



Prefácio/Introdução Kit Física 2

Este kit de experiências levar-te-á a uma viagem fascinante de descoberta das propriedades da água e do ar e das fronteiras entre os objectos sólidos e os fluidos.

O conceito de fluxo mereceu alguma preocupação por parte do filósofo grego Heraclitos, que viveu no século 5 A.C. O fluxo representa um estado de algo que muda, flui, uma espécie de fluidez. Heraclitos foi um dos primeiros homens a tentar desenvolver uma explicação física do mundo, e a sua explicação baseava-se na ideia de que tudo o que nos rodeia está em constante mudança, em fluxo. São dele as famosas palavras “não podes entrar no mesmo rio duas vezes”. Para Heraclito, a força da natureza que estava por detrás deste fluxo era o fogo. Podemos fazer uma tradução livre designando esta “força” por “fonte de energia”. Para ele, todas as coisas estão em constante movimento, passam por nós e reaparecem como novas: nada se perde, nada é acrescentado e tudo está num estado de conflito que impede que as coisas se mantenham inalteradas no mesmo estado. E para Heraclitos, como se terá formado o mundo? Pela transformação inicial de fogo em água, originando os oceanos. A água representava pois para o filósofo o início da Terra, do céu e de tudo o que existe na natureza.

Hoje o nosso entendimento dos fenómenos naturais é mais completo e temos a capacidade de efectuar cálculos mais precisos dos processos físicos, pelo que estas ideias de Heraclito podem-nos parecer um pouco arcaicas. No entanto, continuamos sem saber muita coisa sobre muitas coisas como por exemplo sobre a origem do Universo e da origem da energia que o poderá ter criado. Muitas das explicações actuais sobre a origem do universo não estão assim tão afastadas das ideias que Heraclito utilizava para explicar o nascimento do nosso mundo.

Claro que com este kit, não vamos tentar explicar o universo. Vamos sim, explorar a água e o ar, como se mantêm em repouso e como fluem, o que conseguem transportar consigo, e o que conseguem empurrar. Através de alguns modelos e de algumas experiências irás compreender quais as forças que actuam nestes dois fluidos, e que tipos de energias estão neles escondidas. Irás aprender como é que os aviões voam, os barcos flutuam, como o desenho aerodinâmico dos veículos pode permitir velocidades maiores, e como é que as estações de energia convertem fluxos de água em energia eléctrica.

Este manual de experiências está dividido em duas grandes partes. Na primeira, iremos introduzir-te ao laboratório de Física onde poderás ficar a conhecer as propriedades do ar e da água e ficar familiarizado com conceitos como fluxo e energia. Irás executar uma série de experiências e começar a montar alguns modelos simples. Na segunda parte deste manual, irás começar a construir modelos mais complexos e iniciar-te nos ateliers.

Diverte-te com as experiências!



Kit Física 2 - Índice

Avisos de Segurança	no interior da capa
Introdução	2
Conteúdo do Kit	4
Conselhos no manuseamento das mangueiras	5

Comparando o Ar e a Água. 7

1. Sobre os corpos sólidos, líquidos e gasosos	8
2. Água ou ar: Qual consegue suportar maior pressão?	9
Experiência 1:	9
Palavra-chave: Uma breve lição sobre a água	9
Experiência 2: Transmissão de força através de um tubo longo	10
Palavra-chave: Sobe e desce sem eixo de rotação	10
Experiência 3: Falta de Ar	11
3. As densidades do Ar e da Água	11
Experiência 4: O ar é invisível mas possui peso	12
Palavra-chave: Pesar ar	12
4. A gravidade ajuda a nivelar superfícies	13
Experiência 5:	13
Palavra-chave: Indicador de nível	14
5. Capilaridade: a atracção entre tubos finos	15
Experiência 6: Atracção Capilar	15
6. Todos os objectos “crescem” com o calor	16
Experiência 7:	16

O Ar e a Água sob Pressão 17

7. A pressão é força por unidade de área	18
---	----

Água sob Pressão 19

8. A pressão no pistão	19
Experiência 8: Forças em equilíbrio	19
Palavra-chave: Balança Hidráulica	19
Experiência 9: A Magia Hidráulica	20
9. Amplificação de forças através da hidráulica	21
10. Aplicações Hidráulicas	21
Palavra-chave: Cancela Hidráulica	22
11. Quanto maior a profundidade no interior da água, maior a pressão	23
Experiência 10: A Pressão a profundidades maiores	23
12. Bouyancy: Algoa que flutua parece ser mais leve	23
Experiência 11: Batatas sob pressão	24

Ar sob pressão 25

13. Pressão atmosférica: o peso da atmosfera	25
Experiência 12: A coluna de água não cai	25
14. Quando a pressão aumenta, o volume diminui ..	26
15. Quando a temperatura aumenta, a pressão também aumenta	26
Experiência 13: Transferência de força através do calor	27
16. A pressão, a temperatura e o Volume estão relacionados	28

Escoamento de Ar e de Água 29

17 Cada corrente de fluido representa um gradiente	30
18. Linhas de corrente	30
Palavra-chave: Indicador de linhas de corrente	30

Experiência 14: A trajectória das partículas de ar	31
19. Escoamento de fluidos em torno de obstáculos	31
20. Resistência ao escoamento: Coeficiente de Arrasto Cd	32
21. A Elevação aerodinâmica das asas	33
Palavra-chave: Elevação de uma asa	34
Experiência 15: Uma jangada movida a ar quente	34
22. Fluxo de ar em torno de objectos com diferentes formas	34
Palavra-chave: Testes do Voo no túnel de vento	35
23. Como voa um planador?	36
24. Fluxo de água através de um tubo	37
25. Estrangulamentos e aumento de velocidade	37
26. Pressão nas correntes	38

Água, Ar e Energia 39

27. Trabalho realizado através de uma força	40
28. A energia resulta do trabalho	40
Palavra-chave: Martelo Gravítico	40
Experiência 16: Balão energético	41
Experiência 17: AR comprimido realiza trabalho	42
29. A Potência é o Trabalho a dividir pelo Tempo	42

FísicaProQuiz 43

Vamos Construir Protótipo	44
Veículo com suspensão a ar	45
Garra mecânica	48
Elevador hidráulico	51
Grua rotatória	54
Carro com travões hidráulicos	59
Escavadora	62
Turbina de água	65
Barco a vapor	69
Barómetro	73
Túnel de Vento	76
Planador de cartão	83
Fonte Especial	87
Carro de corrida	90
Grua motorizada	93

Unidade Física de Medida Verso da contra-capla

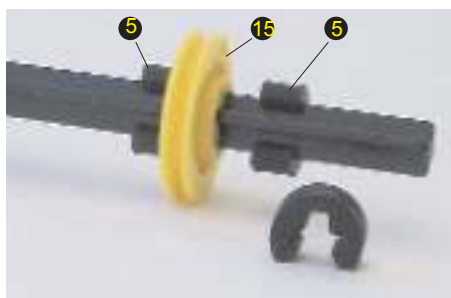
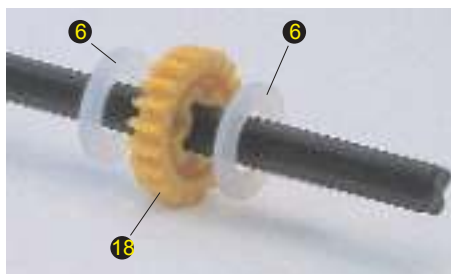
Conteúdo do Kit



1	Pino de botão	40	702527	34	Termómetro	1	702280
2	Pino de junção	12	702524	35	Copo de medida	1	703532
3	Pino de apoio	30	702525	36	Tira de plástico para motor	1	703240
4	Pino de eixo	2	702526	37	Película transparente, recortes	1	703380
5	Travão de eixo	12	702813	38	Casco do barco	1	703519
6	Anilha	12	703242	39	Folha de recortes em cartão	1	703522
7	Moldura grande	4	703239	40	Bomba hidráulica	1	703515
8	Moldura pequena	6	703232	41	Comutador hidráulico	1	703516
9	Vara longa (7 buracos)	6	703235	42	Cilindro hidráulico	4	703378
10	Vara curta (11 buracos)	6	703233	43	Mangueira estreita	1	703500
11	Eixo longo	4	703234	44	Mangueira larga	1	703511
12	Eixo médio	5	703238	45	Eixo XL (extra-longo)	1	703510
13	Eixo curto	1	703236			1	703518
14	Roldana grande	4	702518				
15	Roldana média	4	702519				
16	Roda dentada grande	2	702506				
17	Roda dentada média	4	702505				
18	Roda dentada pequena	7	702504				
19	Base de sustentação	2	703237				
20	Tampa tubular	2	702599				
22	Conector em ponte	2	703231				
23	Lâminas para a turbina	16	702815				
24	Elástico de borracha (grande)	1	703241				
25	Elástico de borracha (médio)	1	703374				
26	Cordão (branco)	1	703244				
27	Balão	1	703531				
28	Rodas	2	703230				
29	Anel de borracha para roldana	2	703251				
30	Chave para remover pinos	1	702590				
31	Manivela	2	703377				
32	Palhinha (vermelha)	2	703513				
33	Pá da escavadora	1	703514				



Estes são as 4 peças pequenas vermelhas: pino de botão ①, pino de junção ②, pino de ligação ③, pino de eixo ④.



Anilha

Utiliza as anilhas para evitar que os motores e as molduras desgastem as rodas dentadas.

Travão de eixo

Utiliza os travões de eixo para evitar que as roldanas deslizem através dos eixos. Podem ser colocados depois da montagem dos modelos.

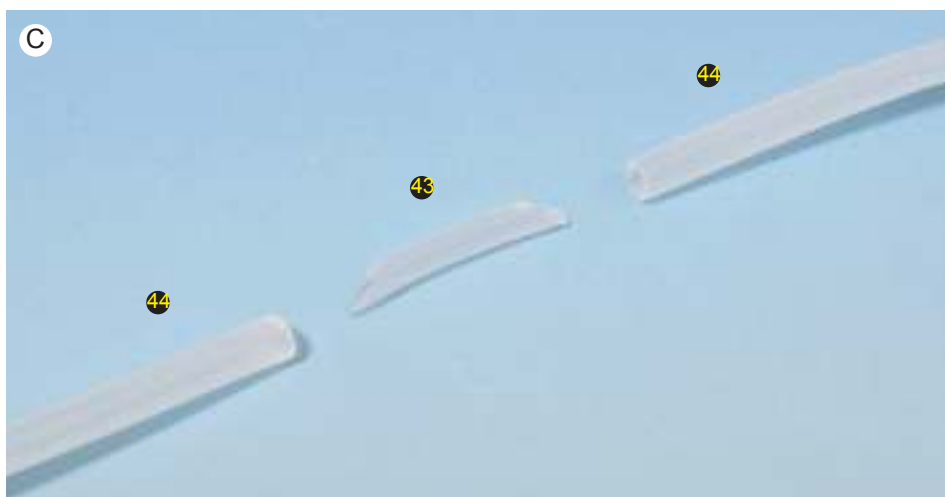
Conselhos no manuseamento das mangueiras



A Para ligar a mangueira estreita à mangueira larga, faz um corte inclinado na extremidade da mangueira estreita e enfia-a na outra mangueira.



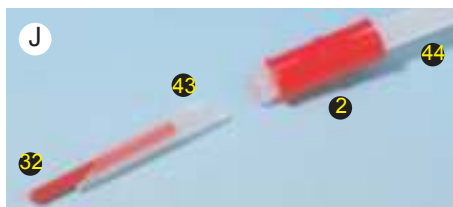
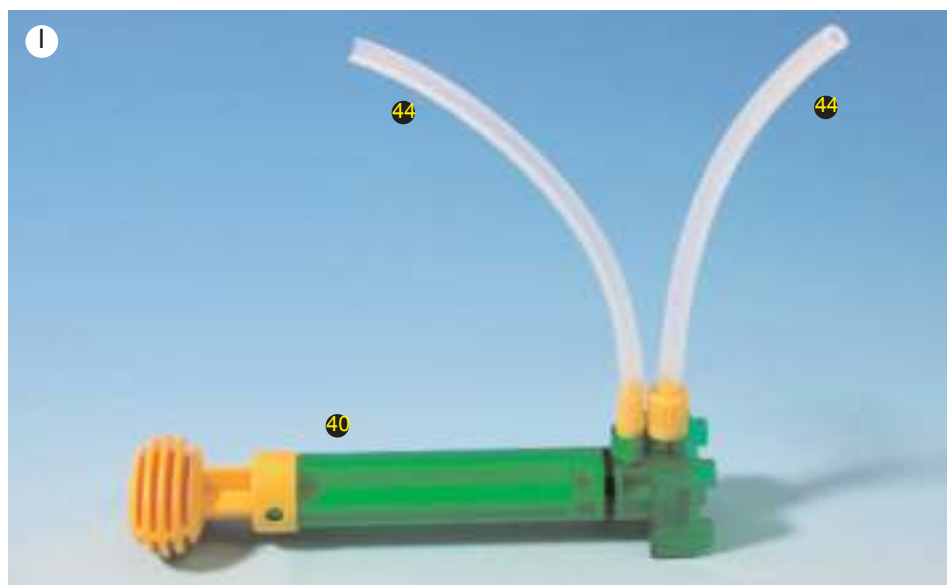
B Para ligar duas mangueiras estreitas, corta em ângulo uma das extremidades de cada mangueira e insere-as num pedaço de mangueira larga.



C Para fazer a ligação entre duas mangueiras largas, utiliza um pedaço de mangueira estreita com as extremidades cortadas em ângulo, e insere-as no interior das duas mangueiras largas.

D Para conseguir dobrar as mangueiras, molha-as com cuidado num pouco de água quente. Cuidado! Não te escaledes com água que está demasiado quente.





E Aqui se apresentam os cilindros 42 hidráulicos e as mangueiras estreitas 43.

F Para encher o cilindro hidráulico com água, submerge-o dentro de água e puxa o pistão.

G Nesta figura exemplifica-se a ligação da mangueira estreita ao cilindro hidráulico, mantendo a água dentro do cilindro. (mantém a extremidade livre tapada com um dedo).

H Eis a montagem completa de dois cilindros hidráulicos e os respectivos tubos. Move os pistões de cada cilindro para perceber como funcionam.

I A bomba hidráulica 40 tem duas entradas de adaptação para mangueiras. Na ligação inferior, a mangueira mais larga é enfiada na ligação de plástico e a rosca amarela é apertada para assegurar que a mangueira não se liberte durante a utilização da bomba. A ligação superior é utilizada para a saída de ar e nela é enfiada outra secção de mangueira larga.

J A palhinha vermelha 32 é inserida no interior da mangueira estreita. Sempre que cortares a palhinha verifica que as extremidades ficam ambas bem abertas. A mangueira mais larga é fixa com um pino de junção 2.

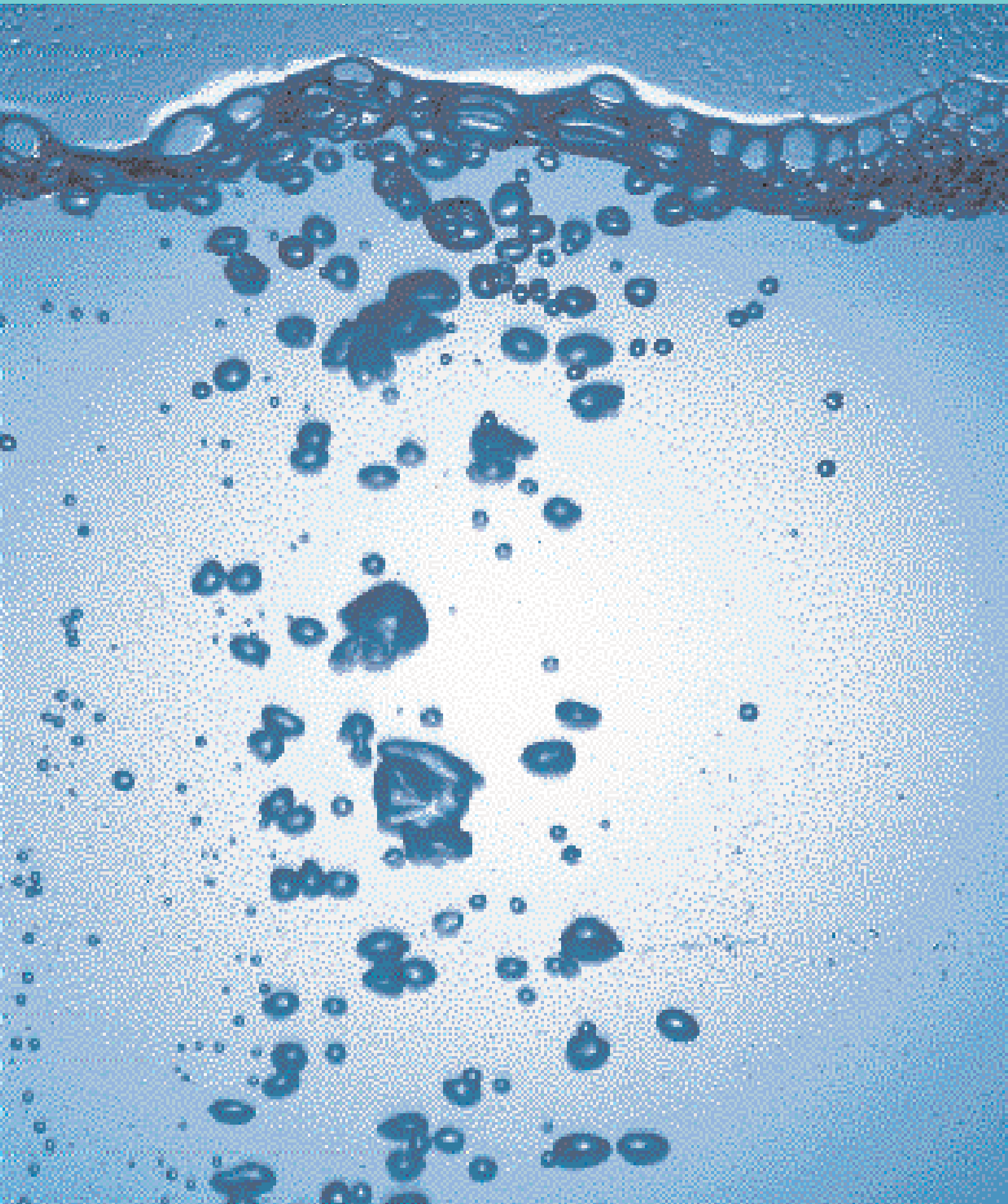
K Esta figura ilustra um tubo completo, com o pino de junção inserido numa moldura 7 ou 8.

L As extremidades das mangueiras podem ser seladas com as tampas tubulares 20. O lado mais curto adapta-se à mangueira mais larga, e o lado mais comprido, na mangueira estreita.

M Este é o comutador hidráulico. Irás aprender como funciona na página 22.

COMPARANDO O AR E A ÁGUA

Esta secção vai abordar as propriedades do ar e da água. Iremos investigar como se comportam estas duas substâncias, as suas semelhanças e as suas diferenças.



Palavra Chave

De que é feito o ar?

O ar na nossa atmosfera consiste numa mistura de diversos gases. Na região mais próxima da superfície da Terra, é constituído por 78 % de Azoto (N ou N_2), 21 % de oxigénio (O_2), 0,9 % de um gás raro chamado árgon (Ar), e por outros gases em concentração menor incluindo-se o dióxido de carbono (CO_2). A quantidade de vapor de água, ou humidade relativa, presente no ar, varia. A humidade relativa é também medida em percentagem.

Palavra Chave

Os três estados de agregação

O que é que faz um corpo ser sólido líquido ou gasoso? Todos os materiais são constituídos por moléculas e átomos (ou iões). Entre eles, existem forças de atracção que os mantêm unidos de alguma maneira. Estas forças são designadas por poder de coesão. A coesão, nos corpos sólidos, é tão forte que faz com que os corpos mantenham uma determinada forma e um determinado volume.

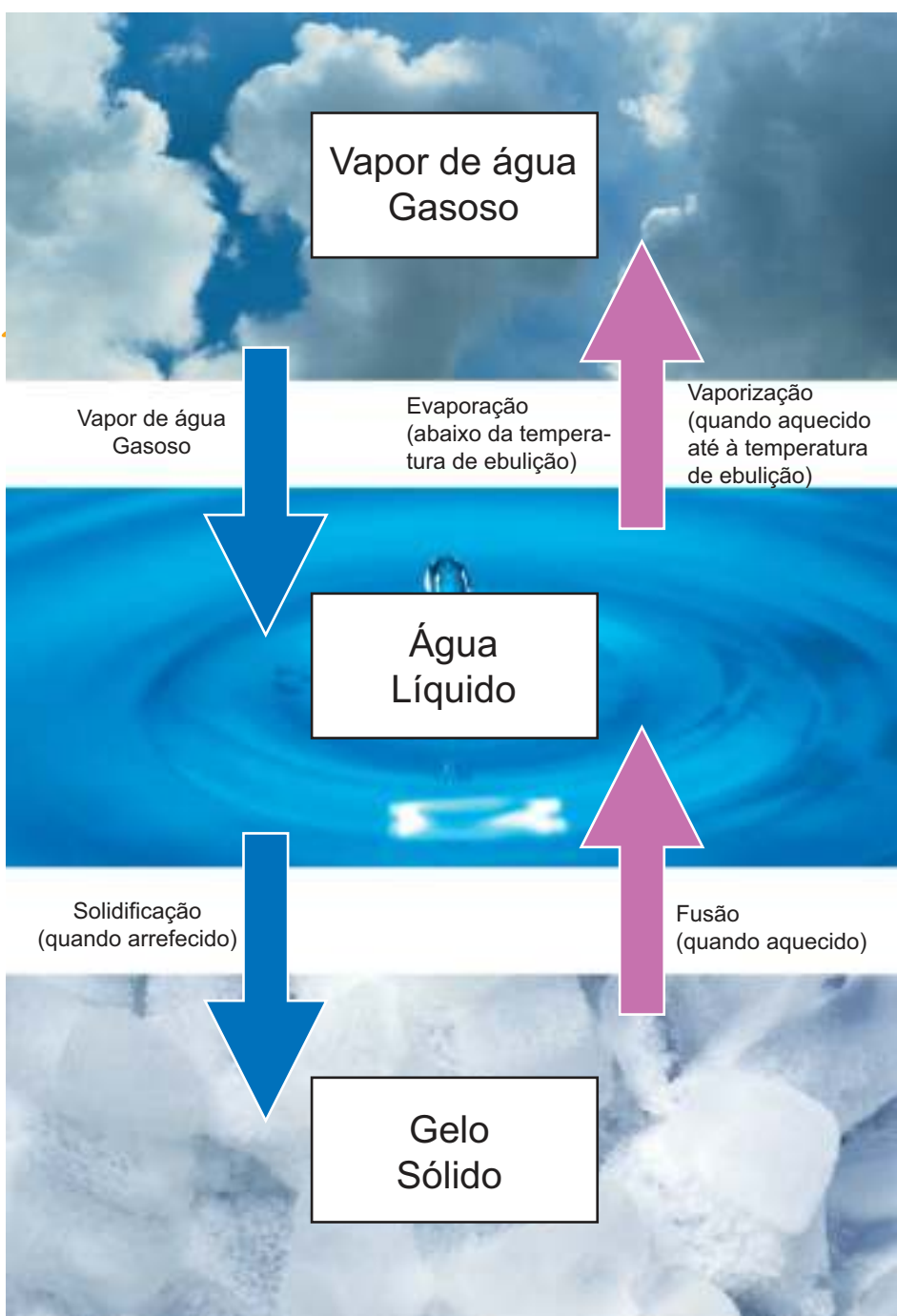
As moléculas nos líquidos também se mantêm unidas através da coesão, mas conseguem mover-se umas relativamente às outras. Por este motivo, os líquidos não adquirem uma forma específica e assumem a forma do recipiente que os contém, seja este um copo ou mesmo os fundos dos oceanos. Os líquidos mantêm também o seu volume.

No caso dos gases (o ar por exemplo), a coesão é muito fraca. Do mesmo modo que os líquidos, os gases assumem a forma do recipiente que os contém, como acontece nos nossos pulmões ou num balão. Os gases acabam por preencher sempre o espaço que têm disponível, pelo que o volume que preenchem não é constante.

1. Sobre os corpos sólidos, líquidos e gasosos

Se bateres com força o teu punho sobre uma mesa, não afectas muito a mesa. Não só não danificas a mesa como te arriskas a magoar no embate. Se por outro lado, tentares esmurrar uma bacia com água, esta desloca-se e salpica, e a tua mão rapidamente ficará molhada com água. Durante a imersão da mão poderás sentir alguma resistência. Se agora tentares esmurrar o ar, praticamente não sentes resistência alguma.

Nestes três exemplos a tua mão interacciona com três tipos de corpos diferentes, e em cada caso a resistência que experimentas é também diferente. A mesa é um corpo sólido. A água é um corpo líquido e o ar é um corpo gasoso (gás). De uma maneira geral os corpos podem ser diferenciados através destes três estados: sólido, líquido ou gás. Com isto quer-se dizer que cada objecto tem propriedades físicas características quando sobre ele actua alguma força. Estes três estados são normalmente designados por estados de agregação. As diferenças são devidas às diferentes forças de atracção existentes entre os átomos e moléculas que constituem os materiais.



Os três estados de agregação da água. A temperatura de ebulição depende da pressão atmosférica. A água entra em ebulição a 100 °C apenas à pressão atmosférica normal. A temperatura de solidificação do gelo é de 0 °C. A pressões muito elevadas (como por exemplo debaixo de um patim de gelo) a temperatura de solidificação é ainda menor.

Água ou ar: Qual consegue suportar maior pressão?

Tanto a água como ar, são fluidos e assumem a forma do recipiente onde estão colocados. No entanto têm algumas diferenças significativas, que iremos começar a explorar nesta primeira experiência.

1

Experiência



Água e ar sobre pressão.

Precisas de: 1 copo de medida ³⁵, 1 cilindro hidráulico ⁴² e água.

Suga o ar do cilindro hidráulico, puxando o manípulo totalmente para fora. Mantém um dedo a tapar o orifício para a mangueira e tenta voltar a empurrar o pistão para dentro do cilindro. Repara que consegues deslocar um pouco o pistão até que se torna demasiado difícil. Retira agora o dedo e empurra o pistão até ao fim do cilindro.

Agora enche o cilindro hidráulico com água, imergindo o cilindro dentro de um recipiente com água. Agora retira o cilindro, coloca-o na horizontal, virado para cima (vê a figura), e pressiona ligeiramente o pistão para expulsar o pouco ar existente e até um pouco de água. Agora, tapa novamente o orifício e repete a experiência. Consegues empurrar até onde o teu pistão? Nada, certo?



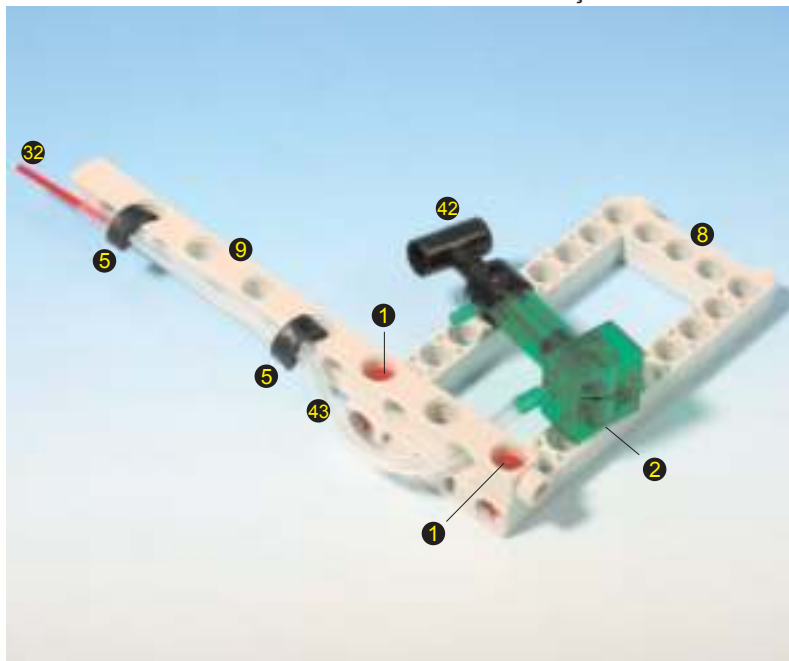
O ar pode ser comprimido mas a água não (ou pelo menos, quase nada)

Uma vez que a água praticamente não é compressível, ou seja não consegue ser comprimida, pode ser facilmente deslocada através de uma bisnaga. Podes experimentar isto mesmo com uma pistola de água:

Pistola de água

Monta a pistola de água, tal como está ilustrada na figura em baixo. Sugestão: se cortares um pedaço pequeno da palhinha, certifica-te que a extremidade não fique fechada. Abre-a com um pino. Insere a extremidade da pistola num recipiente com água e enche o cilindro de água puchando o manípulo para fora. Depois só tens que pressionar

no manípulo para obter um esguicho de água. Se quiseres esguichos mais fortes, pressiona brevemente e poucas vezes o manípulo, mas com alguma força. Um fluxo fino de água será expulso. Experimenta agora fazer o mesmo com ar, colocando a tua mão à frente da pistola para sentires a potência do teu "tiro" de ar. Consegues sentir a diferença?



Palavra Chave

Uma breve lição sobre a água

A água é um composto constituído por hidrogénio e oxigénio. A sua fórmula química é H_2O . 97 % da água existente no nosso planeta é água salgada dos oceanos. Os oceanos cobrem 70,8 % da superfície da Terra. A maior parte da água doce existente (uns bons 2 % da quantidade total de água) está nos gelos polares e nos glaciares.

Precisa de:

- | | |
|--|---------------|
| 2 pinos de botão | ¹ |
| 1 pino de junção | ² |
| 2 travões de eixo | ⁵ |
| 1 moldura pequena | ⁸ |
| 1 vara longa | ⁹ |
| 1 pedaço de palhinha (2 cm) | ³² |
| 1 copo de medida | ³⁵ |
| 1 cilindro hidráulico | ⁴² |
| 1 pedaço de mangueira estreita (20 cm) | ⁴³ |
| água | |



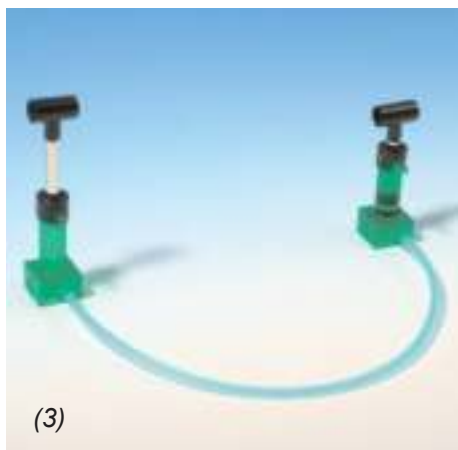
(1)

Mantém o cilindro hidráulico dentro de água e suga o ar que está no seu interior.



(2)

Retira o restante ar existente no cilindro desta maneira montando a mangueira.



(3)

Ambos os cilindros estão ligados com uma mangueira cheia de água.

Com uma carga de água suficiente, o esguicho de água que sai da pistola consegue atingir distâncias grandes. Quando utilizas ar, pelo contrário, verificas que só consegues sentir o esguicho de ar quando tens a pistola muito próxima de ti. O ar é elástico. Devido à característica incompressível da água, a água pode ser utilizada para transmitir forças através de um tubo. As forças podem ser utilizadas para produzir trabalho no outro extremo do tubo de uma forma controlada.

2

Experiência



Transmissão de força através de um tubo longo.

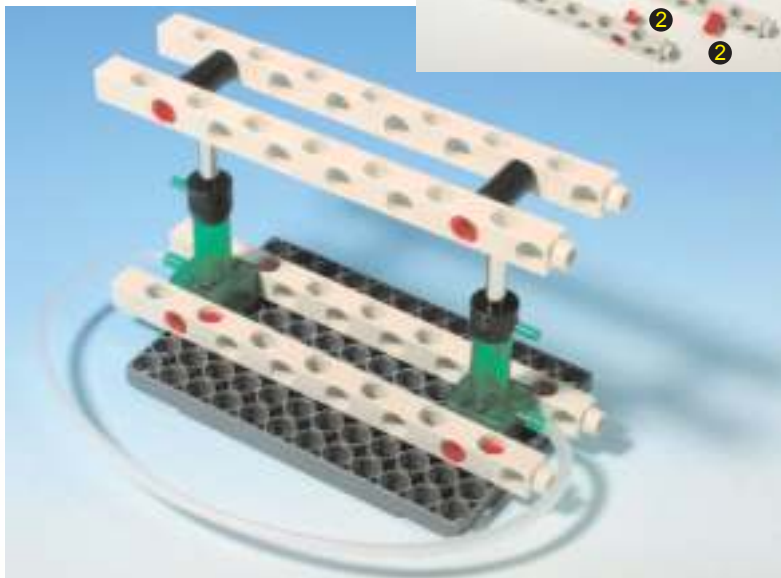
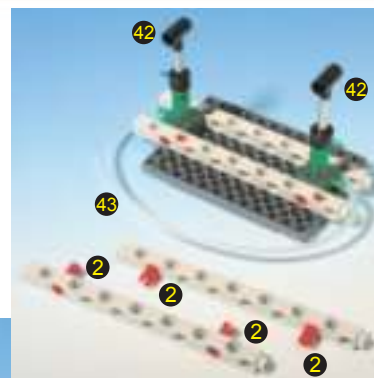
Precisas de: 4 pinos botão ① 4 pinos de junção ② 2 varas longas ⑨, uma base de sustentação ⑩, 2 cilindros hidráulicos ④, 1 pedaço de mangueira estreita ④ com perto de 20 cm, um copo com água.

(1) Em primeiro lugar, retira todo o ar existente nos cilindros hidráulicos: segura um dos cilindros dentro de água com os orifícios de conexão abertos. Puxa e empurra várias vezes o manípulo até que deixem de aparecer bolhas de ar. Termina, empurrando para dentro o manípulo. Coloca agora a mangueira na saída inferior do outro cilindro. Coloca a extremidade livre da mangueira dentro de um copo ou recipiente com água e suga alguma água. (2) Ainda haverá um pouco de ar dentro do cilindro e na mangueira. Poderás retirar este ar mantendo o cilindro ao contrário depois de puxado o manípulo até ao fim, e mantendo a extremidade da mangueira para cima. Empurra lentamente o pistão e verás algumas bolhas de ar a deslocar-se lentamente até à saída. Repete este processo até que apenas seja água a sair da mangueira e deixa o pistão completamente puxado para fora. (3) Insere a extremidade livre da mangueira no primeiro cilindro. Um dos pistões está completamente inserido no interior do cilindro, e outro está puxado para fora. Fixa os dois cilindros na base, tal como se exemplifica na figura em baixo. Agora, empurra e puxa sucessivamente um dos manípulos e verás o outro manípulo a deslocar-se simultaneamente e percorrendo a mesma distância. Desta maneira podes construir um baloiço “sobe-e-desce” que funciona sem ter um eixo central de rotação.

Sobe e desce sem eixo de rotação

Precisas ainda de: 4 pinos de junção ② e duas varas longas ⑨.

Empurra para baixo uma extremidade do baloiço: a outra extremidade subirá a mesma distância que a primeira percorreu a descer.



O ar, tal como os outros gases, pode ser comprimido, sendo por isso compressível. Por outro lado, a água e outros líquidos não conseguem ser (muito) comprimidos, sendo por isso normalmente designados por incompressíveis. Deste modo, a água não pode ser esticada ou empacotada ao contrário do que se verifica nos gases. Vais ver agora como podemos criar um espaço 90 % livre de ar, ou por outras palavras, criar vazio com este kit de experiências.

3

Experiência



Criar uma atmosfera mais rarefeita de ar

Precisas de: 1 bomba hidráulica 40, 1 recipiente para água e água.

(1) Empurra completamente o pistão da bomba para dentro, de modo a retirar todo o ar que está contido no seu interior. Agora, coloca o dedo a tapar a saída de adaptação superior e puxa com força o pistão. O pistão consegue ser puxado, mas a resistência aumenta consideravelmente. Se largares o pistão, verificas que ele automaticamente volta de novo para dentro. Fizeste dentro da bomba vazio, ou seja a pressão do ar é bastante inferior à que existe no exterior. (2) Para te convenceres melhor, puxa novamente o pistão, submerge a bomba dentro do recipiente com água e destapa a saída de adaptação: a água de imediato entra dentro da bomba enchendo-a quase toda. O volume ocupado pela água, está relacionado com a quantidade de ar que sugaste para fora. No primeiro passo desta experiência, verificaste a existência de uma força que forçou o pistão a entrar dentro da bomba, e no segundo passo, a mesma força forçou a água a entrar dentro da bomba. Esta força está relacionada com a chamada pressão atmosférica, que irás compreender melhor mais tarde (página 25)



Devido à diferença de pressão no exterior e no interior da bomba, a água é sugada para dentro da bomba.

3. As densidades do Ar e da Água

Existem ainda outras diferenças entre o ar e a água: A água é mais pesada que o ar. Um litro de água pesa exactamente 0,9982 kg `temperatura de 20 ° C; 1 litro de ar pesa apenas 0,001293 kg, ou seja, 1 m3 (ou 1000 L) de ar pesam 1,293 kg. Com isto queremos dizer que a água e o ar têm diferentes densidades.

As substâncias são caracterizadas pela sua densidade, ou seja a massa que possuem num dado volume, sendo normalmente expressa a densidade em kg/dm³ (1 dm³ equivale a 1 litro, pelo que representa a massa de um corpo que ocupa um volume de 1 litro). Para um mesmo volume, quanto maior for a massa, maior é a sua densidade. A massa dos corpos é uma grandeza física relacionada com a resistência que oferecem à variação do seu estado de movimento, ou seja, à sua inércia.

A massa de um corpo é uma propriedade do corpo que se mantém inalterada independentemente da sua posição, seja na Terra ou noutro ponto do espaço. As massas atraem-se umas às outras, tal como no caso da Lua e dos satélites que são atraídos pela Terra, ou mesmo a água e o ar atmosférico. Esta força de atracção é a força gravítica à superfície da Terra. Quanto mais pesado é um corpo, maior é a sua massa. Peso e massa são dois conceitos diferentes em física. O peso representa a força gravítica que é exercida sobre o corpo, e é proporcional à sua massa. Um corpo que possui 1 kg de massa, apresenta na Terra um peso de 9,8 N, mas apresentará diferentes pesos noutros planetas dependendo da força de atracção exercida sobre ele: $P = m \times g$, onde g representa a aceleração gravítica, ou gravidade, que na Terra é de 9,8 m/s².



**Palavra
Chave**

**O que é a
Força?**

A unidade de medida da força é o Newton, abreviado pela letra N. Este nome foi dado em homenagem a um cientista inglês Isaac Newton (1643-1727) que formulou as famosas leis da mecânica. 1 Newton representa a força que, actuando durante 1 segundo, permite aumentar (ou diminuir) de 1 m por s a velocidade de um corpo com uma massa de 1kg. Por outras palavras é a força necessária para imprimir uma aceleração de 1 m/s² num corpo com uma massa de 1 kg. Em forma de equação podemos escrever da seguinte forma:

$$1N = \frac{1kg \cdot m}{s^2}$$

Vais precisar de:

- 1 pino de junção **2**
- 2 pinos de ligação **3**
- 1 anilha **6**
- 1 vara longa **9**
- 1 elástico de borracha **24**
- 1 folha de recorte **39**

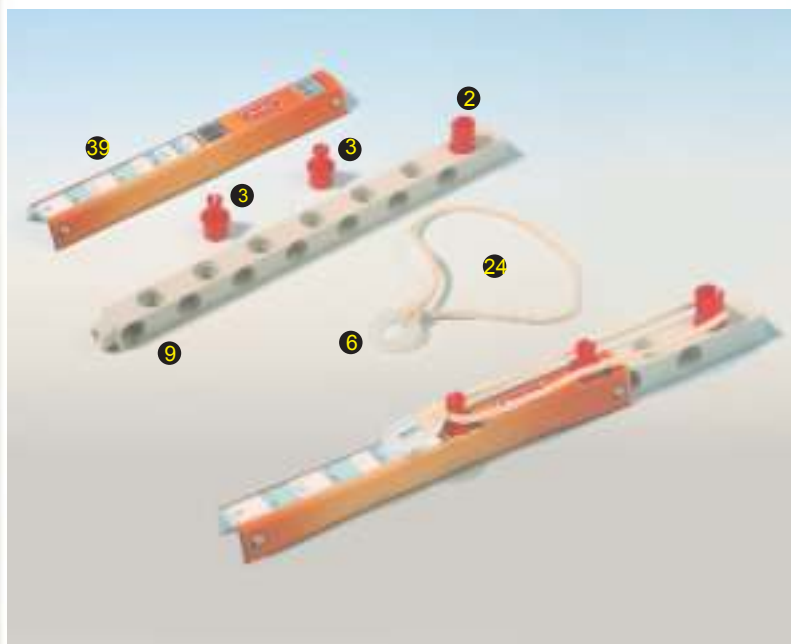


O teu dinamómetro pode medir o peso de uma garrafa, ou a força com que esta puxa o elástico.

Dinamómetro – Aparelho para medir forças de 0 a 2 N

Este dinamómetro mede forças entre 0 e 2 N. Puxa o elástico e verifi-

fica o valor na escala de papel. Desta maneira poderás ter uma noção da “intensidade” da unidade de medida que é o Newton.



É difícil imaginar o peso do ar. Na próxima experiência vais poder medir o peso do ar e verificar que de facto

4

O ar é invisível mas possui peso



Valores de densidade de algumas substâncias (sólidas e líquidas) em kg/dm³

Madeira	0,4-0,7
Gasolina	0,75
Água	1,0
Nylon	1,1
Areia	2,0
Alumínio	2,7
Ferro	7,5
Ouro	19,3

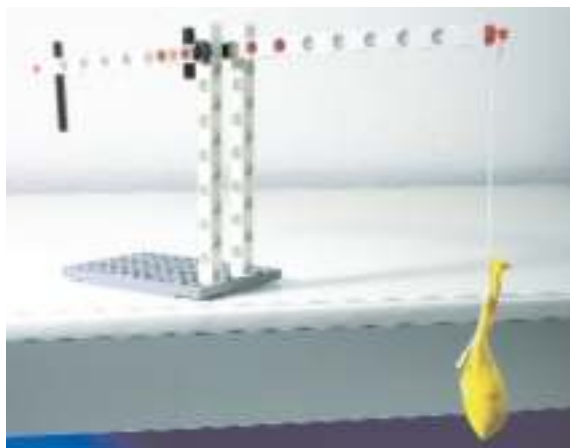
Valores de densidade de algumas substâncias gasosas em kg/m³

Hidrogénio	0,09
Ar	1,23
Oxigénio	1,4
Azoto	1,25

Pesar ar

Precisas de: 4 pinos botão **1**, 2 pinos de ligação **3**, 1 travão de eixo **5**, 4 varas longas **9**, 1 vara curta **1**, 2 eixos médios **12**, 1 base de sustentação **19**, cordel (20 cm) **26** e 1 balão **27**

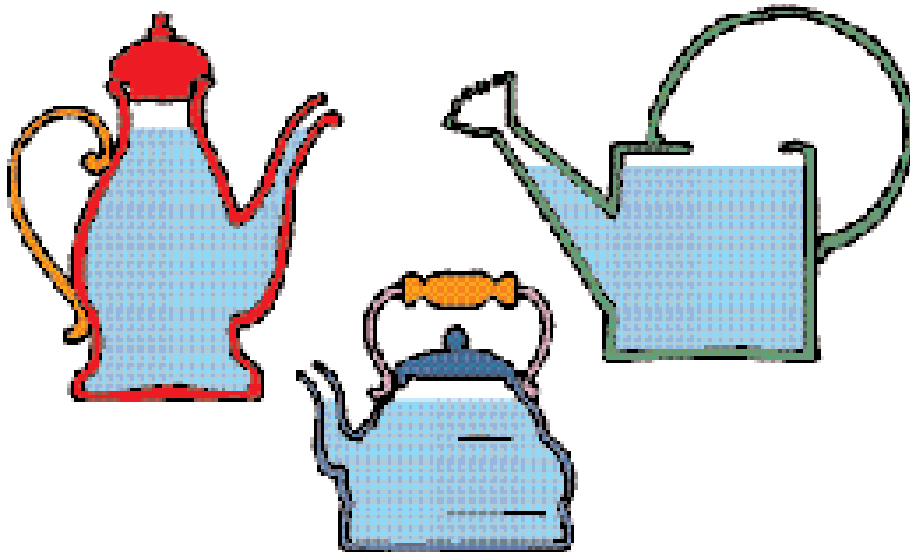
Monta a grua que se apresenta na figura. Dá um nó simples com a extremidade do cordel no “pescoço” de um balão vazio. Ata a outra extremidade do cordel na extremidade da tua grua. Coloca os eixos e as varas de modo a tentar equilibrar os braços da tua balança. Agora, enche o balão e dá um nó na extremidade. Coloca-o novamente na balança. Como interpretas o resultado da experiência? À primeira vista dirás que ela mostra que o ar que está dentro do balão tem peso! Como perceberás mais tarde, quando se discutir a impulsão, esta experiência só mostra que o ar que está comprimido no interior do balão pesa mais que o que está cá fora. De qualquer maneira, esta experiência acaba por demonstrar que o ar tem peso!



