uma maior elevação é designada por energia potencial. Assim que a água começa a cair da garrafa, a energia potencial armazenada na água é transformada em energia cinética, que está relacionada com o movimento. Esta energia cinética foi depois responsável por executar trabalho no moinho de água. Claro que nem toda a energia foi convertida em trabalho, pois existem sempre perdas de energia na roda, e na estrutura, devidas ao atrito. A energia potencial e a energia cinética são duas formas da energia mecânica.



A água desce através das condutas, convertendo energia potencial em energia cinética



Esta turbina hídrica transforma energia cinética em energia mecânica accionando um gerador. O gerador por sua vez converte a energia mecânica em energia eléctrica.

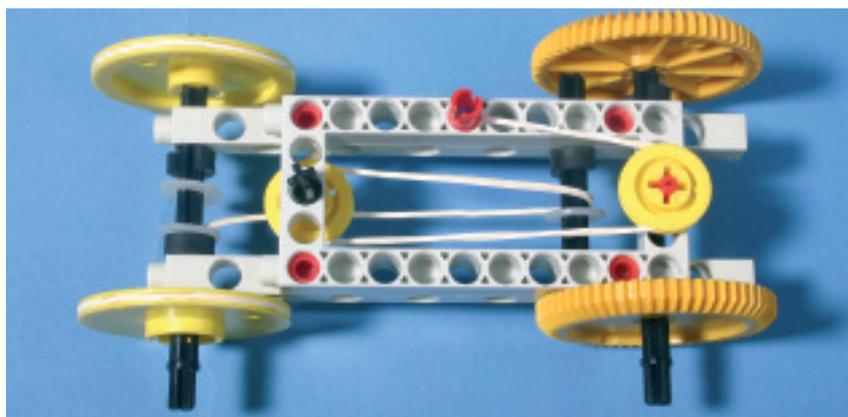
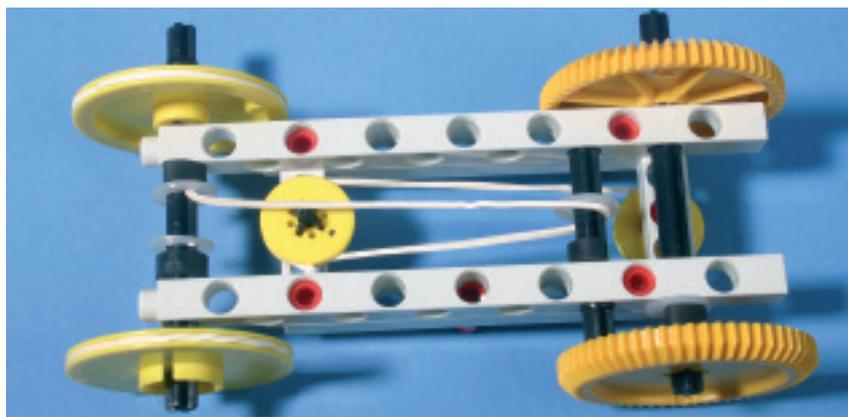


A maior central energética do mundo está localizada no rio Yangtze na China. prevê-se que entre em funcionamento em 2009 com uma potência de 18 200 megawatts (MW) ou 18 bilhões de watts (W). Esta energia será suficiente para fornecer energia eléctrica a cerca de 100 milhões de habitantes. A primeira fase de construção foi concluída em 2004 produzindo perto de 350 MW de energia que foi acrescentada à rede eléctrica chinesa. Para a sua construção foi necessário drenar e construir uma enorme barragem ao longo do rio denominada por Barragem das Três Gargantas, deslocando aldeias inteiras que hoje estão localizadas em novas povoações a uma altitude acima do nível da água.

Um carro movido com um elástico

Para construíres este carro deverás comprar um elástico de borracha mais grosso numa droguaria. Podes também utilizar um dos elásticos de borracha fornecidos mas terás de o cortar. Tenta assegurar que as rodas dianteiras (rodas dentadas) não toquem no eixo pequeno. As roldanas vão ter dois papéis neste carro: vão ser as rodas traseiras e serão também as rodas de tracção.

Para uma boa aderência fixa alguns pedaços de elástico na ranhura das roldanas, para que estas não escorreguem na superfície. Utiliza este carro numa superfície plana e com pouca rugosidade. Para colocar o motor em funcionamento, enrola o elástico rodando as rodas traseiras (roldanas) com a mão até sentires que o elástico está bem esticado. Larga o carro na superfície e observa o seu movimento.



Física no mundo real

A Estação Energética do corpo humano

O corpo humano requer uma temperatura de 37 °C. "Queimamos" os alimentos que consumimos para conseguir manter esta temperatura. Se a temperatura ambiente que nos rodeia é de 18 °, então emanamos para o exterior perto de 75 W de calor, equivalente à potência emanada por uma lâmpada doméstica. Quando começamos a arrefecer a tendência é executar alguns movimentos que ajudam a equilibrar a temperatura do nosso organismo. No fundo, somos uma espécie de bio-central energética. O nosso combustível resulta das gorduras e hidratos de carbono dos alimentos que consumimos, e que por sua vez depois de "queimados" libertam calor. Consumimos também oxigénio que depois de aproveitado é transformado em dióxido de carbono.

A energia cinética da água em queda (página anterior) é uma forma de energia mecânica e é convertida em trabalho mecânico. Também no ateliêr anterior, a energia acumulada no elástico, quando esticado, assume a forma de energia potencial elástica que também é uma forma de energia mecânica. O motor do teu carro, acumula energia potencial elástica e transforma-a em energia cinética. A energia ainda pode manifestar-se de outras maneiras: através de calor, energia química e electromagnética.

Formas de energia e transformação

Nas experiências anteriores vimos como transformar energia potencial em energia cinética, sendo duas formas de energia mecânica. Mas também temos outros tipos de energia, como a energia calorífica (calor), energia química ou energia electromagnética por exemplo. Não te esqueças que a energia é a capacidade geral de efectuar trabalho. Quando ligamos o motor com as pilhas, a energia química armazenada é convertida em energia electromagnética pelo motor e depois em energia cinética. Se tentares parar o motor colocando os dedos no eixo do motor, podes reparar que os teus dedos começam a aquecer: parte da energia cinética foi convertida em calor.

A energia mecânica no eixo em rotação do motor é convertida em calor devido ao atrito experimentado nos teus dedos. A energia pode transformar-se ou manifestar-se de 6 maneiras diferentes: energia química, eléctrica, electromagnética, mecânica, calor e nuclear. Sempre que existe transformação de energia de uma forma para outra, ocorrem perdas por calor ou vibração, que são também formas de energia. Como vês na natureza nada se perde, tudo se transforma.

Central Eólica

Na folha de recortes e destacáveis podes encontrar as pás e a cauda da turbina eólica. Na figura 2 mostram-se as várias engrenagens desta montagem. Para perceber melhor como são montados os eixos tem em conta o seguinte:

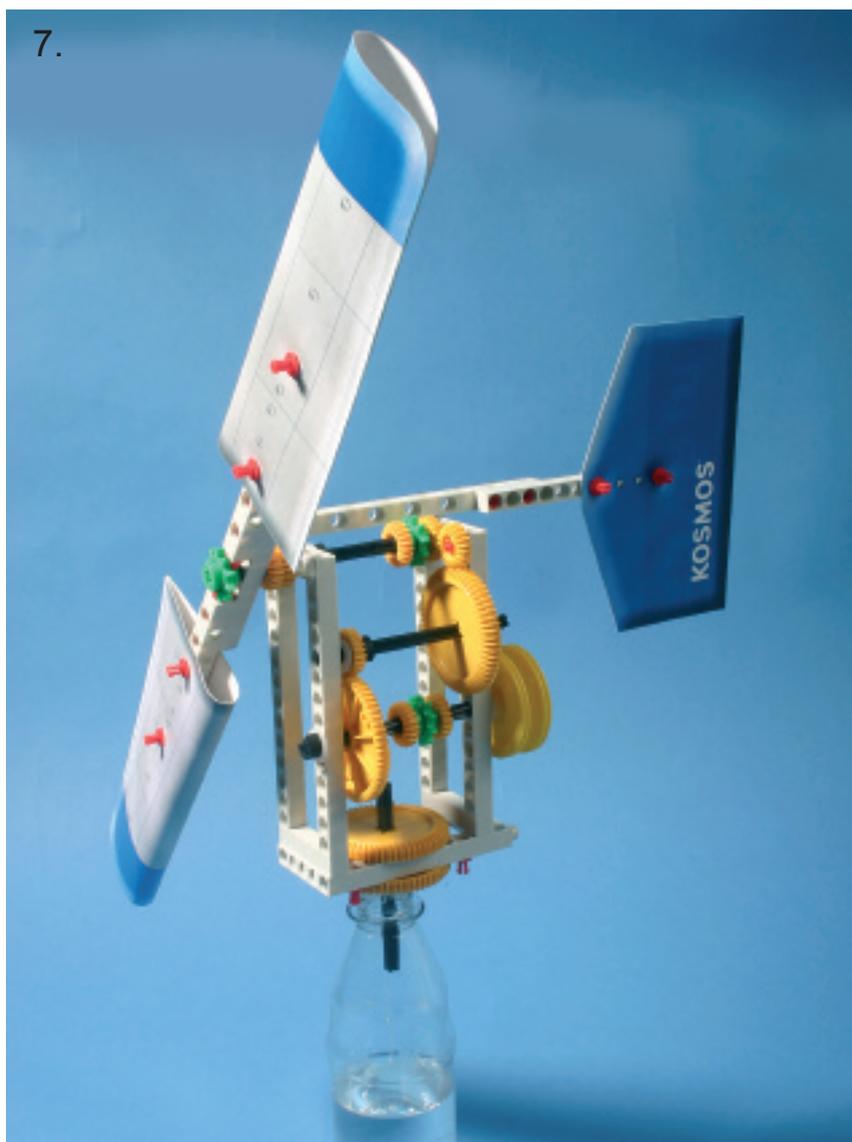
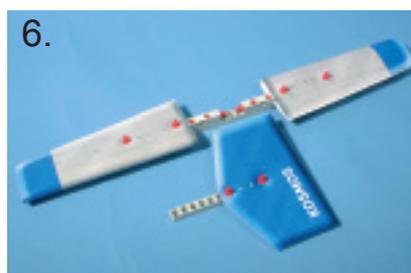
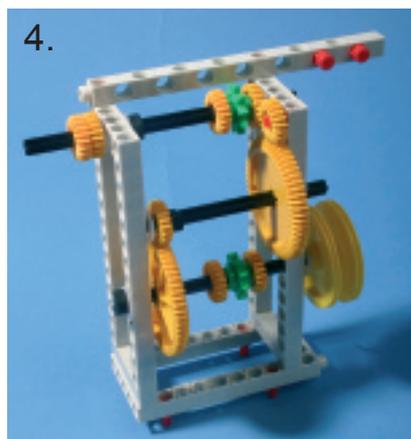
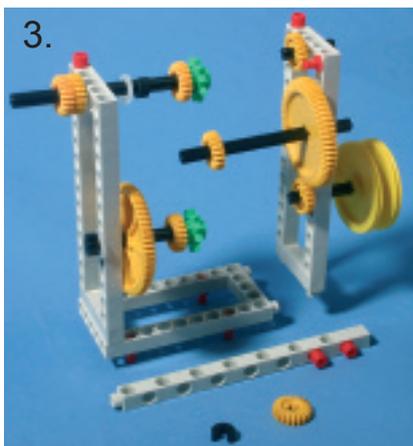
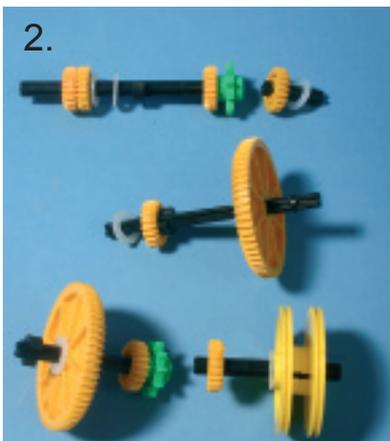
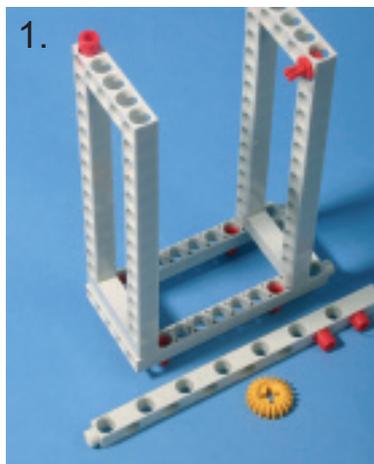
Eixo A - Une a extremidade do eixo longo que contém o anel à extremidade do eixo pequeno que não tem o anel preto.