O peso do ar

4. A gravidade ajuda a nivelar superfícies

Vamos agora tratar de uma propriedade partilhada por várias substâncias para além do ar e da água. Tanto o ar como a água são atraídos pela Terra, estando submetidas à força da gravidade. Como já te explicámos, os gases ocupam totalmente o espaço que os contém, pelo que se adaptam ao volume disponível. Podemos tornar uma atmosfera mais rarefeita ou mais “concentrada”, com mais pressão. Os líquidos também assumem a forma do contentor, mas mantendo sempre o mesmo volume. A força da gravidade atrai as moléculas de água para o centro da Terra de tal forma que a água vai adquirir a forma do recipiente de modo a aproximar-se o mais possível do centro da Terra. Por esta razão a superfície da água é sempre uma superfície plana e horizontal que define um determinado nível (excepto muito próximo das paredes do recipiente, onde a água parece “querer subir” por efeito da chamada tensão superficial. Mesmo quando o recipiente possui partes em que a superfície não é constante, como no caso de uma chaleira por exemplo, o nível horizontal da água é o mesmo tanto no corpo da chaleira como no “pescoço”. Esta situação está exemplificada na figura seguinte.



A superfície livre de um líquido orienta-se sempre horizontalmente, quando está sujeito à força da gravidade, ou seja, o nível da superfície é sempre horizontal. Quando temos um recipiente com diferentes partes que comunicam entre si, o líquido vai ocupar o volume necessário do recipiente, mantendo sempre o mesmo nível horizontal. Na física, mais propriamente na hidroestática, estes recipientes são descritos pelo termo: vasos comunicantes.

5

Experiência

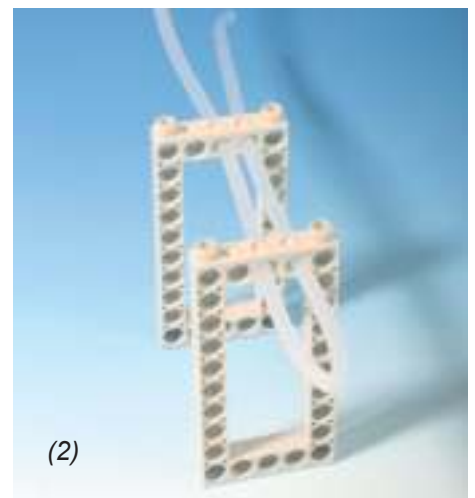
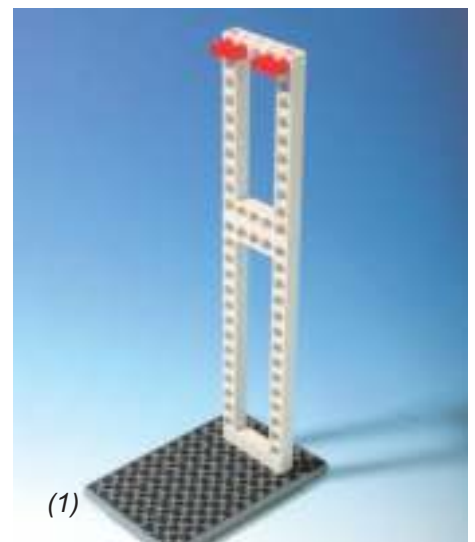


A água em vasos comunicantes

Precisas de: 4 pinos de junção ②, 1 moldura grande ⑦, 3 molduras pequenas ⑧, 1 base de sustentação ①⑨, 1 copo de medida ④⑤, 1 pedaço de mangueira grossa (com cerca de 60 cm) ④④ e água.

Guia a mangueira através dos espaços entre os pinos da tua estrutura, tal como ilustrado. Depois solta uma das extremidades e insere-a dentro de um copo com água. Com a tua boca, suga um pouco de ar através da outra extremidade até que tenhas água suficiente dentro da mangueira, de modo a que o nível horizontal fique a meia distância entre as duas molduras horizontais (caso tenhas retirado demasiada água, sopra ligeiramente até teres a quantidade pretendida). Tenta que não se formem bolhas de ar misturadas na água, no interior da mangueira. Insere novamente a extremidade livre da mangueira na posição correcta, entre os pinos, e observa o nível de água nos dois lados. Inclina agora a tua estrutura para um dos lados e observa o que acontece ao nível de água.

Podes constatar que nos dois lados da mangueira, o nível de água é igual, independentemente da posição ou inclinação da tua estrutura. Repara também que a superfície da água é ligeiramente côncava pois adere às bordas da mangueira. O princípio que está por detrás dos vasos comunicantes vai também ser utilizado na próxima experiência, que irás construir.



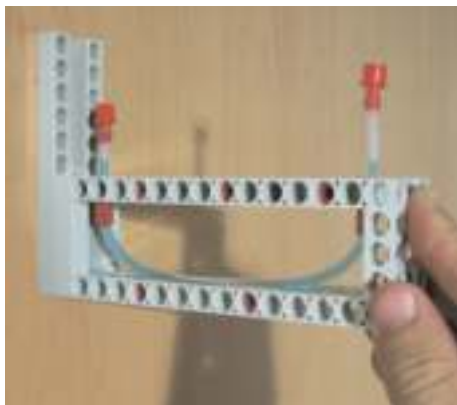
Monta a estrutura e fixa a mangueira com água entre os pinos de junção.

Precisas de:

- 5 pinos botão 1
- 2 pinos de junção 2
- 4 pinos de apoio 3
- 2 molduras grandes 7
- 1 vara longa 9
- 2 varas curtas 10
- 1 pedaço de mangueira estreita com 28 cm 4



Como medir o desnível numa superfície inclinada



Medir o nível de uma superfície perpendicular (90°), ou vertical.



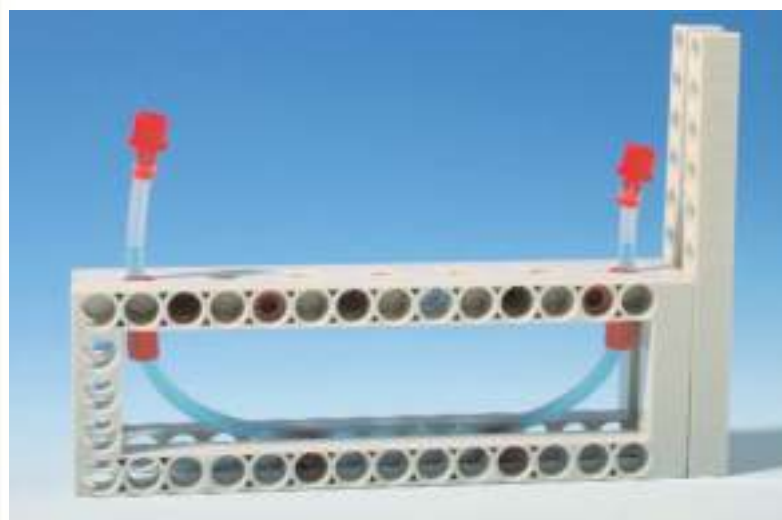
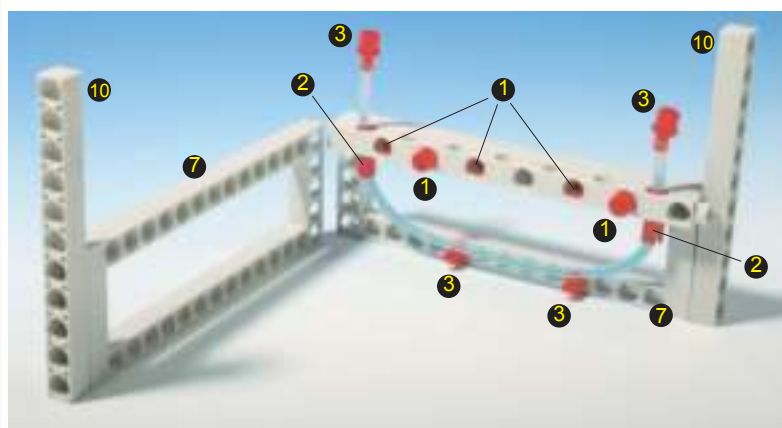
Os indicadores de nível são ferramentas muito úteis utilizadas pelos engenheiros, arquitectos, empreiteiros e diferentes artesãos.

Indicador de nível

Monta a estrutura seguinte. Puxa a mangueira de modo a teres um pouco de folga para a poderes encher de água. Suga um pouco de água com a tua boca, para a mangueira, tapando depois com a língua a extremidade da mangueira. Tapa a outra extremidade com um dedo. Volta a colocar a mangueira de modo que fique apoiada sobre os pinos de apoio, na zona inferior da estrutura. Podes retirar alguma água inclinando a estrutura. Certifica-te que o nível de água se mantém pouco acima da moldura. Junta depois as duas molduras. Molha agora o palito num pouco de tinta ou corante e insere-o nas duas extremidades. Podes inclinar um pouco a estrutura para que a água fique uniformemente colorida. Novamente com o palito, molha

num pouco de detergente e volta a inseri-lo nas extremidades. Este passo irá fazer com que a superfície livre da água se mantenha perfeitamente horizontal, sem aderir à mangueira (no fundo, perde tensão superficial). Por fim, insere os pinos de apoio em cada extremidade da mangueira, enfiando-os. O ar deverá circular pelo que tenta não empurrar demasiado os pinos para dentro da mangueira.

Podes utilizar este indicador de nível para determinar a perpendicularidade de várias superfícies, encostando o lado mais curto da estrutura contra a superfície a analisar. Este lado está a 90° do lado mais comprido, pelo que se os níveis nos dois lados são iguais, a superfície que estás a analisar é perfeitamente vertical.



Este indicador de nível é semelhante aos que são utilizados na construção civil para testar se as paredes de uma casa estão à mesma altura, se estão inclinadas etc. O seu funcionamento tem por base o princípio dos vasos comunicantes.

O tipo mais comum de indicador de nível, possui água com algum corante e uma bolha de ar. Uma vez que o ar é mais leve do que a água, a bolha tende a vir para cima. Quando o indicador está numa superfície horizontal, a bolha vem para cima e fica exactamente no centro, entre duas marcas verticais.



5. Capilaridade: a atracção entre tubos finos

Quando temos vasos comunicantes, o nível de água encontra-se sempre à mesma altura. Será que esta afirmação é sempre correcta? Vamos agora realizar uma experiência que irá demonstrar que nem sempre isso acontece.

O fenómeno da capilaridade assegura que a água chegue até às copas das árvores, subindo desde as raízes que estão enterradas na terra.

6

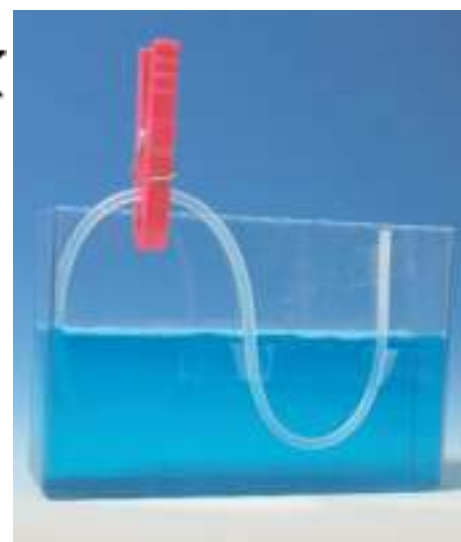
Água pegajosa



Atracção Capilar

Precisas de: 1 pedaço de mangueira estreita com o comprimento que desejares
43 , 1 recipiente transparente e grande, água e 1 mola da roupa.

Enche o recipiente com água limpa. Insere metade da mangueira dentro de água. Depois, mantendo sempre uma das extremidades da mangueira imersa na água, suga com cuidado algum ar, permitindo que o tubo se encha com alguma água. Tapa a extremidade por onde sugaste o ar, com um dedo, e coloca-a virada para cima no lado de fora do recipiente. Liberta o dedo. O recipiente e a mangueira estão interligados com água, mas no entanto o nível de água na mangueira está mais elevado que o nível no recipiente.



No lado direito, o nível da água é superior devido à capilaridade.

Este fenómeno é designado por capilaridade, ou atracção capilar, entre os líquidos e os sólidos. De onde surge? As moléculas de água e as moléculas do recipiente atraem-se mutuamente. Esta força de atracção, a adesão, resulta em que a água tende a ser puxada para cima na superfície do recipiente. Quanto mais estreito for o recipiente, mais próximas estão as moléculas de água da superfície, e maior será a força de atracção. Em tubos muito finos, chamados de capilares, a elevação da água pode ser muito acentuada. Este fenómeno também pode ser observado se molhares a ponta de um lenço em água: verificas que a água tende a subir gradualmente através do lenço.



Estes rolamentos permitem que as pontes possam se expandir no verão, sem riscos de colapso.

6. Todos os objectos “crescem” com o calor

Já alguma vez viste uma garrafa de sumo a explodir devido ao calor do sol? Se não viste, fica sabendo que uma garrafa completamente cheia e fechada pode de facto explodir. Por esta razão, na maior parte dos casos, as garrafas não são cheias até ao topo, deixando-se sempre um espaço livre entre a tampa e o líquido que contém. Quando o sumo é aquecido, irá ocupar mais volume, e por esta razão se deixa um espaço com ar: o ar pode ser comprimido e “absorver” a pressão da expansão do líquido. Todos os corpos expandem sob a acção de calor: os sólidos e os líquidos expandem pouco mas os gases conseguem expandir bastante mais. Vais poder verificar isto mesmo na seguinte experiência.

7

Experiência



Palavra
Chave

**Expansão
Térmica**

O calor, é uma forma de energia. As moléculas que constituem os objectos estão em constante movimento. Nos corpos sólidos, estas movem-se em torno de uma posição fixa. Nos líquidos, as moléculas movem-se em relação a uma posição vizinha, que pode variar de um momento para o outro. De vez em quando, chegam mesmo a colidir umas com as outras. Nos gases, não existe coesão, as moléculas estão em movimento aleatório e colidem constantemente umas com as outras. Quando as substâncias são aquecidas, o movimento das moléculas é acentuado. As distâncias típicas entre os átomos e moléculas aumentam, e por esta razão precisam de mais espaço: ocorre uma expansão. Os sólidos expandem menos que os corpos nos estados líquido e gasoso. A expansão nos líquidos é mais acentuada que nos sólidos, e menos acentuada que no caso dos gases. Por exemplo, 1 litro de água (1 dm³) aquecida desde 20 °C até 30 °C origina um aumento de volume de 2 cm³. Em contraste, 1 litro de ar (1 dm³) expande com um aumento no volume de 36 cm³, desde que as condições de pressão se mantenham. Este aumento é de cerca de 20 vezes o sentido com a água. A temperatura não é o mesmo que o calor. A temperatura indica o estado de aquecimento, e é uma medida da agitação média das moléculas.

O ar expande-se mais do que a água

Vais precisar de: 4 pinos de junção ², 2 molduras grandes ⁷, 2 molduras pequenas ⁸, 1 base de sustentação ¹⁹, 1 copo de medida ³⁵, 1 pedaço de mangueira de 40 cm ⁴⁴ e água.

Suga um pouco de água na mangueira, tal como fizeste na experiência 5, refazendo a montagem. Envolva uma das extremidades da mangueira com a tua mão, de modo a aquecer o ar que está no interior. Com o polegar, tapa a saída para impedir que o ar se escape pela extremidade. Após alguns segundos poderás ver que o nível de água na outra extremidade fica mais elevado do que na extremidade que estás a segurar. O que acontece, é que o ar quando aquece expande-se e empurra a água.

Agora, repete a experiência enchendo a mangueira praticamente toda e aquecendo também uma das extremidades com a tua mão. Podes ver que o nível de água em cada ramo é igual, tanto no ramo que está aquecido como no outro. Na realidade até pode subir um pouco, mas o desnível é muito inferior. O ar estando aquecido tende a ocupar um espaço bastante superior do que a água.



A mão a envolver a mangueira, aquece o ar resultando na sua expansão.

O Ar e a Água sob Pressão

Neste capítulo vais aprender o que é a pressão, como é que podemos aumentar a intensidade das forças recorrendo a macacos hidráulicos, porque é que alguns objectos flutuam na água, de onde vem a pressão atmosférica e como é que os gases se expandem





Nesta figura mostra-se como medir a pressão de um pneu de bicicleta: 2 bar = 200 kPa.

7. A pressão é força por unidade de área

Em cada posição específica num líquido ou gás – incluindo obviamente a água ou o ar – existe uma determinada pressão. Vamos primeiro dar uma definição pouco precisa sobre o que é a pressão: Existe pressão sempre que uma força está distribuída sobre uma determinada área. Quanto maior for a área ou a superfície onde a força está aplicada, menor será a pressão e vice-versa.

Como é que um físico poderá definir mais correctamente o conceito de pressão? A pressão é a razão entre a força exercida perpendicularmente a uma superfície e a área desta superfície. Por outras palavras, é a força por unidade de área, sendo descrita pela seguinte equação:

$$P \text{ (pressão)} = \frac{F \text{ (força)}}{A \text{ (Área)}}$$

A unidade de pressão é o pascal (Pa) que pode ser definido da seguinte maneira:

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

A Força vem indicada em Newton (N) e a área da superfície em metros quadrados (m^2). Se uma força de 10 N actua sobre uma superfície com 5 m^2 então cada metro quadrado da superfície é actuado por $1/5$ da força, ou seja a pressão experimentada é de 2 N/m^2

$$P = \frac{10 \text{ N}}{5 \text{ m}^2} = 2 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 2 \text{ Pa}$$

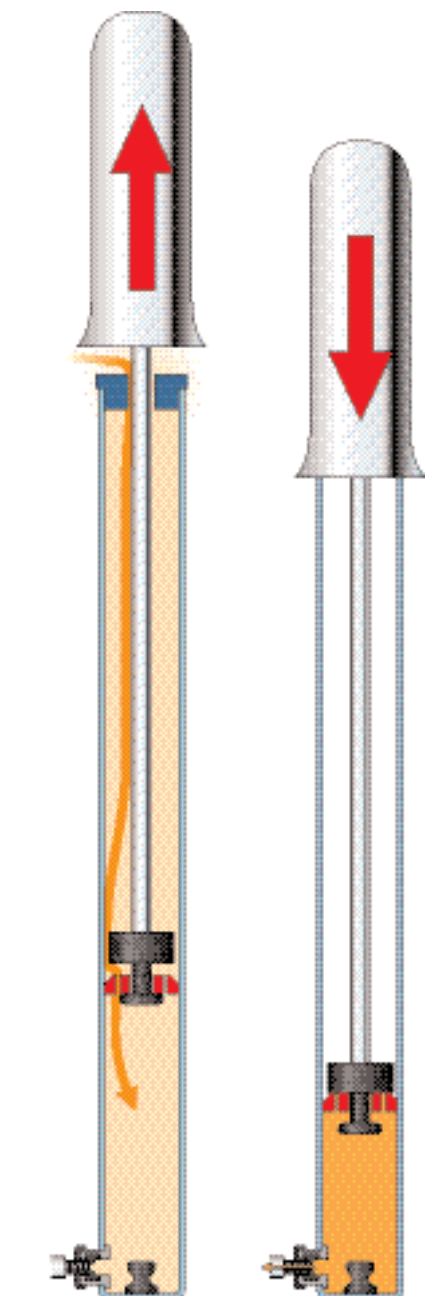
Quando queremos encher um pneu de uma bicicleta, utilizamos uma bomba. E o que é que faz a bomba? A bomba transfere a força do teu braço através do manípulo da bomba, para um pistão que comprime o ar que foi sugado para a câmara interior da bomba. Dentro da câmara, o ar está todo à mesma pressão. Esta pressão, empurra o ar para dentro da câmara-de-ar do pneu através de uma válvula. Esta válvula assegura que o ar só poss fluir numa única direcção (da bomba para o pneu). O pneu (ou a câmara-de-ar) só receberá ar, se estiver a uma pressão inferior à que existe na bomba, pois o ar desloca-se sempre das altas para as baixas pressões. À medida que vais enchendo o pneu, verificas que se torna cada vez difícil empurrar o manípulo, pois a pressão no interior do pneu começa a ficar mais próxima da que consegues imprimir na tua bomba. Vamos assumir que consegues bombear, exercendo uma força de 100 N esta força corresponde a suportar um corpo com 10 kg e vamos assumir também que o pistão tem uma área de 5 cm^2 ou $0,0005 \text{ m}^2$. Neste caso a pressão que consegues obter é de:

$$P = \frac{100 \text{ N}}{0,0005 \text{ m}^2} = 200.000 \text{ Pa}$$

Para facilitar a descrição desta pressão, pode-se utilizar 2000 hecta-pascals (2000 hPa), ou também 200 quilo-pascal (200 kPa). Muitos dos medidores de pressão, manómetros, utilizam outra unidade ou escala, como “bar”. O bar é também uma unidade de pressão que se relaciona com o Pascal da seguinte maneira:

$$1 \text{ bar} = 100.000 \text{ hPa}$$

Assim, se encheres o pneu da tua bicicleta com 2 bar que é a pressão normal nos pneus das bicicletas e dos carros estás a encher com 200 kPa. Mas então o que quer dizer a expressão do início desta página, de que para cada posição específica num líquido ou gás existe uma determinada pressão? Vamos explorar um pouco mais esta questão com a água.



O funcionamento de uma bomba de bicicleta

Água sob Pressão

8. A pressão no pistão

Na experiência 2 vimos como podemos usar o pistão de um cilindro hidráulico para movimentar o pistão de outro cilindro, ou seja, vimos como transferir força entre dois cilindros desde que estejam ligados por um tubo ou por uma mangueira cheia com um líquido. Vimos que a água é incompressível, o que explica o sucedido. A pressão aplicada num líquido propaga-se em todas as direcções porque as moléculas dos líquidos podem mover-se facilmente. Num recipiente aberto a pressão do ar vai actuar como um pistão de pressão (iremos explorar isto mesmo mais adiante).

Os dois cilindros e os pistões possuem os mesmos tamanhos. A pressão que exerces num dos pistões é transferida para o outro pistão. O pistão dos cilindros têm uma área de $0,6 \text{ cm}^2$. Se fizeres uma força de 10 N sobre um dos cilindros, então a pressão que estás a exercer na água será de $10 \text{ N} / 0,00006 \text{ m}^2 = 166\,666 \text{ Pa} = 1,6 \text{ bar}$. Podes converter esta pressão numa força, aplicada no outro pistão.

Este cálculo não é muito complicado. Basta reescrever a equação:

$P = F/A$ é equivalente a $F = P \times A$, que em números vem:

$$F = 166\,666 \times 0,00006 = 10 \text{ N}$$

Logo, a força foi transferida de um pistão para o outro é de 10 N . Podes verificar isto mesmo construindo novamente o modelo da experiência 2, mas primeiro vamos transformar o baloiço sobe-e-desce numa balança hidráulica.



8

Forças em equilíbrio

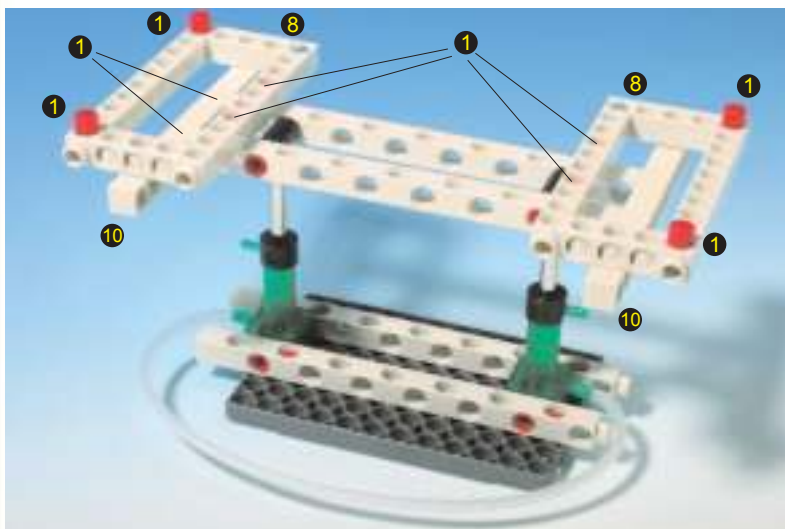


Monta a balança hidráulica tal como se mostra na figura. Coloca dois objectos iguais nos dois braços da balança (podes usar por exemplo 2 pacotes de leite). Estes pesos deverão ser colocados de forma a ficarem encostados aos pinos botão que estão inseridos nas molduras pequenas. Podes verificar se os pesos estão em equilíbrio, olhando para os braços da balança e observando se estão ao mesmo nível. Devido à fricção muito elevada que estes pistões têm, esta balança só pode ser utilizada para comparar objectos pesados.



Duas latas de tinta numa balança hidráulica

Balança Hidráulica



Vais precisar de:

Monta o baloiço sobe-e-desce do atelier da página 10

10 pinos botão (1)

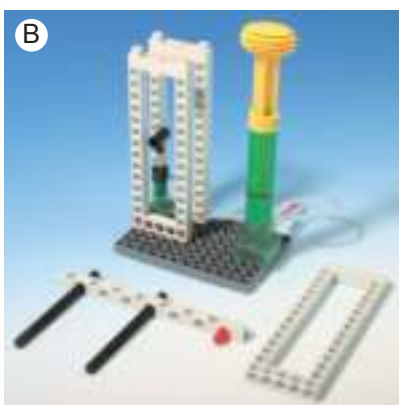
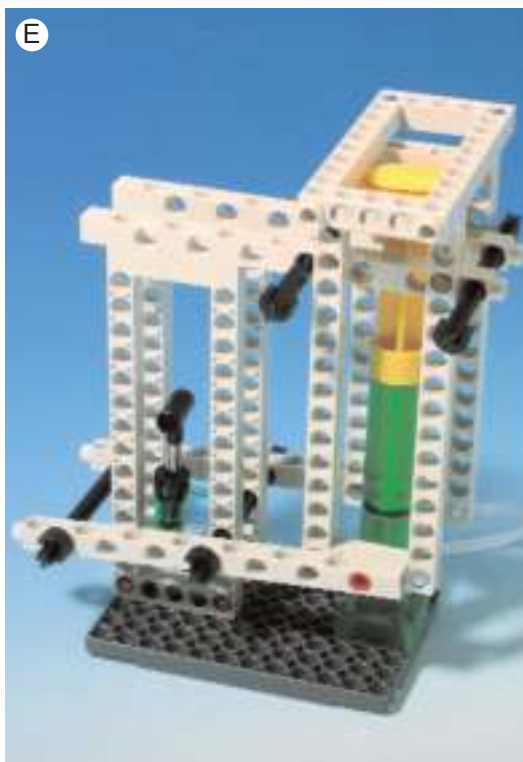
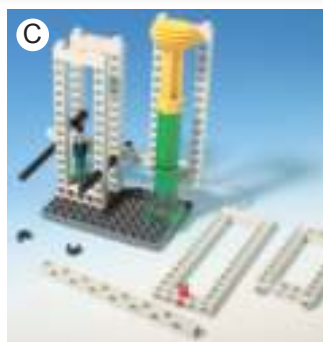
1

2 molduras pequenas (8)

8

2 varas curtas (10)

10



9

A Magia Hidráulica



Amplificação de Forças

Vais precisar de: 4 pinos botão ①, 8 pinos de junção ②, 2 travões de eixo ⑤, 4 molduras grandes ⑦, 1 moldura pequena ⑧, 2 varas longas ⑨, 2 eixos longos ⑪, 1 base de sustentação ⑲, 1 veio de transmissão ⑳, 1 bomba ④①, 1 cilindro hidráulico ④②, 1 pedaço de mangueira estreita com 20 cm ④③, um pouco de mangueira grossa para ligar na mangueira pequena (vê a página 6) e um livro pesado.

Suga alguma água para o interior da bomba através da mangueira, ficando com um nível de água perto de 5 cm acima da base. Vira a bomba de pernas para o ar e empurra o manípulo de modo a retirar o ar contido no interior da bomba. Depois veda o terminal de saída mais próximo da base com um veio de transmissão estanque (vê as instruções que foram apresentadas nas páginas 5 e 6 sobre como manusear as mangueiras).

Assegura-te de que não ficou ar na mangueira de alimentação da bomba (a mangueira estreita). Enche o cilindro hidráulico com água, tal como fizeste na experiência 1 e remove o ar do cilindro. O pistão deverá ficar puxado para fora. Insere a mangueira de alimentação da bomba na saída de conexão inferior do cilindro.

Agora efectua a montagem de todas as peças, seguindo os passos indicados nas figuras do atelier, que estão em cima. Coloca agora um livro pesado sobre a moldura pequena, que irá servir de base. Observa o que acontece quando empurras o pistão do cilindro com o dedo: a plataforma que sustém o livro eleva-se. Se por acaso a plataforma não se movimenta é porque existe ainda algum ar no interior da mangueira do cilindro ou da bomba. Deverás recomençar a montagem.

Experimenta agora pressionar o eixo longo que segura as duas varas longas. Este eixo funciona também como uma alavanca que pode ser utilizado para elevar a estrutura. Observa que neste caso, é sentida uma resistência muito maior do que quando pressionas o pistão do cilindro. (Vê a Lei da Alavanca, que encontras na Palavra-chave da página 21) Sabes porquê? O que acontece é que a área do pistão da bomba é 4 vezes superior à área do pistão do cilindro. Assim, precisas apenas de uma força igual a 1/4 do peso, para conseguir elevar o livro, mas por outro lado precisaste uma distância 4 vezes maior. Normalmente quando se pretende minimizar a força necessária, recorre-se a pontos de aplicação mais afastados.



9. Amplificação de forças através da hidráulica

Na experiência da página 19, da balança hidráulica, os dois pistões possuíam a mesma área, pelo que a força aplicada num deles, era transmitida para o outro mantendo-se o equilíbrio entre as forças. No entanto, nesta última experiência, utilizámos pistões com diferentes áreas. A tua bomba está a funcionar também como um cilindro hidráulico, possuindo um pistão com uma área superior. Também consegues elevar o livro através da alavanca formada pelas varas longas. Como esta alavanca tem o eixo de rotação a meio, a força que aplicas com a mão é transmitida igualmente para a plataforma que sustém o livro. Não é aumentada nem diminuída e por conseguinte precisas de aplicar uma força exactamente igual ao peso do livro (tens mais informação sobre as alavancas na secção ao lado).

No primeiro caso, utilizando a bomba e o cilindro, como a mesma pressão é distribuída por uma área maior a força exercida na plataforma é também maior. Nas estruturas hidráulicas deste tipo, consegues amplificar a força pois quanto maior for a área do pistão, maior será a força transmitida. Esta relação pode ser descrita pela seguinte igualdade:

$$F_1 : A_1 = F_2 : A_2$$

Em que F_1 representa a força que exerces no pistão com área A_1 , e F_2 a força resultante no pistão que tem área A_2 .

10. Aplicações Hidráulicas

A transferência de forças através de cilindros e pistões é muitas vezes designada por Hidráulica (palavra que vem do grego “tubo de água”). A tecnologia actual nas máquinas industriais baseia-se muitas vezes em princípios hidráulicos. Através da hidráulica consegue-se converter forças pequenas em forças maiores e evitar deste modo a utilização de barras rígidas volumosas e pesadas. A utilização de tubos flexíveis e elásticos permite que se utilizem pressões muito elevadas (até 300 bar) e estes tubos podem ser facilmente armazenados ou colocados em qualquer posição. Em vez de água utiliza-se frequentemente óleos hidráulicos especiais.



As escavadoras funcionam com base nos princípios hidráulicos.

As prensas hidráulicas são utilizadas por exemplo para formar secções de folhas metálicas na indústria automóvel e aeronáutica. É algo de extraordinário pois as chapas de 5 centímetros de espessura utilizadas nos navios, são pressionadas de um modo incrivelmente simples como se fosse uma brincadeira. Nos equipamentos hidráulicos a pressão é geralmente produzida por uma bomba motorizada, e o óleo percorre um conjunto de tubagens até chegar novamente à bomba ou a algum reservatório.

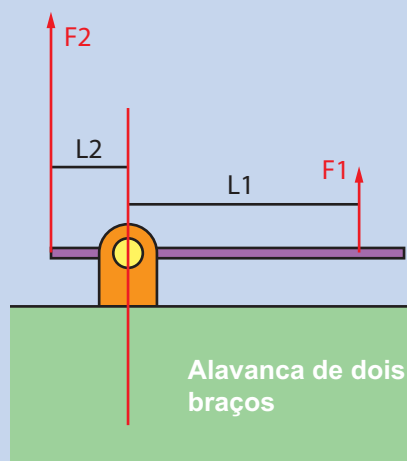
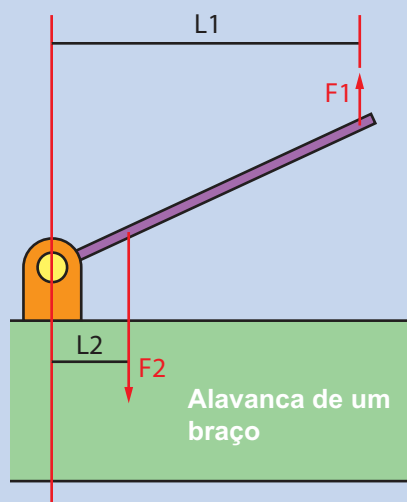
Nós iremos também efectuar algumas experiências utilizando alguns dos componentes básicos. Como exemplo, iremos abordar a porta hidráulica (Experiência da página 22). O motor da bomba irá ser o teu braço. Neste caso no entanto, não irás conseguir amplificar a força pois o pistão da bomba tem uma área superior ao pistão do cilindro e a água será bombeada da bomba para o

Palavra
Chave

**A lei da
Alavanca**

Uma alavanca é um corpo rígido que roda em torno de um eixo. Podemos ter alavanca com um único braço, em que uma das extremidades está ligada ao eixo de rotação. A força é aplicada no outro lado ou extremidade.

Podemos ter também alavancas de dois braços, em que o eixo de rotação está localizado a meio da barra. As forças podem ser aplicadas nos dois braços. Este tipo de alavancas pode ser utilizado para elevar pesos. Para estudar a dinâmica nas alavancas os factores importantes são: a intensidade da força aplicada, e a distância ao ponto de rotação.



Uma alavanca em equilíbrio obedece à seguinte expressão:

$$F_1 L_1 = F_2 L_2$$

Vais precisar de:

- 12 pinos botão
- 3 pinos de junção
- 1 moldura pequena
- 4 varas longas
- 1 base de sustentação
- 1 bomba hidráulica
- 1 comutador hidráulico
- 1 cilindro hidráulico
- 6 pedaços de mangueira estreita
- 1 lápis
- 1 abre latas
- 1 caixa vazia de rolos fotográficos

1
2
8
9
19
40
41
42
43

Mover interruptor para o centro.
Parar em todas as direcções

Mover interruptor
para a esquerda

Mover interruptor
para a direita

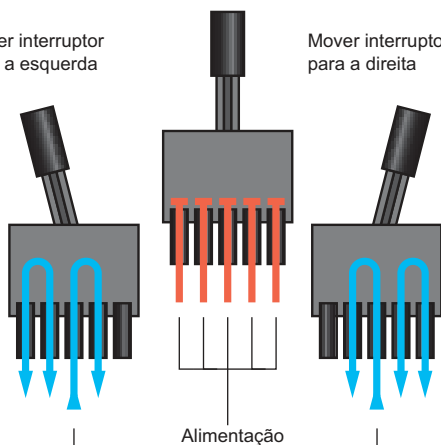
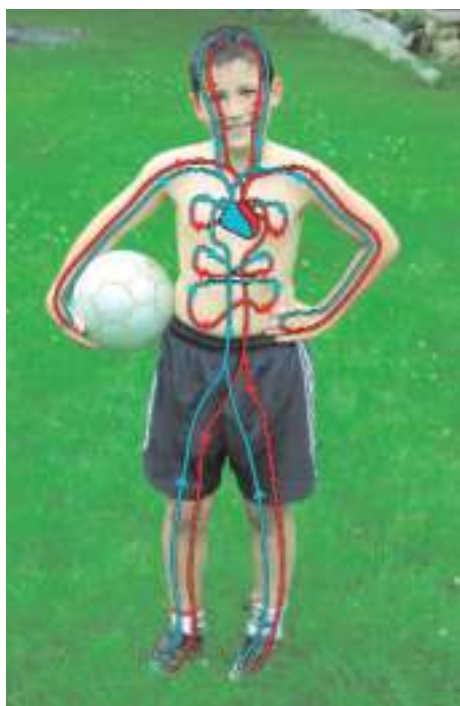


Diagrama do comutador Hidráulico

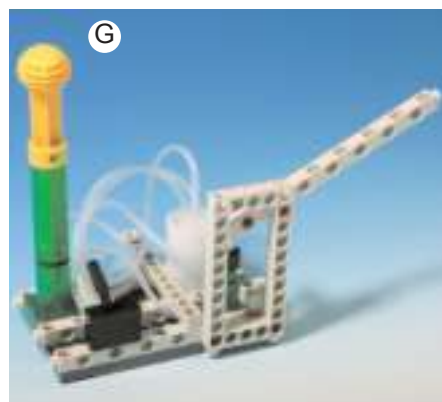
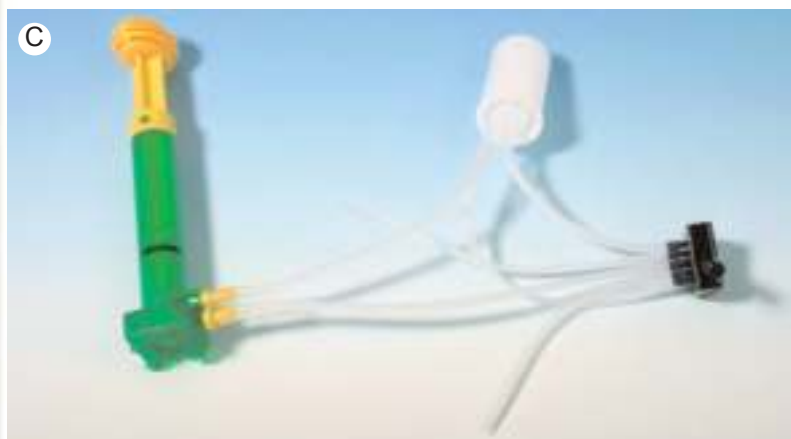
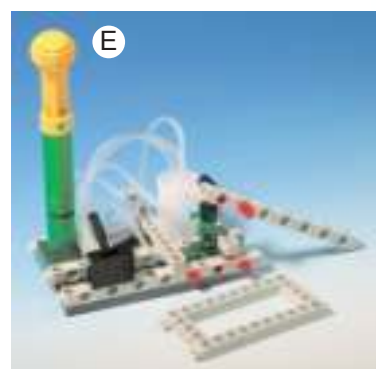
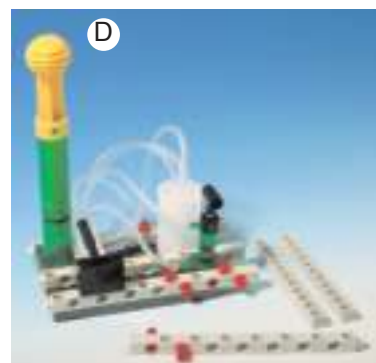
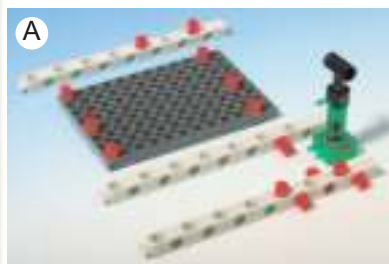


A circulação sanguínea no corpo humano. O coração é a bomba responsável pela circulação do sangue. A azul apresenta-se o sangue venoso com pouco oxigénio, e a vermelho nas artérias, o sangue é rico em oxigénio. A circulação sanguínea é pois um sistema hidráulico.

Cancela Hidráulica

Em primeiro lugar efectua a montagem da estrutura da cancela hidráulica, começando pela base de sustentação e colocando na posição correcta o cilindro (figuras A e B). Determina a dimensão necessária de mangueira que precisas (observa a figura), corta as secções e liga-as na bomba, no comutador hidráulico e no cilindro. Na tampa da caixa de rolos fotográficos, faz 4 buracos com um abre latas ou algum instrumento afiado. Com a ajuda de um lápis podes alargar estes buracos de modo a permitir enfiar neles os pedaços de mangueira estreita. Um destes buracos ficará livre para permi-

tir a saída e entrada de ar. Depois de efectuar as ligações dos componentes hidráulicos conclui a montagem da cancela. A caixa de rolos vai funcionar como o reservatório: enche-a com água, e suga a água para as mangueiras utilizando a bomba. Pressiona firmemente no manípulo da bomba. Agora podes utilizar o comutador para abrir ou fechar a cancela hidráulica.



11. Quanto maior a profundidade no interior da água, maior a pressão

Qualquer líquido está sob pressão, devido à força exercida pelo seu próprio peso. A esta pressão, chama-se pressão hidrostática. Num copo de água por exemplo, a pressão hidrostática na base do copo é maior do que na superfície do líquido. A razão é que na base do copo, as moléculas de água têm que suportar o peso de toda a coluna de água que está por cima. A pressão hidrostática é calculada dividindo, o peso da coluna de água pela área da superfície. À medida que se desce, por cada 10 metros, a pressão hidrostática aumenta de 100 000 Pa ou 1 bar. O aumento de pressão experimentado a profundidades maiores é um factor crucial que os mergulhadores têm sempre que ter em conta, uma vez que o corpo humano só aguenta pressões até determinado valor. Do mesmo modo, o regresso à superfície deve ser feito de forma gradual para que as diferenças de pressões não sejam muito acentuadas. As paredes exteriores dos submarinos, por exemplo, têm que ser bastante mais resistentes que as dos navios normais, pois vão estar sujeitas a pressões hidrostáticas bastante mais elevadas.



Coloca a película aderente de forma a que fique bem esticada no topo do frasco, sem rugas.

10 A Pressão a profundidades maiores

Pressão hidrostática nos líquidos

Vais precisar de: 1 frasco de doce pequeno, 1 elástico de borracha, 1 pedaço de película aderente, 1 balde, 1 lanterna e água

Em primeiro lugar, fixa a película aderente esticada no frasco de doce com um elástico de borracha. Submerge o frasco dentro de um balde cheio de água. Espera perto de 10 segundos para que o ar que está contido no frasco atinja a temperatura da água. Retira o frasco e abre por um dos lados para deixar equilibrar a pressão do ar, e volta a vedar com o elástico mantendo a película aderente completamente esticada. Observa que a superfície da película é agora uma superfície reflectora onde podes ver o teu reflexo nitidamente. Coloca o frasco dentro de água e ilumina-o com a lanterna. Observa que o feixe de luz é reflectido pela água e pela película, com reflexões muito semelhantes. Começa então a submergir gradualmente o frasco prestando atenção ao feixe de luz que é reflectido pela película: esta reflexão vai ficando com um ângulo cada vez maior, e cada vez menos intensa. Por outro lado, a reflexão na superfície da água mantém-se inalterada. A película aderente, à medida que vais afundando mais o frasco, vai-se tornando numa superfície côncava devido à pressão hidrostática. É a pressão hidrostática da água que está a empurrar a película aderente no centro do frasco. Podes também sentir este efeito nos dedos, enquanto seguras o frasco.



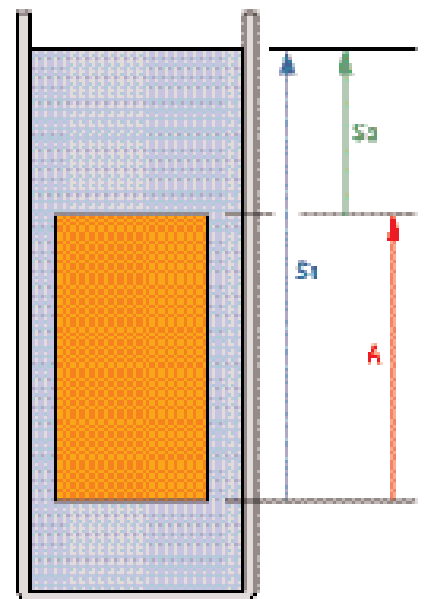
Observa a reflexão da luz na superfície da película aderente.

A pressão nos líquidos é exercida em todas as direcções: para cima, para baixo e para os lados. As pressões individuais aumentam naturalmente tendo em conta a pressão hidrostática. Esta pressão hidrostática é utilizada também nas centrais hidroeléctricas. De facto a pressão que resulta das diferenças de alturas entre o reservatório e as turbinas, que estão colocadas numa posição inferior, é convertida em potência. Esta potência alimenta geradores que por sua vez produzem energia eléctrica.

12. Impulsão: um objecto imerso

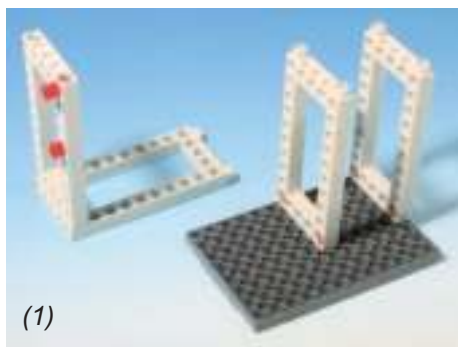
Já deves ter reparado que a madeira flutua por ser mais “leve” do que a água. Por esta razão, os barcos de madeira não vão ao fundo e flutuam. Mas então, como justificar o facto dos grandes navios com cascos de ferro e aço conseguirem flutuar? Quando submergiste o frasco na água na experiência anterior, verificaste que a pressão aumenta com a profundidade. Deste modo a pressão no topo do frasco é inferior à pressão na sua base. Isto quer dizer que a força que empurra o copo para cima (o produto da pressão na base do frasco pela área dessa mesma área) é superior à força que o empurra para baixo (o produto da pressão no topo do frasco pela área do topo que é igual à área da base).

Dizemos então que o frasco está sujeito a uma força de impulsão, como se o líquido o quisesse expulsar do seu interior.

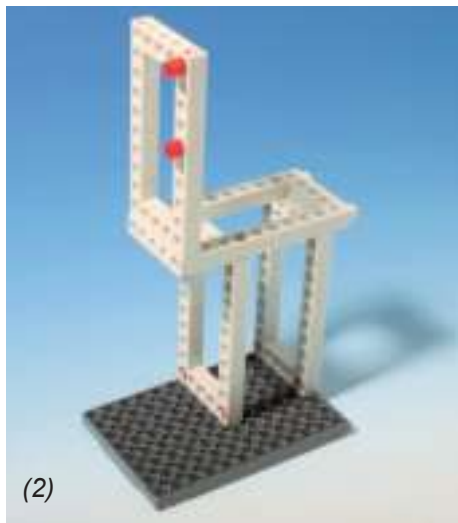


Impulsão B = pressão hidrostática 1 – pressão hidrostática 2 .

A pressão hidrostática na base de um corpo submerso (H1) é maior que a pressão no cimo do corpo (H2)



(1)



(2)

Estrutura da montagem para a experiência 11, antes de se adicionar a escala de Newton.



(3)

A batata "perde" peso quando colocada em água.

Todos os corpos sólidos quando estão submersos em líquidos parecem perder peso. De facto, o peso que aparentam perder é igual ao peso do líquido deslocado para acomodar o volume do corpo. Este peso aparente que desaparece é designado por Impulsão e corresponde a uma força que puxa o corpo sólido para cima. Todos os corpos submersos experimentam a impulsão independentemente de serem mais "leves" ou mais "pesados" do que o líquido. Este conceito foi primeiramente descoberto por Arquimedes (287 – 212 A.C), um físico e matemático grego, e por este motivo este princípio é designado por princípio de Arquimedes.

O corpo fica então sujeito a duas forças: a força gravítica que puxa o corpo para baixo e a impulsão que puxa para cima. Quando a impulsão é superior ao peso então a força resultante puxa o corpo para cima e este ficará a flutuar. O volume do corpo que ainda ficará submerso é tal que o volume de líquido removido equivale a uma impulsão igual ao peso do corpo. Quando a impulsão é igual ao peso do corpo, este mantém-se a flutuar no interior do líquido pois o somatório das forças é nulo. Quando o peso é superior à impulsão, o corpo afunda-se. É exactamente devido à impulsão que os grandes navios conseguem flutuar, pois sendo os cascos a elevada quantidade de água que é removida para acomodar o casco traduz-se numa força de impulsão equivalente ao peso do navio.

11

Batatas sob pressão



Impulsão hidrostática

Precisas de: 7 pinos botão ❶, 1 pino de apoio ❸, 1 anilha ❹, 4 molduras pequenas ❺, 1 vara longa ❻, 1 base de sustentação ❿, 1 elástico de borracha ⓫, cordel ⓬, 1 copo de medida ⓭, 1 recorte da folha de recortes ⓮, 1 batata pequena e água.

Vamos agora tentar medir a força de impulsão de uma batata em água. Monta a estrutura indicada nas figuras à direita. Suspende uma batata com o teu dinamómetro e mede o peso desta batata, registando o valor indicado no centro da anilha, que vai funcionar como ponteiro. Certifica-te que a batata não toca no fundo do copo de medida, que neste momento ainda está vazio. Depois, coloca um pouco de água no copo até à marca de 100 ml e regista novamente o valor indicado no dinamómetro. Observa que este segundo valor é menor que o primeiro. Qual é a diferença? Regista também o peso "perdido" quando acrescentaste água. Agora, retira a batata para fora do copo e vê para que valor o nível de água no copo baixou. Regista também este valor.

Vais poder verificar que de facto, o peso perdido pela batata quando imersa em água, é exactamente igual ao peso do volume de água que foi deslocada pela presença da batata. A densidade da água, ou mais correctamente a massa volumica, é de 1 kg/dm³. Se a batata conseguiu deslocar 40 ml (40 cm³) de água (repara na diferença de nível que registaste), então o peso da água desloca da é de:

Peso de água deslocada = densidade da água - Volume = 1 kg/dm³ - 0,04 dm³ = 0,04 kg = 40 g

E a impulsão que a batata experimenta é de:

Impulsão = densidade_água x g x Volume = 1 x 10 x 0,04 = 0,4 N).



Ar sob pressão

13. Pressão atmosférica: o peso da atmosfera

A atmosfera também está sujeita a gravidade. De facto, em cada centímetro quadrado da superfície da terra o ar exerce uma força de aproximadamente 10 N. Se dividirmos esta força de 10 N pela área de 0,0001 m² obtemos uma pressão de 1000 hPa.

O valor exacto da pressão atmosférica a 15 °C no nível do mar é de 1013,25 hPa que na notação científica geralmente se escreve: $1,0132 \times 10^5 \text{ Pa} = 1,0132 \text{ bar}$

À medida que vamos para altitudes superiores, a pressão diminui uma vez que a coluna de ar que exerce pressão diminui. A uma altitude de 10 km - a que os aviões comerciais normalmente voam - a pressão atmosférica é de apenas 264 hPa. A densidade do ar também diminui a altitudes mais elevadas pois as moléculas do ar estão mais espaçadas. Por esta razão o nível de oxigénio no topo das montanhas é menor podendo trazer dificuldades aos montanhistas quando sobem acima dos 6 000 m.

A pressão também é influenciada pela temperatura: quanto mais frio está o ar, mais próximas se encontram as moléculas que constituem o ar, aumentando a densidade e por conseguinte a pressão atmosférica. Na atmosfera no entanto a influência da temperatura na pressão não é tão significativa como a rarefacção experimentada pelo aumento de altitude.

12

A coluna de água não cai



Pressão do ar na atmosfera

Vais precisar de: 1 copo de medida ³⁵, um pedaço de mangueira ⁴⁴ e água.

Suga um pouco de água para um pedaço de mangueira (com o comprimento que desejares), enchendo-o na totalidade. Veda uma das extremidades com o teu dedo e mantém a mangueira vertical com a extremidade livre a apontar para o chão (vê a figura). Repara que a água não cai e mantém-se no interior da mangueira. Agora, liberta o dedo da extremidade: a água de imediato sai por acção da gravidade.

Porque é que a água se mantém dentro da mangueira, quando a extremidade superior está vedada? Porque o ar está a pressionar a coluna de água através da extremidade inferior, mas não pela superior. A pressão exercida pela atmosfera sobre a coluna de água é superior à pressão do peso da coluna. De facto a pressão atmosférica conseguirá sustentar uma coluna de água até 10 metros de altura. Se encheres uma mangueira com 11 metros de comprimento, e repetires o procedimento, verificaes que parte da água acabaria por sair da mangueira, criando uma zona de "vácuo" com 1 metro de altura na parte superior da mangueira e a pressão seria suficiente para sustentar a restante coluna de 10 m de altura. A altura da coluna de água que é sustida, pode deste modo servir de referência para determinar a pressão atmosférica.

Se em vez de água se utilizasse um líquido mais denso, como o mercúrio por exemplo, os resultados seriam diferentes. O mercúrio tem símbolo químico Hg e possui uma densidade de 13,5 kg/dm³, ou seja é 13,5 vezes mais denso do que água o que implica que a pressão atmosférica conseguirá equilibrar uma coluna de mercúrio com uma altura 13,5 vezes inferior. Os barómetros, são instrumentos utilizados para medir a pressão atmosférica e utilizam geralmente mercúrio. A coluna de mercúrio sustida pela pressão atmosférica a 15 °C e ao nível do mar tem 760 mm de altura.

Antigamente a pressão atmosférica era indicada em termos da altura da coluna de mercúrio (mm Hg), e actualmente vem expressa em hecto Pascal (hPa). Existe também outro tipo de barómetros: o barómetro aneróide. Este barómetros não possuem nenhum líquido e são constituídos por um diafragma metálico que encerra uma pequena quantidade de ar numa câmara fechada. O movimento de dilatação ou compressão, devido à pressão no exterior da câmara, é transmitido para um ponteiro e permite calibrar a pressão atmosférica. Tu também irás construir um barómetro mais tarde (modelo na página 73) que funciona tanto com água como com ar.



Um alpinista que recorre a botijas de oxigénio para respirar, estando a 8000 m de altitude nos Himalaias.



A água mantém-se no interior da mangueira quando o topo da mangueira é vedado com o dedo.



Um barómetro aneróide com o seu delicado mecanismo de transferência.

Palavra Chave

O que é a temperatura absoluta?

A temperatura absoluta tem o zero da escala a -273°C e é medida em Kelvin (K). 0 K corresponde pois à menor temperatura existente que só se consegue atingir no espaço. Por exemplo a temperatura de 20°C corresponde a 293 K. Para converter graus centígrados em Kelvin, basta pois adicionar 273 ao valor da temperatura.



Na imensidão do espaço, praticamente o vácuo absoluto está estabelecido e a temperatura corresponde ao zero absoluto ($0\text{ K} = -273^{\circ}\text{C}$)



Joseph Louis Gay-Lussac.

14. Quando a pressão aumenta, o volume diminui

Uma vez que o ar é gasoso, as suas moléculas não apresentam adesão. Movimentam-se livremente e espalham-se pelo volume disponível tal como nos líquidos. A pressão a que as moléculas estão sujeitas são as mesmas a pressões em todas as direcções. Mas como pudeste constatar na experiência 7, existe uma diferença dramática entre os gases e os líquidos. Os gases sofrem uma expansão considerável quando são aquecidos, tendendo a ocupar um maior volume para manter a mesma pressão. Se o reservatório que contém o gás não se altera, então a expansão é negada pois não permite o aumento de volume e como consequência, o gás fica sob pressão.

O comportamento dos gases pode então ser descrito tendo em conta os seguintes factores: o espaço disponível (ou volume, V), a temperatura (T) e a pressão (p). Quanto maior for o número de moléculas presentes num mesmo reservatório e a uma mesma temperatura, maior será a pressão. Se o número de moléculas (ou a massa) duplica, a pressão também duplica. Por outro lado, se aumentamos o volume disponível para uma determinada quantidade de gás, então a pressão diminui. Se o volume duplica, a pressão diminui para metade, e vice-versa. Por outras palavras: num reservatório fechado, se um gás é comprimido então a diminuição de volume é igual ao aumento de pressão. Esta relação de proporcionalidade pode ser expressa pela seguinte equação, desde que se assegure as mesmas condições de temperatura:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

p_1 e V_1 representam a pressão e o volume inicial, e p_2 e V_2 a pressão e o volume final. O produto entre ambos mantém-se constante. Esta lei foi descoberta pelo físico irlandês Robert Boyle (1627-1691) e por Edme Mariotte (1620-1684), um físico francês. Esta lei recebe o nome de Lei de Boyle-Mariotte que é normalmente formulada da seguinte maneira:

$$p_1 : p_2 = V_2 : V_1$$

$$\text{ou } p \cdot V = \text{constante}$$

(válido apenas quando $T = \text{constante}$)

15. Quando a temperatura aumenta, a pressão também aumenta

Quando um gás é aquecido, as moléculas que o constituem ficam com mais energia cinética e tendem a deslocar-se mais, pelo que o gás tende a expandir-se. Na experiência 7, a expansão do ar quando aquecido resultou na deslocação da coluna de água. Mas se o volume onde o gás está contido permanecer o mesmo, então a pressão a que fica sujeito aumenta com o aumento de temperatura.

A pressão e a temperatura num gás, são pois directamente proporcionais (nos casos em que o volume se mantém constante). Esta lei foi formulada pelo químico e físico francês Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850):

$$P_1 : p_2 = T_1 : T_2$$

Nesta última equação, p_1 e T_1 representam a pressão e temperatura iniciais e p_2 e T_2 a pressão e temperatura final, respectivamente. Sempre que se utiliza a temperatura, deve-se ter o cuidado de utilizar a temperatura absoluta (ver a caixa da palavra-chave), que vem nas unidades de kelvin. A próxima experiência trata exactamente deste efeito que a temperatura tem sobre a pressão.



A pressão aumenta com o aumento da temperatura

Precisas de: 4 pinos de junção ②, 2 molduras grandes ⑦, 1 moldura pequena ⑧, 1 termómetro ③4, 1 bomba ④0, 2 pedaços de mangueira de 2 cm, 2 tampas tubulares-crankshaft ②0, fita cola, um boião de plástico grande (tipo embalagem de iogurte de 500 g), 1 copo de medida, 1 balde, água e 2 pedras razoavelmente grandes para utilizar como pesos.

Puxa o manípulo da bomba para fora até que o anel preto do pistão da bomba fique perto de 8 cm acima da base da bomba. A bomba ficará deste modo com algum ar que entrou através da válvula superior. Podes dar umas pancadas ligeiras no manípulo da bomba para garantir que a pressão no interior da bomba fique igual à pressão no exterior (o pistão poderá acomodar-se um pouco no interior da câmara). Introduz as duas mangueiras e fecha-as com as tampas tubulares (vê os conselhos da página 6). Com um marcador ou com um pouco de fita-cola, faz uma marca na bomba no nível em que está o pistão. Esta marca corresponde à posição inicial do pistão. Depois coloca a bomba na estrutura que montaste (vê as figuras ao lado) e coloca esta montagem sobre o balde. Coloca-as sobre a base de sustentação para manter a estrutura na base do balde.

Aquece três litros de água até à temperatura de 45 °C (não utilizes água demasiado quente, utiliza o termómetro), e com cuidado, coloca a água no balde até tapar o anel preto do pistão da bomba. O ar que está contido no interior da bomba irá aquecer. Se o pistão não se deslocou, dá novamente algumas pancadas no manípulo da bomba, ou roda-o ligeiramente para permitires aliviar um pouco o aumento de pressão no interior da bomba. Verifica que o volume que o ar agora ocupa é superior, observando que o pistão se encontra agora um pouco mais acima da posição que marcaste com a fita-cola ou com o marcador. Mas neste caso, deixámos variar o volume. Qual seria a pressão se não se tivesse deixado o ar expandir no interior da bomba? Para determinar esta pressão, coloca o contentor de plástico sobre a estrutura e enche-o gradualmente com água fria. O pistão começa a deslocar-se novamente para baixo devido ao peso da água. Assim que chegar à marca inicial pára. Mede então o volume de água com um copo de medição de cozinha e regista o valor.

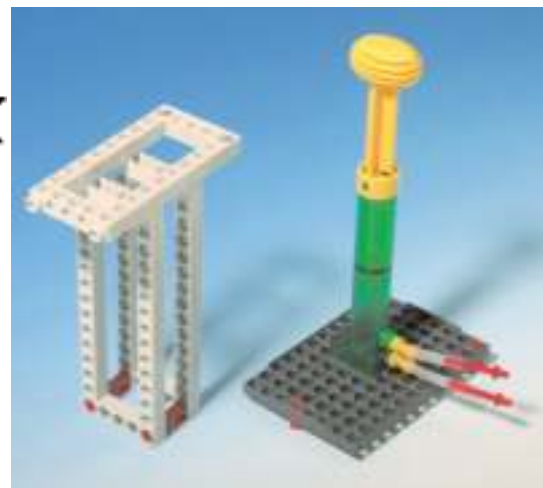
Vamos então fazer algumas contas. A água tem uma densidade de 1,0 kg/dm³. Se mediste por exemplo 400 ml de água no contentor, que é equivalente a 0,4 kg, então a força gravítica ou o peso desta água é de 0,4 kg · 10 m/s² = 4 N. A área do êmbolo da bomba é de cerca de 2,5 cm², ou 0,00025 m². Ainda te lembras da fórmula utilizada para calcular a pressão?

$$P \text{ (pressão)} = \frac{F \text{ (força)}}{A \text{ (área)}}$$

Inserindo os valores que obtivemos vem:

$$P = 4 \text{ N} / 0,00025 \text{ m}^2 \\ = 16\,000 \text{ Pa ou } 160 \text{ hPa ou } 0,16 \text{ bar que} \\ \text{representa o aumento de pressão submetido} \\ \text{pelo aquecimento do ar.}$$

Nestes cálculos não entrámos em conta com a dilatação da câmara e do êmbolo da bomba. Quando utilizas êmbolos rígidos consegues pressões tão elevadas como as que podes obter com as bombas de bicicleta. Este efeito da temperatura na pressão pode também causar alguns problemas nas tubagens que utilizamos no nosso dia-a-dia. Por exemplo, uma bicicleta que fica ao sol durante uma tarde inteira: a pressão no interior dos pneus poderá aumentar consideravelmente, pelo que por vezes se aconselha a diminuir um pouco primeiro a pressão de ar.



Prepara as molduras e a bombavov.



Coloca duas pedras sobre a base de sustentação para fixar a estrutura na base do balde



Derrama água num recipiente de plástico, sobre a montagem, até que o êmbolo volte à posição inicial.

Palavra Chave

Calor e Temperatura

O calor é uma forma de energia, tal como a energia eléctrica ou a energia mecânica. A Temperatura por outro lado, dá uma indicação do estado energético ou de calor de um dado corpo. Quanto maior for a quantidade de calor ou a massa de um corpo, maior deverá ser o calor (ou energia) que deverá ser fornecido para conseguir aumentar a temperatura do corpo. Assim, para conseguir aumentar a temperatura de um corpo em 2 °C, preciso do dobro da energia da que necessito para aumentar em 1 °C a temperatura desse mesmo corpo. A energia é medida em joules, e por conseguinte também o calor. A unidade joules apresenta-se pela letra J.

Para aquecer 1 litro (1 kg) de água de 20° C para 21 °C temos que fornecer 4128 J de calor. Por outro lado, para aquecer 1 kg de ar precisamos de apenas 1402 J, ou seja 1/3 da energia. Como todas as outras formas de energia, o calor também obedece ao Princípio da Conservação da Energia (podes ver na página 42 mais alguns detalhes). Todas as formas de energia podem ser convertidas umas nas outras, com algumas perdas por vezes inevitáveis devido ao atrito.

16. A pressão, a temperatura e o Volume estão relacionados

Na prática é raro conseguir fixar um destes factores. Normalmente os três variam. Quando bombeias ar para dentro dos pneus da tua bicicleta por exemplo, o ar no interior da bomba aquece, a pressão por conseguinte também aumenta e o espaço disponível para o ar diminui. Para se conseguir efectuar alguns cálculos torna-se necessário utilizar equações que combinem estes três factores. Esta é a chamada **Lei dos Gases Ideais**:

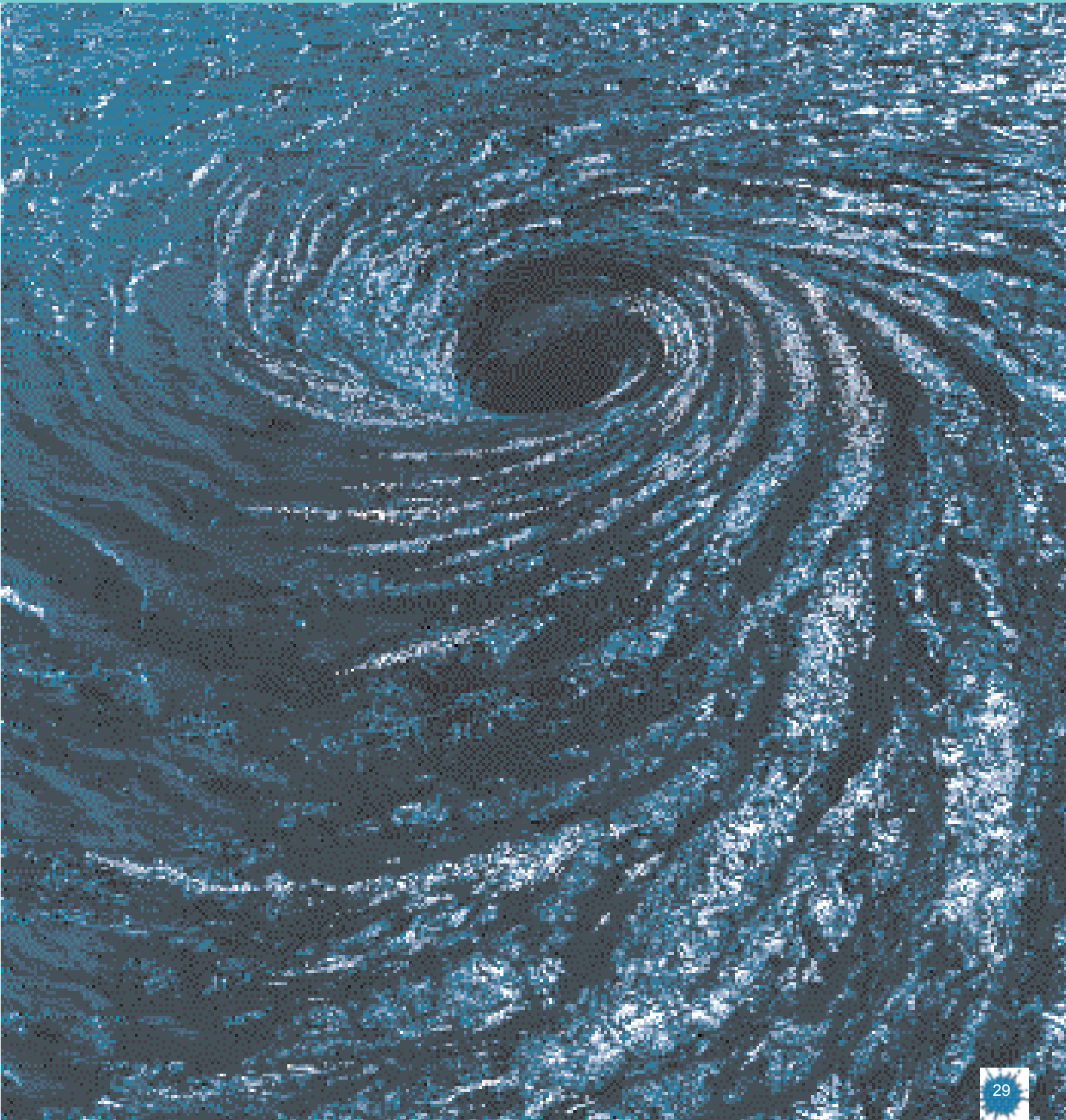
$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \quad \text{ou} \quad P \cdot V / T = \text{constante}$$

Assim, se mudamos a temperatura, ou o volume ou ambos, os outros factores também se alteram.



Escoamento de Ar e de Água

Neste capítulo vamos abordar o conceito de escoamento e da dinâmica de fluidos. A aerodinâmica é uma área em que se descrevem as leis que regem os escoamentos dos gases e a hidrodinâmica, os escoamentos nos líquidos. Ambas são áreas da física complementares e ficarás a saber um pouco mais de cada uma delas: linhas de fluxo, resistência ao escoamento, viscosidade, correntes, pressões etc.





17 Cada corrente de fluido representa um gradiente

Os físicos descrevem a circulação de fluidos por escoamento. A água flui ou escoar nos ribeiros e rios, e nas canalizações. Num clima ventosos ou mesmo na câmara-de-ar de um pneu de bicicleta também existe circulação ou escoamento de ar. Normalmente o escoamento é devido ou à gravidade ou a diferenças de pressão entre dois pontos, uma vez que o movimento normalmente pressupõe a existência de uma força. A água dos rios é influenciada pela gravidade que faz com que circule das regiões mais elevadas (nos cumos das montanhas) até às de menor altitude, para um vale ou mesmo até ao mar. No caso de um pneu de bicicleta, existe escoamento do ar desde a bomba até à câmara-de-ar do pneu, apenas quando a pressão de ar no interior do pneu é menor do que a pressão na bomba.

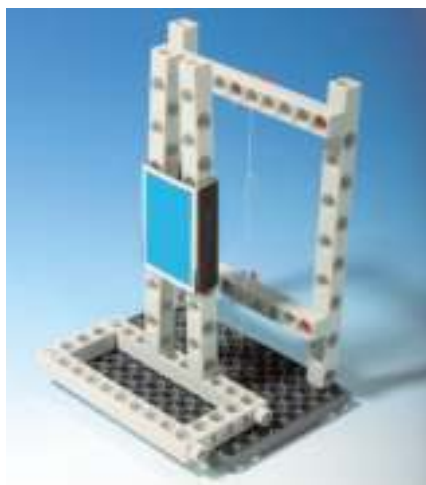
18. Linhas de corrente

Cada partícula num fluido tem uma determinada velocidade e está numa determinada posição num instante específico. Estes dois parâmetros vão-se alterando com o tempo. Para conseguir caracterizar a direcção e posição, utilizam-se as chamadas linhas de corrente que demarcam espacialmente a trajectória das várias partículas num fluido.

Indicador de linhas de corrente

Monta a estrutura indicada nas figuras. Pendura e estica depois um pouco de linha entre as duas varas pequenas de 11 buracos. A meio da linha de coser ata dois pedaços de linha de modo a que depois de presos fiquem suspensos e possuam perto de 8cm de comprimento cada.

Podes utilizar um secador de cabelo para criar o fluxo de ar. Coloca o secador afastado do modelo a uns 20 ou 30 cm, e aponta-o para o nó central, entre as varas. Observa que os fios ficam suspensos horizontalmente indicando-te deste modo as linhas de corrente nesta situação, ou seja o percurso das partículas de ar.



Vais precisar de:

- 2 pinos botão
- 2 pinos de apoio
- 2 varas longas
- 2 varas curtas
- 1 base de sustentação
- Linha de coser (40 cm)

1
3
9
10
19

Vamos agora tentar montar um modelo simples que permitirá identificar diferentes linhas de corrente.

Este indicador não é perfeito uma vez que as linhas tremem um pouco na zona próxima do nó, mas é suficiente para as experiências que vamos fazer. Esta vibração que se experimenta nas linhas é devido ao secador que possui uma barra rectificadora que tenta concentrar o fluxo de ar na direcção do tubo. Num fluxo perfeitamente contínuo e estável, não se verificaria este tipo de vibração.

Agora vamos tentar seguir a trajectória das partículas de ar quando se deparam com alguns obstáculos. Vamos considerar um cilindro, um painel plano e um perfil em forma de lágrima.



Linhas de corrente

Para além do indicador de linhas de corrente (atelier anterior) vais precisar ainda de: 1 moldura pequena **8**, 2 varas longas **9**, 2 varas curtas **10**, 1 bomba **40**, 1 caixa de fósforos vazia (só precisas da embalagem exterior) 1 cartolina ou papel grosso (12 x 12 cm)

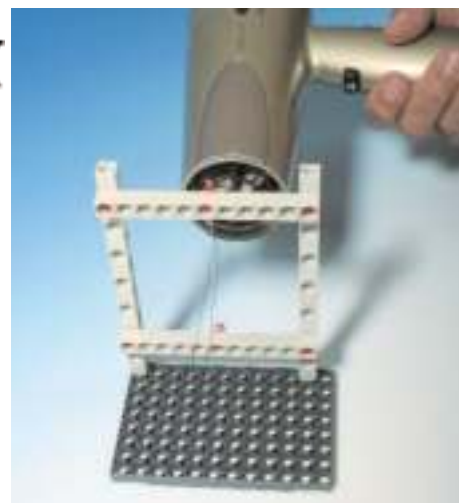
Para preparar as formas ou obstáculos:

Cilindro: Vamos utilizar como forma cilíndrica o corpo da bomba

Painel Plano: Coloca a embalagem exterior da caixa de fósforos entre as varas longas, de modo a que o meio da embalagem fique à mesma altura que o nó das linhas.

Forma de lágrima: Dobra sem vincar o cartão unindo as extremidades com cola ou fita-cola. Afasta ligeiramente os lados na zona central e depois coloca o cartão a envolver a bomba. Pressiona ligeiramente de modo a que o cartão envolva o corpo do cilindro da bomba.

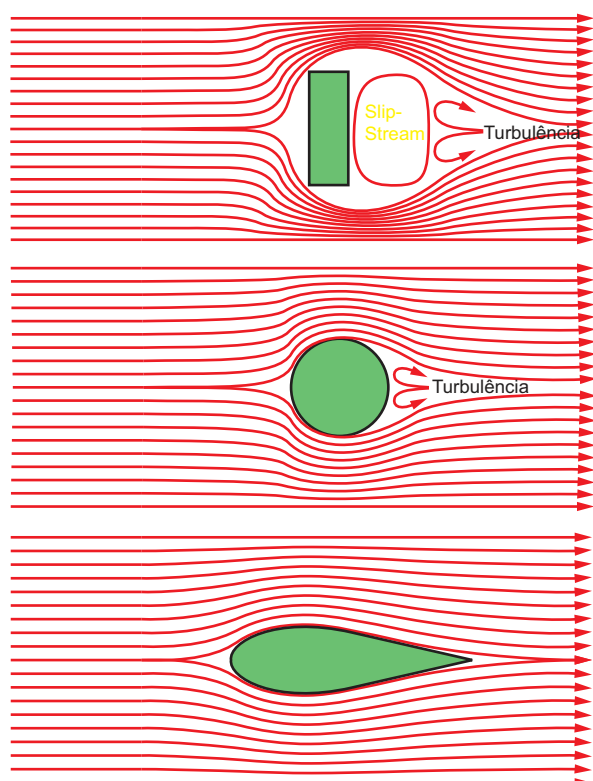
Coloca cada uma destas formas em frente do teu fluxo de ar, tentando que fiquem perto de 1 cm afastadas do nó. Aponta o secador para o nó, e mantém-no afastado da estrutura a uns 20 cm. Observa o movimento e a direcção das linhas de coser em cada uma das situações. As linhas de corrente em cada situação representam as trajectórias das partículas de ar no seu movimento em que têm de contornar os obstáculos que se deparam à sua frente.



19. Escoamento de fluidos em torno de obstáculos

Como podes observar, a trajectória das partículas de ar é diferente em cada situação. No caso do painel plano (a caixa de fósforos), as linhas de coser são puxadas para fora, mantendo-se bastante afastadas da caixa e apenas nas extremidades se aproximam ligeiramente da direcção original do ar gerado pelo secador. No caso do cilindro, as linhas de coser envolvem relativamente bem o corpo do cilindro na zona mais próxima do secador, experimentando alguma turbulência nas extremidades. Na última forma, o cartão com forma de lágrima, as linhas mantêm-se ao longo da superfície do cartão sem se afastarem.

Nas três figuras seguintes apresentamos os três campos de escoamento originados pelos três obstáculos. Nelas podes observar as linhas de corrente, ou seja a trajectória das partículas de ar. Observa que no primeiro caso, existe uma região logo após a caixa em que as linhas se mantêm afastadas, aproximando-se apenas bastante mais à frente da caixa e experimentando alguma turbulência. No segundo caso, por trás do cilindro também se verifica turbulência apesar de que neste caso as linhas acompanham com alguma aderência a superfície anterior do cilindro. Na terceira situação, na forma de lágrima, as linhas de corrente acompanham suavemente toda a superfície e não se verifica turbulência. Esta forma é a que apresenta um escoamento menos turbulento e é por conseguinte a utilizada em muitos sistemas de escoamento.



Painel

Cilindro

Em forma de Lágrima

Campos para corpos de várias dimensões

Indicador de linhas de corrente: sem nenhum obstáculo, com uma painel plano (caixa de fósforos), com um cilindro, e com uma forma de lágrima.

Coeficientes de arrasto

CD:

Páraquedas	1,4
Hemisfério aberto na direcção do fluxo de ar	1,33
Um disco plano perpendicular ao fluxo	1,11
Ciclista de turismo	1.0
Camião de carga	0.9
Cilindro com o fluxo a incidir perpendicular ao comprimento	0.6-1.0
Uma pessoa em pé	0,78
Mota	0,7
Ciclista de corrida na estrada	0,43
Passageiro de um carro	0,4
Ciclista de corrida, com pneus de alto desempenho	0,28
Esfera	0,1-0,4
Hemisfério com a face esférica a enfrentar o fluxo	0,35
Carro de Fórmula 1	0,15-0,2
Objecto pontiagudo	0,05



Comboio de alta velocidade



Barco de corrida



Avião comercial

O que acontece às partículas de ar quando contornam um obstáculo? Vamos explorar esta questão usando como exemplo o caso do cilindro. As partículas das linhas mais interiores ou mais próximas do cilindro, têm que percorrer uma distância maior do que as partículas das linhas de corrente mais exteriores. Para manter o contacto umas com as outras, as partículas mais interiores adquirem maior velocidade, e fluem deste modo mais rapidamente. No entanto, se existirem esquinas acentuadas, perde-se o contacto com a superfície do obstáculo. Também poderá ocorrer perda de contacto, quando a velocidade das partículas é demasiado elevada, ou quando as fronteiras do obstáculo surgem repentinamente.

Quando falamos em perder contacto, queremos dizer que se perde coesão entre as partículas das linhas de corrente e a superfície do obstáculo ou do objecto que irá ser contornado. As partículas em diferentes linhas de fluxo poderão interagir e sobrepor-se e originar regiões com turbulência.

Este processo de afastamento implica normalmente gastos de energia. Do mesmo modo, verifica-se também uma descida na pressão, desde as linhas mais exteriores para as mais interiores. As partículas mais interiores possuem maior velocidade e ficam sujeitas a um estreitamento. A pressão é por conseguinte menor nesta região.

20. Resistência ao escoamento: Coeficiente de Arrasto Cd

Os objectos com formas que criam muita turbulência, criam também muita resistência ao escoamento dos fluidos. Os automóveis, aviões e navios são desenhados de forma a possuírem formas aerodinâmicas específicas que se traduzam na menor resistência possível ao escoamento do ar ou da água. Cada forma tem uma determinada resistência ou atrito, e este atrito é representado pelo coeficiente de arrasto, CD (Em inglês designa-se por drag coefficient)

O coeficiente de arrasto é um parâmetro adimensional, ou seja não tem unidades. Através deste coeficiente podemos calcular a força de arrasto, ou força de atrito de um determinado formato, seja ele um carro, uma asa de avião ou mesmo um paraquedas. Para determinar esta força é necessário ainda saber a velocidade (v), a área da secção maior do objecto (A), a densidade do fluido em que se desloca (ρ) e obviamente, o coeficiente de arrasto. A fórmula para determinar a força de arrasto é dada por:

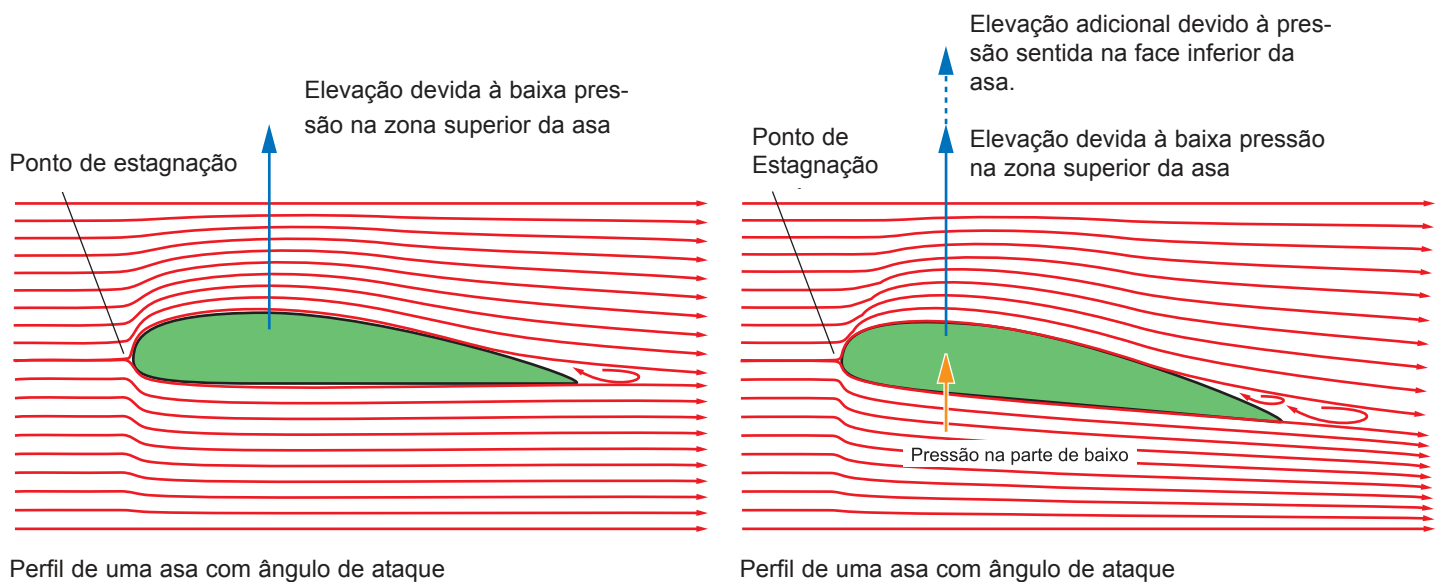
$$F_d = C_d \cdot \frac{A \cdot \rho \cdot v^2}{2}$$

Vejam os exemplos de um carro, que se move a 40 m/s (corresponde a 144 km/h) com uma área de secção de 2 m², um coeficiente de arrasto de 0,4 e consideremos ainda a densidade do ar de 1,23 kg/m³. Inserindo os valores na fórmula anterior obtemos:

$$F_d = 0,4 \times \frac{2\text{m}^2 \times 1,23 \text{ kg/m}^3 \times (40 \text{ m/s})^2}{2}$$

$$F_d = 0,4 \times \frac{3936}{2} \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}^2} = 787,2 \text{ N}$$

Observa que a força de arrasto ou de resistência, aumenta com o quadrado da velocidade. Ou seja, se a velocidade duplica, a resistência do ar aumenta de 4 vezes. Se o carro estivesse a uma velocidade de 228 km/h a força de resistência seria de 3145 N! Através da expressão podes ver a importância dos coeficientes de arrasto. Além disso, observa que para diminuir a resistência, também se poderá diminuir a área da secção e por essa razão a maior parte dos veículos de alta velocidade, apresentam um formato alongado.



21. A Elevação aerodinâmica das asas

Considera o perfil de uma asa de avião, tal como está ilustrada na figura anterior. A zona superior é mais curva que a inferior. Por esta razão, as partículas de ar circulam a maior velocidade no topo da asa, pois têm que percorrer uma maior distância, e por esse motivo a pressão é inferior nesta zona. Esta zona de baixa pressão, puxa a asa para cima chamando-se a esta ocorrência de elevação aerodinâmica.

Isto é que acontece nas asas dos aviões. Asas mais encurvadas podem experimentar mais elevação mas, por outro lado, experimentam também maior resistência (força de arrasto) traduzindo-se em velocidades mais lentas. Os aviões de transporte de mercadorias possuem asas muito arqueadas, para conseguir carregar pesos elevados, ao passo que os aviões ultra-sónicos, apresentam asas muito finas para conseguir atingir a velocidade pretendida.

Os planadores foram desenhados baseando-se nas asas dos pássaros. Cada asa de pássaro tem a forma de uma asa de um planador. Um pássaro consegue assim planar no ar apenas com um bater de asas. Por esse motivo, desde o início que o desejo de conseguir alcançar a proeza do voo foi seguida da observação directa das asas dos pássaros. Otto Lilienthal foi um dos pioneiros desta pesquisa.



Otto Lilienthal a voar num dos seus planadores em 1893.