Eixo B - A extremidade do eixo longo que contém o anel preto está no lado direito da fotografia.

Eixo C - Une a extremidade sem anel do eixo médio à extremidade que contém o anel preto do outro eixo médio.

Dobra as pás da turbina de forma a criar uma zona pontiaguda atrás e uma zona arredondada à frente das pás. Cola com cola na parte detrás das pás e utiliza dois pinos de transmissão para fixar as pás às varas longas (vé a figura 5). Depois de montadas as pás ficam um pouco distorcidas ficando os dois lados da pá menos inclinados nas pontas do que na zona mais próxima do eixo de rotação (figura 5).

Encaixa as duas pás na zona central do rotor (uma vara curta) com dois pinos botão. Para garantir a estabilidade e a sua fixação podes envolver o rotor com fita-cola (figura 6). A cauda também deverá ser envolvida com fita-cola quando for colocada na montagem (figura 7) para garantir que fica bem presa à estrutura. Se sentires alguma fragilidade na estrutura podes colocar mais fita-cola nas junções mais problemáticas.





Julius Robert von Mayer nasceu na Alemanha em 1814. Foi um cientista que dedicou grande parte dos seus estudos à relação entre calor e trabalho. A lei por ele formulada da conservação da energia tornou-se a base das ciências naturais actuais.

De tudo aquilo que já falámos sobre a energia resulta esta lei fundamental sobre a conservação da energia

A energia não pode ser criada nem destruída, pode apenas ser transformada

A quantidade total de energia é por conseguinte a soma de todas as formas de energia, que se transformaram ou que se perderam por atrito ou calor ou que se mantiveram. No início e no fim, a soma de toda a energia é igual. De acordo com o teorema de Robert Mayer, a lei que anteriormente enunciámos pode ser reescrita da seguinte maneira:

Num sistema fechado, a soma das diferentes formas de energia que se manifestam no sistema mantém-se constante.

Existem algumas máquinas que tudo o que fazem é converter a energia. Estas máquinas são designadas por máquinas energéticas e que permitem reutilizar a energia em trabalhos específicos. O motor de um carro é uma máquina energética de calor. Converte a pressão explosiva que resulta da combustão do gasóleo (energia química) em energia cinética, necessária para movimentar o carro. Um motor eléctrico transforma também energia electromagnética em energia cinética. Este tipo de motores ou máquinas energéticas, são utilizados nos eléctricos. Um dínamo ou gerador eléctrico por outro lado, converte energia mecânica em energia eléctrica.

Centrais eólicas

As centrais eólicas são também máquinas energéticas pois convertem a energia cinética do ar (vento), através de uma hélice ou rotor, em electricidade.

Na página anterior apresentámos-te algumas instruções para a construção de uma turbina eólica. Não possui nenhum gerador mas ainda assim podes efectuar algumas experiências interessantes. Este modelo converte a energia capturada do vento em energia de rotação das pás. Monta a turbina para poderes começar a fazer alguns testes.



Os geradores eólicos convertem a energia do vento em electricidade. Os geradores mais potentes conseguem gerar perto de 3 MW de potência.



24 O Primeiro teste da tua turbina eólica

Para fazeres esta experiência escolhe um dia que tenha algum vento mas não demasiado e encontra um lugar espaçoso onde possas enfiar a cana ou o tubo de metal que serve de mastro, no chão. Um jardim ou um parque são locais ideais (vê as figuras da página 50). Deves tentar estabilizar o mastro com alguma corda e estacas. O mastro deverá ficar vertical de modo a que a cauda fique estável e equilibrada com o corpo da estrutura e de forma a que esta possa rodar livremente. Insere o modelo da tua turbina no mastro bem seguro, e observa que a turbina começa logo a rodar e a estrutura orienta-se de imediato na direcção do vento. Quando quiseres parar o rotor, pega pela cauda e vira o modelo 90° de modo a que o vento acerte das pás de lado.

O que é a potência?

Nas experiências que temos vindo a efectuar não nos preocupámos muito com a questão do tempo decorrido em cada uma delas. Temos estado mais preocupados com a intensidade da força, a distância percorrida, o trabalho efectuado por uma força etc, mas não entramos em conta com o período de tempo durante o qual a força foi aplicada.

Se pensares que uma formiga consegue suportar o peso de uma folha, que é 50 vezes superior ao seu próprio peso, é algo de admirável, não achas? Também é impressionante pensar que uma formiga consegue percorrer uma distância de um metro em apenas meio minuto! É que nós nunca conseguiríamos suportar algo com um peso 50 vezes superior ao nosso (3000 kg!)

Para saber qual a potência que uma máquina tem, precisamos de entrar em conta com o factor tempo. Podemos também considerar a potência dispendida por um atleta. Se precisa de meia hora para percorrer 10 km em bicicleta é porque a potência que imprime aos pedais é seguramente maior do que no caso de um ciclista que dura 1 hora a percorrer a mesma distância. A potência é por conseguinte o trabalho efectuado num determinado período de tempo, ou dito de outra maneira:

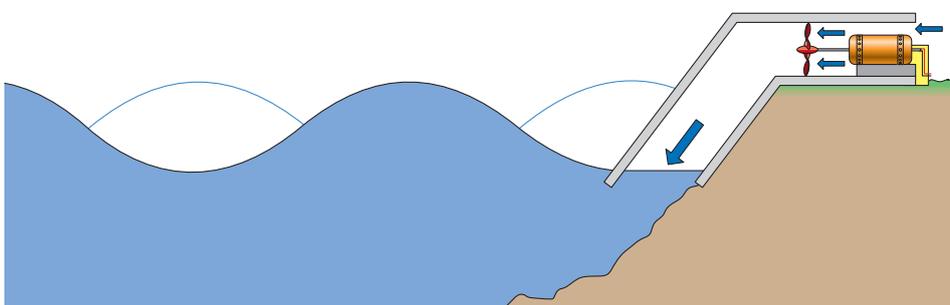
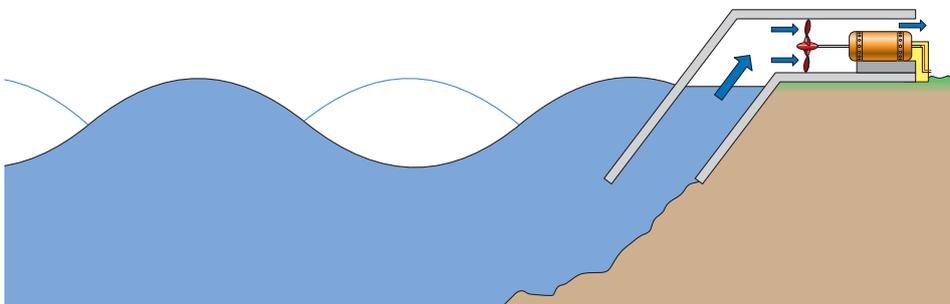
$$\text{Potência} = \text{Trabalho} / \text{Tempo}$$

A potência é expressa em joules/segundo que é equivalente ao watt ($1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$).

Para saber qual a potência do tua turbina eólica, volta a montar a turbina num local ventoso. Repara que a tua turbina tem também uma unidade de engrenagem reductora que converte a velocidade de rotação das pás da hélice em 1 nono, aumentando o torque. A velocidade do careto formado pelas duas roldanas é inferior à velocidade do eixo da turbina como podes verificar. Vamos utilizar esta menor velocidade para medir a potência da turbina fazendo suspender uma carga e medindo o tempo que a turbina leva a enrolar na totalidade o cordel que a segura.



No canal de Bristol em Inglaterra, são utilizadas turbinas que aproveitam a energia das correntes oceânicas. São utilizadas para produzir electricidade.

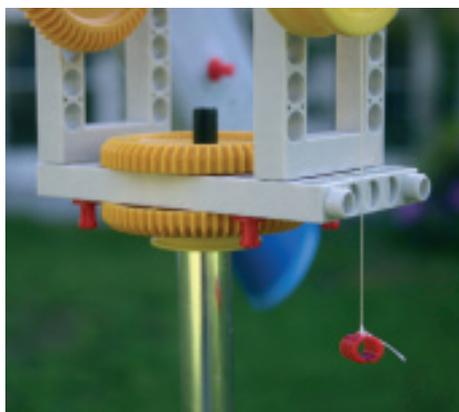


Também a energia dos oceanos é renovável e pode ser aproveitada para a produção de electricidade. Estas têm a vantagem de não libertar para a atmosfera gases tóxicos ou prejudiciais ao ambiente, ao contrário do que acontece nas centrais térmicas que produzem energia através da combustão de carvão ou gás. Este tipo de centrais que aproveitam as correntes oceânicas têm vindo a ser utilizadas na produção de energia eléctrica desde os anos 70.



Na ilha do Pico, nos Açores, a energia dos oceanos também é utilizada. Esta energia, neste caso, também é chamada de energia das ondas, uma vez que é devido à subida e à descida da água através de tubagens que acciona o movimento de rotação das turbinas. O ar contido nas tubagens é comprimido e faz rodar as turbinas produzindo electricidade.

25 Teste da potência da turbina eólica



Montagem da turbina sobre o mastro



Testar a força limite



Medindo a potência da turbina

1º Passo - Para além da turbina que já montaste, precisas novamente do dinamómetro (escala dos 0 aos 7,5 N), uma corda ou cordel com 3 m de comprimento e 1 mm de espessura e um pino de junção. Vais ainda precisar de uma garrafa de plástico cheia de água, uma régua e papel e lápis para registar as medidas que vais fazer. Podes usar um pau para servir de régua. Monta no jardim a tua turbina, tal como fizeste anteriormente. Ata uma extremidade do cordel no carreto formado pelas duas roldanas e dá 10 voltas de forma a enrolar parte do cordel deixando a outra extremidade a tocar no chão. Depois ata o pino de junção a esta extremidade suspensa e encaixa o gancho do dinamómetro no pino.

2º passo - Coloca o dinamómetro no chão. Deixa a turbina girar livremente enrolando o cordel no carreto e começando a puxar o dinamómetro. Quando estiver a meio da altura entre o chão e a turbina, puxa delicadamente o manípulo do dinamómetro até parar por completo o movimento de rotação da turbina. Quando estiver estabilizado e imobilizado, regista o valor que lês na escala do dinamómetro. Ficas assim a saber a força necessária para parar a turbina. Vamos chamar a esta força força limite.

3º passo - Desmonta o dinamómetro da turbina. Pega na garrafa de água e suspende-a no dinamómetro. Retira ou acrescenta água de forma a que a leitura no dinamómetro seja de 4/5 do valor da força limite que mediste no passo anterior (se mediste uma força limite de 2 N por exemplo, a tua garrafa deverá pesar perto de 1,6 N; multiplica por 0,8 o valor da força para saber qual o peso que pretendes). Com este peso a turbina consegue ainda rodar e elevar devagar a garrafa.