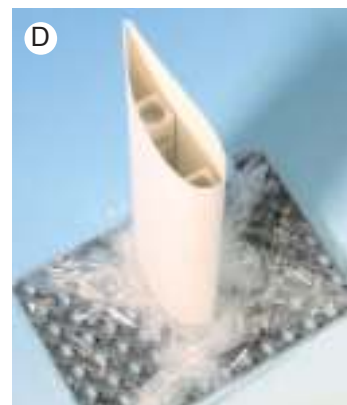
Podes construir facilmente uma vela aerodinâmica, que colocada sobre um objecto flutuando te permitirá explorar o conceito de força de elevação (Experiência 15). Utiliza o cartão em forma de lágrima da experiência 14 (A), dobrando-o um pouco mais de modo a que uma das faces fique praticamente plana (C). Depois, coloca as varas longas sobre a bases de sustentação e envolve esta base com película aderente ou um pouco de plástico, pressionando entre as varas (B). O plástico assim colocado permitirá aumentar a flutuação da base. Coloca e ajusta a tua asa entre as varas (D).



Elevação de uma asa

Podes construir facilmente uma vela aerodinâmica, que colocada sobre um objecto flutuando te permitirá explorar o conceito de força de elevação (Experiência 15). Utiliza o cartão em forma de lágrima da experiência 14 (A), dobrando-o um pouco mais de modo a que uma das faces fique praticamente plana (C). Depois, coloca as varas

longas sobre a bases de sustentação e envolve esta base com película aderente ou um pouco de plástico, pressionando entre as varas (B). O plástico assim colocado permitirá aumentar a flutuação da base. Coloca e ajusta a tua asa entre as varas (D).



Vais precisar de:

- 2 varas longas 9
- 1 base de sustentação 19
- Película aderente (35 x 25 cm)
- 1 bacia grande
- 1 secador de cabelo
- Cartão dobrado em forma de lágrima da experiência 14
- Água

15

Uma jangada movida a ar quente



“Elevação” na asa

Coloca a tua jangada num recipiente largo ou bacia, com alguma água e aponta o fluxo de ar do secador na direcção da asa. A jangada deslocar-se-á na diagonal e depois seguirá ao longo da superfície da bacia. Ajusta a posição da asa e repete a experiência. Consegues aumentar a velocidade da tua jangada?

A asa de um avião plana no ar enquanto que esta que agora fizeste está assente numa plataforma horizontal. Será que em termos de elevação estas duas situações são diferentes? Não! A força de elevação aponta na mesma direcção: actua perpendicularmente à face mais plana da asa na direcção da face encurvada. É o que acontece também nas hélices, que são asas ligeiramente encurvadas. Como estão fixas no eixo, a força de elevação força a rotação, empurrando o ar na direcção da face mais encurvada.

A experiência anterior exemplifica também o conceito de arrasto. A primeira coisa que aconteceu ao teu veleiro foi que o fluxo de ar empurrou a asa ou a vela até à superfície da bacia. A composição deste movimento com o que é provocado pela força de elevação deu origem ao movimento diagonal. Este fenómeno ocorre nos iates e nas velas das pranchas de Windsurf.

22. Fluxo de ar em torno de objectos com diferentes formas

Utiliza a folha de recortes para retirar as várias formas de objectos com diferentes resistências ao escoamento de fluxos de ar. Dobra cada uma das formas e cola-as com cola. Para poderes observar as linhas de corrente em torno destes objectos, cola algumas porções de linha de coser com cerca de 6 cm de comprimento na região frontal de cada uma destas formas.

Monta o túnel de vento de acordo com as instruções que tens nas páginas 76 a 86. Fixa as formas que montaste na divisória transparente do teu túnel de vento, colocando duas palhas vermelhas 82 através dos dois orifícios laterais do túnel e dos orifícios também presentes nas formas. Deste modo vais poder observar com alguma facilidade o fluxo de ar em torno destes objectos.



Uma jangada aerodinâmica

Testes do Voo no túnel de vento

Para realizares esta experiência, precisas de montar primeiro o túnel de vento seguindo as instruções da página 76.

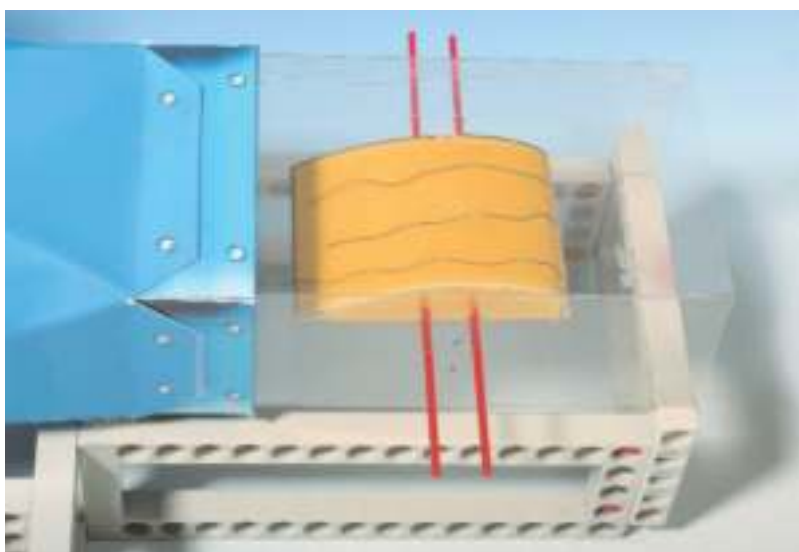
Recorta o avião que está na folha de recortes, dobra-o ao longo das linhas

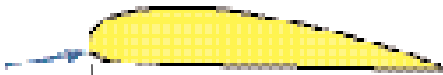
a tracejado, e cola o corpo do avião em três pontos (observa as figuras). Coloca um alfinete na frente do avião.

Para testar o teu avião, insere duas palhinhas vermelhas  verticalmente através dos orifícios das asas e através dos orifícios presentes na base da parte transparente do túnel de vento.

Liga a manivela do túnel para criar o fluxo de ar e verifica a elevação do avião.

Testes no túnel de vento





Ponto de estagnação enquanto a asa está a planar



Na página 83 tens as instruções de montagem deste planador.



23. Como voa um planador?

A elevação de uma asa apenas ocorre quando existe fluxo de ar em torno dela. No caso dos planadores, uma vez que não têm motor, só conseguem planar quando estão ligeiramente inclinados para a frente. A componente do peso do planador perpendicular à força de sustentação é a responsável pela tracção. A inclinação é caracterizada por um ângulo de descida e o ponto de estagnação das linhas de corrente na asa fica ligeiramente abaixo do nariz do planador. Por este motivo o planador perde sempre altitude em relação à corrente de ar que o atinge, mesmo que em determinadas situações a altitude real possa estar a aumentar, como por exemplo na presença de correntes térmicas. Os planadores são normalmente transportados até determinada altitude através de um avião, que lhes imprime também alguma velocidade. Só depois é desfeita a ligação do planador ao avião, e o planador fica a planar num movimento de descida.

No caso dos aviões, já deves ter reparado que por vezes estão num movimento estável a planar pacificamente e mantendo a mesma altitude. Como conseguem os aviões manter este movimento? As asas, não conseguem manter o movimento por si só. De facto para manter a estabilidade horizontal ou longitudinal, os aviões necessitam também de estabilizadores horizontais que mantêm as asas alinhadas com o fluxo de ar e permitem estabilizar as partes da frente e de trás do avião. Para a estabilidade direcciona, ou seja para permitir mudar a direcção do voo, os aviões utilizam uma cauda vertical com um leme. As asas dos aviões apresentam normalmente uma forma em "V" para otimizar a sua estabilidade e impedir que o avião balance de um lado para o outro.

A cauda e as componentes aerodinâmicas que a constituem, só funcionam bem se estiverem suficientemente afastadas da zona frontal do avião. Normalmente no nariz do avião, são colocados contrapesos para equilibrar o peso excessivo da cauda. Na página 83 tens instruções de montagem de um planador.

A fuselagem do avião também experimenta alguma força de sustentação devido à sua forma cilíndrica e ao ângulo de ataque face ao fluxo de ar. As forças individuais de sustentação somam-se todas na força de sustentação total que tem um ponto de aplicação, ou ponto de ataque que fica localizado ligeiramente atrás do centro de gravidade do avião.

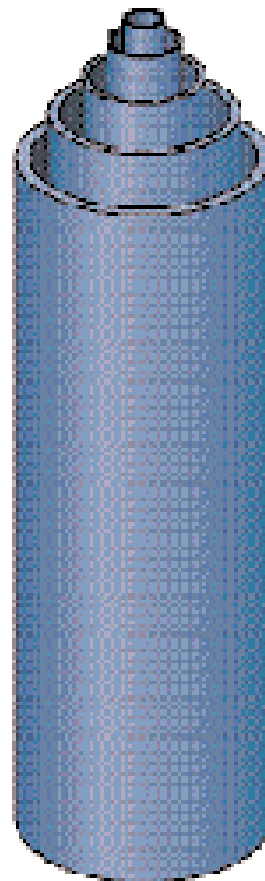


24. Fluxo de água através de um tubo

Consideremos o escoamento de um fluido no interior de um tubo. Ao contrário do que te poderia parecer, a velocidade das partículas do fluido não é constante. De facto, junto às paredes do tubo, a velocidade das partículas é inferior à velocidade nas partículas no centro. Isto acontece devido à força de coesão entre as moléculas das paredes do tubo e as do fluido que fazem com que o fluido seja “travado” nesta região. Devido ao atrito, esta força vai sendo transferida com menor intensidade para as camadas mais internas e no centro, a velocidade do fluido é maior. O perfil de velocidades no interior do tubo está esquematizado na figura à direita.

Este efeito do atrito ou coesão das paredes é mais acentuado nos tubos finos porque afecta uma maior percentagem de fluido. Por esta razão, para tubos suficientemente grossos, os efeitos do atrito nas paredes podem ser imperceptíveis na maior parte do caudal que atravessa uma secção de corte do tubo, e a velocidade pode ser considerada constante. Por esta razão nas turbinas que iremos montar mais à frente, iremos utilizar tubos ou mangueiras mais grossas. Este efeito do atrito ou fricção nas paredes também ocorre no nosso organismo nos vasos sanguíneos, que podem mesmo ficar bloqueados com a acumulação de materiais tóxicos.

Este tipo de escoamento, em que o fluido está a uma velocidade reduzida e o perfil de velocidades pode ser descrito por um conjunto de camadas sucessivas, designa-se por escoamento laminar. A partir de uma determinada velocidade crítica, ocorre a turbulência em que as camadas mais exteriores se misturam com as interiores deixando de haver uma continuidade estável. Nesta situação, a resistência ao escoamento aumenta consideravelmente.



Perfil de velocidades num tubo. O comprimento de cada tubo corresponde a uma velocidade diferente. Devido à fricção com as paredes do tubo, a velocidade nas camadas mais próximas é inferior. À medida que se avança para o centro, os efeitos da fricção vão-se atenuando e a velocidade no centro é maior.

25. Estrangulamentos e aumento de velocidade

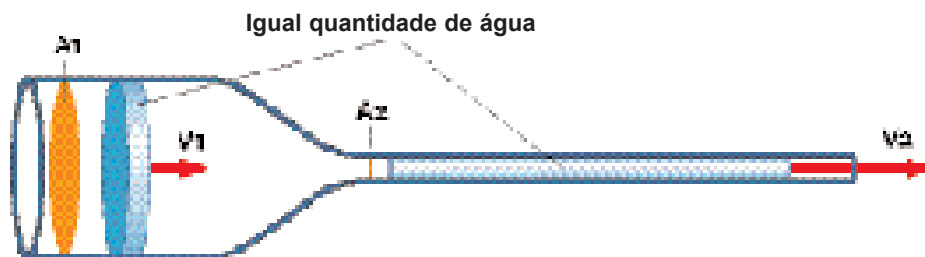
Já deves ter reparado que quando diminuámos o tamanho do bocal de saída do chuveiro, conseguimos um jacto de água muito mais rápido. Porque é que isto acontece? A água como sabes é praticamente incompressível e como tal, em cada instante a quantidade de água que atravessa uma dada secção da mangueira ou do tubo, irá atravessar o bocal também. Se o bocal tem uma secção com menor área (por exemplo, se colocas um dedo a tapar parte da saída de uma mangueira), então para que a mesma quantidade de água consiga atravessar este estreitamento, terá que o fazer com maior velocidade. Quanto maior for o estrangulamento, mais fino será o jacto de água e mais rápido também. Podes fazer algumas experiências com a pistola de água da página 9, diminuindo a saída na mangueira estrangulando-a.

As gargantas nos rios funcionam como um estrangulamento: a água atinge velocidades superiores na passagem pela garganta.



Esta constatação do aumento de velocidade com o estreitamento de um tubo, permite identificar um princípio físico: quanto maior for a área da secção transversal de um tubo, menor é a velocidade de escoamento e vice-versa. Este princípio pode ser expresso da seguinte maneira: a velocidade de um fluido incompressível é inversamente proporcional à secção transversal de um tubo. Esta lei é chamada por **lei da continuidade** que é expressa pela seguinte equação:

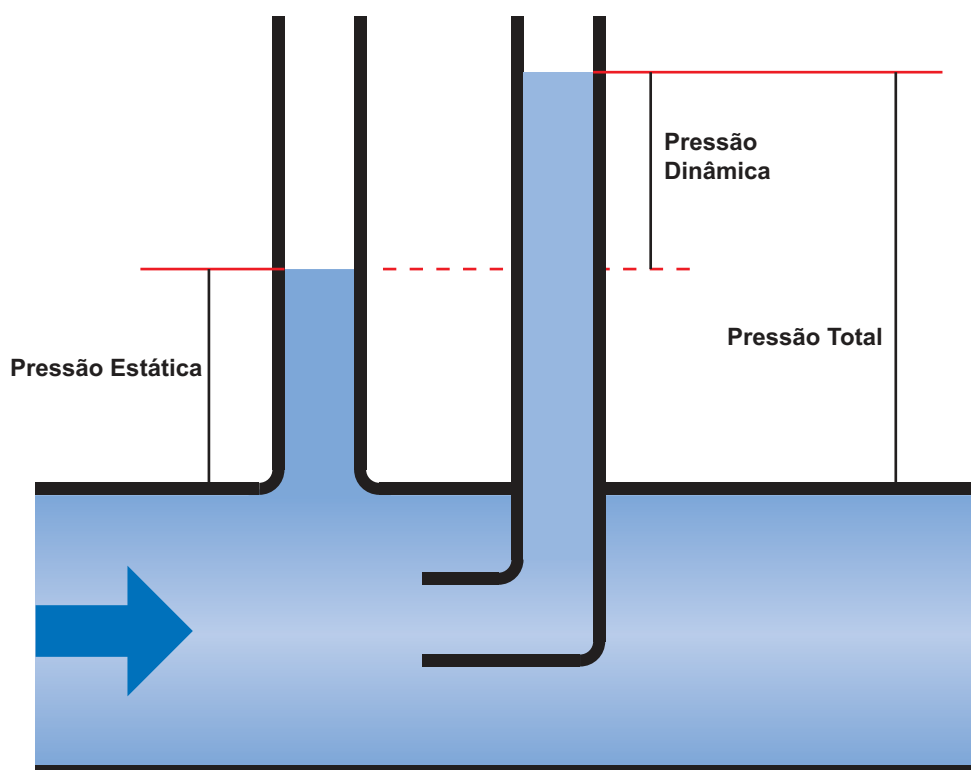
$$A_1.v_1 = A_2.v_2$$



26. Pressão nas correntes

Uma vez que a velocidade de um fluido aumenta nas secções mais estreitas então também aumenta a pressão sentida na direcção do fluxo. Este aumento de pressão implica por sua vez um aumento de força por unidade de área, o que se traduz numa maior distância do fluxo de água mais estreito.

Esta pressão na direcção do fluxo de fluido designa-se por pressão dinâmica, uma vez que resulta do movimento dos fluidos. Quando tratamos de tubos, temos também sempre que considerar a pressão estática. Num fluido que está em repouso, a pressão dinâmica é nula e temos apenas pressão estática. Quando se inicia o movimento, surge pressão dinâmica e o valor da pressão estática diminui. Num fluido com velocidade constante, a soma das duas pressões mantém-se também constante ao longo do tubo.



É assim que as pressões são medidas num tubo

Água, Ar e Energia

Este último capítulo vai tratar de conceitos como a Energia e o Trabalho. Vamos tentar determinar como é realizado trabalho quando pomos em movimento o ar e a água através de transferência de energia.



27. Trabalho realizado através de uma força

Vamos assumir que pretendes levantar do chão um grande pedregulho. Para tal, aplicas uma determinada força mas por mais que te esforces, não a consegues levantar. Apesar de teres aplicado imensa força, não produziste trabalho, pois não conseguiste mover o pedregulho nem um milímetro sequer. Para os físicos, realiza-se trabalho (W) quando uma determinada força (F) é exercida ao longo de uma distância (d). O trabalho pode então ser descrito pela seguinte equação:

$$W (\text{trab.}) = F (\text{força}) \cdot s (\text{distância})$$

Vais precisar de:

- 10 pinos botão
- 2 travões de eixo
- 1 anilha
- 4 molduras grandes
- 2 varas longas
- 4 varas curtas
- 1 eixo longo
- 2 eixos médios
- 1 eixo curto
- 2 roldanas pequenas
- 2 rodas dentadas grandes
- 1 base de sustentação
- 2 veios de transmissão
- 1 pedaço de cordel com 80 cm
- 1 balão

- 1
- 2
- 5
- 6
- 7
- 9
- 10
- 11
- 13
- 15
- 16
- 19
- 20
- 26
- 27

Repara que utilizámos um ângulo, θ , que é o ângulo entre a direcção da força e a direcção do deslocamento efectuado. Nos casos em que aplicamos uma força e deslocamos um objecto nesse sentido, o ângulo é nulo e $\cos \theta = 1$, logo o trabalho é: $W = F \cdot d$.

A unidade de medida da força é o newton (N) e da distância é o metro (m), logo trabalho vem expresso em Nm, que é indicado em joules (J): 1 joule = 1 N · 1m

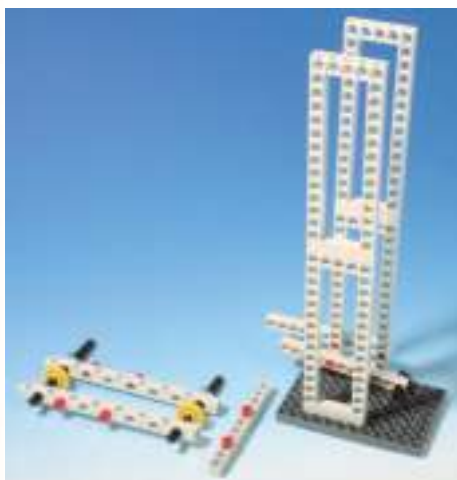
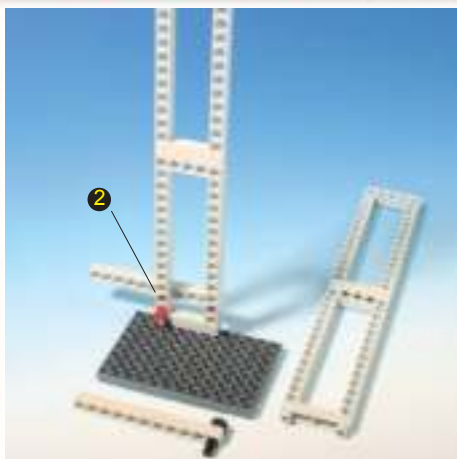
Se levantas uma pedra de 5 kg desde o chão até uma altura de 1 metro, então conseguirias produzir um trabalho de perto de 50 J (o peso da pedra é de aproximadamente $5 \cdot 10 = 50$ N, e a força que tu exercerias teria que ser pelo menos igual ao peso da pedra)

28. A energia resulta do trabalho

Existem dias em que estás tão cansado e sem forças que não consegues fazer trabalho algum. Nesses dias é comum ouvir a seguinte expressão "Hoje estou sem energia". De facto, a energia é a capacidade de se realizar trabalho. Vamos investigar esta relação através de um martelo gravítico.

Martelo Gravítico

A vara curta vai ser o teu "martelo". Certifica-te que todas as partes se movem livremente e sem muito atrito. A montagem final do martelo gravítico está ilustrada na página seguinte.





Como armazenar trabalho

Enche o balão com meio copo de água e dá um nó com a extremidade do cordel. Ata a outra extremidade do cordel na tampa tubular, que serve como manivela, e guia o cordel através das roldanas, tal como está ilustrado nas fotografias.

Começa com o balão apoiado no chão. Levanta um pouco o martelo e roda a manivela da roda dentada (a tampa tubular) de modo a que o cordel se enrole à volta do eixo a partir do lado de fora. Se o balão começa a subir, liberta novamente o martelo. Roda o eixo para trás até que a tampa tubular toque no pino da roda dentada interior. O balão com água fica deste modo suspenso debaixo da roldana. Dá uma pequena pancada na roldana e o balão começará a baloiçar para baixo e para cima, à medida que o martelo fica também a dar pancadas na base de sustentação. Se aumentares o comprimento do cordão e colocares esta montagem perto das bordas de uma mesa, conseguirás prolongar o movimento do balão e do martelo.



É assim que o martelo gravítico fica no final.

A força que aplicas com a tua mão ao rodar a manivela da roda dentada executa trabalho. Este trabalho é conduzido através do eixo, cordão e roldanas até ao balão de água, que se move desafiando a força da gravidade, subindo até à roldana. Enquanto o balão fica pendurado, mantém a energia armazenada. Esta energia é convertida em energia cinética à medida que o balão desce e transfere também trabalho que actua sobre a alavanca do martelo.

A energia do balão enquanto está suspenso é designada por energia potencial. Assim que o balão começa a descer adquire velocidade e uma nova forma de energia, a energia cinética. Uma vez que a energia pode ser definida como a habilidade de executar trabalho, vem expressa nas mesmas unidades que o trabalho, ou seja em joule.

A energia potencial da água é também utilizada nas centrais hídricas. A água contida num reservatório que está a uma altura determinada, é conduzida através de condutas até uma turbina. Como a turbina está a uma altura menor, a água adquire energia cinética, à medida que vai perdendo energia potencial ao longo do percurso de descida. A energia cinética faz rodar a hélice da turbina, alimentando um gerador eléctrico que por sua vez produz a electricidade.

A energia potencial existe em várias formas. Tens energia potencial gravítica, relacionada com a altura a que um corpo está do centro de gravidade da Terra, tens também energia potencial elástica, relacionada com a energia que fica contida quando comprimes ou esticas uma mola, ou quando forças as espiras dos motores de dar à corda a enrolarem-se, e tens ainda outros tipos de energia potencial.



Primeiro dá-se à corda do motor, que depois guia o brinquedo.

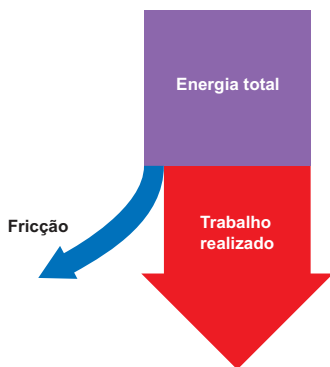


Existe imensa energia eléctrica na bateria de um berbequim.

A água vai do reservatório até aos tubos nas hélices de uma turbina.



O balão parcialmente cheio tem também energia potencial. Na última figura desta página podes ver como se monta a roda de pás.



Montagem da roda de pás. Certifica-te de que a língua mais estreita das lâminas fique bem encaixada nas ranhuras da roda dentada.

Vais precisar de: 2 molduras pequenas ⑧, 1 eixo longo ⑪, 2 rodas dentadas médias ⑰, 1 base de sustentação ⑲, lâminas para as turbinas ⑳, balão ㉓.

Nem toda a energia potencial contida na água é convertida em batimentos no nosso pêndulo gravítico; parte da energia perde-se por atrito ou fricção nos encaixes dos eixos, nas roldanas e na alavanca do pêndulo/martelo. Esta energia perde-se no sentido em que não é transferida para o pêndulo, mas mantém-se de qualquer modo o princípio de conservação da energia: Se adicionarmos a energia perdida por atrito, à energia cinética e à energia potencial do pêndulo, obtemos a energia inicial que aplicámos. O princípio da conservação da energia pode ser formulado da seguinte maneira:

Num sistema fechado não se perde energia. A energia não pode ser criada ou destruída. Pode apenas ser convertida. A soma da energia mecânica no sistema mantém-se constante.

29. A Potência é o Trabalho a dividir pelo Tempo

Vamos assumir na experiência anterior, que o balão percorre uma distância de 0,2 m e que tem um peso de sensivelmente 0,1 N (ou seja, que tem uma massa de 0,01 Kg = 10 g). Neste caso, o trabalho efectuado no balão é de 0,1 - 0,2 = 0,02 J. Para o cálculo do trabalho, é indiferente saber se o balão demorou 1 segundo ou 10 segundos a percorrer essa distância. No entanto, em termos da máquina em si, o conseguir executar uma determinada tarefa em menos tempo é uma vantagem considerável. Esta vantagem pode ser aferida considerando a potência, (P) que consiste no trabalho executado a dividir pelo tempo necessário para o executar, ou seja:

$$P(\text{potência}) = \frac{W(\text{trabalho})}{t(\text{tempo})}$$

A unidade de potência é o watt (W):

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

Se o balão de água leva 10 s no percurso de descida, então a potência total (que inclui a fricção) é de 0,02 J/10 s = 0,002 W.

Se o pêndulo executasse este mesmo trabalho mas em apenas 1 s, então a potência seria 10 vezes maior, ou seja 0,02 W.

Por vezes são utilizados múltiplos do watt, como o quilo-watt (kW) ou o mega-watt (MW). Num carro de dimensão mediana, por exemplo, a potência poderá rondar os 60 kW. Uma pessoa poderá produzir uma potência de 200 W em actividades físicas comuns num período relativamente longo de tempo e um ciclista em competição poderá despende uma potência de 1500 W muito rapidamente.

Já estás cansado de realizar e de ler as experiências? Então, aproveita a noite para recuperar, pois durante a noite enquanto dormes, o teu organismo utiliza perto de 80 W de potência.

FísicaPro

Quiz

1. Enches um balão e dás um nó. Medes o perímetro da circunferência na região central com uma fita métrica e determinas o seu peso com o dinamómetro ou com uma balança. Depois, imagina que deixas o balão repousar dentro do frigorífico durante 1 hora. Quando o retiras, medes novamente o perímetro e verificas que diminui consideravelmente. O que achas que aconteceu ao peso do balão?

> Lê as Palavras-Chave do Capítulo 3, na página 13!

- a O balão ficou mais pesado
- b O balão ficou com o mesmo peso
- c O balão ficou mais leve

2. Num colchão de água que não está demasiado cheio, está colocada uma tábua de madeira de 0,6 por 1,8 m de dimensão. Esta tábua pesa 12 kg. O teu amigo Lucas, que pesa 60 kg, está sentado em cima da tábua. Com os teus pulmões, consegues facilmente produzir uma pressão de 4000 Pa. Será que conseguirias encher o colchão através de um tubo na entrada de ar, estando o teu amigo sentado em cima da tábua?

> Lê o Capítulo 9!

- a Não. Existe demasiado peso em cima do colchão
- b Sim, sem problemas.
- c Não porque a entrada de ar é demasiado pequena o que reduz a pressão do meu fôlego.

3. Um pescador grego construiu 2 barcos: um com um casco de madeira e outro, com um casco de ferro. Ambos os cascos têm a mesma forma exterior com as mesmas dimensões. No interior do casco do barco de madeira foi colocado algum cimento. Deste modo os dois barcos ficaram com o mesmo peso. Compara a força de impulsão nos dois barcos.

> Lê o capítulo 12!

- a O barco de madeira experimenta maior impulsão pois a madeira é mais leve do que o ferro.
- b O barco de ferro experimenta maior impulsão porque tem o casco interior mais fino e vazio.
- c Os dois barcos experimentam a mesma impulsão.

4. Imagina que tens água a circular dentro de uma mangueira de jardim que tem uma secção com 2 cm² de secção. A água está a escoar com uma velocidade de 4 m/s. Na extremidade da mangueira existe um estrangulamento com uma mangueira mais fina, que tem uma secção transversal com uma área de 0,5 cm². Qual será a velocidade da água quando atravessa o estrangulamento?

> Lê o Capítulo 24!

- a 16 m/s
- b 8 m/s
- c 4 m/s

5. Um barco está preso a um porto através de uma única linha de pesca. O ar está calmo. A linha estica horizontalmente desde o barco até a uma estaca de madeira no porto. A corrente no rio é tal que a água circula a 3 m/s. O coeficiente de arrasto, CD, do barco vazio é de 0,3 debaixo de água. A área da secção máxima transversal do barco é 0,2 m². Qual é a força que a linha faz sobre a estaca?

> Calcula a força através da fórmula que está no Capítulo 20. (A densidade da água é expressa em kg/m³)!

6. Uma criança que vive no 3º andar de um prédio quer visitar o seu maigo que vive no 11º andar; para tal, carrega no botão do elevador. O elevador sobe desde o rés-do-chão até ao 3º andar e depois segue até ao 11º andar subindo 30 m, com a criança de 45 kg. Qual foi o trabalho executado pelo elevador ao levar a criança até ao 11º andar?

> Lê o Capítulo 26 e as Palavras-Chave do Capítulo 3!

- a 450 joule
- b 13243,5 joule
- c 1350 joule

7. Num período de 12 segundos consegues saltar 10 vezes seguidas com uma elevação de 30 cm. Assumindo que pesas 50 kg, quanta potência foi dissipada nestes saltos?

> Lê o Capítulo 28!

- a 7,2 Watt
- b 600 Watt
- c 122 Watt

1. Resposta b. De facto o balão mantém o seu peso, porque a massa (quantidade de moléculas presentes) não se altera. A borracha do balão também mantém a mesma massa, logo o mesmo peso.

2. Resposta b. O peso total sobre o colchão é de 72 kg (peso da tábua mais o de Lucas), e está distribuído sobre uma área de $0,6 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} = 1,08 \text{ m}^2$. O "peso", ou mais correctamente a força gravítica é $P = 72 \times 9,81 = 706 \text{ N}$, que distribuída pela área da superfície do colchão corresponde a uma pressão de $706/1,08 = 653 \text{ Pa}$. Como consegues com o teu fôlego, uma pressão de 4000 Pa, consegues também vencer esta pressão de 653 Pa originada pelo peso da tábua e do Lucas, mesmo que a quantidade de ar que consigas encher em cada sopro seja muito pequena.

3. Resposta c. Se os dois barcos têm exactamente o mesmo formato e o mesmo peso, então a impulsão é igual.

4. Resposta a. Através da equação de continuidade, a quantidade de água que passa pela secção da mangueira é a mesma que a que passa no bocal, no mesmo intervalo de tempo. Como a secção do bocal é 4 vezes menor, então a velocidade da água no bocal terá que ser 4 vezes maior, ou seja, 16 m/s.

5. Resposta: Vamos utilizar a fórmula: $F_d = C_d \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$. Inserindo os valores: $C_d = 0,3$; $A = 0,2 \text{ m}^2$; $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $v = 3 \text{ m/s}$

6. Resposta b. O trabalho, W , é obtido através da equação: $W = F \cdot d$; a força é o Peso ou força gravítica da criança, logo:

7. Resposta c. Vamos calcular a potência, sabendo que é o trabalho a dividir pelo tempo

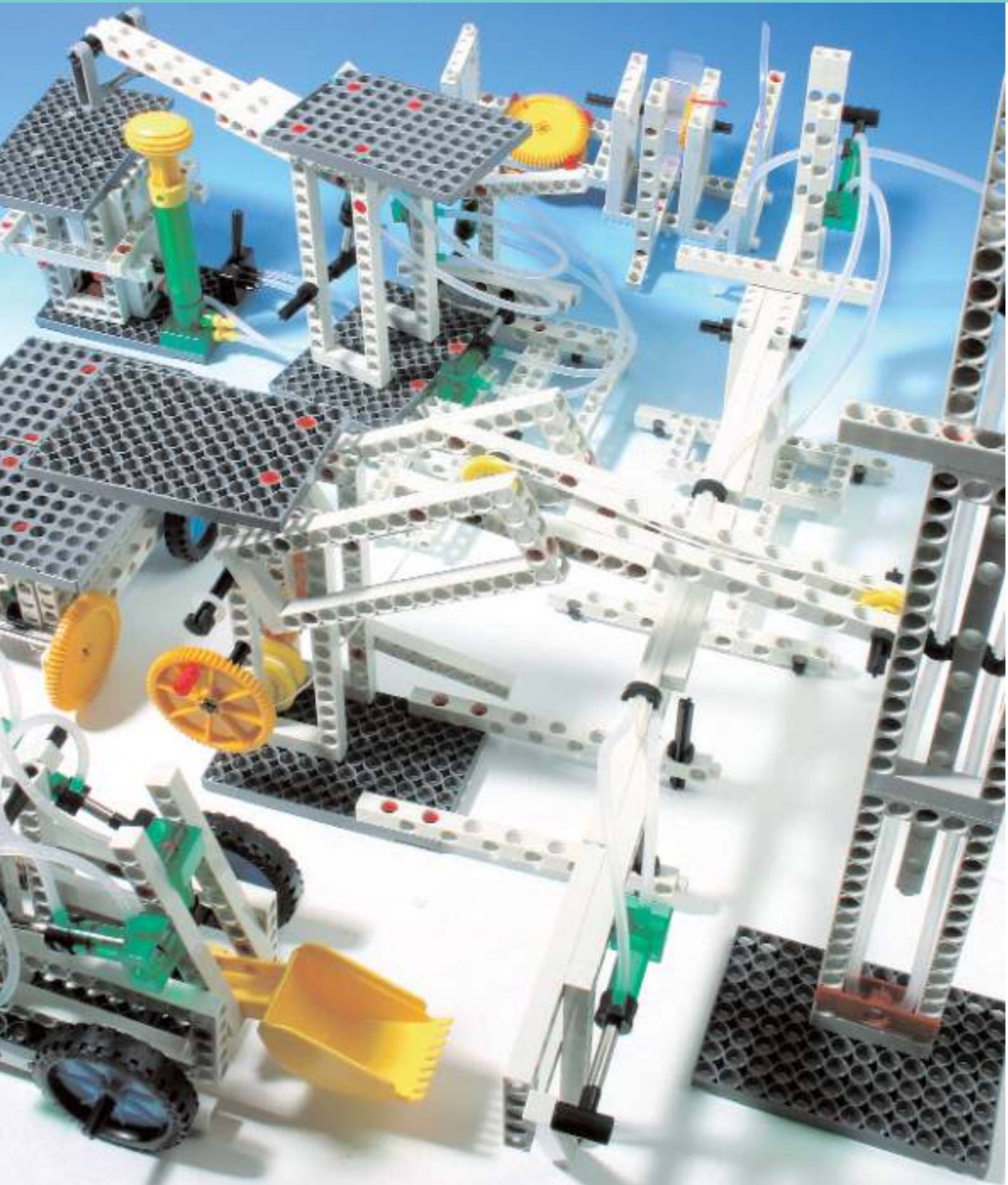
$W = 50 \times 9,81 \times 0,30 \times 10 = 1471,5 \text{ J}$; corresponde ao trabalho de saltar 10 vezes

$P = 1473,5 / 12 = 123 \text{ W}$ (ou watt)

Vamos Construir Protótipos

Nesta secção vamos construir 14 modelos mais avançados de protótipos. Estes modelos são independentes das instruções apresentadas nas secções anteriores apesar de utilizarem conceitos que foram descritos nas explicações teóricas apresentadas. Irás encontrar referências em cada um deles para te ajudar a perceber os princípios físicos que estão por detrás.

Diverte-te



Veículo com suspensão a ar



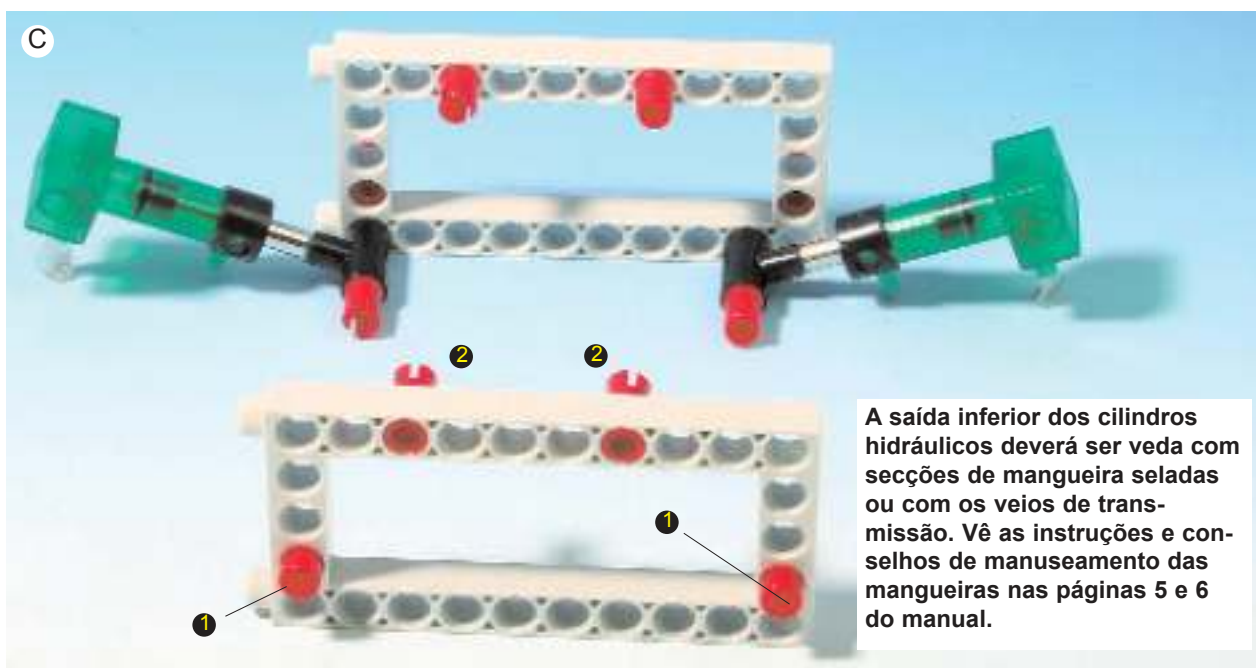
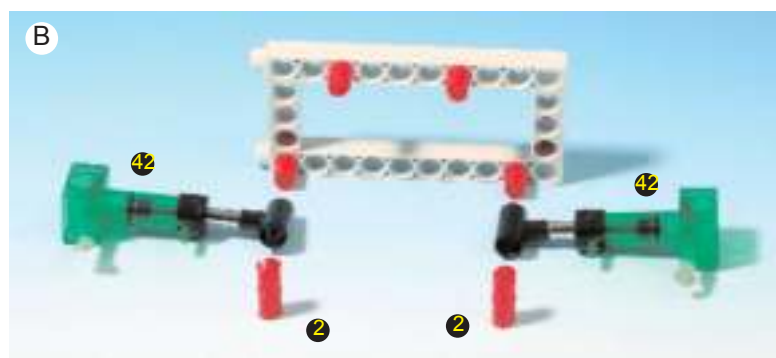
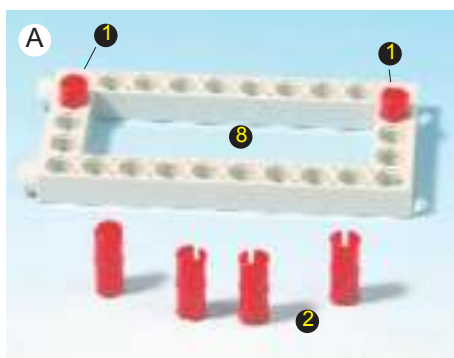
Este veículo tem amortecedores pneumáticos. A carga que o veículo suporta fica assente sobre dois cilindros hidráulicos cheios de ar que estão ligados ao chassis. Uma vez que o ar pode ser comprimido, os êmbolos dos cilindros podem absorver os solavancos que ocorram durante a condução. Os autocarros e camiões são veículos que também estão equipados com amortecedores pneumáticos. Os automóveis comerciais utilizam outro tipo de sistemas de amortecimento baseados em espiras ou molas de



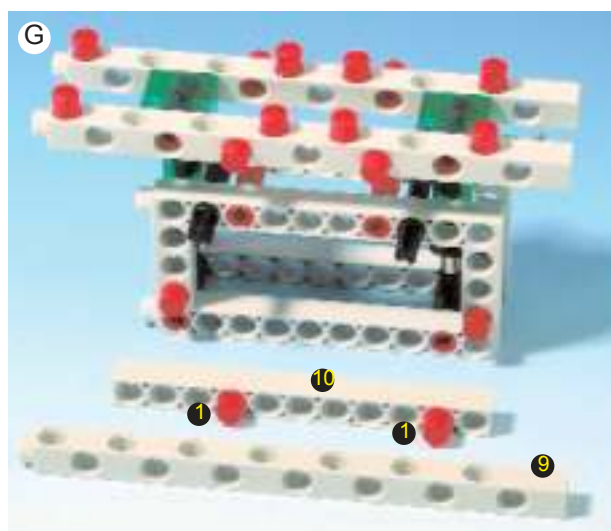
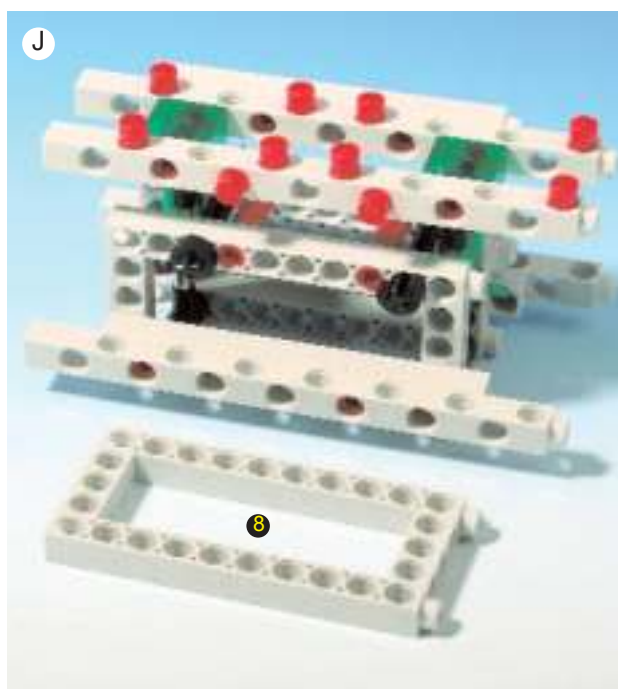
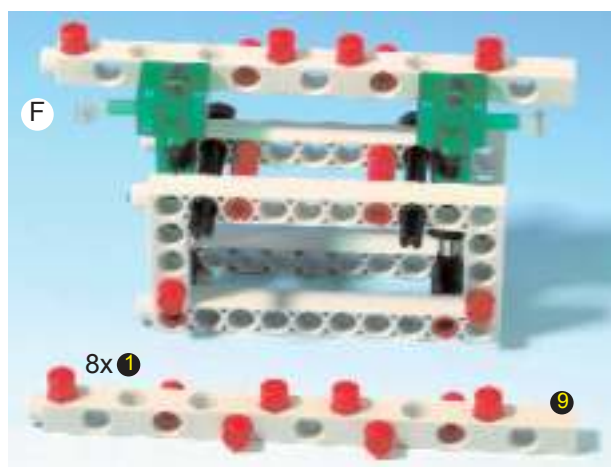
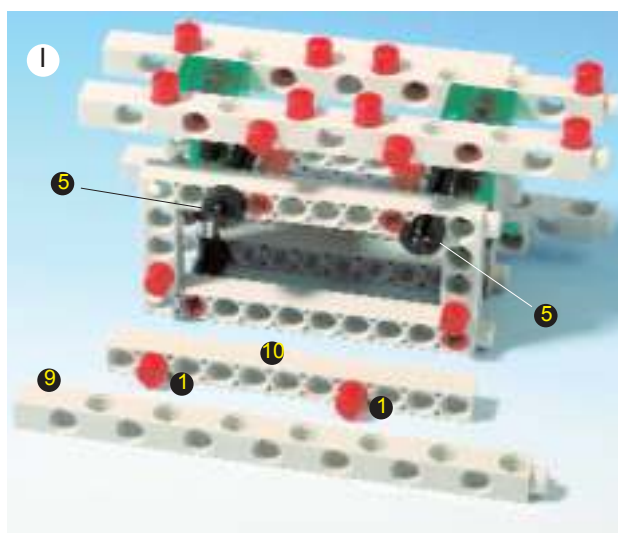
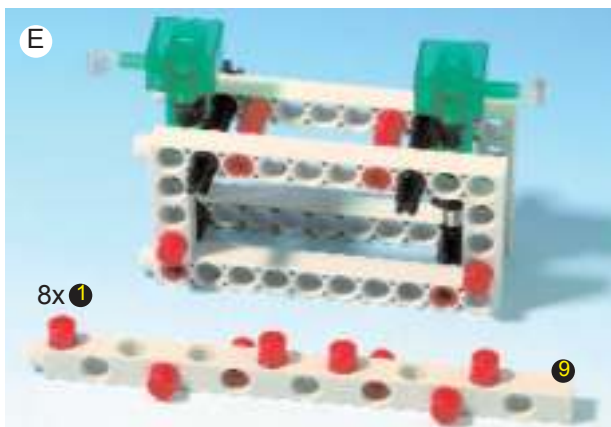
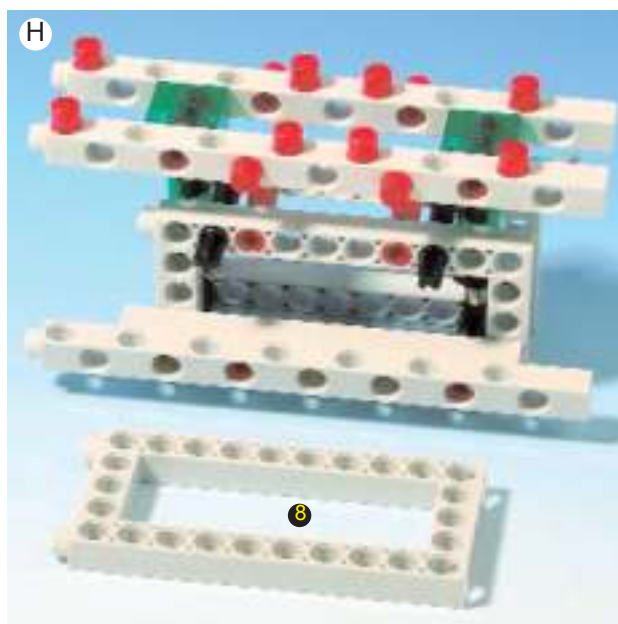
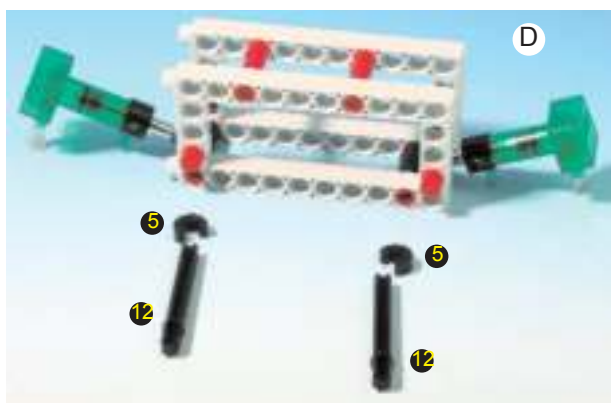
aço. Para que as molas fiquem em oscilação em movimentos de compressão e expansão, são utilizadas também absorvedores de vibração especiais (amortecedores). Testa o teu veículo, colocando sobre ele 1 L de leite ou de sumo e observa o movimento da suspensão. Assegura-te primeiro que a carga que colocas está bem segura e de que não pode escorregar.