4º passo - desenrola o fio do carreto na totalidade e ata a extremidade no bocal da garrafa. Deixa a turbina começar a rodar. Quando o cordel está esticado e a rotação da turbina começa a elevar a garrafa começa a contar o tempo. Assim que a garrafa chegue ao fim do trajecto, ou seja quando atinge a estrutura, regista o tempo decorrido desde que começaste. Depois com a régua ou fita métrica mede a distância percorrida pela garrafa (deves voltar a colocá-la no chão de pé, e medir a distância desde o bocal até ao topo da estrutura no ponto onde registaste o último valor.

5º passo - Já tens agora todos os dados necessários para o cálculo da potência da tua turbina. Se por exemplo a tua garrafa pesava 1,6 N e percorreu 1 metro em 10 segundos, então a potência é de:

$$\frac{1,6 \times 1,0}{10} = 0,16 \text{ J/s} = 0,16 \text{ W}$$

Claro que esta potência depende da intensidade do vento nesse momento.

Momento e Impulso - movimento dos corpos

Seguramente já ouviste falar de impacto ou impulso. Quando um corpo vai de encontro a uma parede por exemplo. Quanto maior for a massa desse corpo maior é o impacto. Mas o que quer isto dizer? Quando atiramos uma bola contra a parede, a força que imprimimos à bola fica como que armazenada na bola. Assim que chega à parede transfere parte desta energia. Os físicos referem este estado que os corpos em movimento têm como quantidade de momento linear ou simplesmente momento linear. O momento está directamente relacionado com a velocidade do corpos, ou seja, quanto mais rápido é o corpo, maior é o seu momento linear. Por outro lado, o momento linear também depende da massa: se dois corpos estão à mesma velocidade mas têm massas diferentes então possuem momentos também diferentes. No fundo, quanto maior a quantidade de movimento linear de um corpo, maior é a força necessária para modificar a velocidade do movimento desse corpo.

A fórmula do momento linear é a seguinte:

$$\text{momento linear} = \text{massa (kg)} \times \text{velocidade (m/s)}$$

A unidade da grandeza momento é newton segundo (Ns)

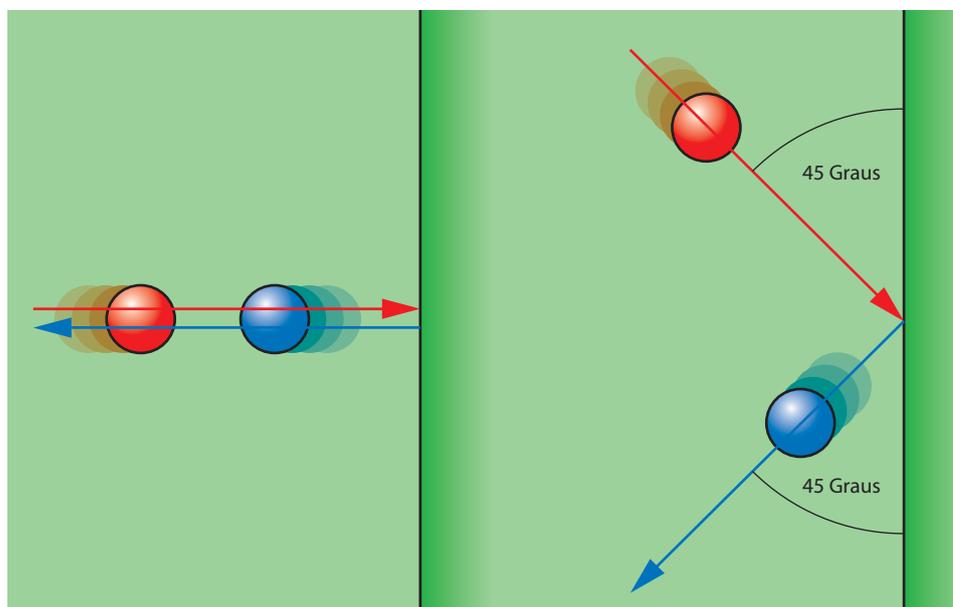
Se um corpo atinge outro corpo e pára, então a sua velocidade decai instantaneamente para zero.

Quanto menor for o tempo de travagem - e repara que pode ser algo com uma millionésima de segundo - maior será a força necessária para provocar essa variação de velocidade. E para onde é transferida essa energia? Se os corpos forem inelásticos, ou seja se não forem flexíveis ou elásticos, os corpos ficam deformados e comprimidos.

Quando dois carros embatem um no outro verifica-se que a chapa dos carros absorve o impacto ficando deformados.

Se os corpos são elásticos como é o caso de duas bolas que colidem uma com a outra, então poderão deformar-se momentaneamente mas tendem a afastar-se e a manter o movimento ainda que noutra direcção e com outra velocidade. Normalmente os corpos têm sempre algumas características elásticas e ressaltam. Neste tipo de colisões a velocidade final de cada bola depende das massas respectivas de cada bola e do tipo de movimento que possuem antes da colisão. Podes tentar imaginar esta situação considerando que fazes colidir uma bola de ping-pong com uma bola de bilhar: a primeira sendo bastante mais leve deverá sofrer uma mudança brusca de direcção e a segunda praticamente não alterará o seu movimento. A direcção do movimento é também um parâmetro importante nas colisões. Este efeito é bem visível num jogo de bilhar. Se atiras uma bola contra a parede numa direcção perpendicular à superfície, então é de esperar que a bola volte para trás depois da colisão na mesma direcção. Se por outro lado a bola incide a um determinado ângulo, ao incidir na parede fará um ressalto para o outro lado, fazendo um ângulo com a normal à superfície igual ao ângulo de incidência (vê a figura em baixo).

Vais poder agora construir um jogo que envolve colisões elásticas, do género do bilhar, de forma a seguir a trajectória das bolas após a colisão. Neste jogo tens tabelas fixas e umas tabelas móveis que te permitem analisar diferentes situações.



Bola bate na tabela perpendicularmente

Bola bate na tabela segundo um ângulo de 45°

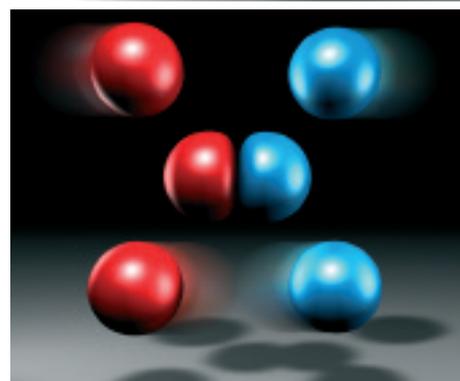
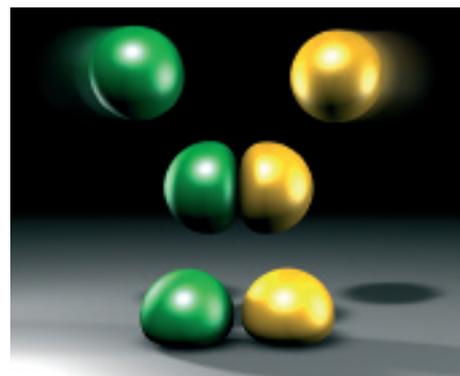
Física no mundo real

Lei da Conservação do Momento linear

Tal como para a energia, em que nada se cria nem destrói, o momento linear obedece a uma lei semelhante: num sistema isolado o momento linear total - ou seja a soma dos momentos individuais de cada corpo do sistema - mantém-se constante. Um sistema diz-se isolado se sobre ele não actuam forças exteriores.



Os destroços dos acidentes resultam de uma mudança brusca da quantidade de momento linear

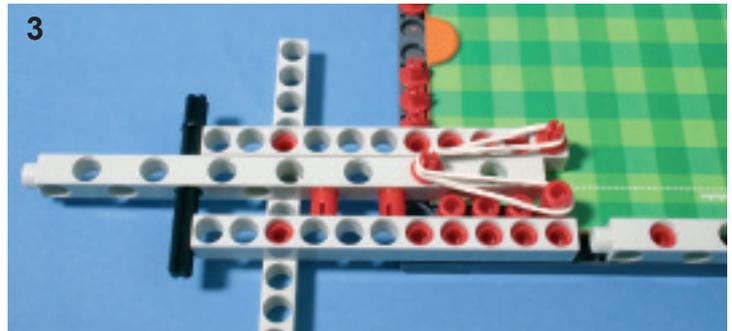
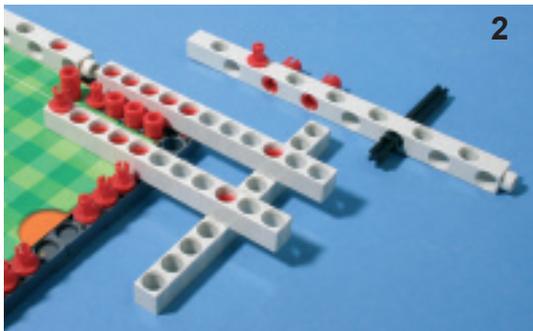
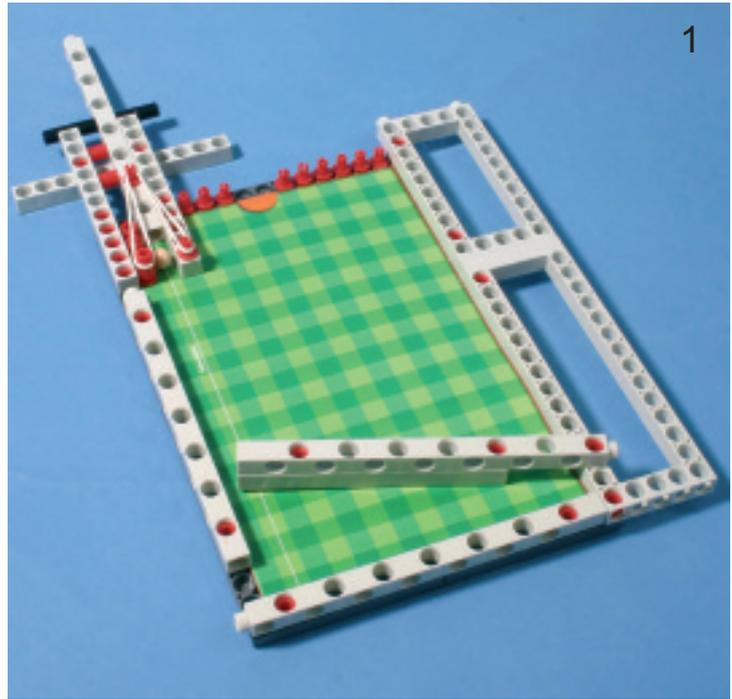


Colisões inelásticas (em cima) e elásticas (em baixo).

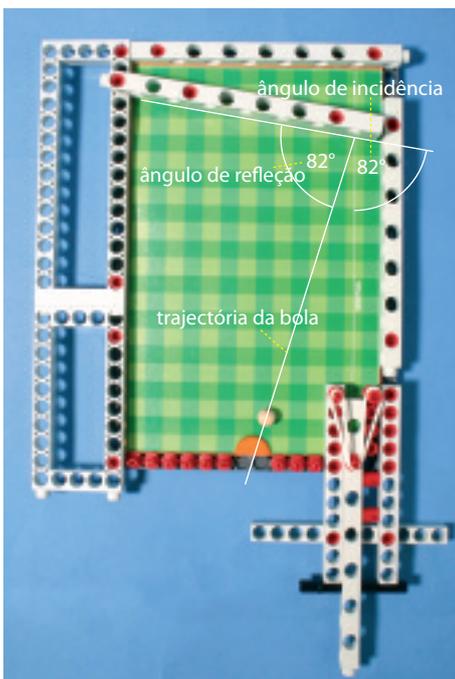
Jogo de Pinball

Vais precisar do campo quadriculado da folha de destacáveis que tens no kit.

A vara longa móvel vai ser utilizada para alterar a trajectória da bola. Utiliza os conectores de bases para fixar as bases de sustentação por baixo do campo quadriculado (Nota: podes também usar pinos de junção para fixar as bases). Depois de colocar o campo quadriculado por cima das bases, coloca as varas e molduras que vão delimitar o campo como se indica na figura 1. Fixa também o canhão de lançamento às bases de sustentação com um pino botão envolvido num pouco de lenço de papel para ficar mais firme a ligação. Deves utilizar o elástico de borracha pequeno no canhão de lançamento. Quando puxares para trás o canhão, não forces demasiado pois pode ficar preso. Coloca o eixo médio para servir de manípulo e para te ajudar no lançamento. Coloca uma bola no compartimento da parte da frente do canhão. Ajusta a posição da vara móvel e tenta encostá-la nas bordas do campo para que não escorregue. Depois, lança a bola.



26 A trajectória da bola



Nesta experiência vais precisar de um transferidor, para medir ângulos. Coloca sobre o campo uma folha de papel. Primeiro experimenta sem a vara móvel para observar a trajectória da bola quando esta incide perpendicularmente a uma superfície. A bola volta para trás depois da colisão com a parede do campo, voltando para a posição de onde saiu. Depois, coloca a vara móvel com o pino de junção e escolhe uma inclinação a teu gosto (empurra a vara para baixo para mantê-la segura). Desenha um traço no papel ao longo da vara para registar a superfície de embate. Dispara uma bola e faz uma marca sobre o papel na posição que a bola atinge no lado de lançamento, após ter colidido com a vara. Traça uma linha desde este ponto até ao ponto onde a bola atingiu a vara (este ponto é fácil de determinar: fazes uma linha recta desde o centro do canhão até à tua primeira linha que representa a superfície de colisão). Por fim, mede com o transferidor o ângulo de incidência (entre a trajectória inicial da bola e a vara móvel) e o ângulo de saída (entre a vara móvel e a trajectória final após colisão).

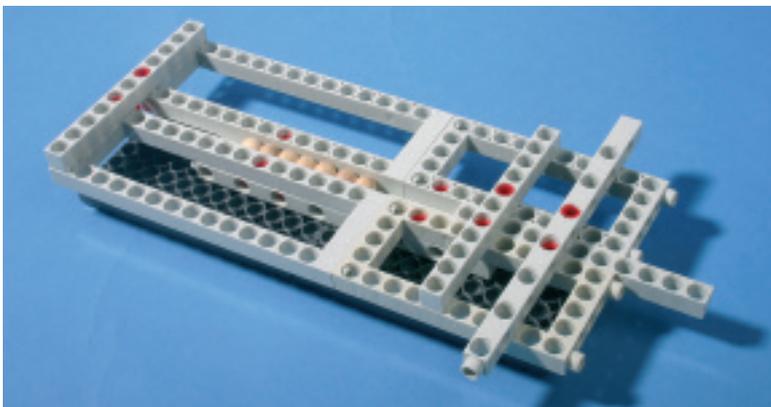
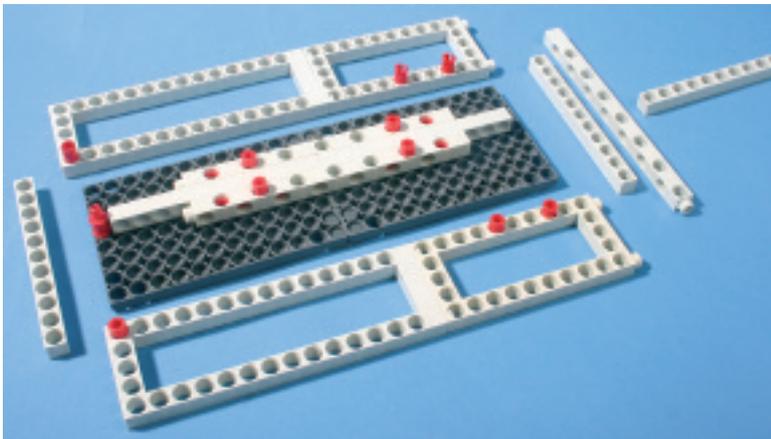
Repete a experiência mas alterando a inclinação da vara móvel, determinando diferentes trajectórias. O que têm em comum estas trajectórias? Se medires os ângulos, verificas que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de saída em todas as situações. Isto quer dizer que podes saber com antecedência a trajectória da bola antes de a lançares. Consegues prever qual deverá ser a inclinação da vara de modo a que a bola incida na baliza? Podes fazer o processo contrário: desenha a trajectória de saída que pretendes e determina qual deverá ser a inclinação. Experimenta. (Nota: se a vara móvel não ficar muito firme o ricochete poderá não ser o mais eficaz podendo levar a alguns desvios. Tenta fixar a vara contra as paredes laterais do campo)

Neste jogo observaste uma colisão elástica entre um copo em movimento e um que está parado (vara). Mas também podemos pensar numa situação em que um corpo em movimento atinge outro que também está em movimento. Após a colisão irá ocorrer transferência de momento de um para o outro, e esta transferência depende das suas velocidades e das suas massas.

Um corredor de bolas de bowling

Segue as instruções do corredor que te propomos. Coloca

depois 7 bolas de madeira no meio da zona de lançamento, verifica que as bolas tocam umas nas outras. Utiliza uma oitava bola para disparar (experiência 27).



Podes jogar com os teus amigos aproveitando o modelo do jogo de Pinball (pág. 52) que construiste. Podes fazer as tuas próprias regras ou então seguir estas que sugerimos: O objectivo deste jogo é acertar na baliza (espaço entre os pinos de transmissão colocados na superfície frontal junto ao canhão). Cada jogador pode escolher a inclinação da vara móvel e tem três tentativas para acertar. Podes ainda acrescentar mais uma vara móvel para complicar o jogo e tentar múltiplas tabelas. Se já estás familiarizado com as trajectórias das bolas poderás ter alguma vantagem sobre os teus amigos!

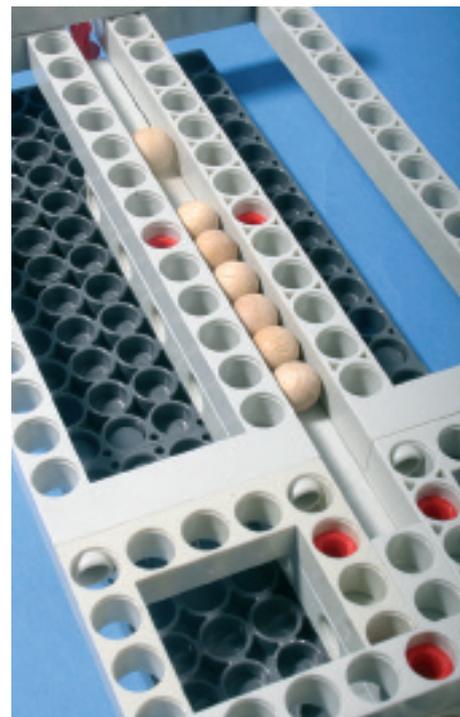
27 Propagação e transferência de momento



Puxa para trás a vara de lançamento. Coloca as sete bolas no centro do comprimento e insere a oitava bola em frente da vara de lançamento. Verifica antes de lançar a bola que as outras 7 estão em contacto umas com as outras de modo a que o impulso se propague correctamente. Com uma mão mantém segura a estrutura na mesa e com o dedo indicador da outra mão, empurra a vara. A bola disparada embate nas bolas centrais e observa que a última das sete bolas sai disparada, ficando as outras na mesma posição. A energia cinética da bola que foi lançada, ou o seu momento linear, foi transferido através da fileira de bolas até à última. Pode-se então dizer que o momento foi convertido em trabalho. Podes experimentar lançando simultaneamente duas ou três bolas. Podes assim verificar que dependendo do número de bolas que lanças, o momento delas é transferido para um número igual de bolas, adquirindo movimento.

O que estivemos a observar nesta experiência é a transferência de momento. As bolas que estão no centro vão sucessivamente transferindo momento para a que está ao lado até chegar à última bola, que recebendo o momento adquire velocidade.

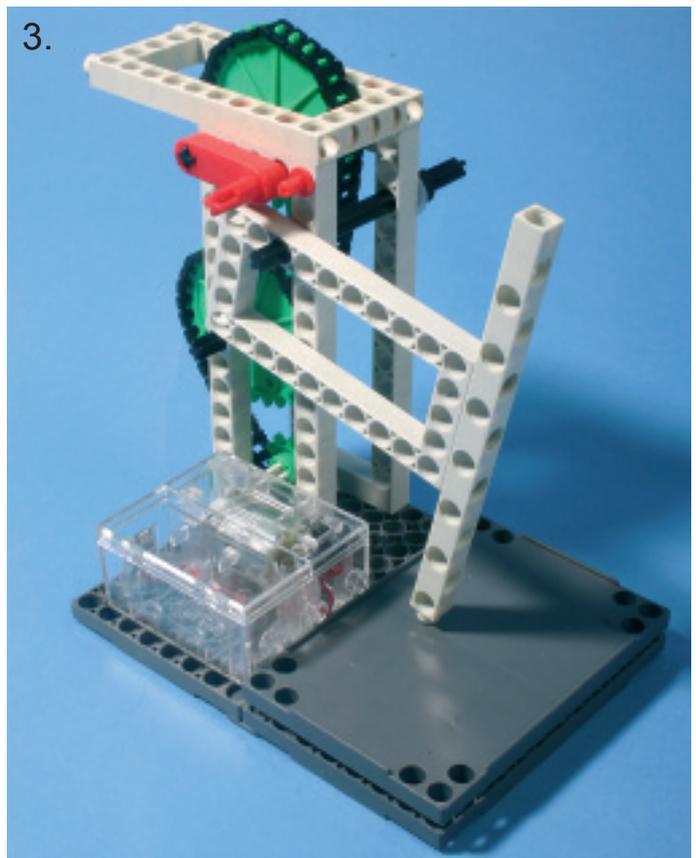
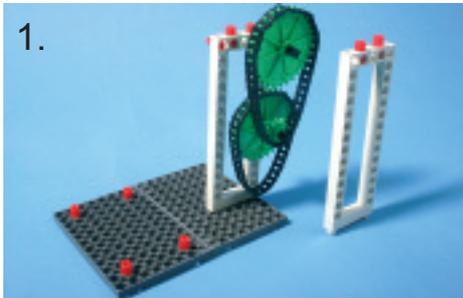
As colisões entre corpos, ou os impactos, desempenham um papel muito importante no nosso dia-a-dia, na aterragem dos aviões ou mesmo quando um martelo embate na cabeça de um prego. Aliás, existem vários tipos de máquinas que se baseiam no princípio dos martelos para quebrar e desfazer materiais. Vamos também nós agora construir uma espécie de martelo eléctrico.



Transferência de momento: 6 bolas recebem o impacto mas apenas uma adquire movimento.