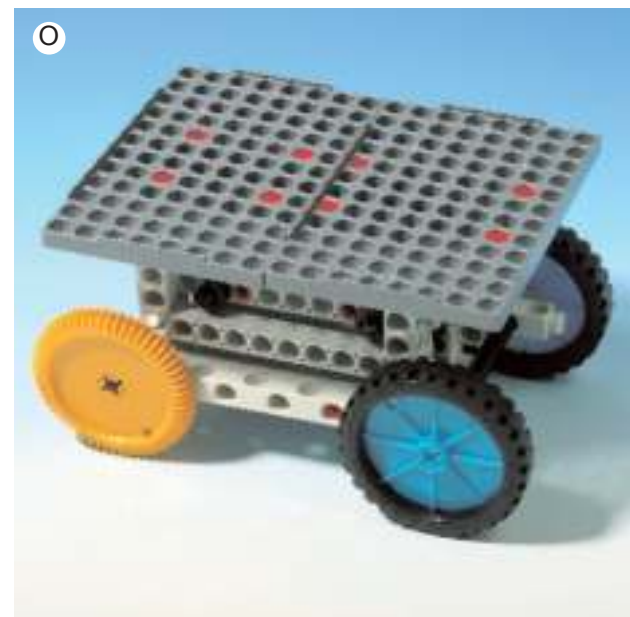
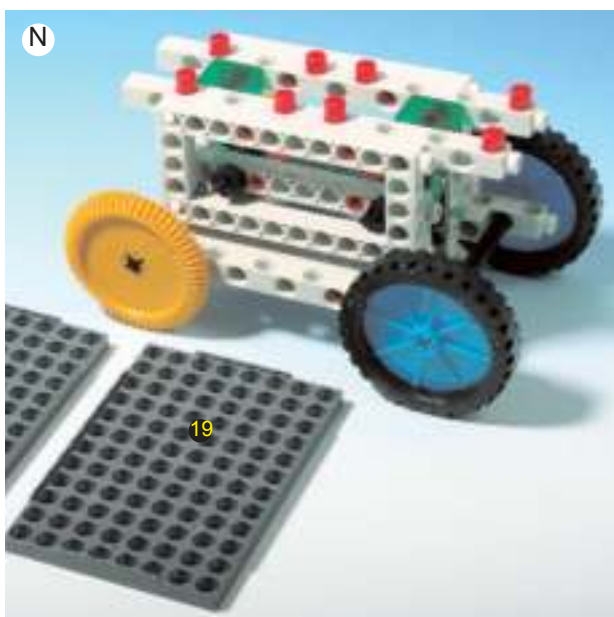
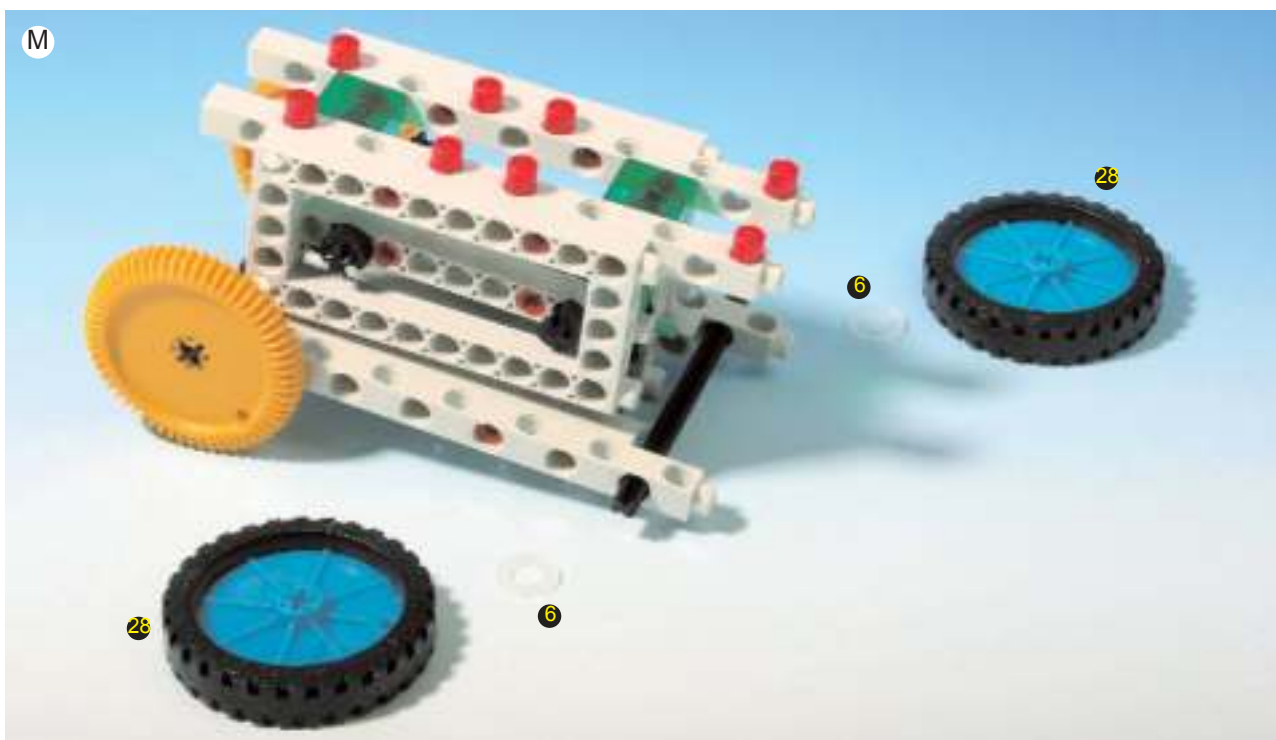
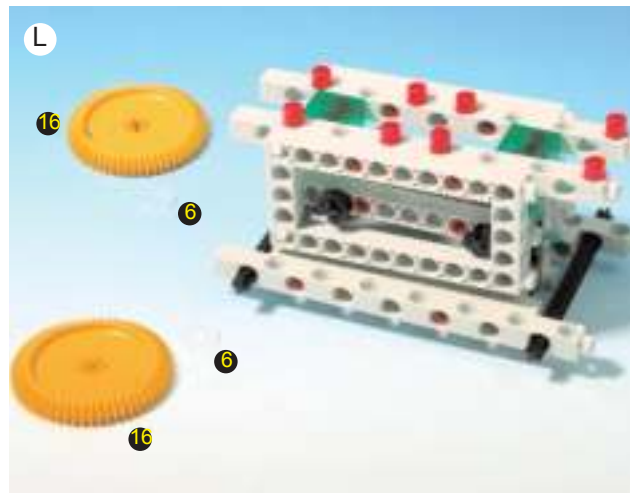
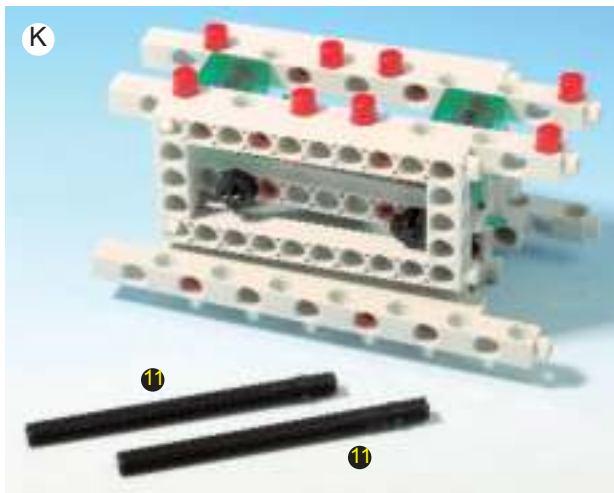
Vais precisar de :

- | | |
|--|----|
| 24 pinos botão | 1 |
| 8 pinos de junção | 2 |
| 2 travões de eixo | 5 |
| 4 anilhas | 6 |
| 4 molduras pequenas | 8 |
| 4 varas longas | 9 |
| 2 varas curtas | 10 |
| 2 eixos longos | 11 |
| 2 eixos médios | 12 |
| 2 rodas dentadas grandes | 16 |
| 2 bases de sustentação | 19 |
| 2 crankshaft | 20 |
| 2 rodas | 28 |
| 2 cilindros hidráulicos | 42 |
| 2 pedaços pequenos de mangueira estreita | 43 |
| 1 litro de leite ou sumo | |
| 1 placa de madeira | |



A saída inferior dos cilindros hidráulicos deverá ser vedada com secções de mangueira seladas ou com os veios de transmissão. Vê as instruções e conselhos de manuseamento das mangueiras nas páginas 5 e 6 do manual.

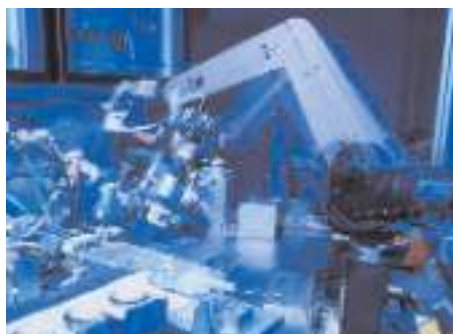




Garra mecânica



Por vezes determinados objectos na indústria e na investigação têm que ser manuseados à distância, por precaução, pelo facto de estarem demasiado quentes, serem tóxicos ou mesmo radioactivos, como os materiais das centrais nucleares. Neste tipo de

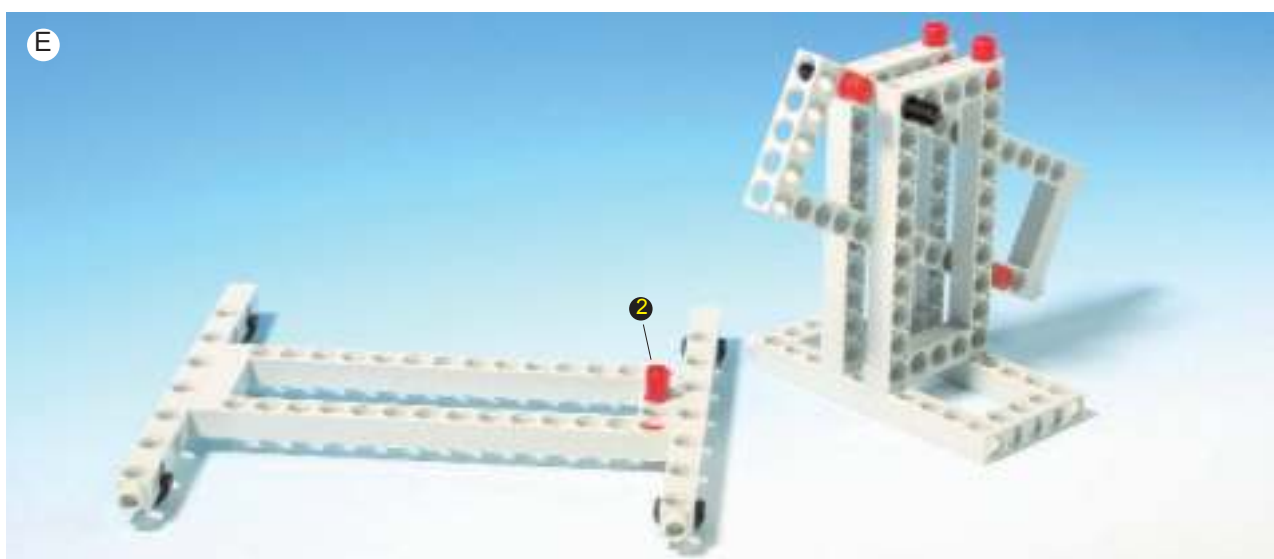
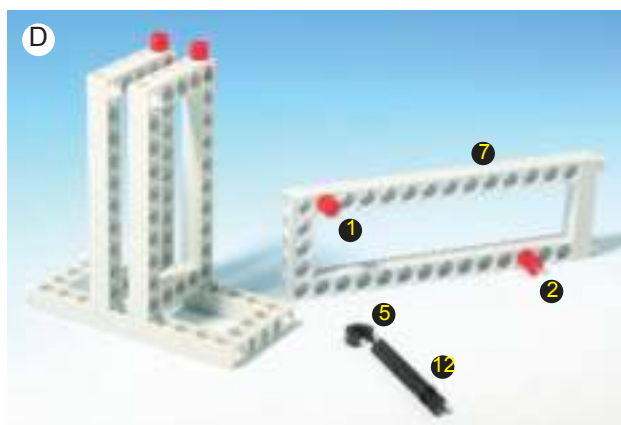
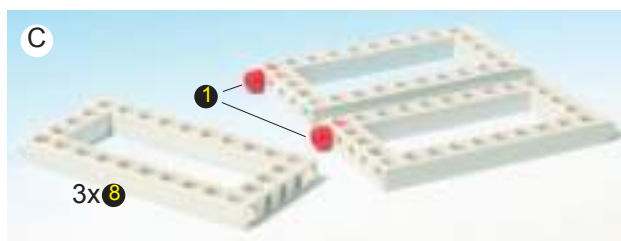
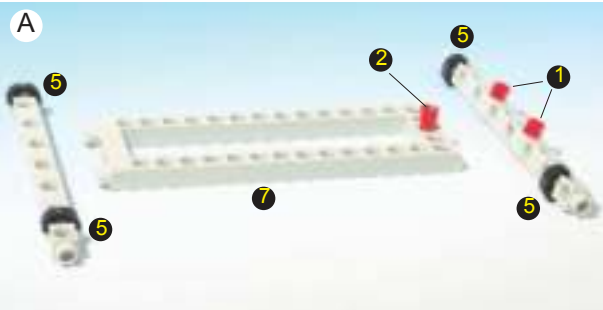


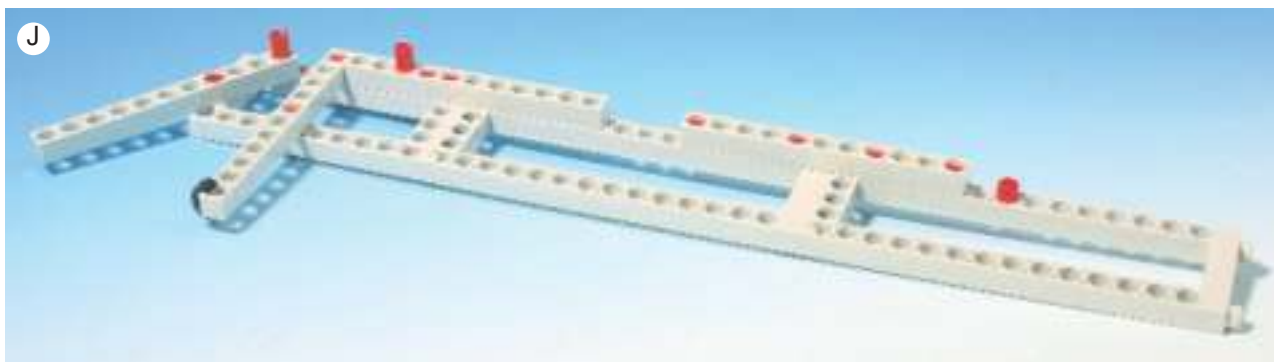
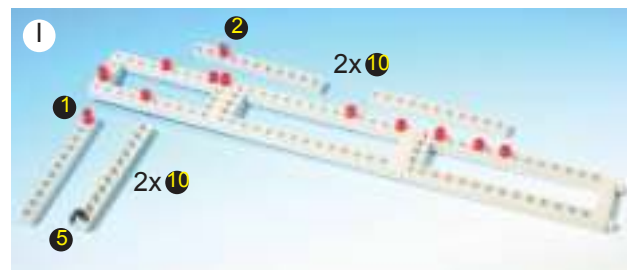
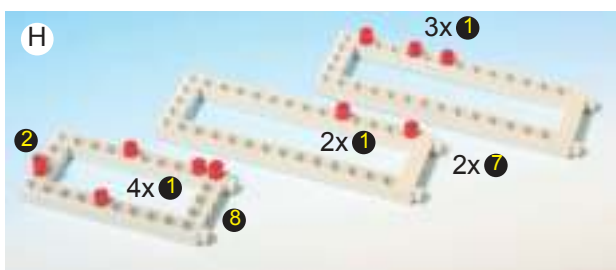
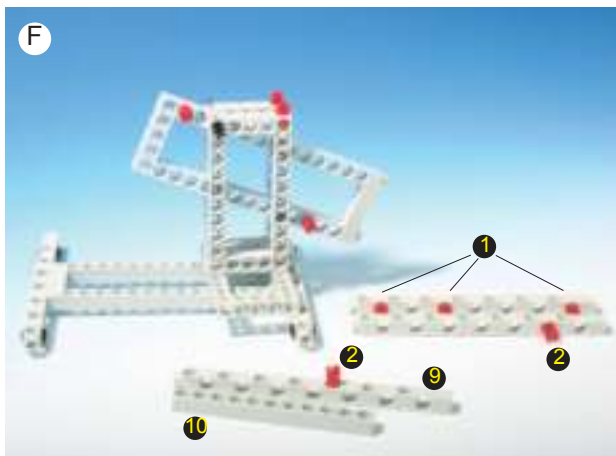
tarefas, são necessárias ferramentas que permitam a transferência de força e de movimento a uma distância apropriada. A garra mecânica, activada hidráulicamente, que vamos agora construir é um excelente exemplo de uma destas ferramentas. Vais ver como este modelo apresenta bastante precisão e força.

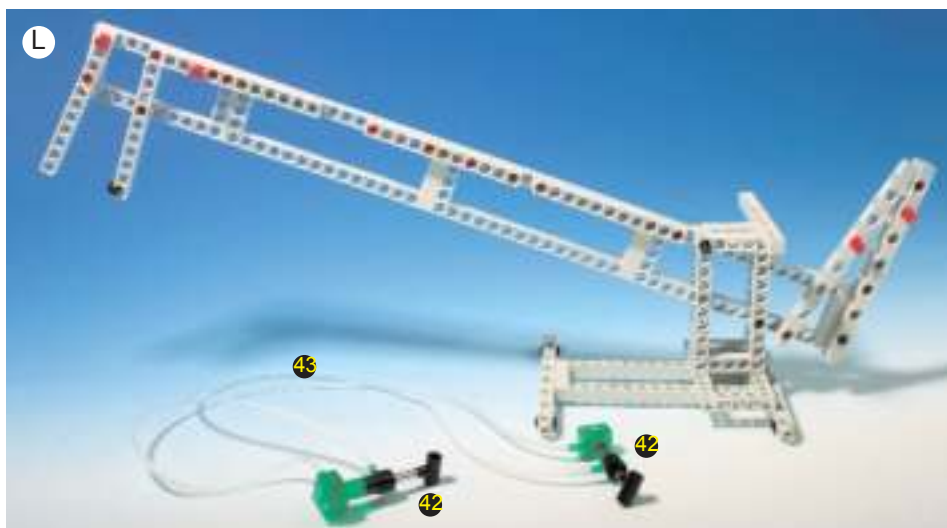
Lê o capítulo 2.

Vais precisar de:

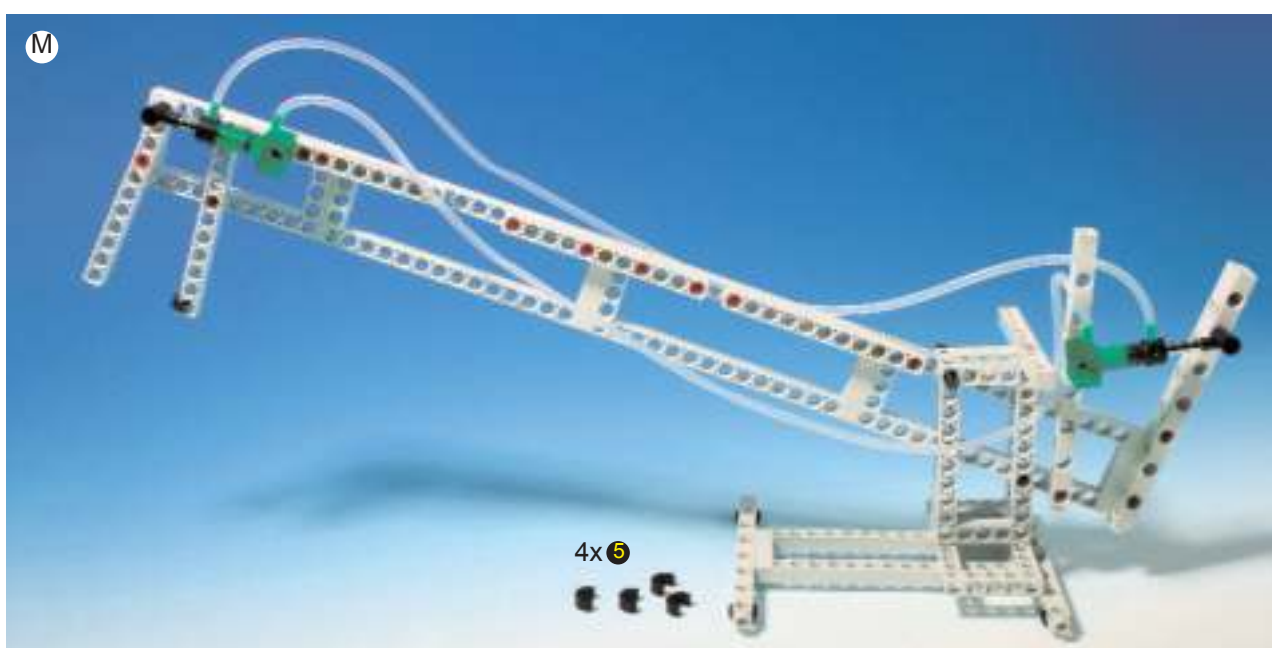
- | | |
|---------------------------------|----|
| 17 pinos botão | 1 |
| 5 pinos de junção | 2 |
| 10 travões de eixo | 5 |
| 4 molduras grandes | 7 |
| 4 molduras pequenas | 8 |
| 4 varas longas | 9 |
| 6 varas curtas | 10 |
| 2 eixos médios | 12 |
| 2 cilindros hidráulicos | 42 |
| 2 pedaços de mangueira estreita | 43 |







Verifica que não existe ar nos cilindros e nas mangueiras. Deverá haver apenas água no seu interior. As experiências 1 e 2 das páginas 9 e 10 respectivamente, mostram-te como remover completamente o ar dos cilindros e das mangueiras.



Elevador hidráulico



A grande maioria das oficinas de automóveis tem um elevador hidráulico. Os elevadores hidráulicos são utilizados para erguer carros de forma a possibilitar a mudança de pneus ou fazer determinadas reparações. Também podemos encontrar elevadores hidráulicos nas plataformas de mercadorias ou mesmo nos trabalhos de manutenção da iluminação das ruas. Estes elevadores hidráulicos, utilizam cilindros de pressão e não balões, como os que agora vamos utilizar, mas o princípio de transferência de força é o mesmo. No protótipo que vamos construir, vamos utilizar uma bomba e um balão para conseguir elevar uma plataforma.



Estes elevadores hidráulicos, utilizam cilindros de pressão e não balões, como os que agora vamos utilizar, mas o princípio de transferência de força é o mesmo. No protótipo que vamos construir, vamos utilizar uma bomba e um balão para conseguir elevar uma plataforma.

Lê os capítulos 8, 9 e 10.

Vais precisar de:

- | | |
|--------------------------------|----|
| 2 pinos botão | 1 |
| 3 pinos de junção | 2 |
| 4 pinos de apoio | 3 |
| 3 travões de eixo | 5 |
| 6 molduras pequenas | 8 |
| 4 varas curtas | 10 |
| 3 eixos médios | 12 |
| 2 bases de sustentação | 19 |
| 1 pouco de cordel | 26 |
| 1 balão | 27 |
| 1 bomba hidráulica | 40 |
| 1 comutador hidráulico | 41 |
| 2 cilindros hidráulicos | 42 |
| 1 pedaço de mangueira estreita | 43 |

A



B

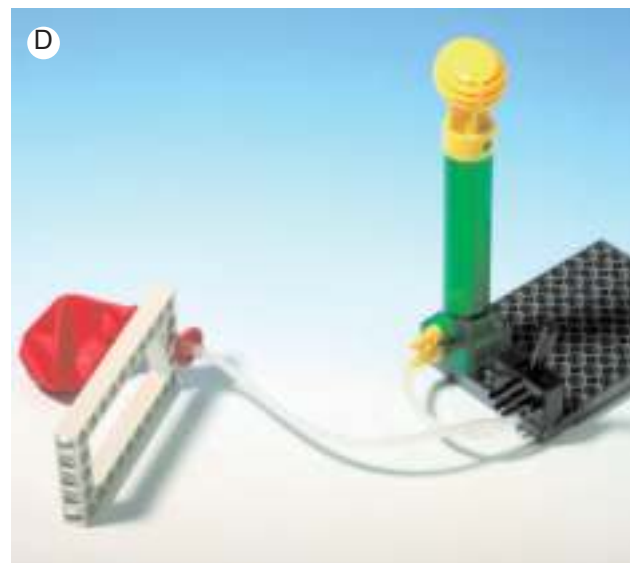


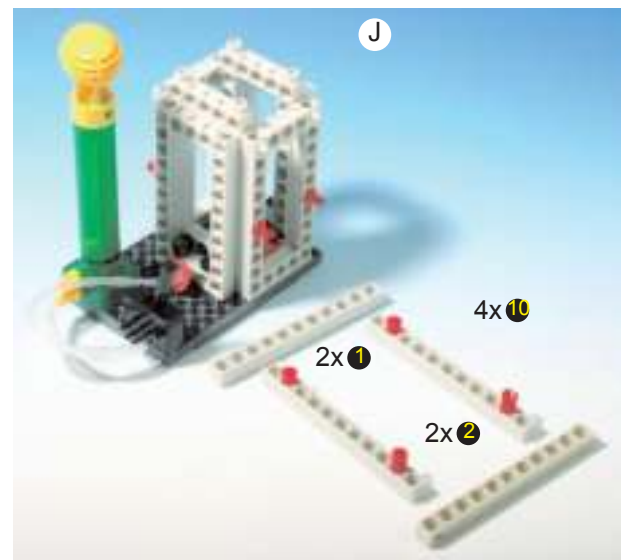
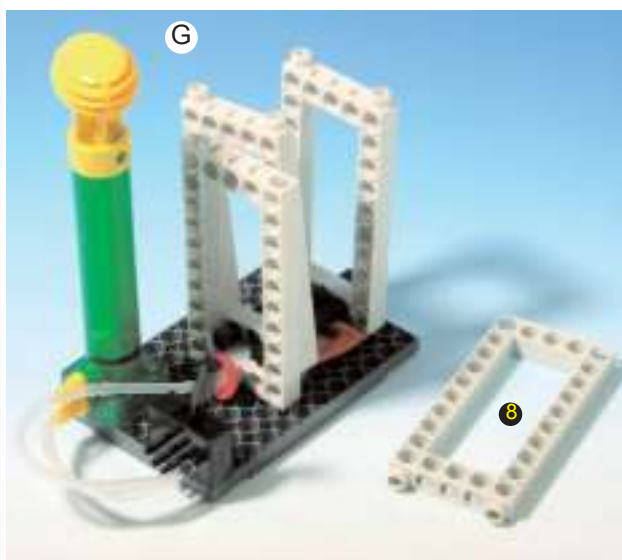
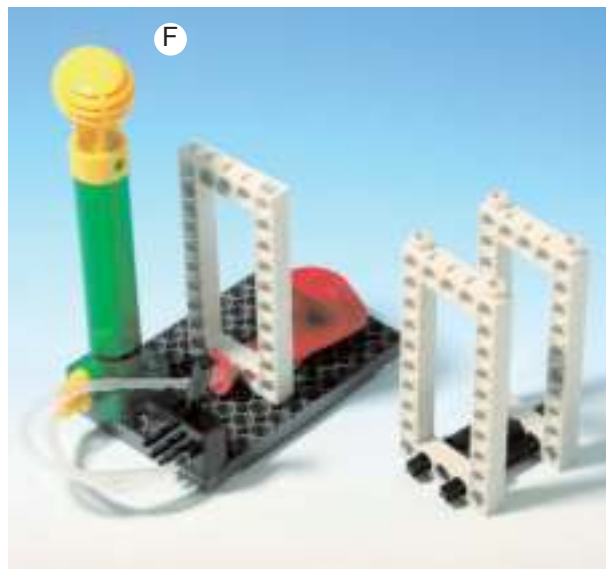
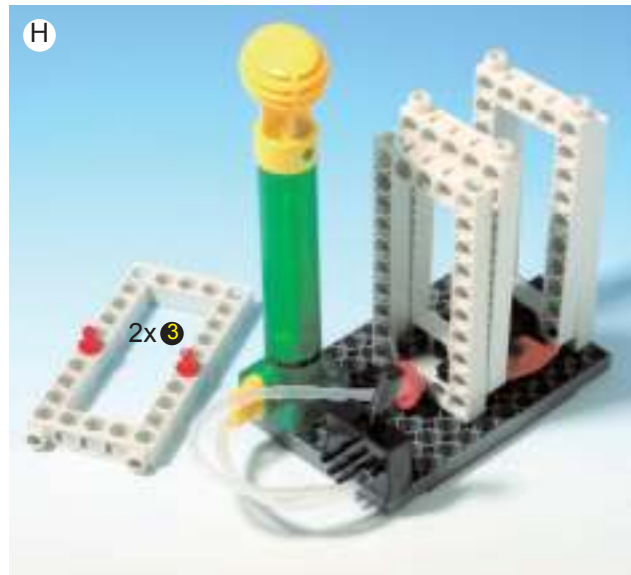
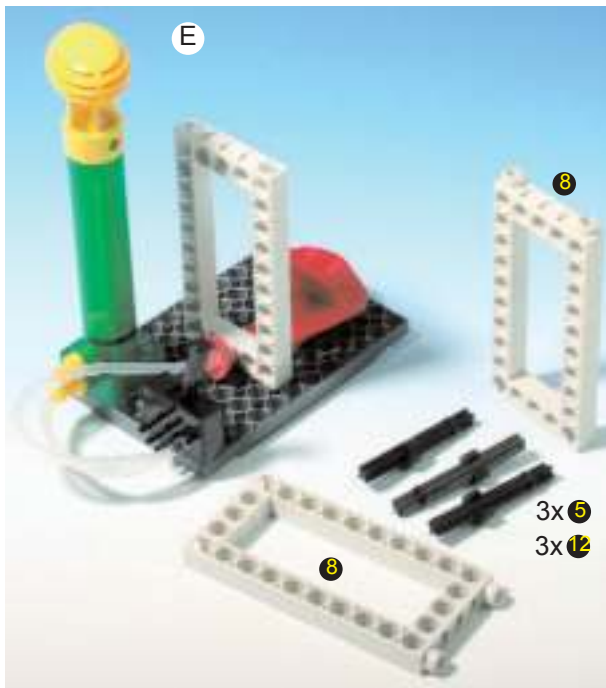
Importante! O elevador hidráulico funciona apenas com ar. Neste protótipo não existe água no interior dos cilindros, da bomba e das mangueiras.

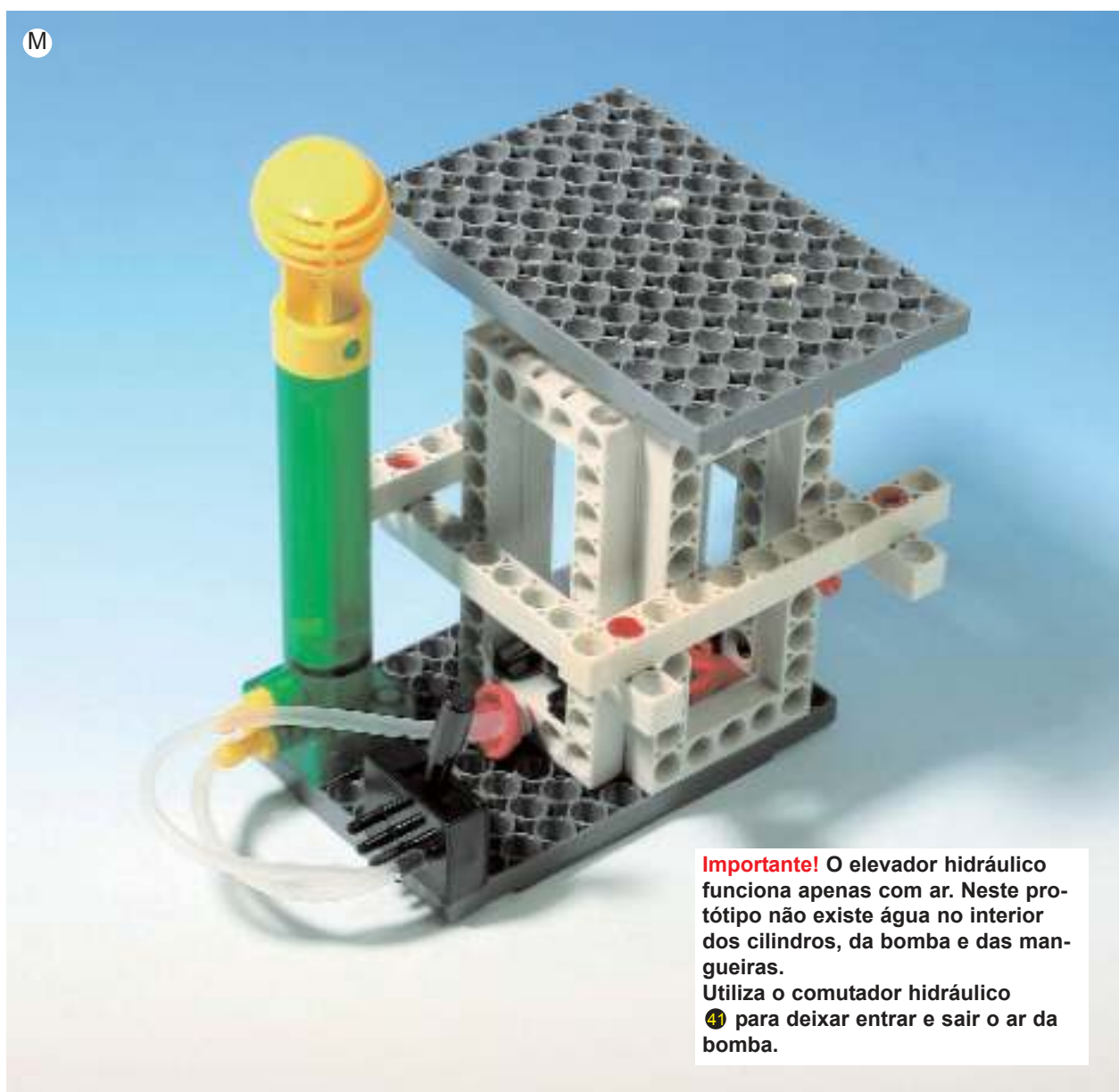
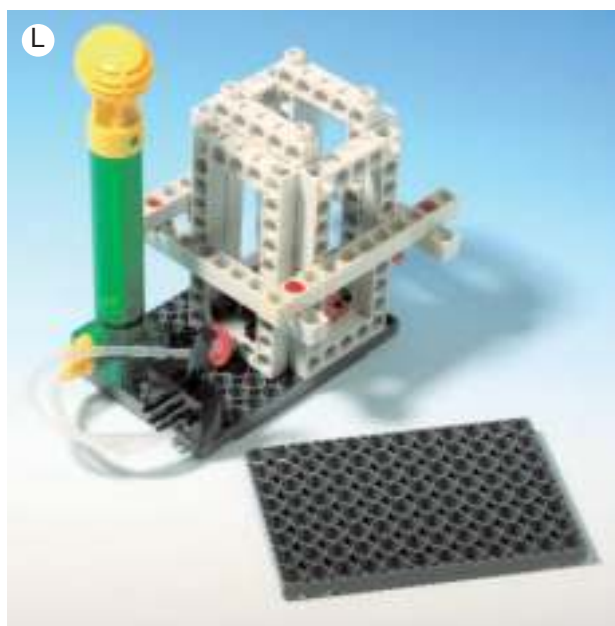
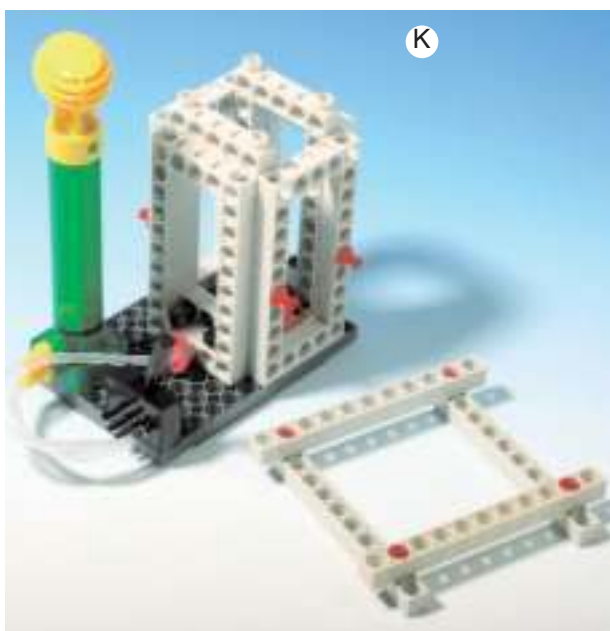
C



D







Importante! O elevador hidráulico funciona apenas com ar. Neste protótipo não existe água no interior dos cilindros, da bomba e das mangueiras.
Utiliza o comutador hidráulico 4 para deixar entrar e sair o ar da bomba.

Grua rotatória



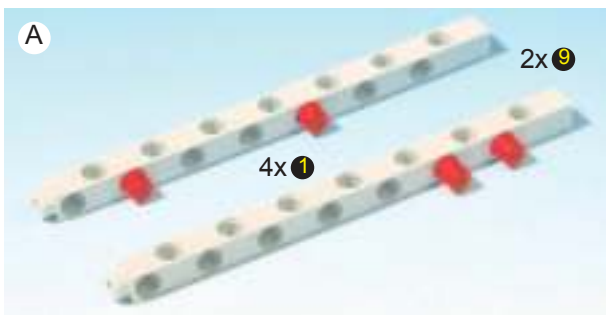
Esta grua hidráulica transfere forças para elevar e rodar. Uma vez que os êmbolos dos cilindros, têm todos a mesma área de secção, as forças não vão ser ampliadas nem diminuídas. Apenas poderás aumentar um pouco mais a força através das alavancas e da força que nelas imprimes com a tua mão. As alavancas estão ligadas de um modo flexível aos êmbolos dos cilindros que vão actuar como bombas hidráulicas. Através das alavancas podes controlar a direcção do movimento dos cilindros de acção, e deste modo, controlar também a rotação da grua e a elevação do seu braço.

Lê os capítulos 2 e 10.