Um martelo eléctrico

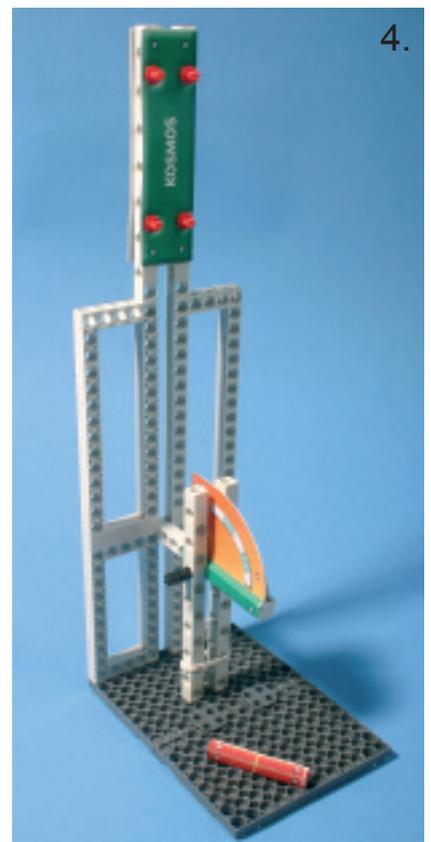
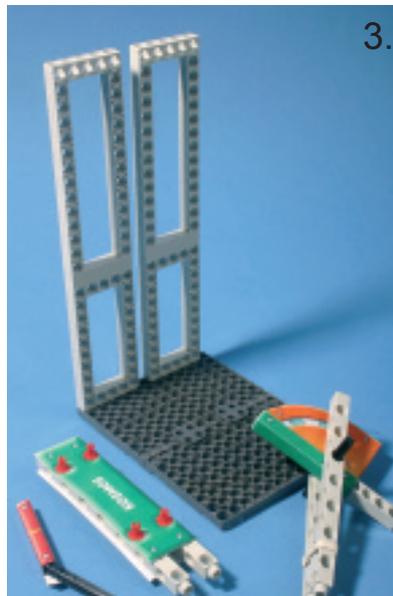
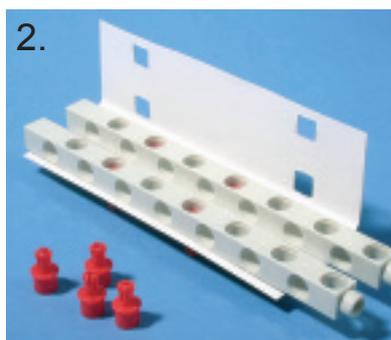
Segue as instruções de montagem indicadas nas figuras. O martelo só funcionará correctamente quando o motor estiver ligado na direcção certa. Observa com atenção a figura 3, pois quando ligares o motor pela primeira vez a manivela deverá estar acima do braço do martelo. Podes usar este martelo eléctrico para esmagar sementes ou folhas de alumínio, e podes adaptar a outro tipo de situações.



Bitola de Impacto

Uma bitola de impacto é um instrumento utilizado para medir a energia acumulada ou o devido a um impacto ao longo de um único eixo. Na folha de recortes e destacáveis podes encontrar a escala, a capa da calha e a manga para montares a calha utilizada na queda dos objectos.

As duas molduras devem ser pressionadas com força contra a base de sustentação, devendo ficar na vertical sobre a base. A calha é um pouco mais larga no topo do que na zona próxima da base o que permite que a vara do indicador possa rodar livremente. Na experiência 28 encontras mais detalhes sobre esta montagem.



Já sabes que o momento e o impulso de um objecto aumenta à medida que a sua velocidade é maior. O momento pode ser convertido em trabalho quando consegue deformar ou deslocar um determinado objecto. Podemos então testar esta afirmação com um instrumento que mede o impulso de um corpo, tendo em conta a altura de onde cai e a sua velocidade. A altura superior da calha é exactamente o dobro da altura da região central, delimitada pela moldura e a vara do indicador. A vara que contém o indicador acoplado entre as duas varas verticais deverá rodar com facilidade: Quando está na horizontal indica o zero. Assim que um objecto incide sobre esta vara, a inclinação que assume irá indicar o trabalho realizado na colisão.

28 Grande queda, grande impacto



A estrutura deverá estar perfeitamente vertical, pois caso contrário o objecto poderá não cair em cima da vara. Vamos usar como objectos em queda um eixo médio e um eixo pequeno. O eixo médio tem exactamente o dobro da massa do eixo pequeno. Coloca em primeiro lugar um eixo médio na manga, fecha-a e posiciona-a sobre a calha bem centrada (a linha marcada na manga indica a posição de saída). Larga a manga com o eixo. Deverá embater na vara do indicador. Regista o valor indicado na escala. Depois, introduz o eixo pequeno na manga e repete a experiência registando os valores. Remove depois as duas varas verticais do topo que contêm a calha e larga cada um dos eixos dentro da manga desde esta altura. Neste caso, a linha marcada na manga deverá estar alinhada com o topo das molduras. Regista também o valor indicado.

Absorção de impactos

Que conclusões tiras dos dados registados? Em primeiro lugar verificas que o impacto medido quando o eixo é lançado a uma maior altura é maior do que quando é largado da última posição. Por outro lado, o eixo médio que é duas vezes mais pesado que o eixo curto quando é lançado da altura menor, produz um menor impacto do que o eixo curto quando este é lançado da altura mais elevada. Podes então ver que a velocidade desempenha um papel importante na leitura do impacto e que nas duas situações a velocidade do eixo curto quando atinge a vara deverá ser mais do dobro da velocidade do eixo médio que caiu de metade da altura.

Os impactos nem sempre são desejáveis. Por exemplo nos carros, existem suspensões nos eixos, molas nos assentos e pneus cheios de ar e todos estes elementos absorvem parte do impacto durante uma colisão, protegendo deste modo os passageiros. Claro que para além destes elementos os carros são desenvolvidos com pára-choques que são desenhados para absorver a maior parte do impacto. Na próxima página vais encontrar algumas instruções sobre como construir um absorvedor de impactos.

29 A água absorve as oscilações



Executa a montagem que te apresentamos na página 56, no ateliêr. Segura por baixo a estrutura com as duas mãos, e agita uma vez para que as pilhas comecem a balançar para cima e para baixo. As pilhas manter-se-ão neste movimento durante uns instantes até parar. Coloca agora um copo debaixo roldana da estrutura e enche-o com água. Repete novamente a experiência. Repara que agora o movimento das pilhas termina muito rapidamente. Sabes porquê? A água do copo absorve muita da energia à medida que é bombeada para a frente e para trás no pouco espaço que tem disponível entre a roldana e a superfície do copo.

Corpos a balançar

Numa colisão, um corpo em movimento transfere parte da sua energia cinética convertendo-a em trabalho através da deformação ou na alteração do estado de movimento. A suspensão de um carro por exemplo transforma a energia cinética em energia potencial. O carro balança para cima e para baixo sempre que muda de velocidade, para além de também balançar um pouco para a frente e para trás. Na natureza encontramos muitas vezes este tipo de movimento, normalmente designado por movimento oscilatório: nas ondas do mar, no batimento do coração, nas ondas sonoras etc. Estes movimentos ondulatórios têm em comum uma cadência na qual o movimento se altera, repetindo-se sucessivamente. A repetição pode ser em termos de localização, de pressão ou mesmo de carga eléctrica.

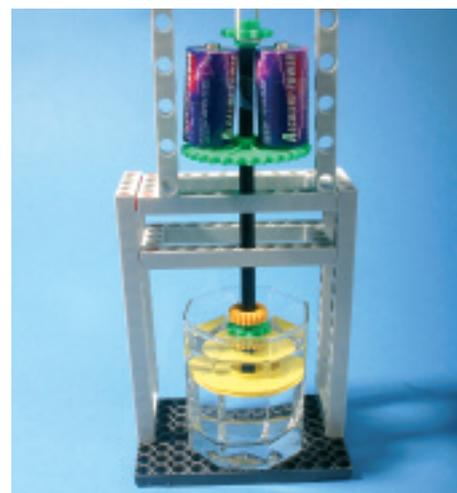


Um martelo pneumático



Quando utilizares a bitola de impacto alinha a marca traçada na manga de cartão com a extremidade da calha. Verifica ainda que o medidor está a marcar zero antes de largar a manga.

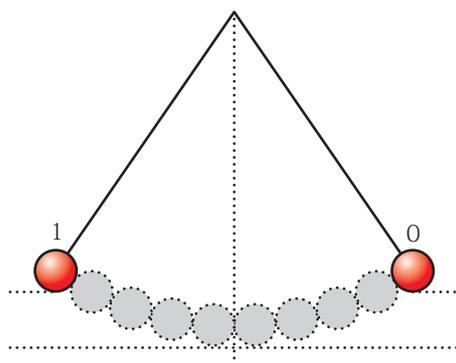
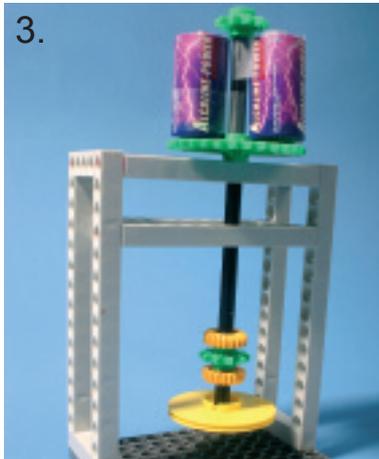
Absorvedores de choque num eixo de um automóvel



Absorvedor de Oscilações

(Lê a experiência 29). Vais precisar de duas pilhas extra. Elas vão servir de pesos enquanto que o carreto formado pela rodana e pelas rodas motoras vão funcionar como o absorvedor de oscilações. Para a suspensão vais utilizar dois elásticos de borracha: um elástico pequeno a um

elástico grande como se ilustra na figura 2. Se vires que os elásticos já estão um pouco usados podes montar o eixo um buraco acima na estrutura. É muito importante que a base onde as pilhas ficam montadas (roda motora grande) fique bem horizontal e que depois de colocado o elástico, o eixo que a atravessa possa oscilar com igual amplitude tanto para cima como para baixo.



Conversão de energia num pêndulo: nos pontos 0 e 1 o pêndulo tem máxima energia potencial e a energia cinética é mínima; no centro da trajectória por outro lado, a energia cinética é máxima e a energia potencial mínima.



Este pêndulo leva 1 segundo a percorrer meia trajectória

Energia de Vibração

Um pêndulo é também um objecto que oscila. O pêndulo é constituído por um braço que executa movimentos alternados periódicos em torno de um ponto fixo, sendo que o seu estado de energia é caracterizado pela conversão de energia cinética em energia potencial e vice-versa. Designa-se por período o intervalo de tempo que o objecto leva para percorrer toda a trajectória (ou seja, a retornar à posição original), uma vez que é um movimento periódico. Uma das suas características mais úteis deve-se ao facto do período de um pêndulo não depender da massa do objecto. Assim, um pêndulo com um determinado comprimento requer sempre a mesma quantidade de tempo para executar uma trajectória independentemente do peso do corpo que está suspenso e o período mantém-se qualquer que seja a amplitude da trajectória. Por este motivo os pêndulos desde sempre foram utilizados em instrumentos para medir com rigor intervalos de tempo, como é o caso dos relógios. O período de um pêndulo depende apenas do seu comprimento e da aceleração da gravidade. Pêndulos mais compridos oscilam mais lentamente que os pêndulos mais curtos. Um pêndulo com 99,4 cm desde o ponto de rotação até ao centro de massa do objecto suspenso leva aproximadamente 1 segundo a percorrer a trajectória esquematizada na figura ao lado, desde a posição 0 até à posição 1. Esta trajectória corresponde a metade de uma oscilação pois a oscilação completa corresponde à situação do pêndulo voltar à posição inicial.

30 Um pêndulo



Ata o cordel à volta da pilha e fixa com fita-cola como se ilustra na figura. Depois pega na outra extremidade do cordel e insere-a através de um buraco de uma vara. Puxa o cordel até que o comprimento desde a pilha (centro do polo positivo da pilha) até à vara seja de 99,4 cm. Fixa o cordel à vara nesta posição com um pino botão ou um pino de junção. No início puxa a pilha até uma inclinação de 30° e liberta-a observando o seu movimento. Tenta verificar se o seu movimento está sincronizado com o ponteiro dos segundos do teu relógio. Caso não esteja, podes ajustar o comprimento do cordel pois o peso da pilha poderá ter distendido um pouco o cordel. Quando se pretende utilizar um pêndulo para determinar o tempo num relógio é necessário incluir uma fonte de energia porque devido ao atrito, as oscilações do pêndulo não são perpétuas e o pêndulo acaba por parar mais tarde ou mais cedo. Por outro lado esta fonte de energia deverá também ser ritmada e por conseguinte também é introduzida periodicamente.

Os relógios de pêndulo fazem parte de uma tecnologia com já alguns séculos de existência. Na sua implementação surgiram dois elementos fundamentais: a roda de escape e a âncora. A âncora é uma peça ligada ao pêndulo, que no seu movimento oscilatório vai fazendo rodar a roda de escape (roda dentada) libertando um dente da roda em cada oscilação. Esta roda dentada está por sua vez ligada a um conjunto de engrenagens que por fim accionam os ponteiros das horas, minutos e segundos. O som típico destes relógios provém exactamente do embate da âncora em cada dente da roda de escape. Vamos agora ensinar-te a construir um mecanismo que funciona durante um minuto e que indica o tempo em segundos, executando marcas numa folha de papel. Lê com atenção e tenta perceber bem o mecanismo.

31 Registo de tempo



Monta primeiro o relógio de pêndulo que te apresentamos no Ateliêr. O período deste pêndulo é de sensivelmente 1 segundo. Para ajustar o relógio compara durante um minuto as oscilações com o ponteiro dos segundos de um relógio de pulso. Se o período do relógio de pêndulo que montaste é mais rápido ou mais lento do que a batida do ponteiro do relógio de pulso, então deverás aumentar ou reduzir o comprimento do pêndulo. Para o fazer o pêndulo desloca o peso do pêndulo (roda motora) um buraco para cima ou para baixo.

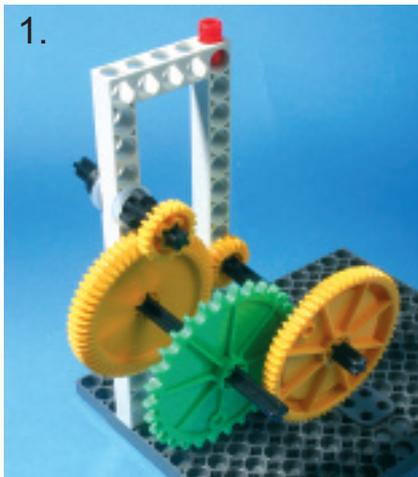


Este é o aspecto que o teu relógio de pêndulo deverá ter no final. Utiliza um clip de papel para suspender o peso da roda de escape.

Relógio de pêndulo

A roda motora média, o eixo pequeno e as fichas de encaixe que ligam o pêndulo ao corpo do relógio devem ser encaixadas na parte superior da montagem do eixo de forma a que o pêndulo fique pendurado na vertical (vê parte inferior da figura 5 e parte direita da figura 7). O eixo deverá passar pelo último buraco da vara. Quando posicionares o pêndulo é muito importante que dês alguma atenção à montagem da roda de escape mesmo por baixo do centro das varas da âncora (figura 7). O pêndulo deverá oscilar facilmente nas duas direcções. O seu movimento pode ser ajustado com precisão na dobradiça da barra do pêndulo: o centro de gravidade do pêndulo pode ser desviado alterando a inclinação entre as duas varas. Esta ajuste fino é o responsável por um som límpido (clique-claque). Experimenta diferentes posições até descobrir o melhor ângulo. Podes

também ajustar com precisão a posição das rodas motoras que constituem a âncora em relação à posição da roda de escape.



Forças de Torção

Física no mundo real

O que é RPM?

A velocidade angular é também designada por velocidade de revolução. Indica o número de rotações dadas num intervalo de tempo (em segundos). No caso das turbinas e motores é normal utilizar-se o número de rotações dadas por minuto, e de aí a unidade que por vezes podes ter ouvido em relação à velocidade dos motores dos automóveis: 3000 rotações por minuto = 3000 rpm.



Até aqui investigámos as leis da física que se aplicam a corpos que executam movimentos lineares (ou em linha recta). No entanto em muitas situações deparamo-nos com movimentos de rotação como quando afiamos um lápis ou moemos café num moinho de café. À partida os mesmos princípios também se aplicam, ainda que com algumas particularidades.

Velocidade angular e aceleração angular

Como vimos, a velocidade é a distância percorrida num determinado intervalo de tempo, sendo expressa em metros por segundo (m/s). Como podemos quantificar ou medir a velocidade quando lidamos com o movimento de rotação de uma roda ou de um corpo que gira em torno de um eixo fixo? Que ponto da roda ou do objecto deveremos escolher para determinar a velocidade de rotação? e quando temos rodas de diferentes tamanhos a rodar à mesma velocidade?

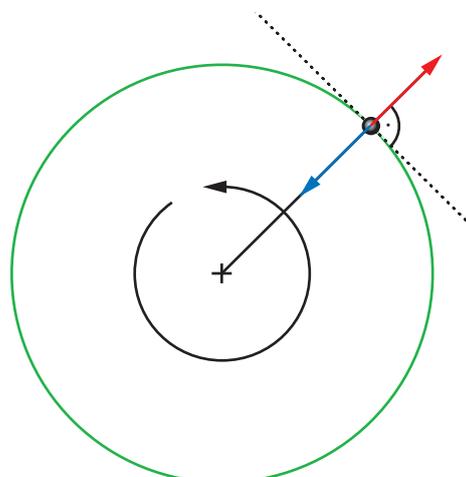
Quando lidamos com movimentos de rotação, a velocidade pode ser caracterizada pelo número de rotações dadas por unidade de tempo. A esta velocidade designamos por velocidade angular. Um círculo abrange um ângulo de 360° . Quando uma roda dá uma volta completa, dizemos que completou uma revolução de 360° . Então, para determinar a velocidade angular de uma roda em rotação, precisamos de medir o número de rotações dadas num intervalo específico de tempo. Quanto mais rápido for a rotação do corpo, maior é o número de rotações dadas por segundo. Repara que esta velocidade é constante para todos os pontos situados na mesma roda, quer estejam no centro ou na periferia, o mesmo já não acontecendo à velocidade linear, em que os pontos da periferia descrevem uma trajectória circular mais longa do que os pontos mais centrais.

A aceleração angular obtém-se de forma semelhante. Ainda te deves lembrar que nos movimentos rectilíneos a aceleração mede a variação da velocidade por unidade de tempo. O mesmo se pode dizer nos movimentos de rotação: A aceleração angular mede a variação da velocidade angular num determinado intervalo de tempo.

Força centrípeta e Força centrífuga

Vamos agora abordar a questão das forças num movimento de rotação, e o trabalho que executam. Como já sabes, os corpos possuem inércia, e por conseguinte não querem mudar o seu estado de movimento. Para conseguir pôr um corpo que está parado, em movimento, temos que conseguir vencer a sua inércia aplicando uma dada força. O mesmo se aplica a corpos que já estão em movimento: se quisermos mudar a direcção ou velocidade teremos que aplicar força para vencer a inércia.

Quando um corpo se move numa trajectória circular, necessariamente deverá existir uma força que o impede de seguir uma trajectória rectilínea. Esta força é designada por força centrípeta. É uma força que acelera o corpo na direcção do centro de rotação. Mas se este corpo se pudesse mover sem constrangimentos devido à sua inércia iria acabar por percorrer uma trajectória em linha recta. Então o corpo em rotação está constantemente a ser puxado para fora, tentando afastar-se do centro de rotação num referencial sujeito a uma aceleração a força centrípeta aparece como uma força de sentido contrário, designada por força centrífuga. Como todas as outras forças, são expressas em newton (N).



Para que um corpo descreva uma trajectória circular é necessária uma força sempre dirigida para o centro do círculo: a força centrípeta (a azul). Se estivermos sentados em cima do corpo sentiremos uma força aparente que nos empurra para fora. É a força centrífuga (a vermelha).

32 Pedras em voo

Coloca a tua bicicleta no chão de modo a deixar que a roda da frente rode livremente. Pega numa pedra de um tamanho razoável e coloca-a sobre o pneu (escolhe uma pedra plana e não muito espessa). Começa por fazer girar a roda da bicicleta devagar e depois, aos poucos, vai aumentando a velocidade. A partir de determinada velocidade verificas que a pedra é disparada para fora do pneu, em linha recta. O que acontece é que a força centrífuga superou a força de atrito e a pedra fica sujeita apenas a uma força que a empurra numa direcção.



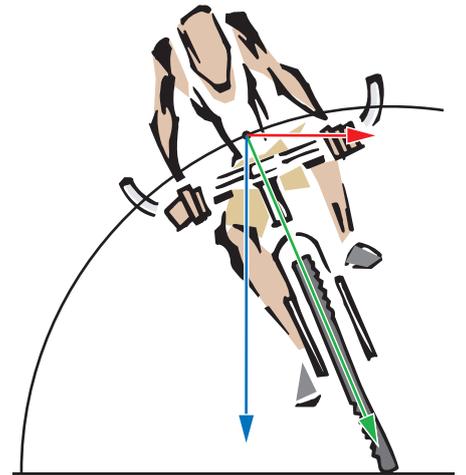


A trajectória que um corpo num movimento circular tende a assumir quando deixa de estar sujeito à força centrípeta é uma trajectória rectilínea tangente ao círculo descrito. Podes perceber melhor se imaginares um lançamento do martelo, prova de atletismo, no momento em que o atleta liberta o peso. No cálculo desta trajectória é importante considerar a massa do corpo, a sua velocidade angular e o raio da trajectória circular.

Quando te inclinas na bicicleta para fazer uma curva experimentas também o efeito da força centrífuga. À medida que te inclinas consegues equilibrar a força gravítica (a azul) com a força centrífuga. Ambas as forças são aplicadas no centro de gravidade do ciclista e da sua bicicleta em torno do centro de rotação, que é o local onde os pneus tocam no chão. A combinação das duas forças resulta na força que está representada a verde, que aponta na direcção do solo com a inclinação da bicicleta.

Vamos agora fazer uma montagem onde a força centrífuga se torna visível. Colocaremos depois um corpo sobre o eixo em rotação para estudar este tipo de movimento.

O lançador de martelo requer força centrípeta para manter o martelo na sua órbita. Quando o martelo é libertado, a força centrífuga expelle o martelo da sua trajectória circular. Quanto maior for a velocidade de rotação que o atleta consegue imprimir antes de libertar o martelo, maior é a distância percorrida em linha recta pelo martelo, depois de lançado.

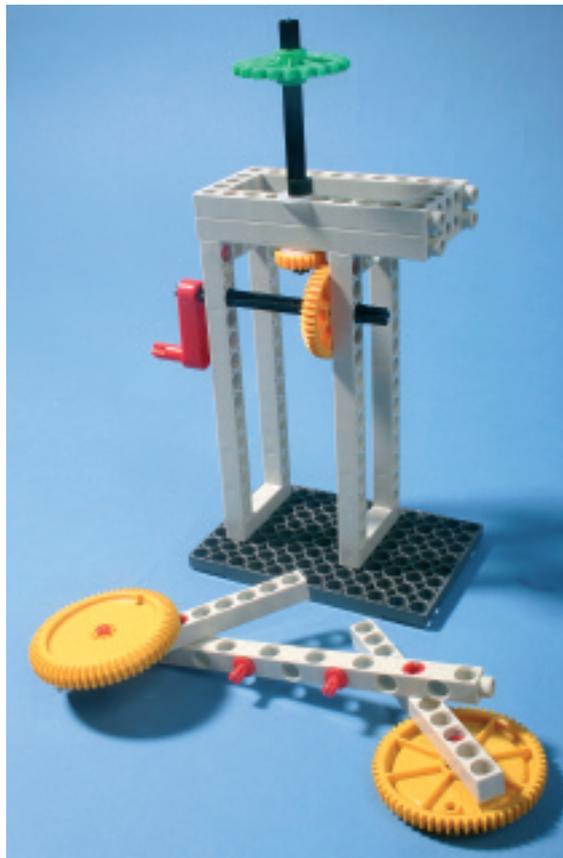


Virar numa curva: o ciclista desloca o seu centro de gravidade compensando deste modo a força centrífuga.

Estação de estudo da força centrífuga

Esta montagem da estação de estudo da força centrífuga funciona da seguinte maneira:

À medida que a velocidade de rotação aumenta, a força centrífuga resultante vai empurrar as rodas dentadas amarelas para fora e para cima. (Para que funcione desta maneira tens primeiro que retirar a vara de segurança, no topo da montagem). Podes controlar e aumentar a velocidade de rotação do eixo através da manivela.





Nos parques de diversão também podes constatar a presença da força centrífuga: nesta roda gigante, quanto maior for a rotação, maior elevação adquirem as cadeiras.