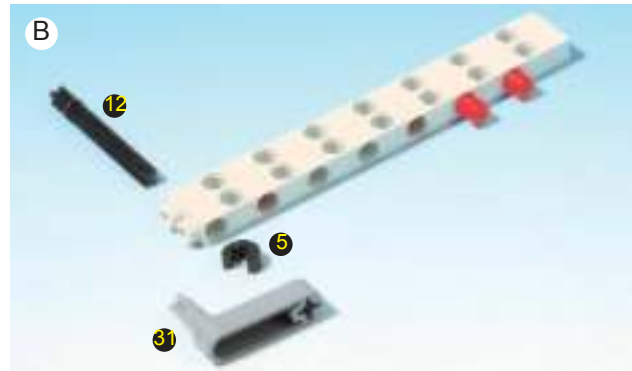
Vais precisar de:

- | | |
|---------------------------------|----|
| 31 pinos de botão | 1 |
| 13 pinos de junção | 2 |
| 7 travões de eixo | 5 |
| 4 molduras grandes | 7 |
| 4 molduras pequenas | 8 |
| 5 varas longas | 9 |
| 6 varas curtas | 10 |
| 1 eixo longo | 11 |
| 1 eixo médio | 12 |
| 2 bases de sustentação | 19 |
| 2 manivelas | 31 |
| 4 cilindros hidráulicos | 42 |
| 2 pedaços de mangueira estreita | 43 |

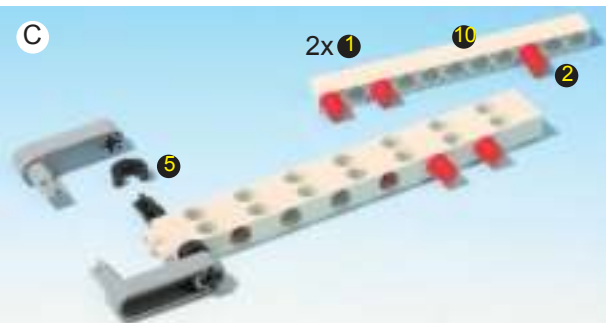
A



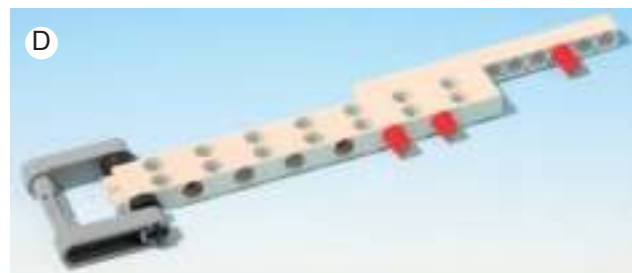
B



C

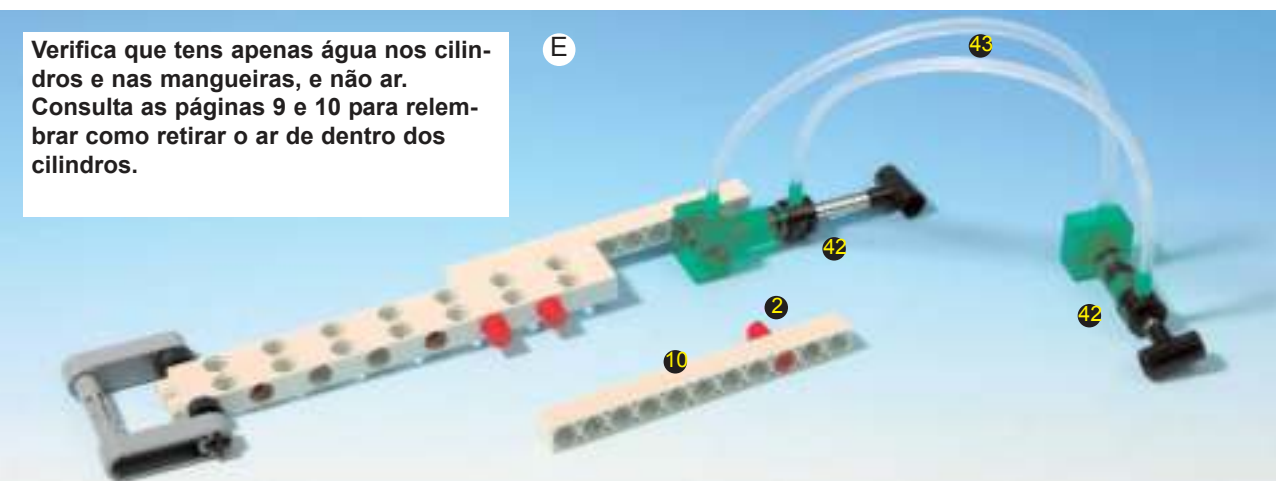


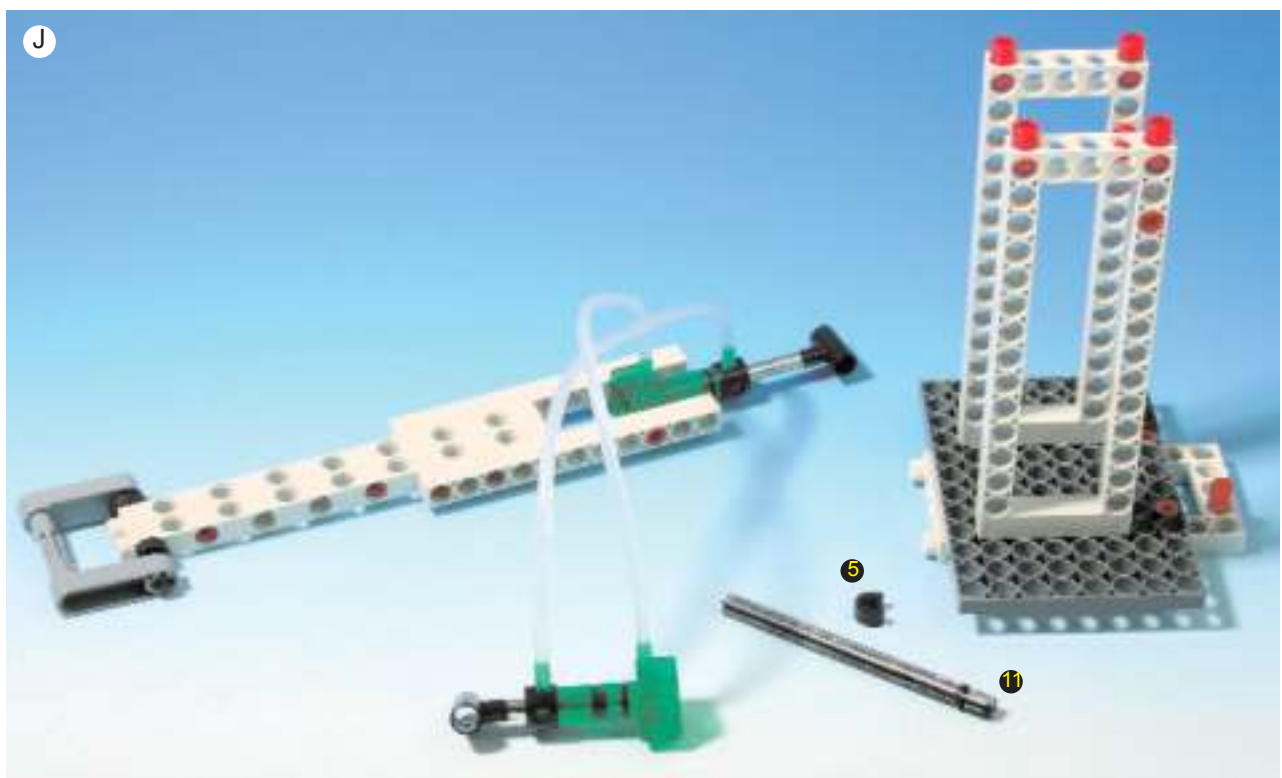
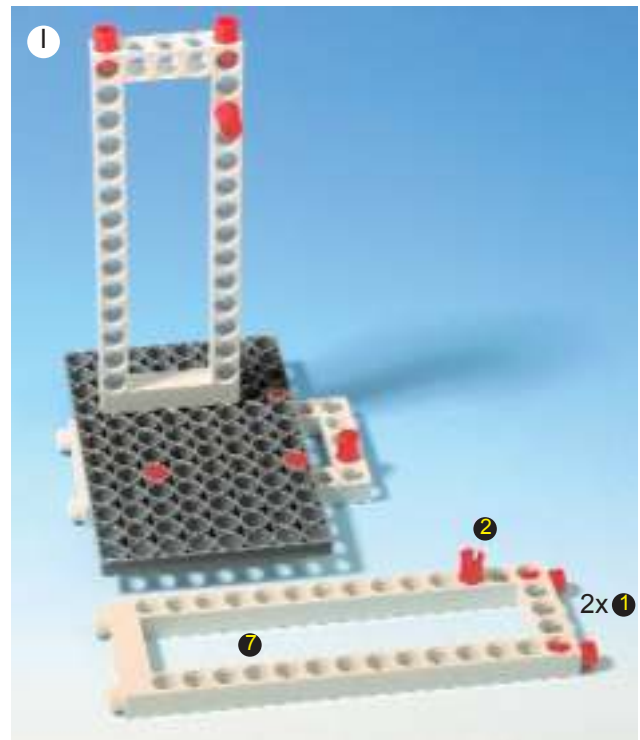
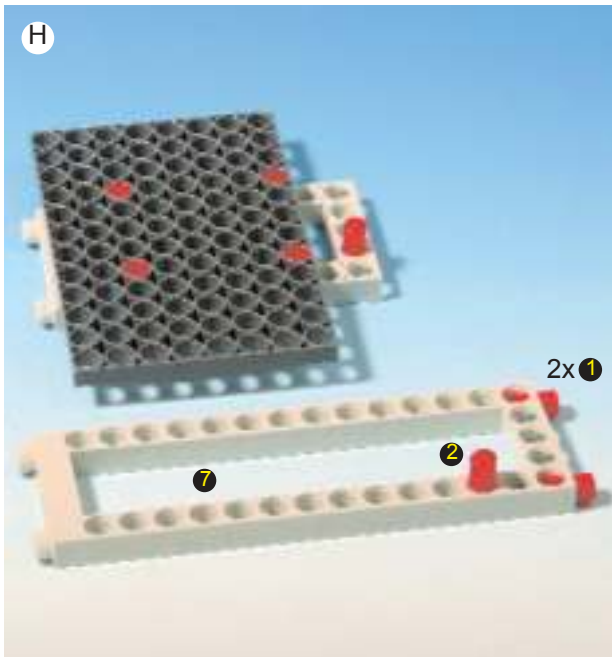
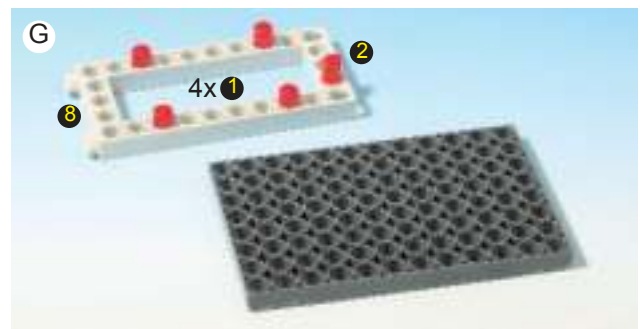
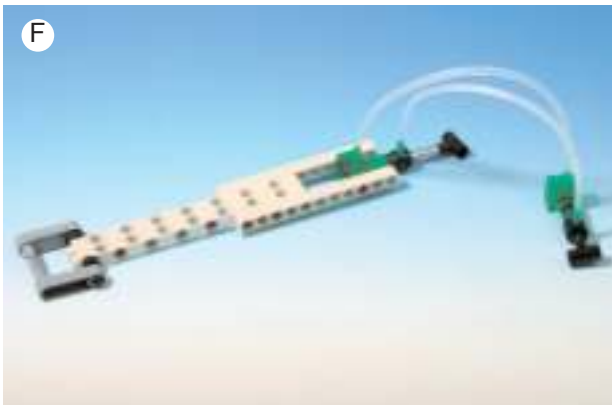
D



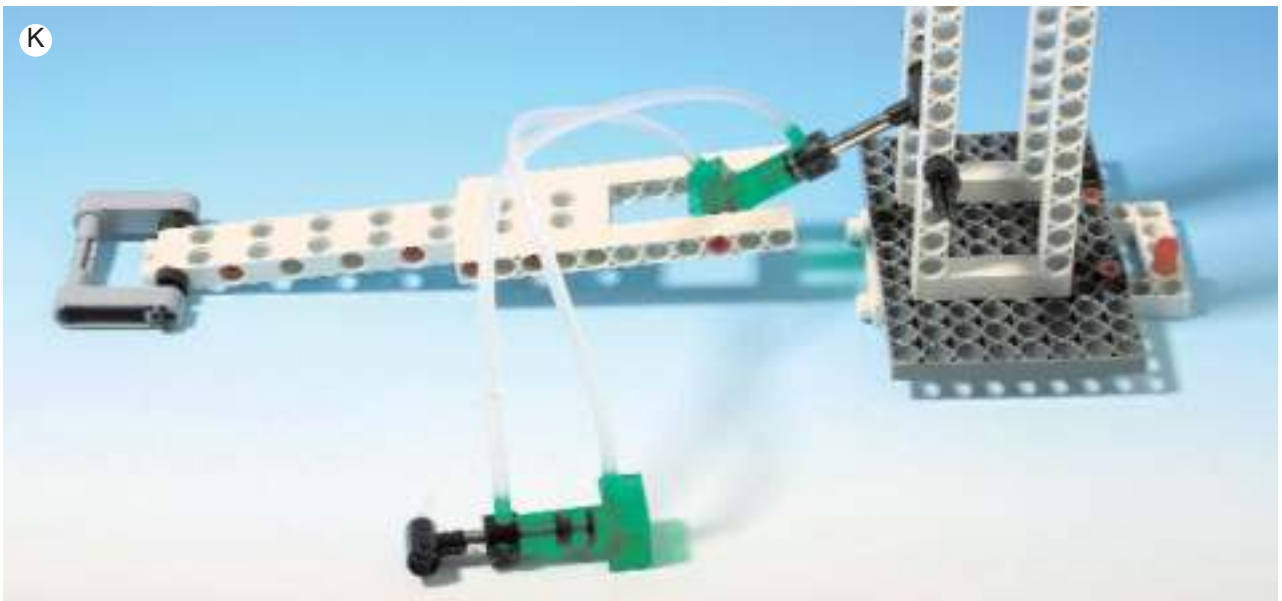
Verifica que tens apenas água nos cilindros e nas mangueiras, e não ar. Consulta as páginas 9 e 10 para relembrar como retirar o ar de dentro dos cilindros.

E

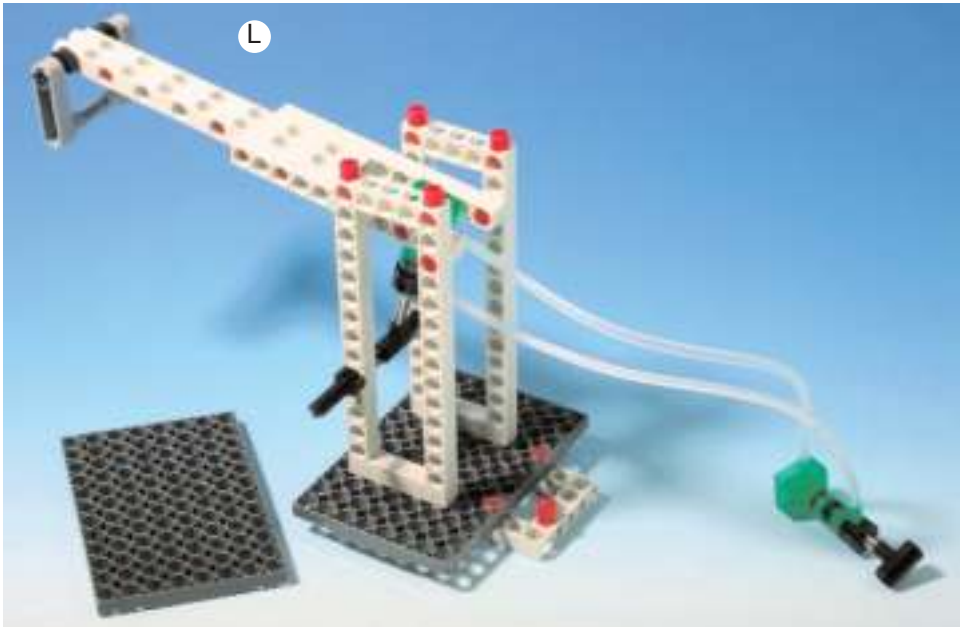




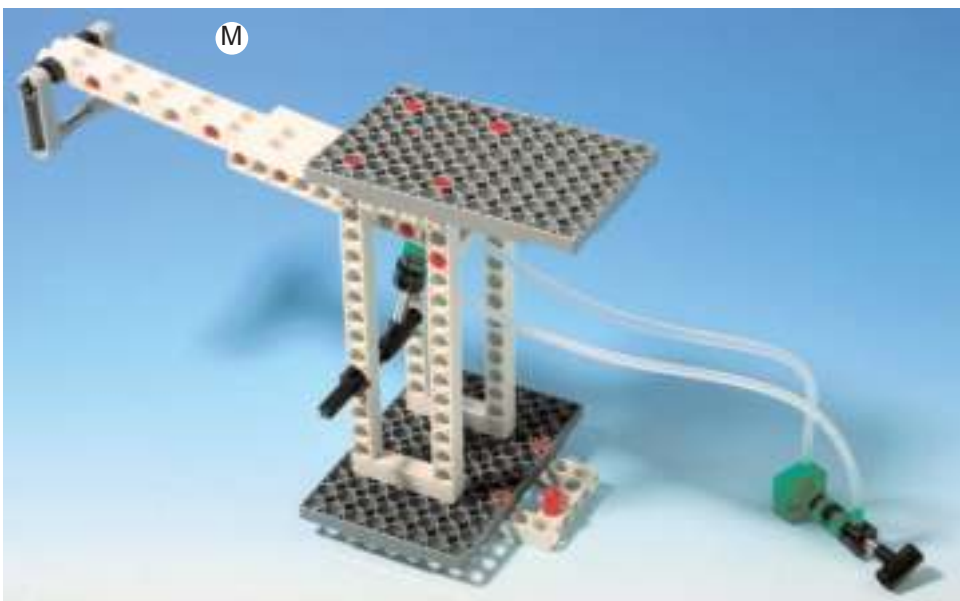
K

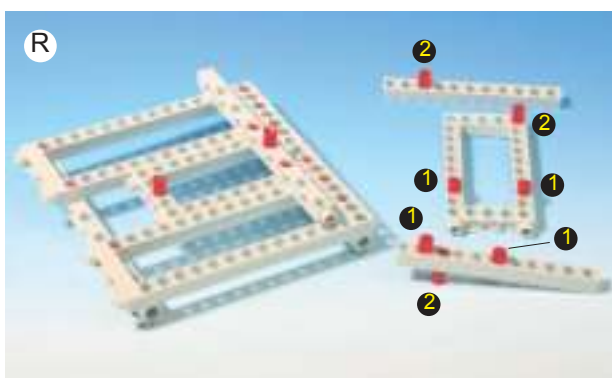
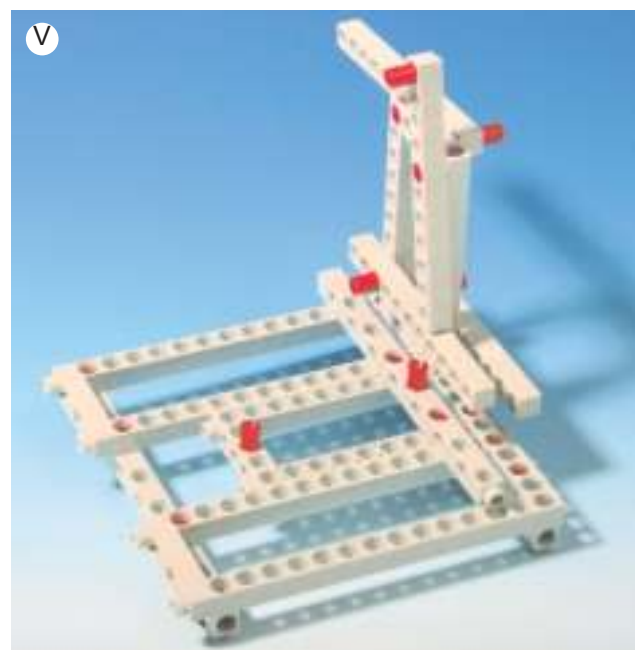
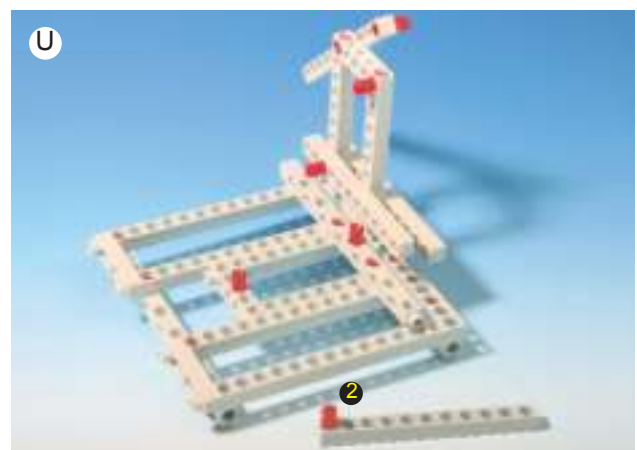
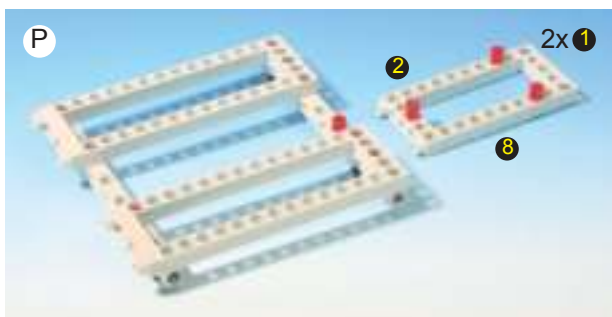
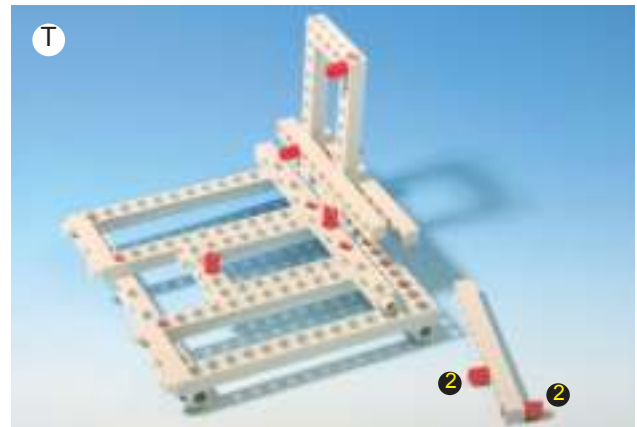
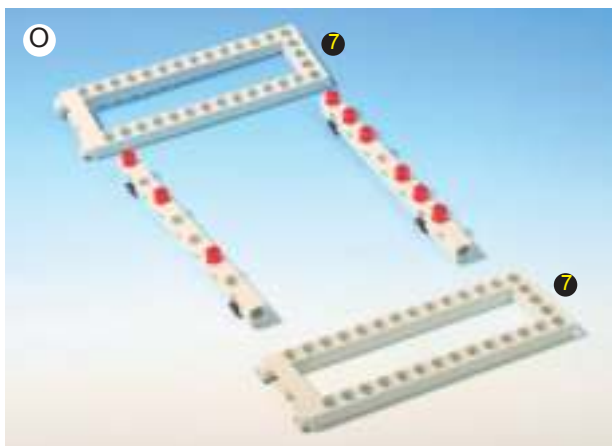
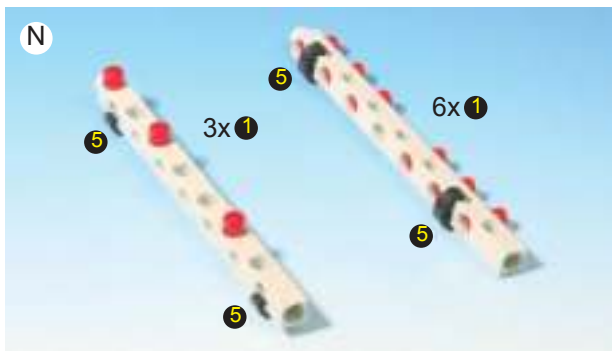


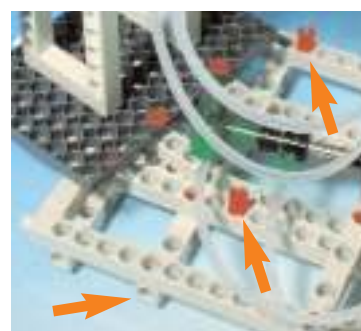
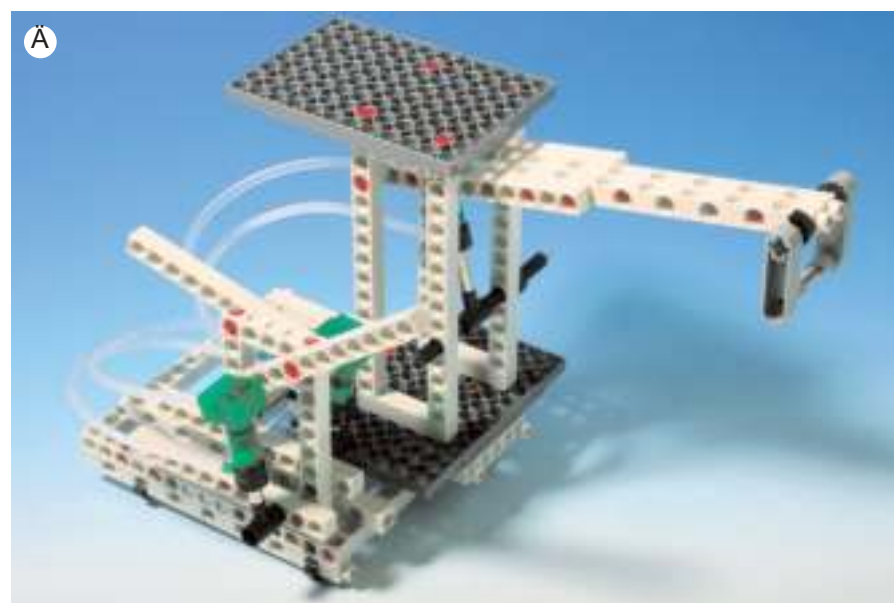
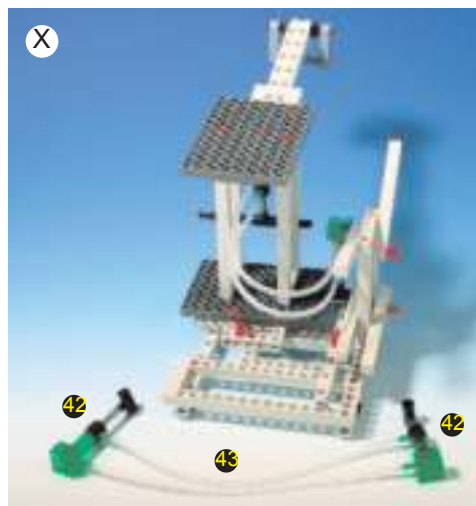
L



M







Se a base rotatória não se movimenta com facilidade, podes utilizar outra vara longa na parte de baixo. Para limitar o ângulo de rotação coloca 2 pinos de junção nas posições indicadas.

Carro com travões hidráulicos



A maior parte dos veículos estão equipados com travões. Nos carros usuais, o travão é accionado por um pedal hidráulico. Este mecanismo hidráulico consiste num cilindro que transfere a força exercida no pedal para o cilindro principal. Do cilindro principal, a força de travagem é encaminhada em partes iguais e por caminhos diferentes para os cilindros de travagem das rodas. Nos veículos pesados de mercadorias, a força é amplificada recorrendo ainda a uma bomba.

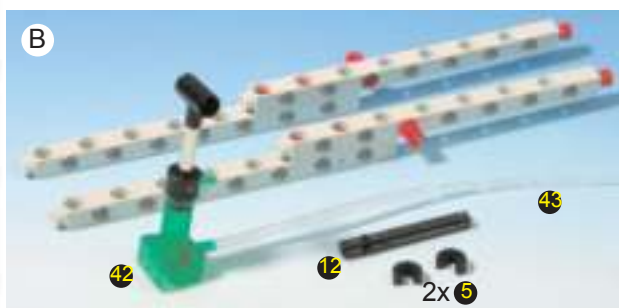
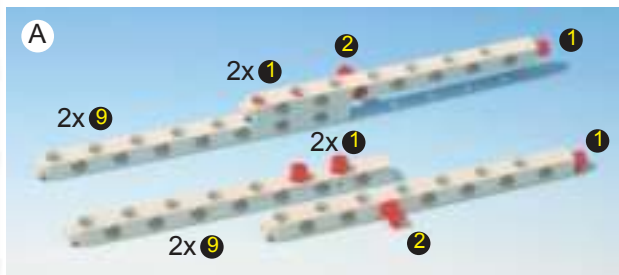
Este protótipo é semelhante ao protótipo do carro de corrida (pág 90), mas sem a mola elástica de arranque. Testa os travões empurrando as varas frontais, que vão funcionar como o pedal do travão. Empurra o pedal para activar o travão. Este movimento puxa as varas traseiras até às rodas. Neste modelo, a água é o fluido hidráulico. Nas experiências 1 e 2 das páginas 9 e 10 tens as instruções de como encher os cilindros e as mangueiras de água, sem bolhas de ar.



Lê também os capítulos 2, 8 e 10

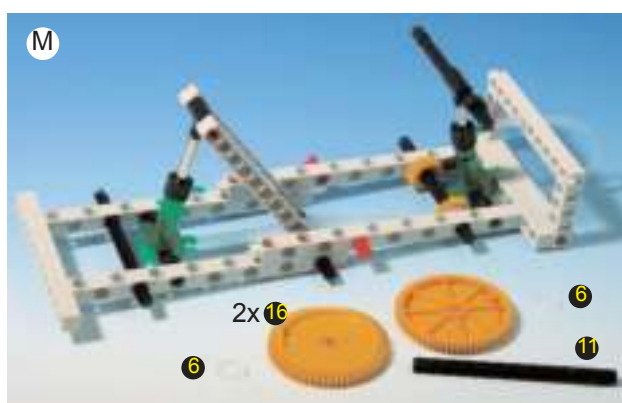
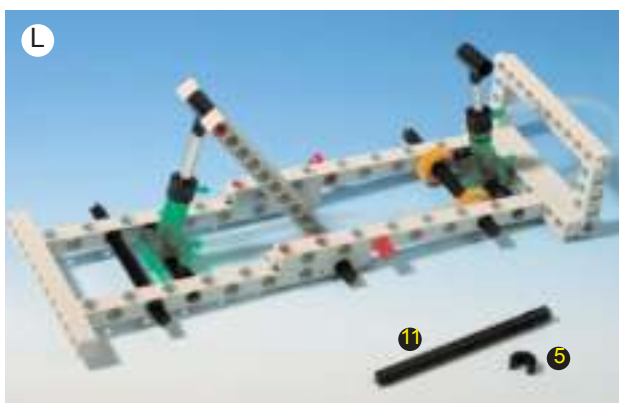
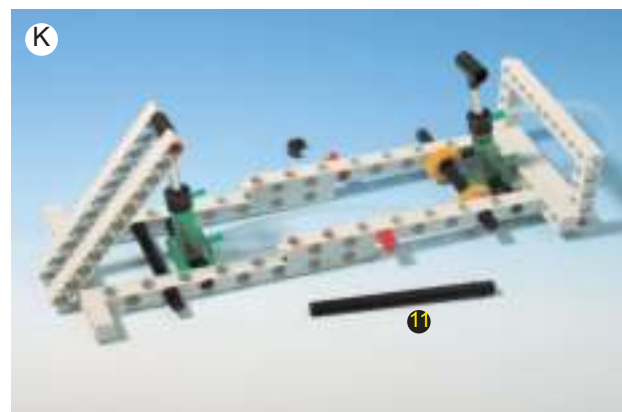
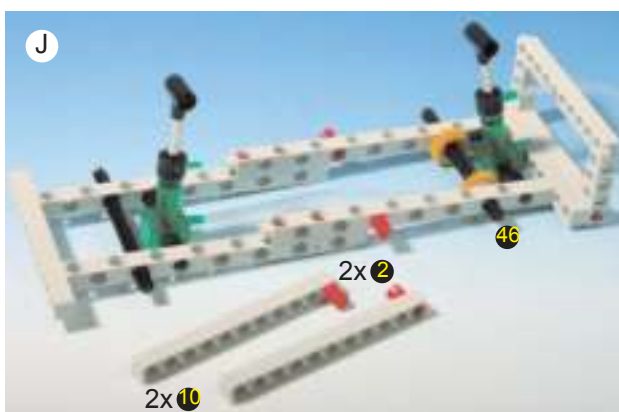
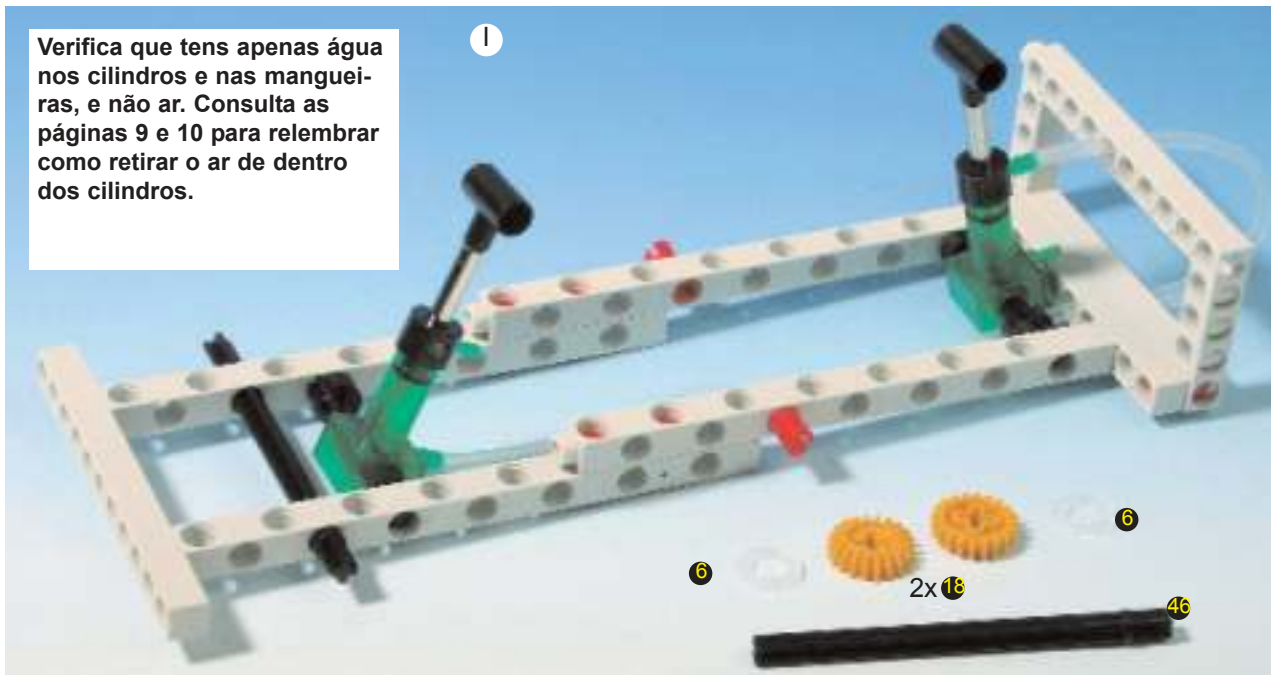
Vais precisar de:

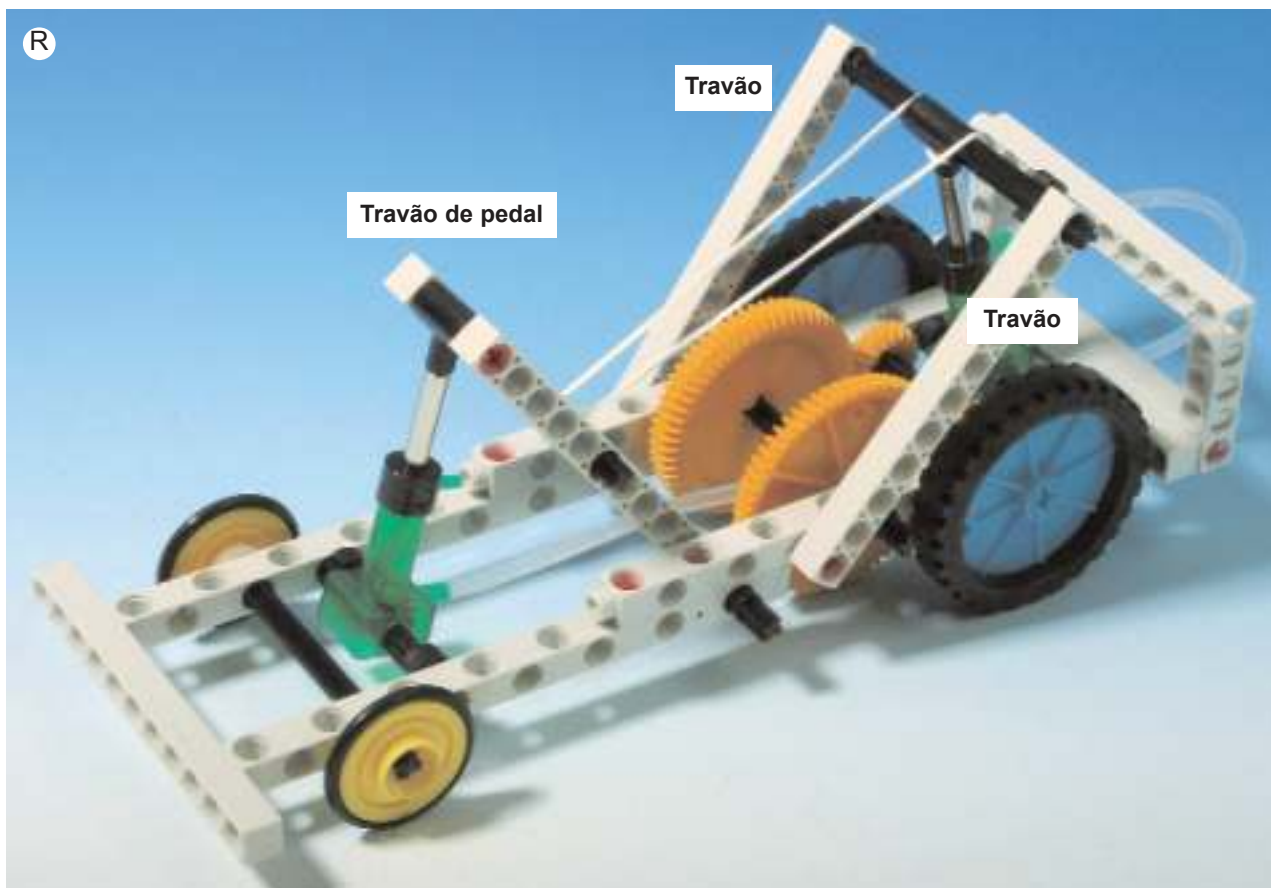
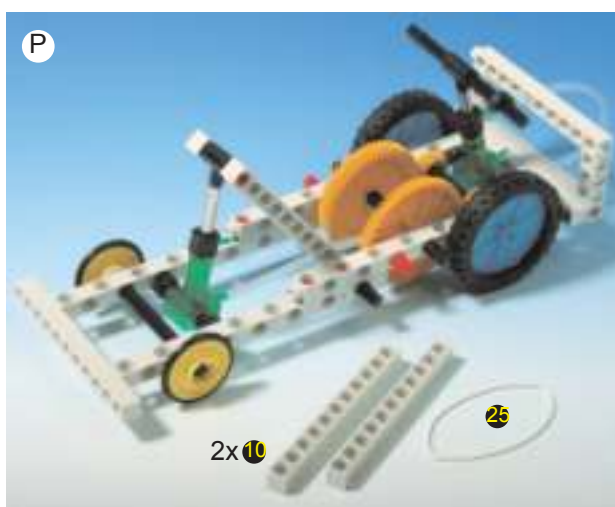
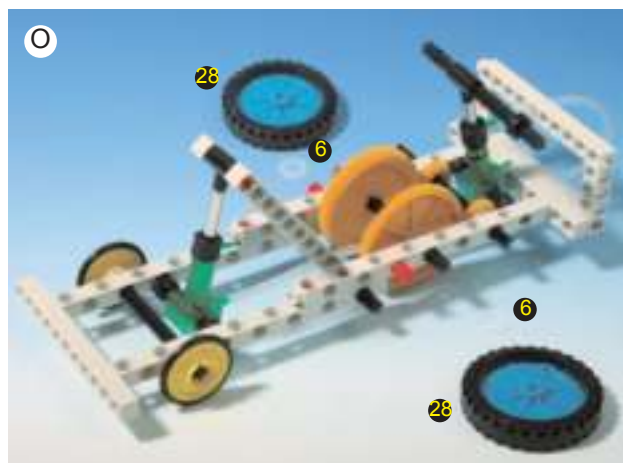
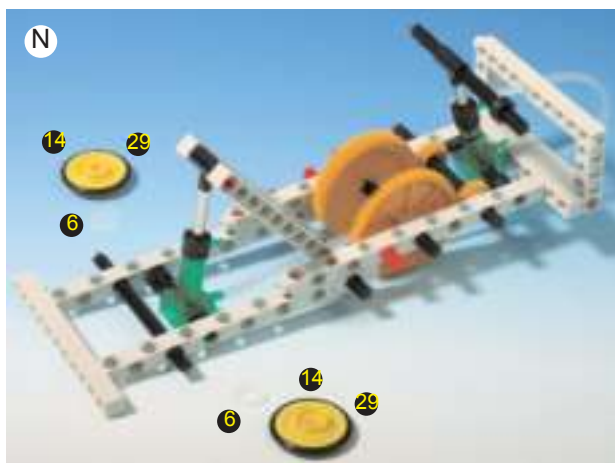
8 pinos botão	1
4 pinos de junção	2
2 pinos de apoio	3
10 travões de eixo	5
8 anilhas	6
1 moldura pequena	8
4 varas longas	9
6 varas curtas	10
5 eixos longos	11
3 eixos médios	12
2 roldanas médias	15
2 rodas dentadas grandes	16
2 rodas dentadas pequenas	18
1 elástico de borracha grande	24
1 elástico de borracha médio	25
2 rodas	28
2 pneus para roldanas médias	29
2 cilindros hidráulicos	42
1 pedaço de mangueira estreita	43





Verifica que tens apenas água nos cilindros e nas mangueiras, e não ar. Consulta as páginas 9 e 10 para relembrar como retirar o ar de dentro dos cilindros.





Escavadora



A maior parte das escavadoras funcionam com mecanismos hidráulicos. Normalmente são constituídas por um motor que produz a potência necessária, e tubagens que transferem esta potência para alguns cilindros que ampliam a força.

O operador da escavadora controla a direcção do movimento dos pistões e da alavanca através de válvulas específicas. O fluido hidráulico utilizado é um óleo especial que envolve o mecanismo e que aguenta temperaturas e que só congela a temperaturas muito baixas.



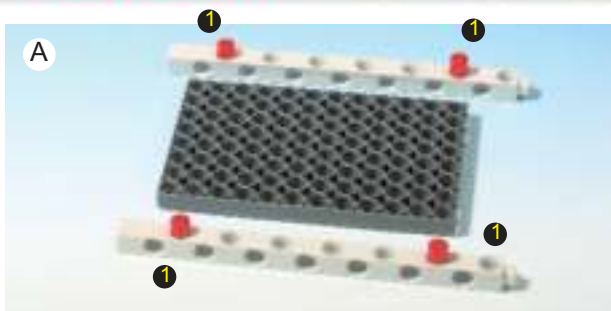
No protótipo que vamos construir, os dois cilindros traseiros funcionam como bomba. A força que actuará sobre a bomba é aplicada através das alavancas. As alavancas são também utilizadas para controlar o movimento dos pistões nos cilindros.