Roda várias vezes a manivela da estação de estudo anterior, para colocar em rotação o eixo. Neste momento a força centrífuga não está a ser actuada em nada uma vez que tens ainda a vara de segurança que impede o movimento das rodas. Retira a vara de segurança e repete a experiência. Quanto maior for a velocidade que imprimas com a alavanca maior será a amplitude do movimento das rodas, para cima e para baixo.

Nas máquinas de lavar a roupa também podes encontrar a força centrífuga. Esta força é responsável por libertar as gotas de água da roupa e lançá-las para a superfície do tambor. Os orifícios do tambor permitem que a água seja removida.

Os corpos com diferentes pesos, experimentam também diferentes forças centrífugas. Assim, podemos aproveitar este facto para separar partículas com massas diferentes que se encontrem misturadas. É o que acontece numa centrífugadora. As várias substâncias que estão misturadas num contentor acabam por ser separadas devido à força centrífuga quando este roda com alguma velocidade. É desta maneira que se separam as natas (gordura) do leite (proteínas e água) nas fábricas, ou o azeite dos restantes constituintes das azeitonas, nos lagares de azeite.

Vamos utilizar uma centrífugadora eléctrica para ilustrar o que acontece nas centrífugadoras industriais. Para tal vais precisar de um contentor claro ou semi-transparente com tampa (pode usar uma caixa de rolos fotográficos) e um tubo de cola forte.

Uma Centrífugadora

Para este modelo vais precisar ainda de cola, sabão líquido, lixa de água (fina), lima para unhas e um contentor com tampa (caixa de rolos fotográficos).

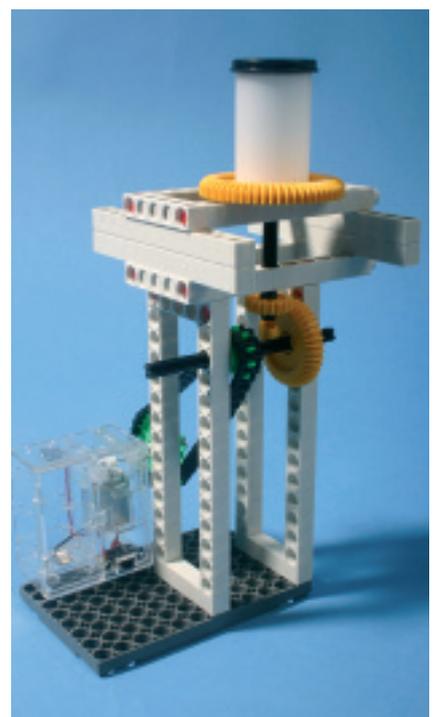
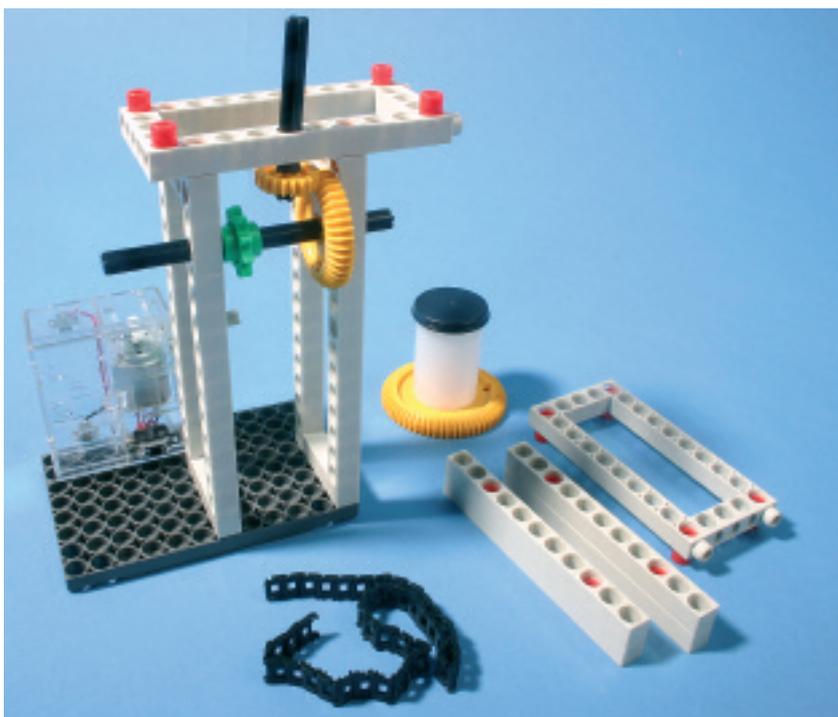
Monta a centrífugadora tal como se apresenta nas figuras. Verifica que as rodas dentadas estão bem encaixadas e que rodam com facilidade. Podes ajustar a posição da roda motora pequena com o travão de eixo. Antes de montar a roda dentada grande no eixo, limpa o seu orifício central com um pouco de sabão e seca bem. Lixa um pouco a base da caixa de rolos com a lixa de água. Coloca uma gota

de cola na base da caixa de rolos e depois pressiona a caixa contra a roda, de modo a que a caixa fique colada exactamente no centro da roda.

Dica: A caixa de rolo tem geralmente uma região mais espessa no fundo. É esta zona que deverás colocar sobre o orifício da roda dentada, assegurando deste modo que fiquem centradas.

Deixa secar a cola durante pelo menos meia hora. Só então deverás montar a caixa colada à roda dentada no eixo. Faz um primeiro teste para verificar que a caixa roda centrada, sem oscilações. As oscilações poderão reduzir a velocidade de rota-

ção e dissipar parte da energia transferida. Podes tentar mais outra vez. Se sentires que a roda ficou mal centrada ou mal colada, retira-a do eixo e da roda dentada, volta a lixar na zona onde esteve a cola e repete o procedimento. Quando terminares com estas experiências relacionadas com a centrífugadora, podes descolar a caixa de rolos da roda dentada e lixar para apagar os vestígios de cola.



34 Princípio físico da máquina de lavar a roupa



Nesta experiência vamos tentar clarificar melhor como se manifesta a força centrífuga. Deita um pouco de água para dentro do reservatório (perto de 1 cm de altura de água). Fecha-o bem e coloca-o na tua centrifugadora eléctrica e depois liga o motor. Observa o que acontece à água no interior da caixa. Podes colocar um candeeiro por trás ou uma lanterna para ver melhor. Observa como a água parece querer trepar pelas paredes do reservatório (caixa). A água é empurrada para fora e adere às paredes do reservatório. Desliga o motor e repara no que acontece à água.

Quanto maior for a quantidade de água, mais é a quantidade de água que é mantida na base do reservatório devido à força da gravidade. É o que acontece na máquina de lavar a roupa. A água é lançada contra as paredes do reservatório (tambor) e a roupa, que é mais pesada mantém-se na base ou no fundo.



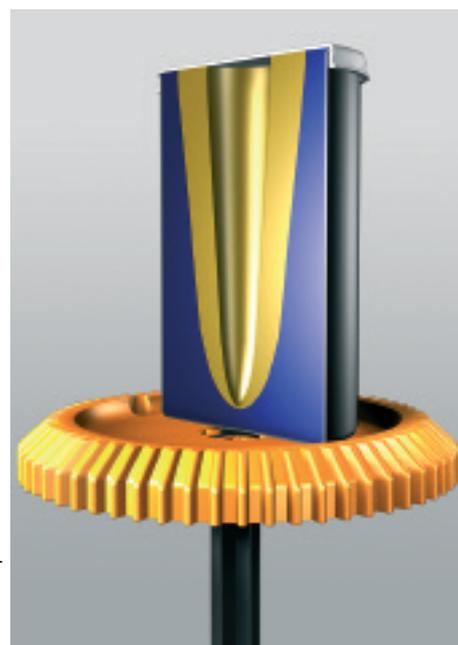
35 Princípio físico da centrifugadora



Vamos agora ver como é que a centrifugadora separa os materiais. Para isso, enche até meio o reservatório com igual quantidade de óleo de cozinha e água (cuidado para não sujar!). Fecha bem. Agita bem segurando com o polegar e o dedo indicador o reservatório (colado à roda dentada). Repara que o óleo misturou-se com a água, mas assim que deixas de agitar podes observar algumas bolhas de óleo a dispersarem-se pela água. A este fenómeno designa-se por emulsão (a emulsão é a combinação de dois líquidos imiscíveis, ou seja, que não se misturam, e em que um deles encontra-se na forma de partículas pequenas disperso no outro líquido). coloca o reservatório com a roda dentada na centrifugadora e liga o motor. Observa:formam-se dois cones ou chapéus ao contrário, no interior do reservatório. O cone mais estreito corresponde ao óleo que roda no interior do outro, formado pela água. A força centrífuga é mais forte nas partículas de água, por esta ser mais leve.

Imagina que se conseguia introduzir pela parte de baixo do contentor mais emulsão, e que na parte de cima tinhas dois tubos em posições determinadas de forma a conseguirem captar separadamente a água e o óleo. Terias então uma mini-centrifugadora. Existem muitos tipos de centrifugadoras na indústria. No entanto, todos eles obedecem a este princípio simples da força centrífuga, e de aí, o nome centrifugadora.

A força centrífuga também pode ser utilizada para desligar e ligar automaticamente as máquinas ou comutar de uma posição para outra. Na experiência e Ateliêr seguintes vamos ilustrar esta situação, em que recorrendo à força centrífuga vamos comutar diferentes engrenagens. As instruções de montagem da máquina de comutação centrífuga são apresentadas na página seguinte no ateliêr, e através desta montagem poderás executar a experiência 36 que te apresentamos de seguida.



36 Comutação através da força centrífuga



Antes de ligar o motor da máquina verifica que as engrenagens rodam facilmente sem muito atrito. Se sentires que o movimento das rodas é feito com demasiada vibração desloca um pouco para a direita ou para a esquerda, a vara longa vertical que contém o eixo de saída. Liga o motor e observa as engrenagens que se movem; presta atenção a quais as rodas dentadas que se movem. Depois, desloca para baixo o eixo superior do lado do motor segurando firmemente com o polegar e o dedo indicador. Irás sentir alguma resistência no princípio mas depois irás constatar que as outras rodas dentadas começam a actuar umas nas outras.

O que é que provocou esta comutação? Não foste tu, mas sim a força centrífuga que é alterada à medida que muda a velocidade de rotação. Os pesos da máquina centrífuga puxam para fora, juntando o cinto e provocando a mudança do eixo de comutação para outra posição.