Lê o capítulo 10

Vais precisar de:

8 pinos botão	1
12 pinos de junção	2
3 travões de eixo	5
1 anilha	6
4 molduras pequenas	8
2 varas longas	9
4 varas curtas	10
2 eixos longos	11
3 eixos médios	12
2 roldanas médias	14
1 base de sustentação	19
2 rodas	28
2 pneus para as roldanas médias	29
1 eixo extra-longo XL	45
1 pá da escavadora	33
4 cilindros hidráulicos	42
4 pedaços de mangueira estreita	43

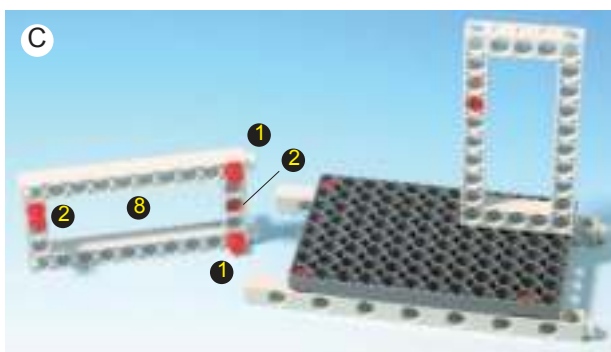
A



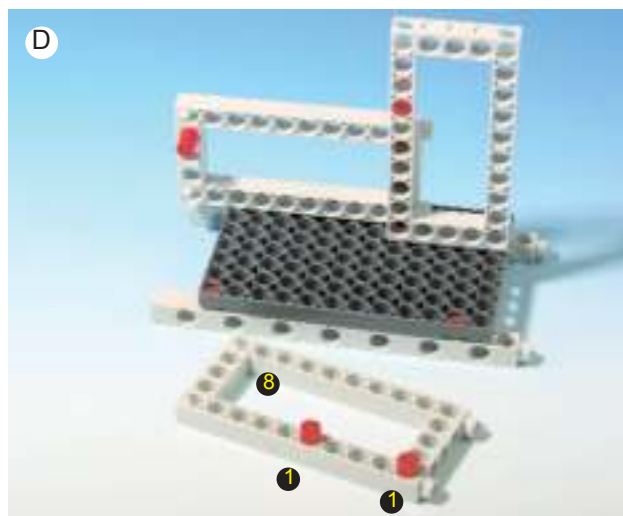
B



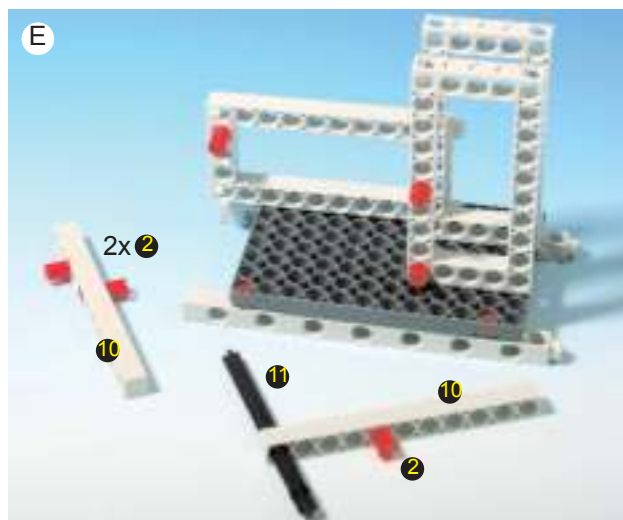
C

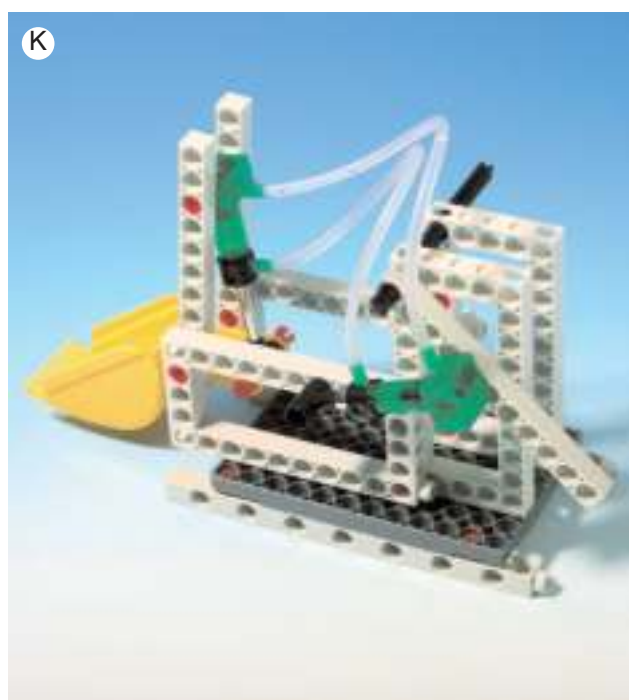
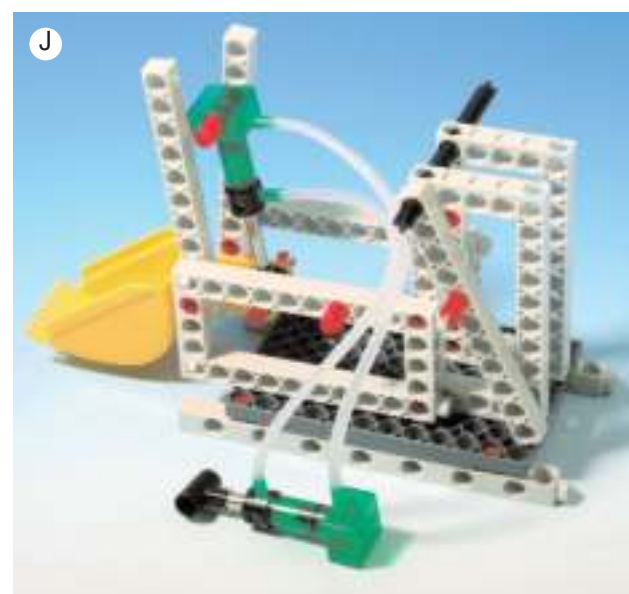
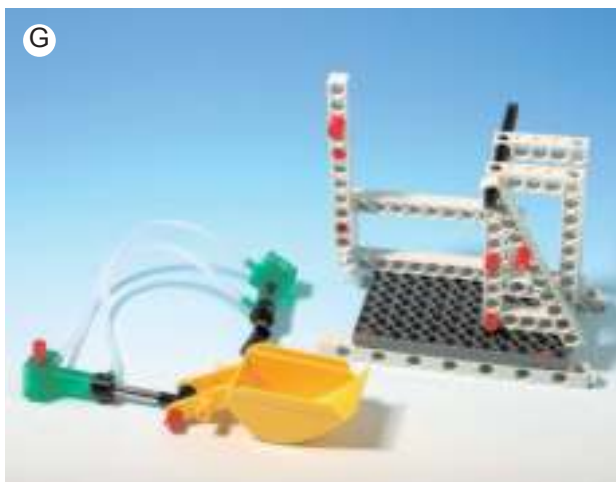
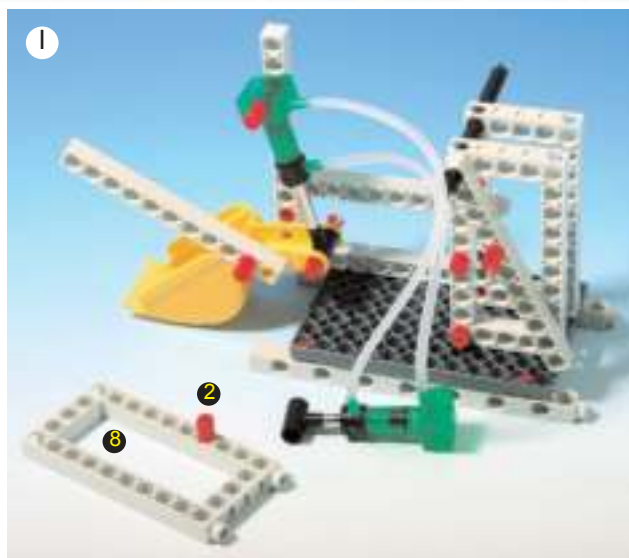
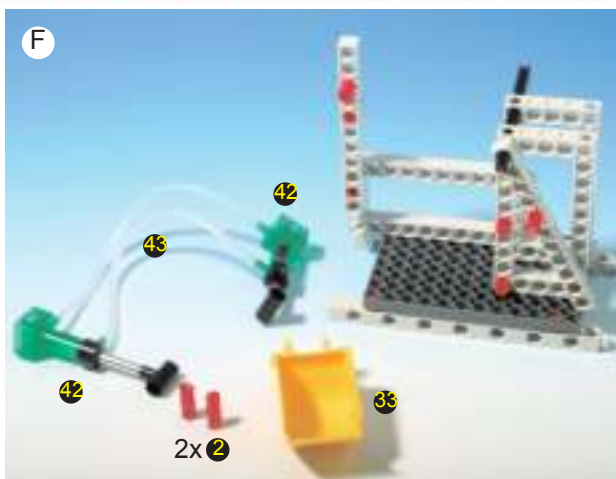


D

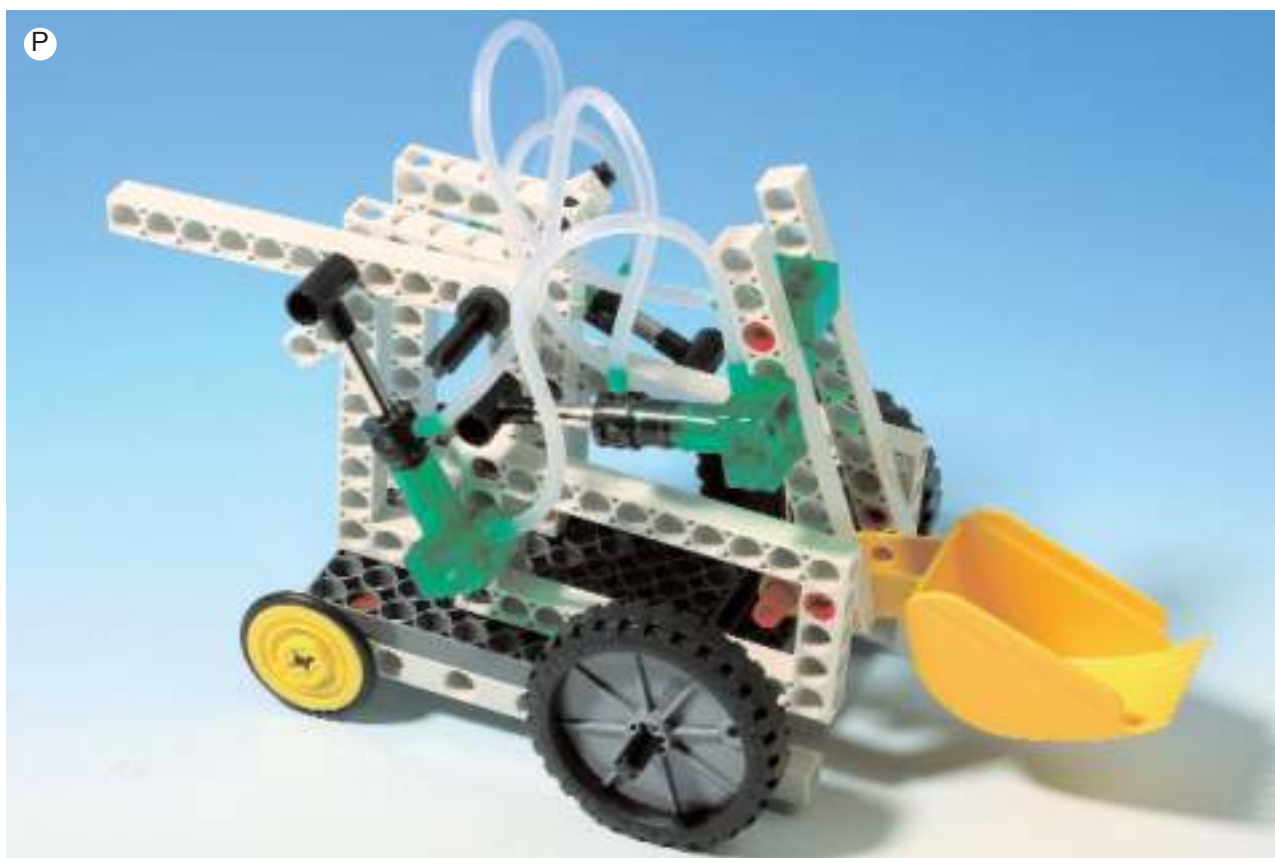
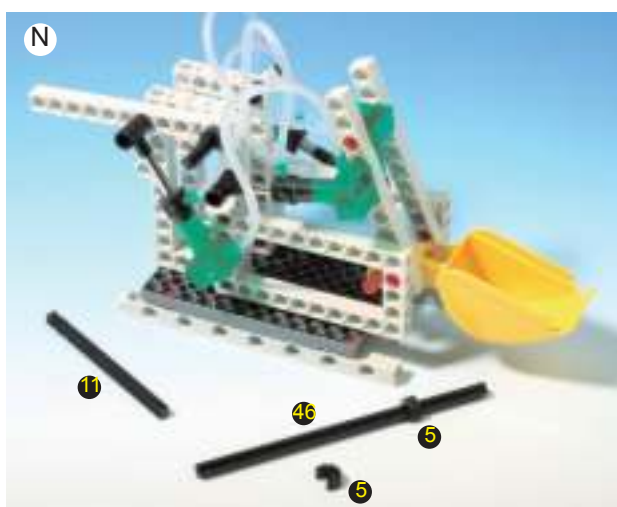
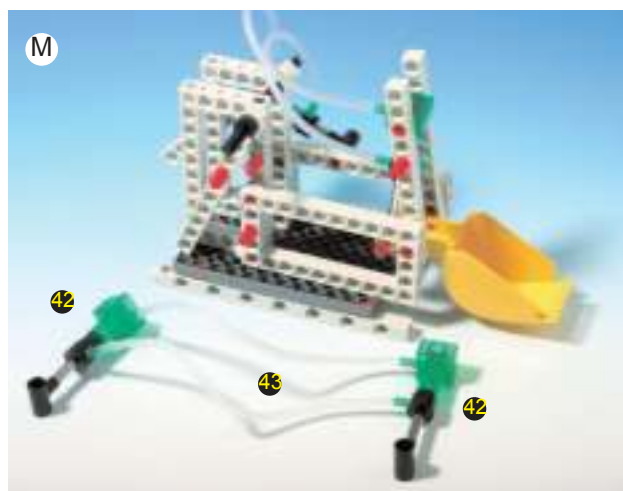
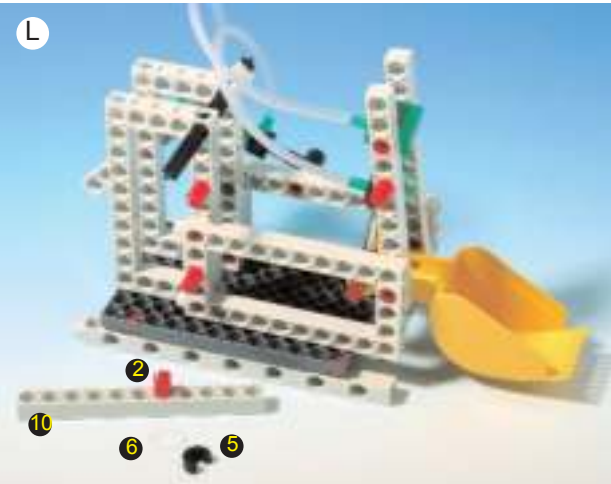


E





Verifica que tens apenas água nos cilindros e nas mangueiras, e não ar. Consulta as páginas 9 e 10 para relembrar como retirar o ar de dentro dos cilindros.



Turbina de água



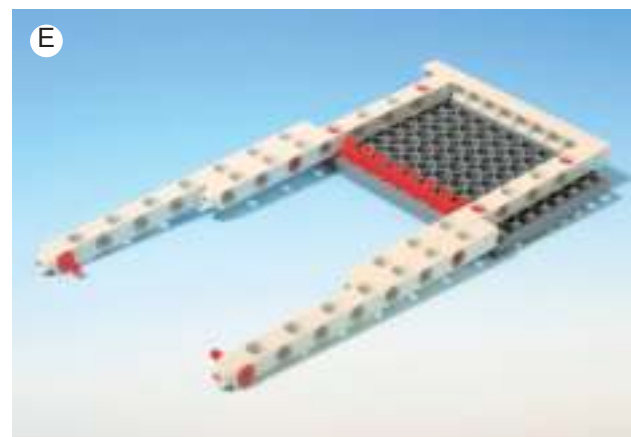
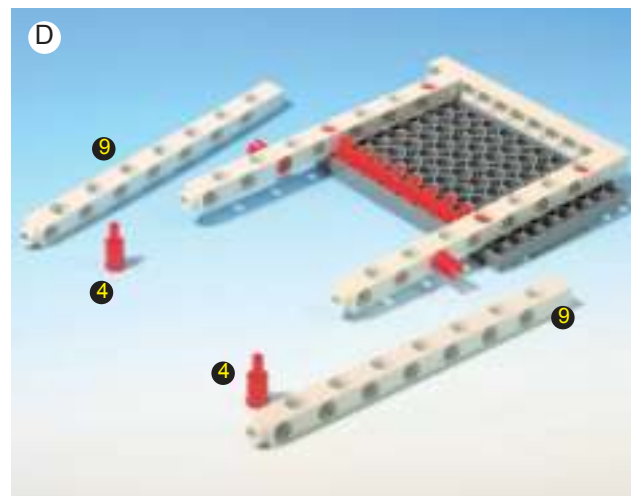
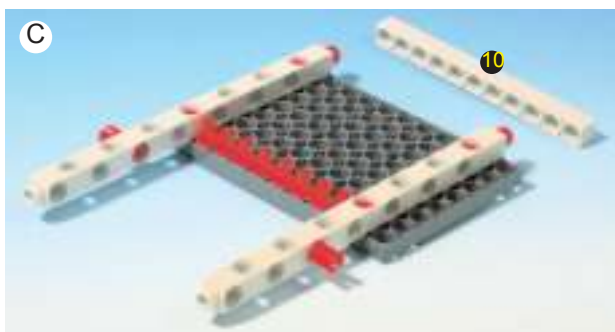
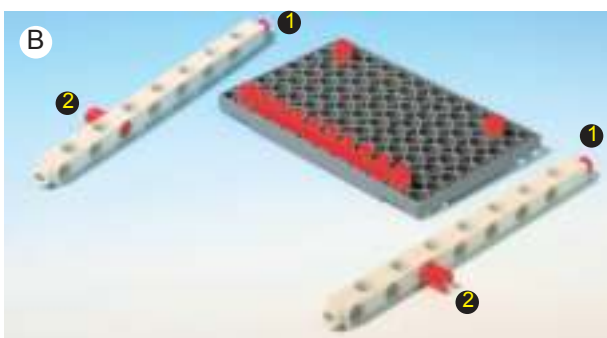
As turbinas de água são rodas com lâminas de formato especial que giram rapidamente quando por elas passa um fluxo intenso de água. A velocidade e o caudal da água que atinge a turbina, são controladas através de uma válvula. O moinho de água é um exemplo simples de uma turbina deste tipo. No fundo a água vai fornecer a energia necessária para a moagem de milho ou de outros cereais. A água que recebe energia da pendente por onde circula, alimenta a turbina ou moinho. No protótipo que vais construir, é a força da tua mão que vai criar o gradiente de pressão e que vai fazer rodar a turbina. Podes utilizar um frasco de vidro como recipiente para a água.

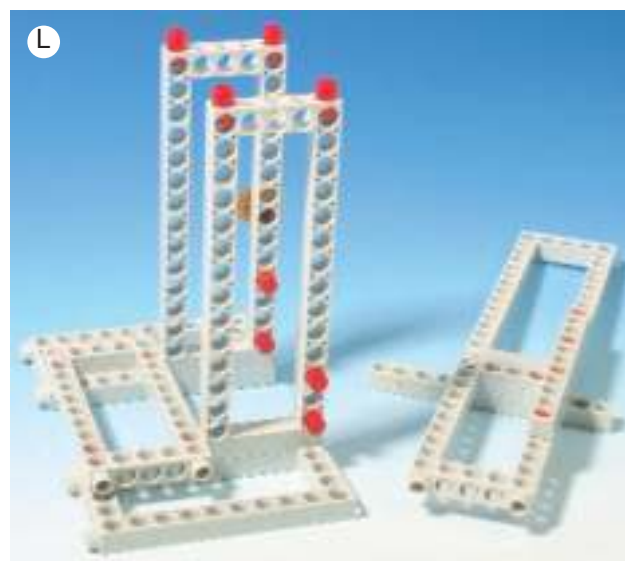
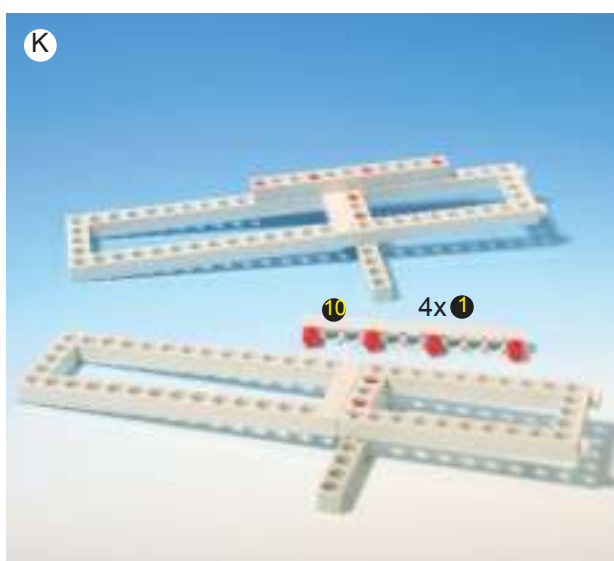
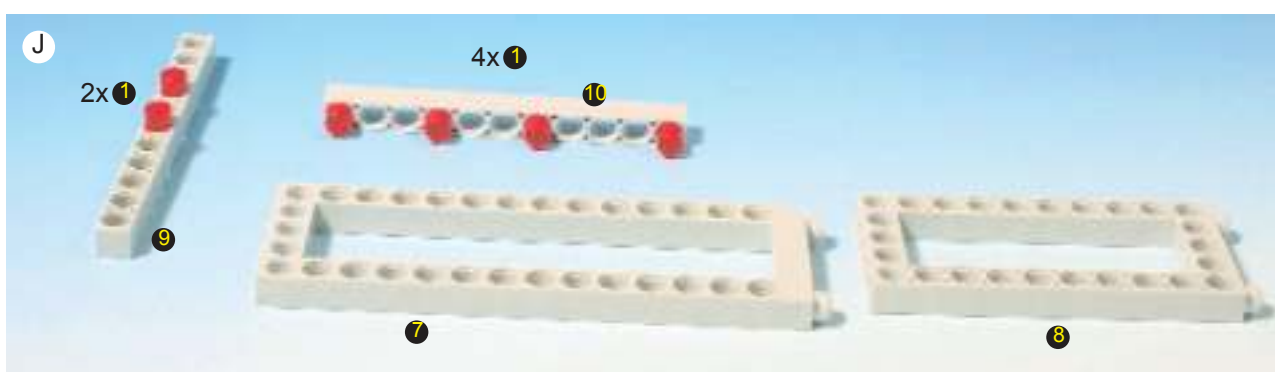
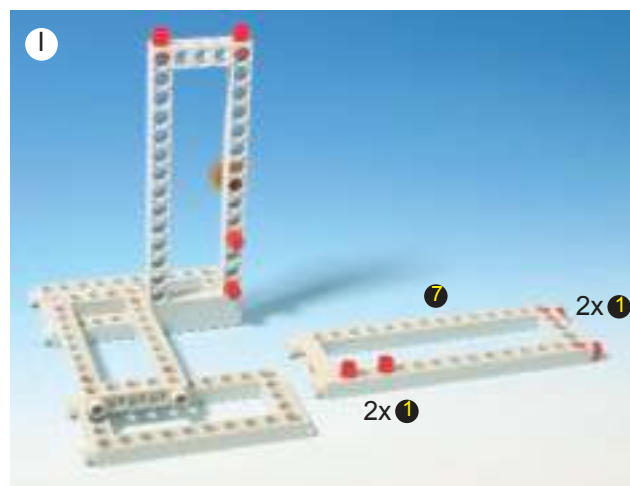
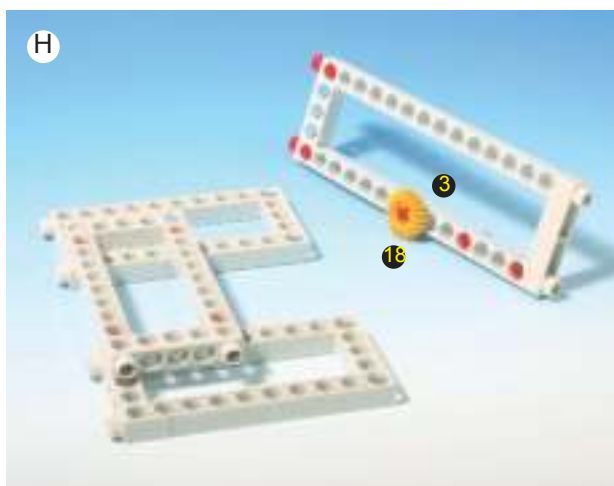
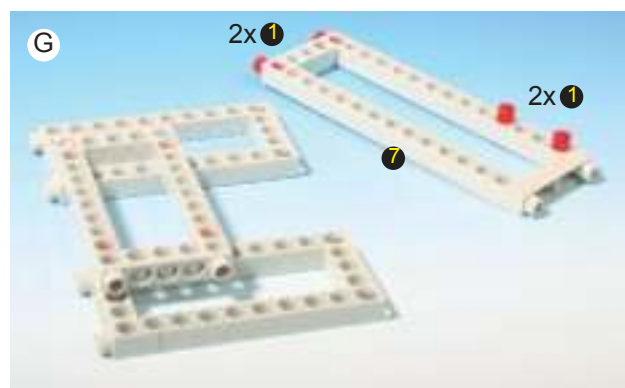
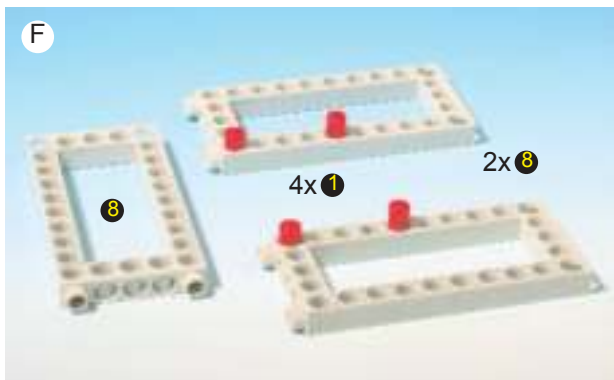


Lê os capítulos 2, 25 e 28

Vais precisar de:

32 pinos botão	1
3 pinos de junção	2
9 pinos de apoio	3
2 pinos	4
1 travão de eixo	5
5 anilhas	6
4 molduras grandes	7
6 molduras pequenas	8
5 varas longas	9
5 varas curtas	10
2 eixos longos	11
2 rodas dentadas grandes	16
2 rodas dentadas médias	17
2 rodas dentadas pequenas	18
2 bases de sustentação	19
8 lâminas de turbinas	23
1 palhinha	32
1 bomba hidráulica	40
1 pedaço de mangueira estreita	43
1 frasco de geleia com tampa.	





Turbina de água



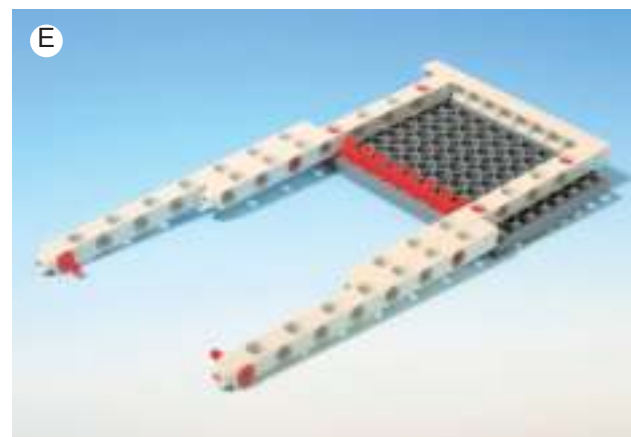
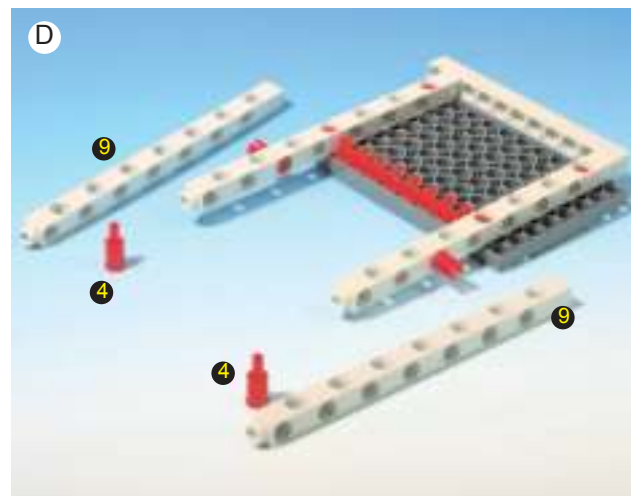
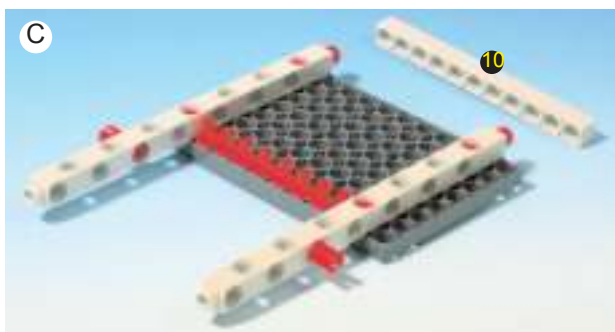
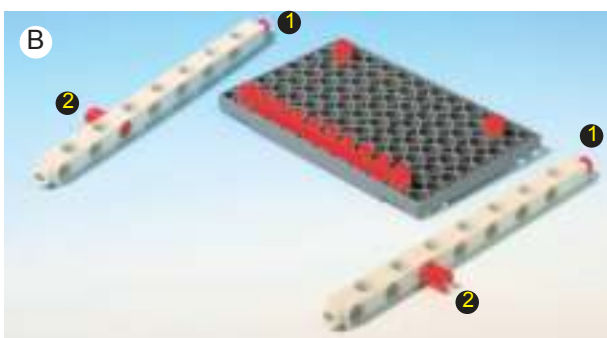
As turbinas de água são rodas com lâminas de formato especial que giram rapidamente quando por elas passa um fluxo intenso de água. A velocidade e o caudal da água que atinge a turbina, são controladas através de uma válvula. O moinho de água é um exemplo simples de uma turbina deste tipo. No fundo a água vai fornecer a energia necessária para a moagem de milho ou de outros cereais. A água que recebe energia da pendente por onde circula, alimenta a turbina ou moinho. No protótipo que vais construir, é a força da tua mão que vai criar o gradiente de pressão e que vai fazer rodar a turbina. Podes utilizar um frasco de vidro como recipiente para a água.

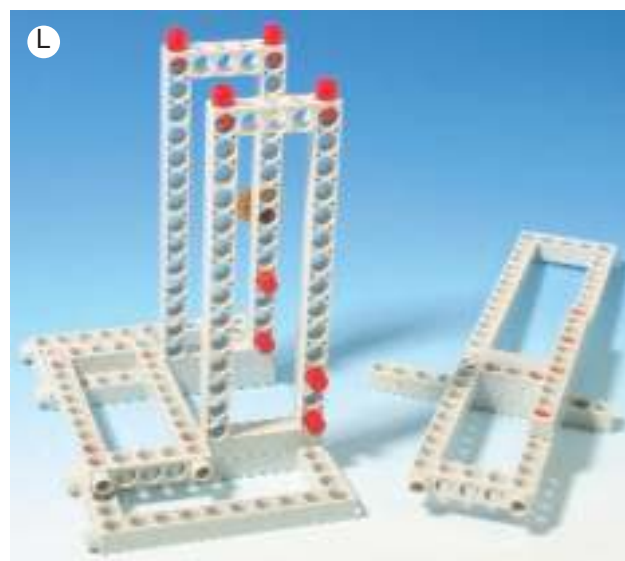
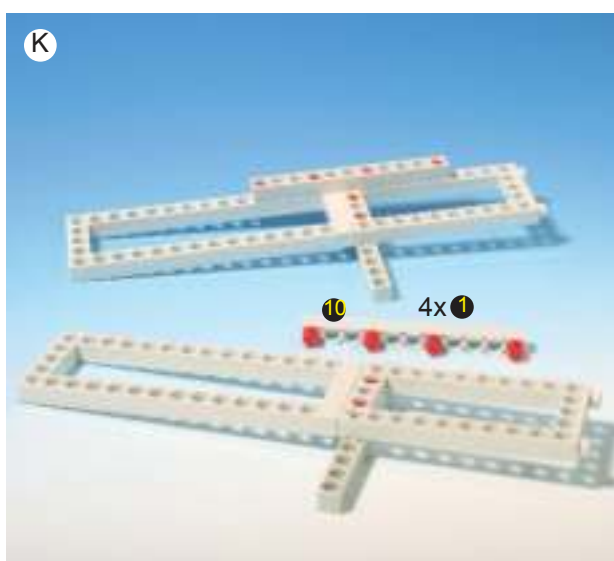
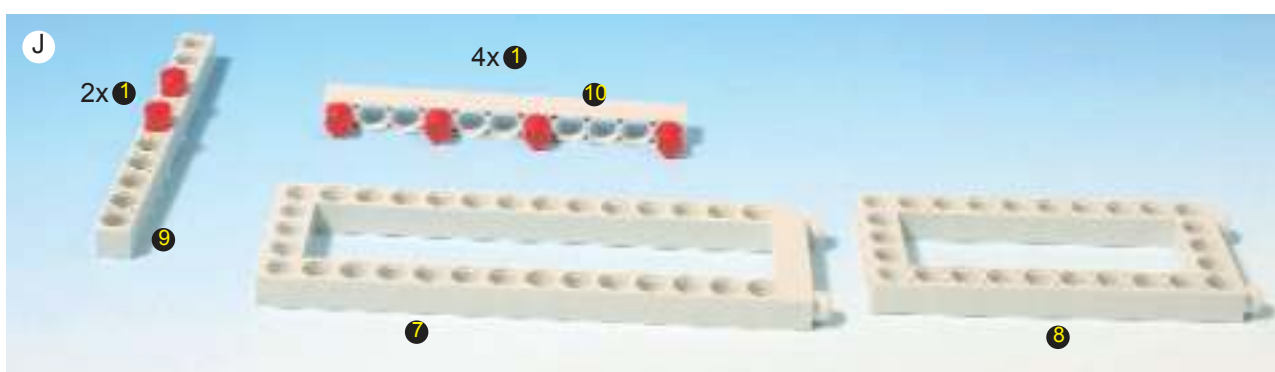
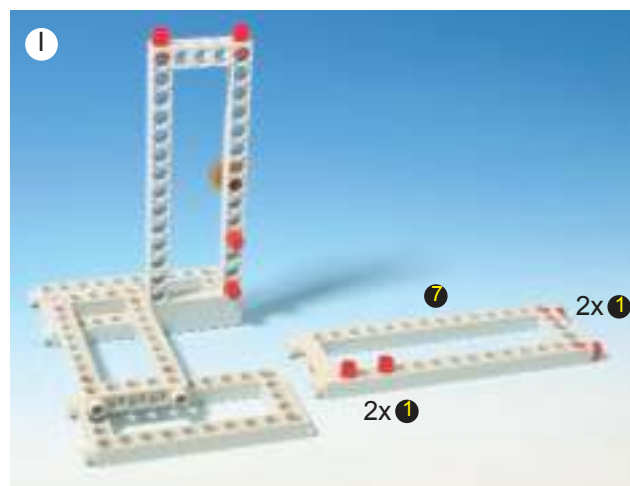
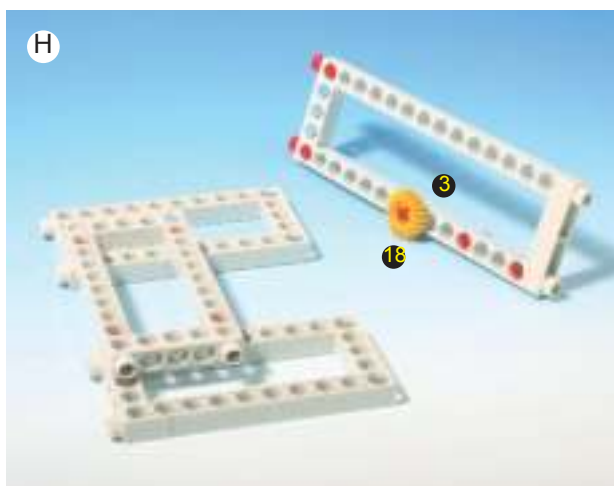
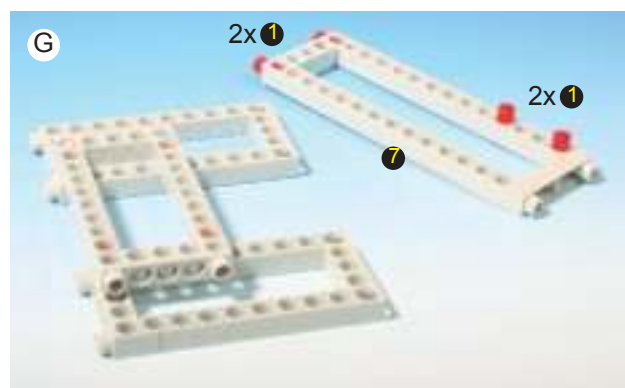
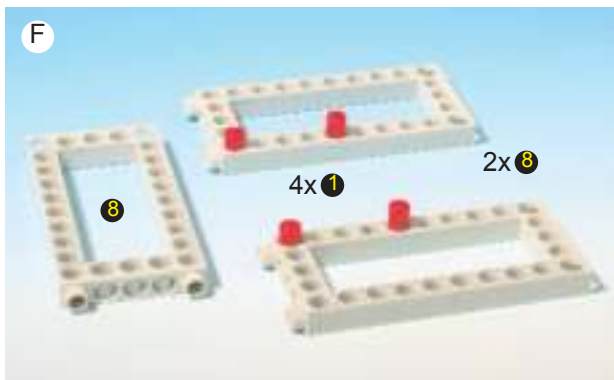


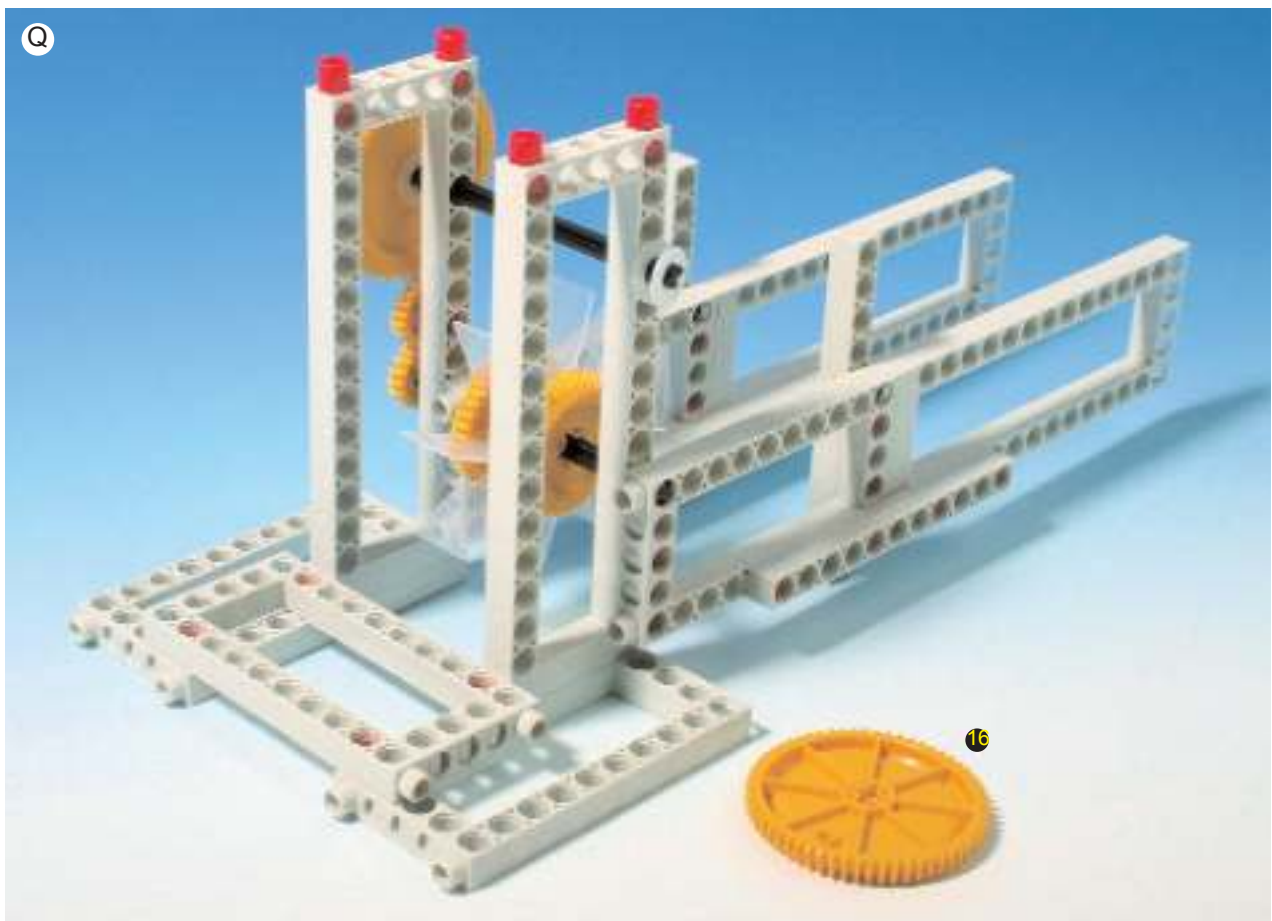
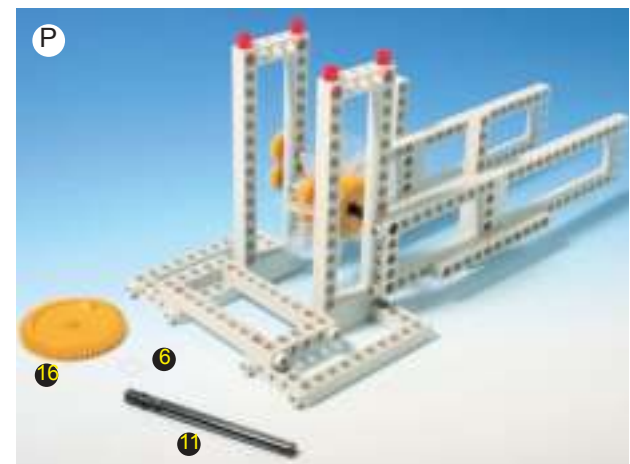
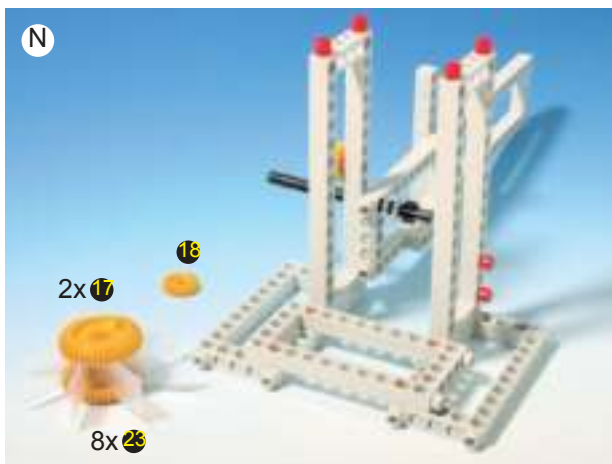
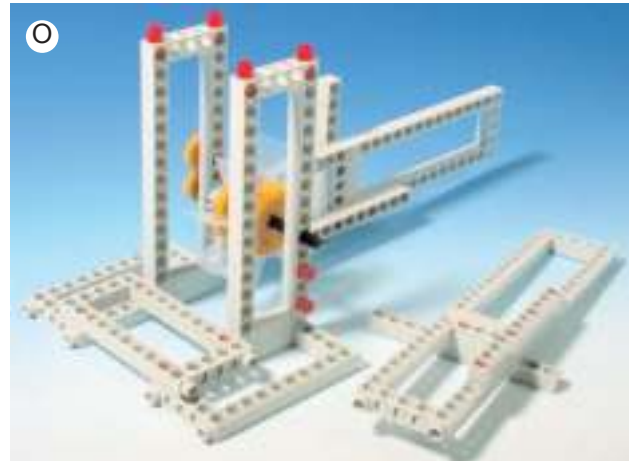
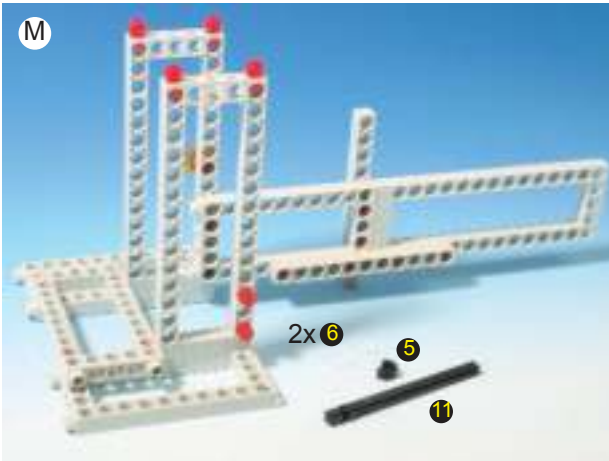
Lê os capítulos 2, 25 e 28