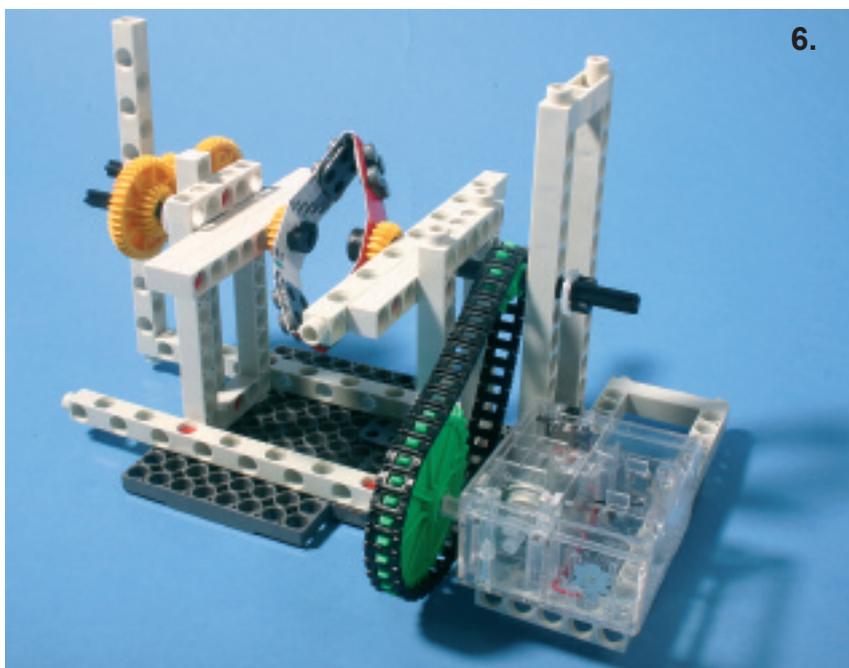
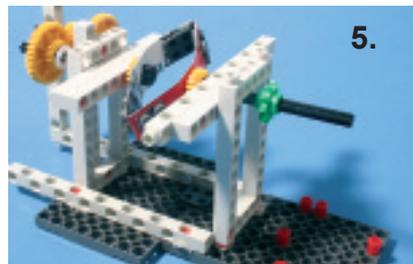
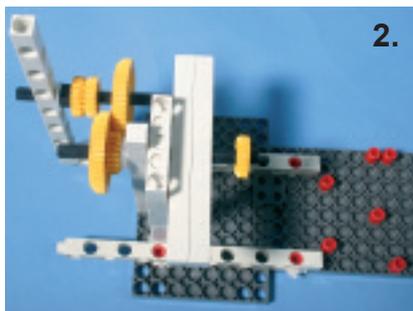
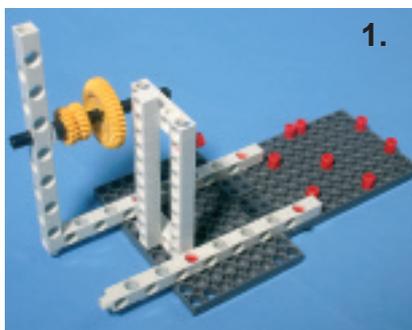
(Nota: Se o cinto não puxar suficientemente para dentro o eixo de comutação de forma a que este entre em contacto com o eixo de saída, podes tentar solucionar esta situação; deixamos-te algumas sugestões. Tenta esticar um pouco mais o cinto reduzindo a sua elasticidade. Depois ajusta a posição das rodas dentadas no eixo de saída de modo a que o encaixe com a roda dentada do eixo de comutação seja melhor. Podes ainda justar a corrente de plástico do motor, de modo a que não fique tão esticada. Por fim, experimenta trocar as pilhas do motor pois poderão não fornecer energia suficiente para fazer rodar o cinto à velocidade necessária).



Comutação centrífuga

(Para efectuar a experiência 36). Faz a montagem da máquina de comutação centrífuga, como ilustrado. Os conectores de bases vão ser utilizados como sendo os pesos ou cargas da máquina centrífuga. Destaca da folha de recortes e destacáveis, o cinto largo com orifícios e cola os 4 conectores nos respectivos buracos. Podes utilizar cola ou fita-cola. Une os dois buracos pequenos do cinto, sobrepostos, com um travão de eixo (figuras 3 e 4). Dobra um pouco o cinto nas marcas de dobragem presentes - as secções centrais com os orifícios destinados ao eixo, deverão ficar ligeiramente afastadas depois de dobrado o cinto. A elasticidade deste cinto assim dobrado permite que não se tenham que utilizar molas nesta montagem.

Quando quiseres desmontar esta máquina, remove os conectores de base e remove também com uma lima de unhas os vestígios de cola que possam ter ficado no cinto. Podes reutilizar este cinto ou fazer um novo em cartão usando este como molde.



O momento de inércia

Já falámos até aqui sobre velocidade e duas forças importantes relativas ao movimento de rotação. Se os factores físicos do movimento de rotação são semelhantes aos factores relativos ao movimento linear, poderemos dizer o mesmo da massa dos corpos? Por outras palavras, como é que a rotação afecta a tendência dos corpos em manterem o seu estado de movimento, a inércia? A força da gravidade actua tanto num corpo parado como num corpo com movimento linear ou movimento de rotação. A diferença é que para além da massa teremos que acrescentar mais um factor que resulta do movimento de rotação em si. Um objecto que está em rotação tem também a tendência de manter o seu estado de movimento, tendo por conseguinte inércia que se manifesta quando se tenta modificar este estado. Esta inércia é muito visível no lançamento de um pião: assim que este adquire a energia necessária para iniciar o seu movimento, fica em rotação durante algum tempo sem estar actuado por nenhuma força exterior.

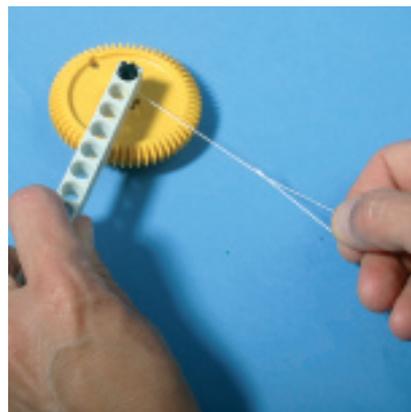
Para investigar esta tendência em manter a rotação vamos construir um pião especial. Vais poder lançar este pião de duas maneiras: fazendo-o rodar com a tua mão (dedos polegar e indicador) ou recorrendo a uma corda como nos piões convencionais.



O pião num prato

Pião

Este pião tem uma ponta metálica que podes fazer com a ajuda de um clip de papel e de um alicate. Usa luvas de segurança quando cortares o arame! Na fotografia podes ver qual a forma final que deverá ter a ponta feita a partir do clip. Pede ajuda a um adulto para dobrar e cortar o arame. Esta ponta é encaixada no eixo ficando depois entalada entre a roda dentada grande e o eixo. Verifica que ficou bem presa. Antes de começar, enrola cerca de 50 cm de cordel no eixo do pião, sem dar nenhum nó. Insere o eixo através do último buraco de uma vara longa, segurando também a extremidade do cordel. Depois, colocando o pião sobre a mesa ou numa superfície plana, dá um esticão no cordel, mantendo a vara. Assim que o pião começar a rodar eleva a vara de modo a permitir que o pião rode sózinho. Podes também rodar o pião unicamente com a tua mão, sem precisar de enrolar o cordel.



37 Um pião num plano inclinado



Experimenta várias vezes o lançamento do pião para ganhar alguma prática. tenta assegurar que o o eixo do pião se mantém vertical durante a rotação. Depois experimenta lançar o pião num prato de comida inclinado. Observa que o eixo tende a manter-se na posição vertical apesar do prato estar inclinado (o pião pode baloiçar um pouco, mas o eixo tende a manter-se na vertical).

O que é que podes concluir destas experiências? o pião mantém-se em rotação durante bastante tempo. Se não existisse atrito entre a ponta e a superfície e entre o ar e a roda dentada, o movimento manter-se-ia indefinidamente. Esta situação é devida ao chamado momento de inércia. O momento de inércia mede a distribuição de massa de um corpo em torno de um eixo de rotação. Assim, da mesma forma que a massa de um corpo em repouso é constantemente puxada para baixo na direcção do centro da Terra pela força da gravidade, a massa também é responsável por manter o objecto em rotação tentando manter a posição espacial do corpo.

Repara que o eixo tende a manter-se na vertical mesmo quando está numa superfície inclinada, sem que exista nenhuma força a actuar no eixo.

O momento de inércia aumenta com a massa ou, com o peso do corpo em rotação. Também depende do raio da trajectória circular que o centro de massa descreve no movimento de rotação do corpo. Quanto maior for este raio, maior é também o momento de inércia. Por fim, também está relacionado com a aceleração angular, que por sua vez é produzida através uma força. Nos movimentos circulares a força e a aceleração angular são duas grandezas que se relacionam através do torque, ou binário, como vimos na página 23. A equação que descreve o momento de inércia pode então ser dada por:

$$\text{momento de inércia} = \frac{\text{torque}}{\text{aceleração angular}}$$

Trabalho e Energia no movimento de rotação

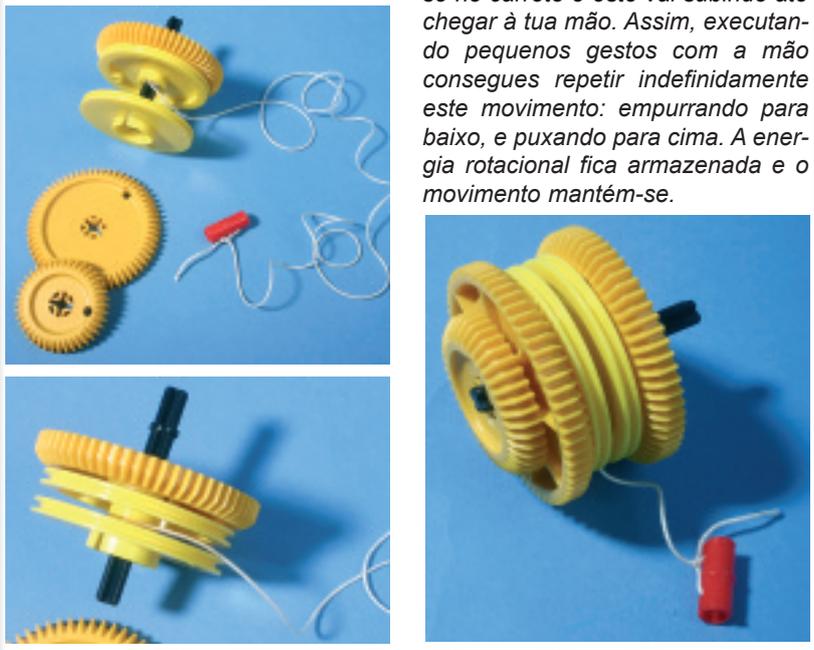
Deves lembrar-te da definição que fizemos de trabalho no movimento linear: trabalho = força x distância.

Quando o movimento dos corpos é um movimento de rotação, ao conceito de trabalho continua a aplicar-se, sendo medido em termos da variação da posição devido a uma força. Neste caso no entanto, a variação de posição é medida em ângulos, e a força, através do torque. Assim, no movimento de rotação o trabalho é dado pelo produto do torque e o ângulo que o corpo rodou.

O mesmo acontece com a energia, ou a capacidade dos corpos em executar trabalho. lembra-te do caso do pião: quanto maior o esticão que dás no cordel, mais velocidade adquire o pião. Ou seja, quanto maior o momento de inércia e a velocidade angular, maior a quantidade armazenada de energia rotacional. O trabalho que executaste no pião fica armazenado no pião sob a forma de energia. Vamos explorar um pouco mais este assunto construindo um yo-yo.

Yo-Yo

Monta o yo-yo como te apresentamos nas figuras. Enfia uma das extremidades do cordel (com 50 cm de comprimento) através de um dos quatro orifícios centrais do carreto, e dá um nó para prendê-lo. Utiliza um pino de junção para fazer uma



pega na outra extremidade do cordel. Eis como funciona o yo-yo: Enrola o cordel à volta do carreto e depois pegando na pega, deixa cair o carreto, desenrolando-se o cordel. Assim que o carreto esteja a chegar ao fim do cordel puxa ligeiramente para cima. O cordel volta a enrolar-se no carreto e este vai subindo até chegar à tua mão. Assim, executando pequenos gestos com a mão consegues repetir indefinidamente este movimento: empurrando para baixo, e puxando para cima. A energia rotacional fica armazenada e o movimento mantém-se.



O que está a acontecer com o yo-yo?

A força da gravidade puxa para baixo o yo-yo, desenrolando o cordel; o carreto fica em rotação, e além disso vai em movimento acelerado devido à aceleração da gravidade., ganhando energia cinética rotacional. Assim que o cordel fica desenrolado, o carreto mantém-se em rotação e com a ajuda da energia cinética armazenada, volta a subir, enrolando novamente o cordel à sua volta. Mas, como também se perde energia por atrito, é necessário compensar este movimento, e por esta razão para manter o movimento é necessário empurrar ou puxar ligeiramente o carreto.

Fim

Esperamos que tenhas gostado de construir estes modelos, de realizar estas experiências e esperamos que tenhas aprendido alguns novos conceitos sobre o mundo que nos rodeia.