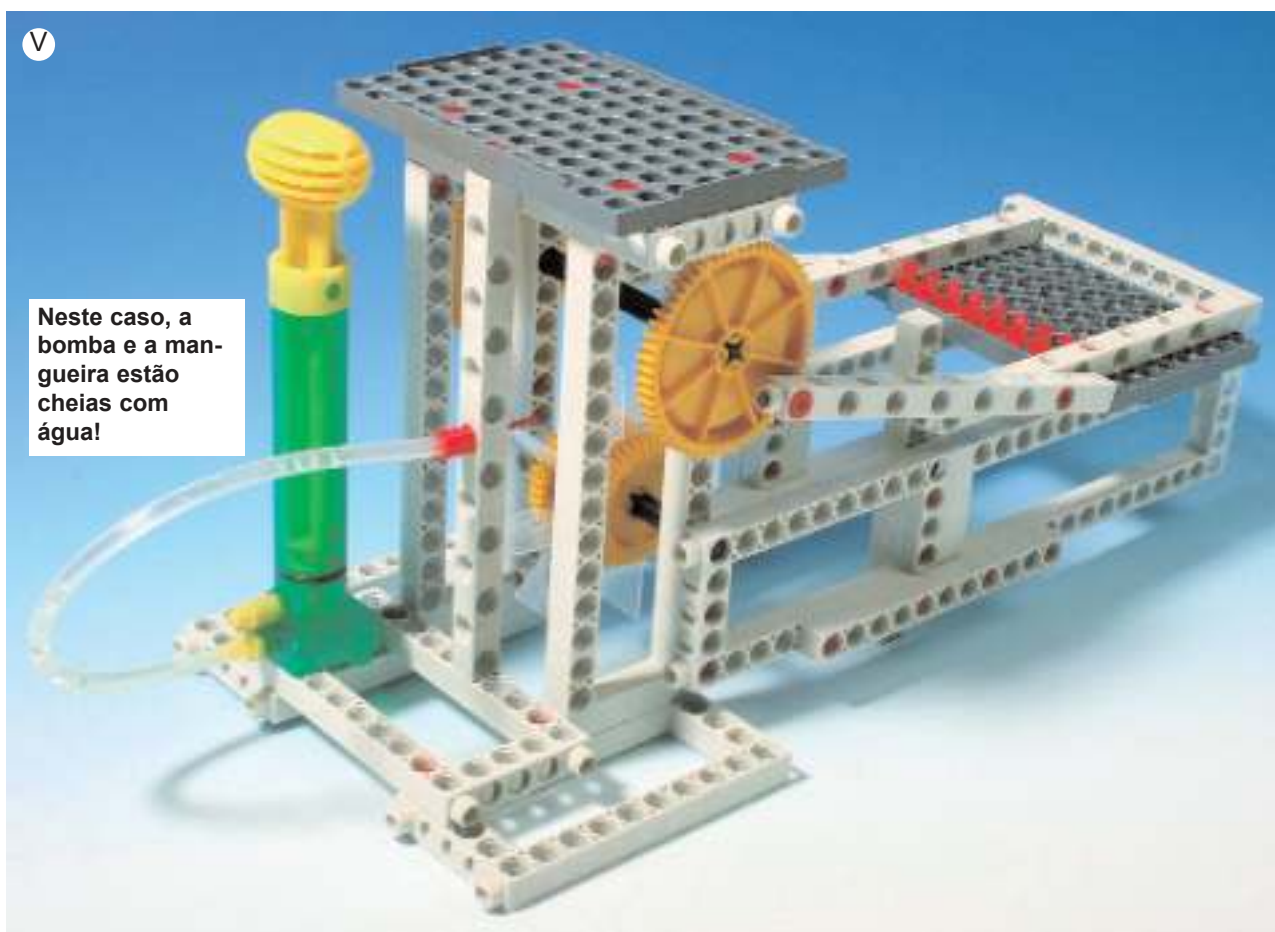
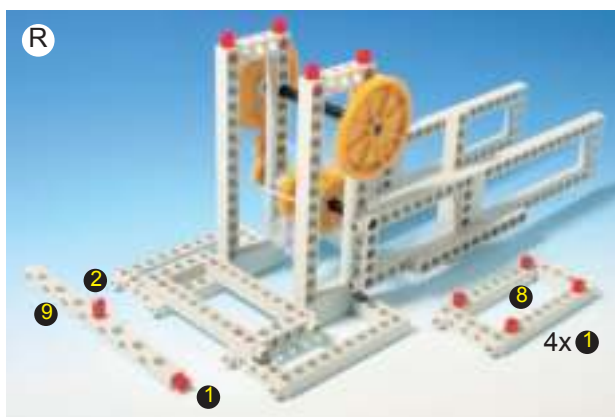
Vais precisar de:

32 pinos botão	1
3 pinos de junção	2
9 pinos de apoio	3
2 pinos	4
1 travão de eixo	5
5 anilhas	6
4 molduras grandes	7
6 molduras pequenas	8
5 varas longas	9
5 varas curtas	10
2 eixos longos	11
2 rodas dentadas grandes	16
2 rodas dentadas médias	17
2 rodas dentadas pequenas	18
2 bases de sustentação	19
8 lâminas de turbinas	23
1 palhinha	32
1 bomba hidráulica	40
1 pedaço de mangueira estreita	43
1 frasco de geleia com tampa.	









Barco a vapor



No século 19, ainda antes da invenção das hélices, os barcos a vapor eram movidos com rodas de pás. No início também possuíam velas para ajudar à navegação. Ainda hoje nalguns rios podemos encontrar barcos com rodas deste tipo. Apenas uma área pequena das pás chega a mergulhar na água. Estes barcos são mais largos dos que utilizam hélices. A fonte de energia responsável pelo movimento, era uma máquina de vapor que funcionava com base na queima de carvão. Esta queima liberta calor e através do aquecimento de água até à ebulição, produzia vapor de água. O vapor de água era mantido a pressão elevada e por sua vez transferia energia cinética às pás das rodas.

No teu modelo a espira elástica irá fornecer a energia necessária ao movimento do barco. Para tal rodando as manivelas dás “à corda” e forças a espira a enrolar-se.

Depois, largando-a, esta desenrolar-se-á sozinha movimentando as pás da roda. O barco será construído de tal forma que flutuará na água e manter-se-á relativamente elevado face ao nível da água apesar do seu peso. Podes controlar o movimento do barco com o leme.



Vais precisar de:

7 pinos botão	1
6 pinos de apoio	2
4 travões de eixo	3
7 anilhas	5
1 moldura pequena	6
4 varas longas	8
5 varas curtas	9
1 eixo longo	10
2 eixos médios	11
2 roldanas médias	12
2 rodas dentadas grandes	15
4 rodas dentadas médias	16
4 rodas dentadas pequenas	17
1 crankshaft	18
16 lâminas para a turbina	20
1 elástico de borracha grande	23
Tira de plástico para o motor	24
1 película de plástico para o leme (folha de recortes)	36
1 casco do barco	37
1 eixo extra-longo XL	38
Fita-cola	45
Corda	

Lê os capítulos 12 e 28.

A

4x 1

8

C

1

10

B

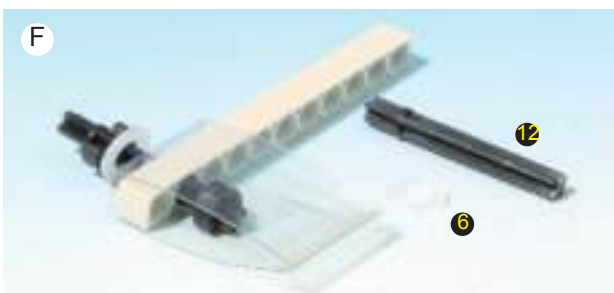
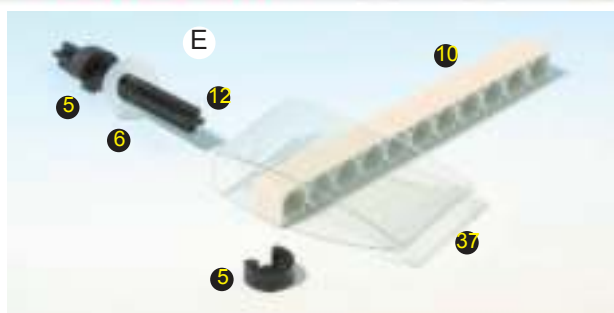
3

10

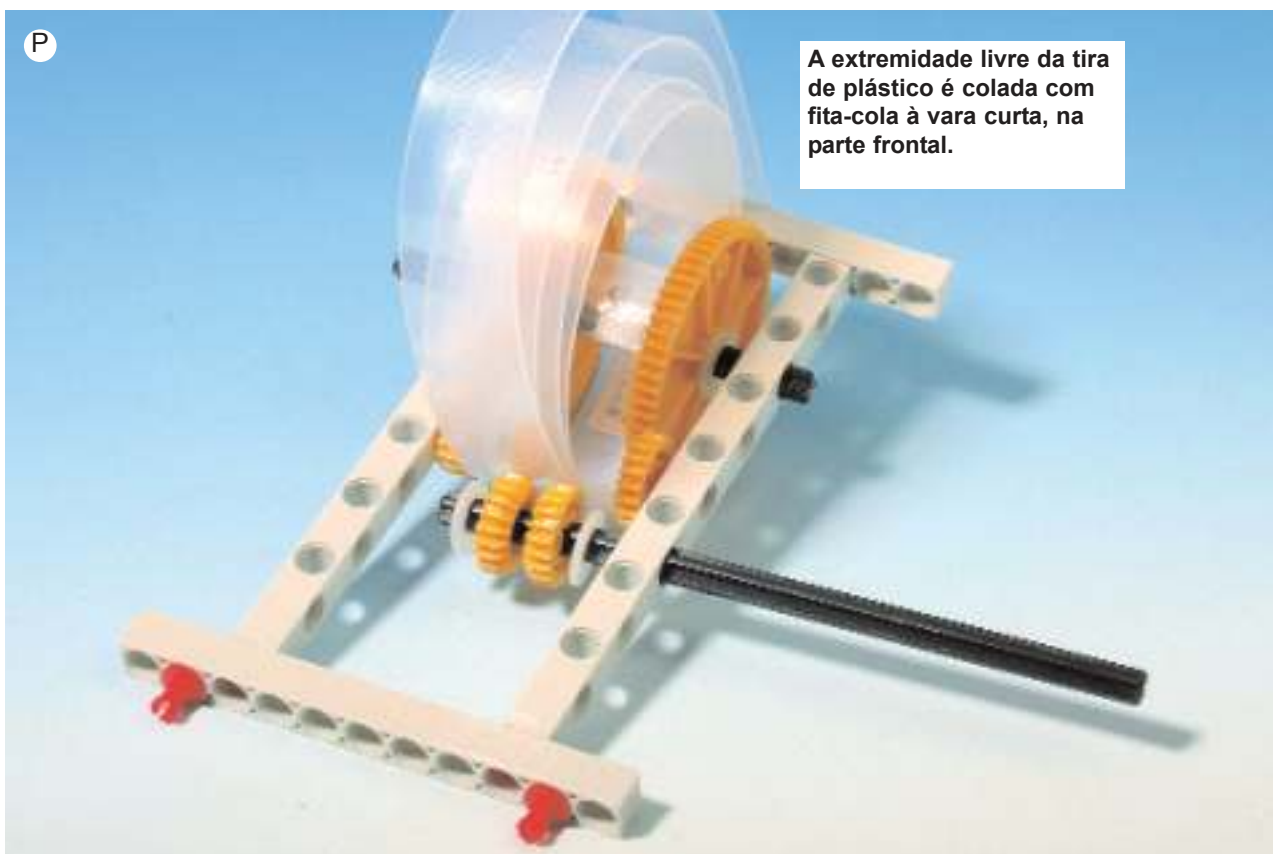
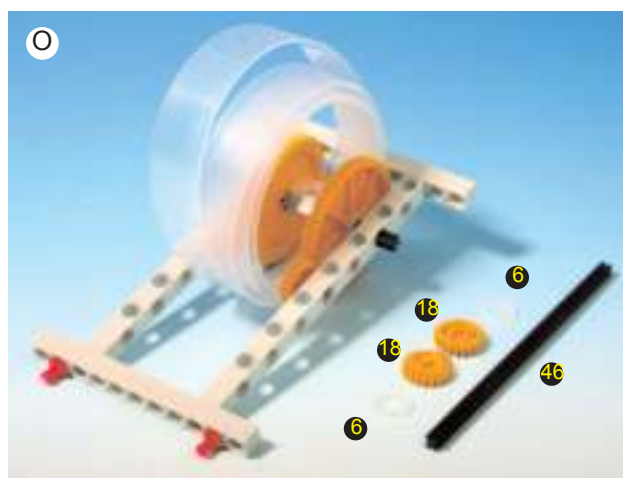
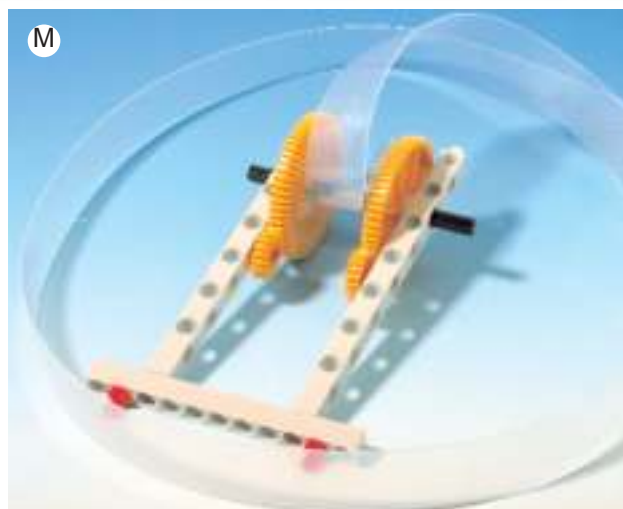
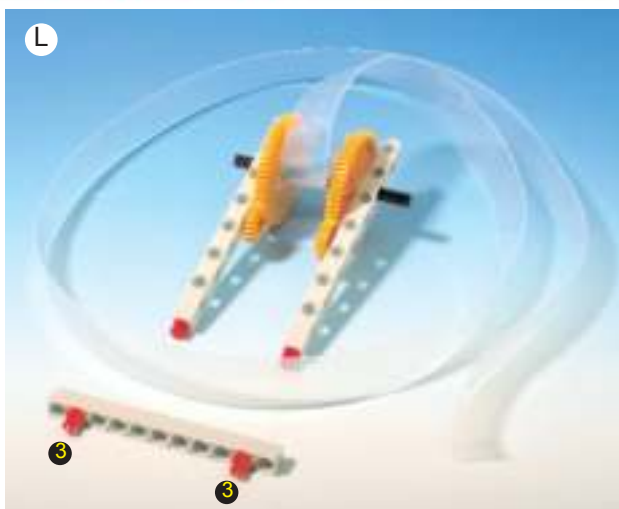
2x 15

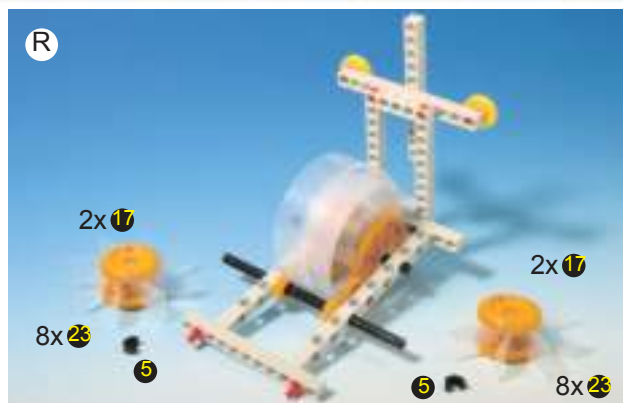
3

D

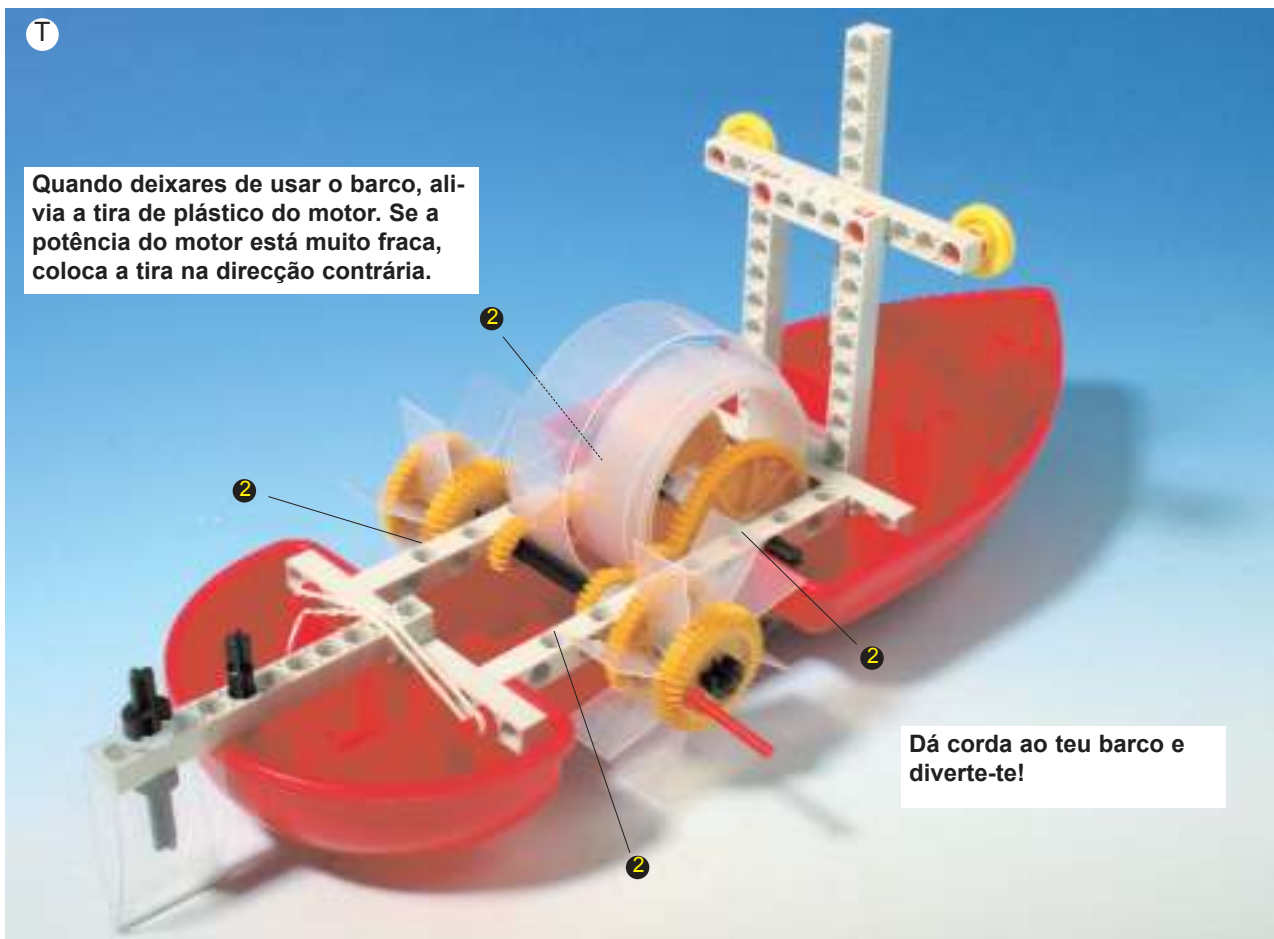
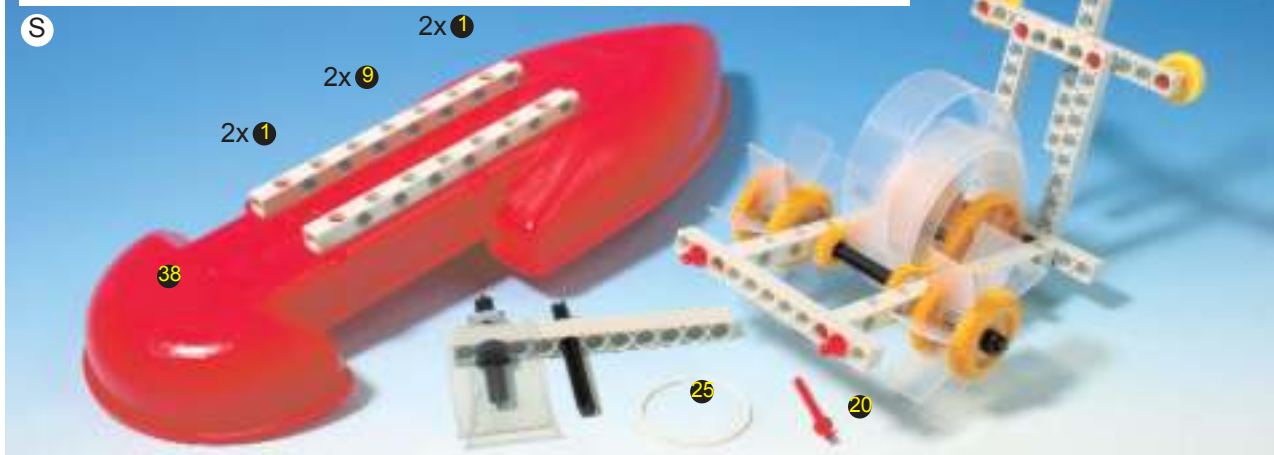


Fixa a tira de plástico ao eixo 11, com fita-cola. Coloca películas circulares de plástico entre as rodas dentadas e a tira. Estas películas circulares servem para reduzir o atrito entre a tira e a roda dentada.





Para testar primeiro o motor, coloca duas varas longas na parte debaixo do casco do teu barco e dá corda para verificares se está tudo bem montado. Quando colocares o barco na água, retira as varas longas do casco.



Barómetro



Os barómetros são instrumentos utilizados para medir a pressão atmosférica. Nos barómetros aneróides, o ar da atmosfera faz pressão sobre uma caixa metálica na qual foi feito vazio. As variações na pressão atmosférica actuam sobre o indicador da caixa.

Quando a pressão atmosférica aumenta, é sinal de que o bom tempo está a chegar, e quando desce significa que o tempo vai piorar. Os barómetros modernos são constituídos por sensores de pressão muito sensíveis e apresentam os valores em visores digitais. O teu barómetro funciona com água e ar. Tem duas escalas: a escala da pressão do ar e uma escala de temperatura que é ajustável. Estas duas escalas permitem que possas ajustar ou calibrar o indicador de pressão tendo em conta a expansão do ar no tubo devido a aumentos na temperatura.

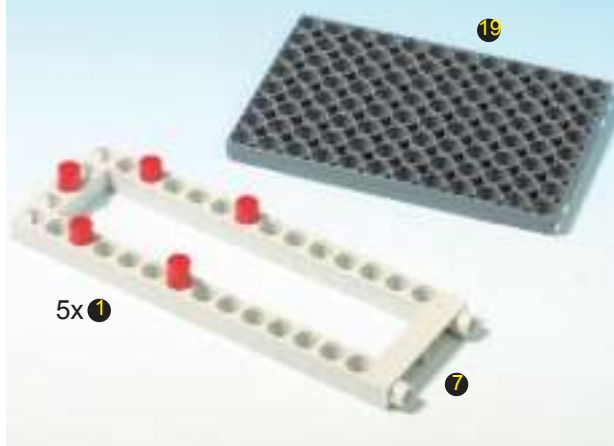


Lê os capítulos 13 e 15.

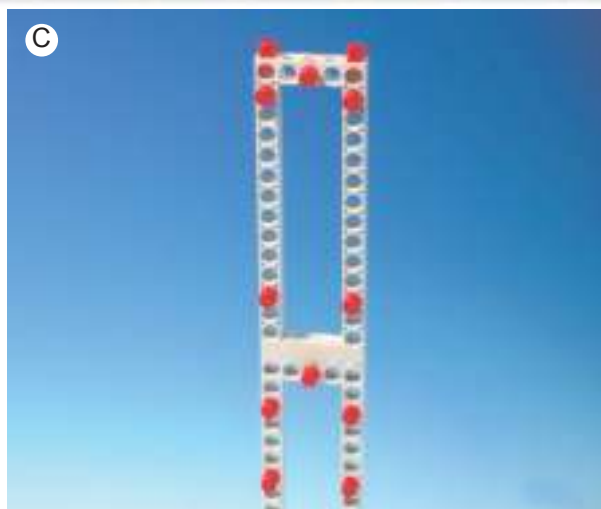
Vais precisar de:

16 pinos botão	1
4 pinos de apoio	3
3 travões de eixo	5
2 molduras grandes	7
6 varas longas	9
3 varas curtas	10
1 base de sustentação	19
2 conectores em ponte	22
3 elásticos de borracha médios	24
1 termómetro	25
1 recorte da escala de pressão do ar	34
1 pedaço de mangueira estreita	39
1 pedaço de mangueira grossa com 1 m de comprimento	44
1 caixa de rolos de fotografia	43

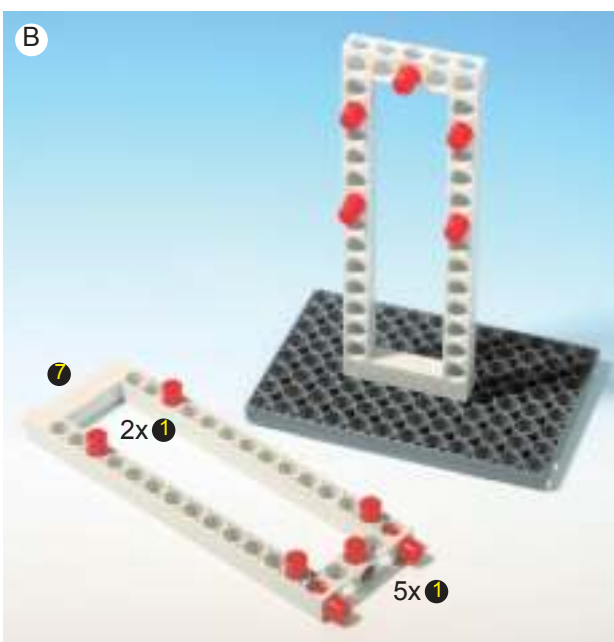
A



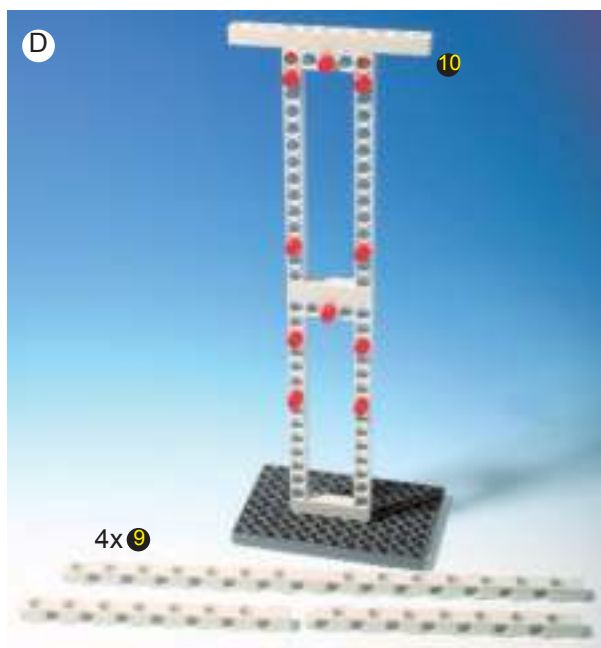
C

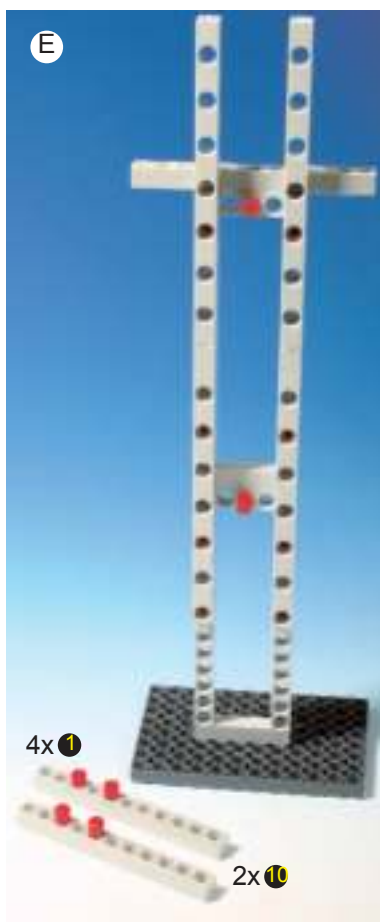


B



D







A folha de recortes tem três peças distintas do barómetro: a escala de pressão do ar, a escala da temperatura e uma seta pequena. Dobra a escala da temperatura e ajusta-a na vara (imagem K). A escala da pressão do ar tem duas ranhuras verticais que podem ser enfiadas através dos dois pinos de apoio (imagem L). A seta é fixa na escala de pressão do ar com fita-cola. Coloca-a apenas quando souberes a posição correcta.

Vamos-te propor duas possibilidades de utilização do barómetro.

1. Se apenas queres saber um valor aproximado da pressão atmosférica e se esta está a subir ou a descer: Posiciona a escala de pressão do ar de modo a que a indicação de 1010 fique ao mesmo nível que a água na mangueira que está ligada à caixa do rolo de fotografia.

Depois lê o valor da temperatura que indica o termómetro e cola a seta na escala de pressão de ar de modo a que fique alinhada com a escala de temperatura (indicando a temperatura que mediste com o termómetro). Cada vez que quiseres fazer uma leitura da pressão atmosférica, verifica primeiro com o termómetro qual a temperatura do ar e desliza a escala de pressão do ar para cima ou para baixo de modo a alinhar a seta com a temperatura medida. Podes então medir a pressão atmosférica vendo o nível de água na mangueira que está à direita e comparando com os valores que estão na escala.

2. Se pretendes determinar a pressão atmosférica em hecto-pascal (hPa) precisas de um bom barómetro para comparar as medidas. Regista primeiro o valor da pressão obtido com o barómetro, e ajusta a escala de pressão de ar para que o nível da água na mangueira fique alinhado com o valor medido. Depois, mede a temperatura através do termómetro, e cola a seta sobre a escala de pressão de ar, com o bico a apontar para a temperatura medida, na escala de temperatura. Sempre que quiseres saber a pressão atmosférica, mede primeiro a temperatura e ajusta a escala de modo a que a seta fique a apontar para o valor correcto e verifica qual o valor da escala de pressão que está alinhado com o nível de água na mangueira. Este valor corresponde à pressão atmosférica que procuras.



Túnel de Vento



Os túneis de vento são utilizados para testar as propriedades aerodinâmicas dos mais diversos objectos. Pode testar se as forças de resistência e as forças de sustentação de objectos que se movem em relação ao ar, ou na realidade quando o ar se move em relação aos objectos. Este tipo de testes pode ser feito com modelos em miniatura, com peças reais de automóveis e aviões, e até mesmo com os próprios automóveis ou aviões. O objecto a testar é suspenso com vigas ou arames e ficam sujeitos a um fluxo de ar intenso. As forças que actuam no objecto são medidas através de indicadores de precisão e os resultados visualizados no exterior do túnel de vento. O fluxo de ar é produzido por



máquinas de vento gigantes, semelhantes às que são utilizadas nos filmes para simular tempestades e furacões.

Lê os capítulos 17 a 21.

Vais precisar de:

23 pinos botão	1
17 pinos de apoio	3
4 travões de eixo	5
5 anilhas	6
4 molduras grandes	7
5 molduras pequenas	8
6 varas longas	9
2 varas curtas	10
2 eixos longos	11
2 eixos médios	12
2 rodas dentadas grandes	16
1 roda dentada média	17
6 rodas dentadas pequenas	18
1 conector em ponte	22
1 manivela	31
2 palhinhas vermelhas	32
Películas transparentes do túnel de vento	37
Recortes em papel para o túnel de vento	39
Pedaços de mangueira estreita	43
Cola ou fita-cola	

A

2x 9

1

7

4x 1

C

1

10

1

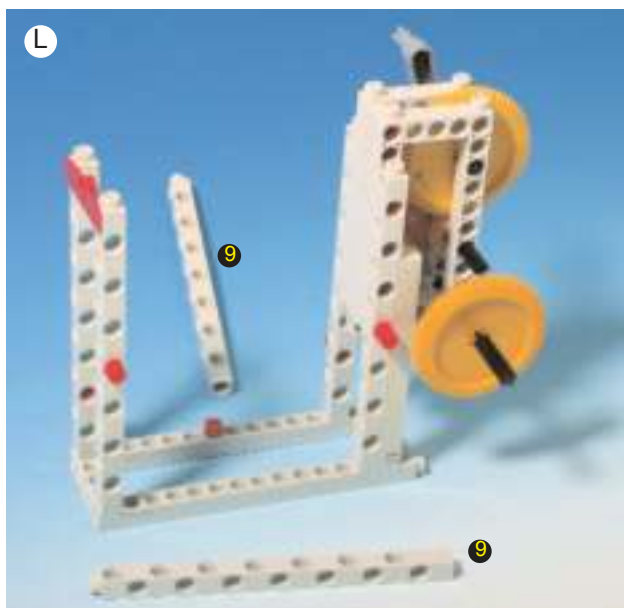
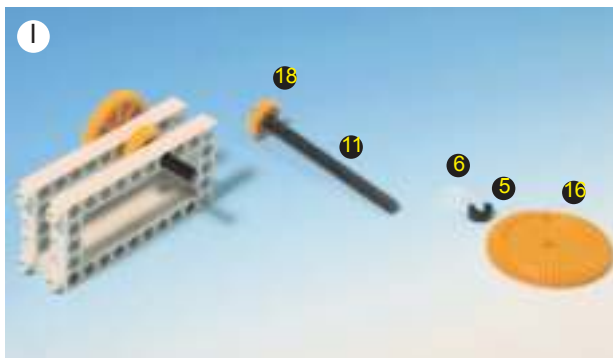
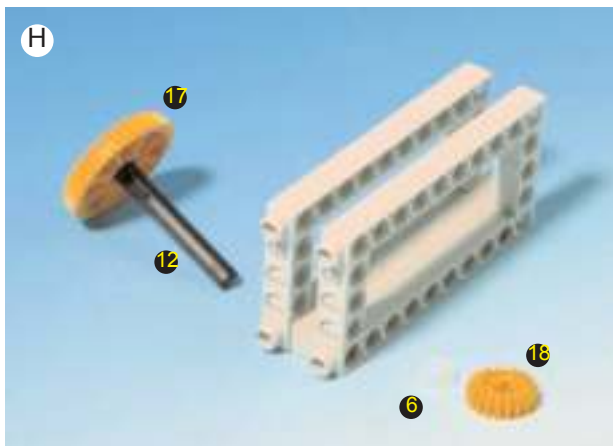
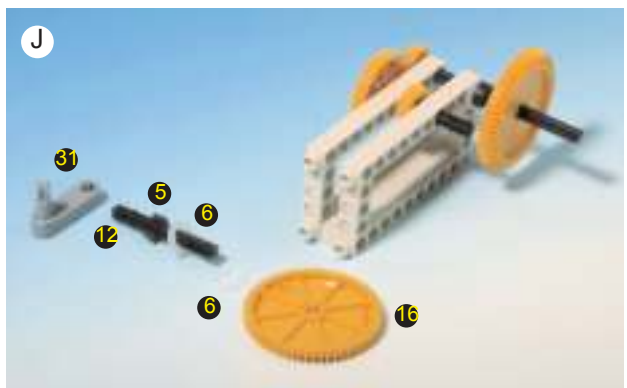
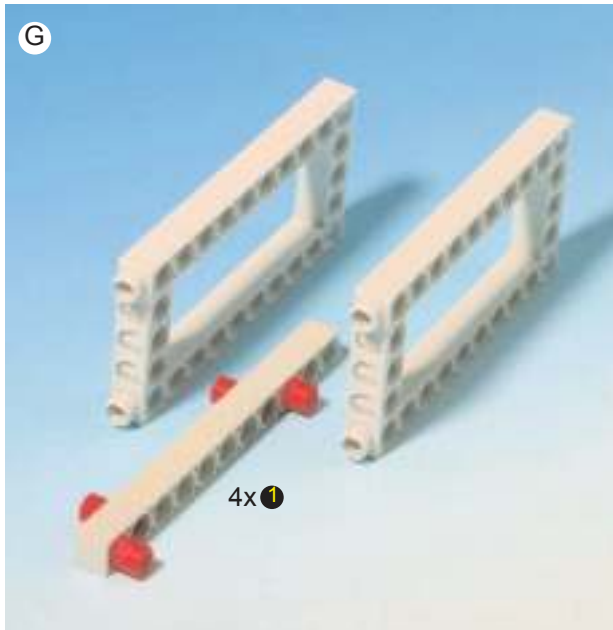
22

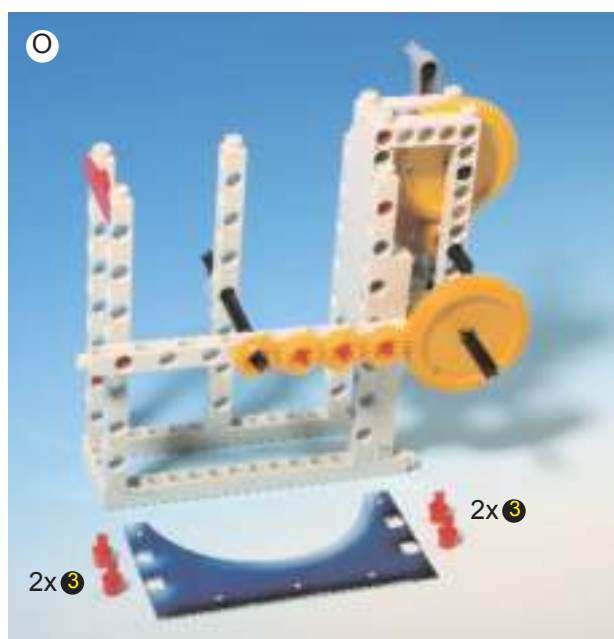
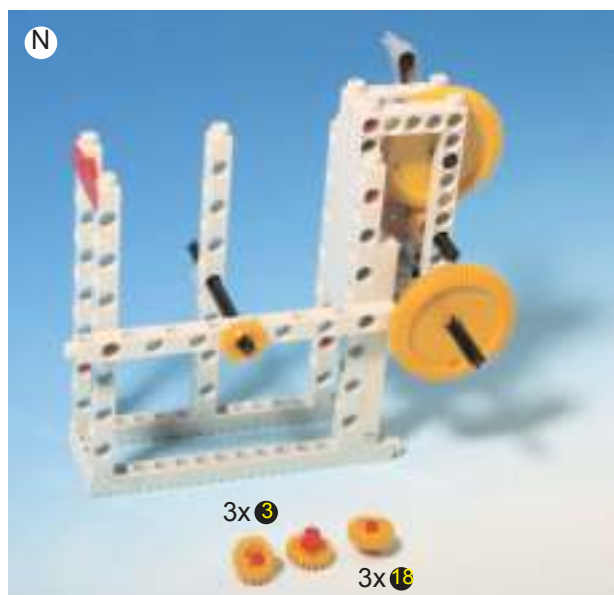
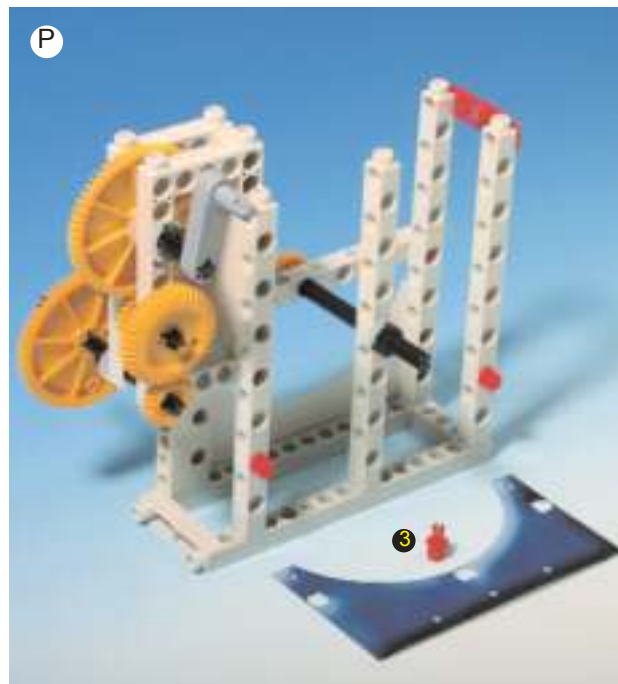
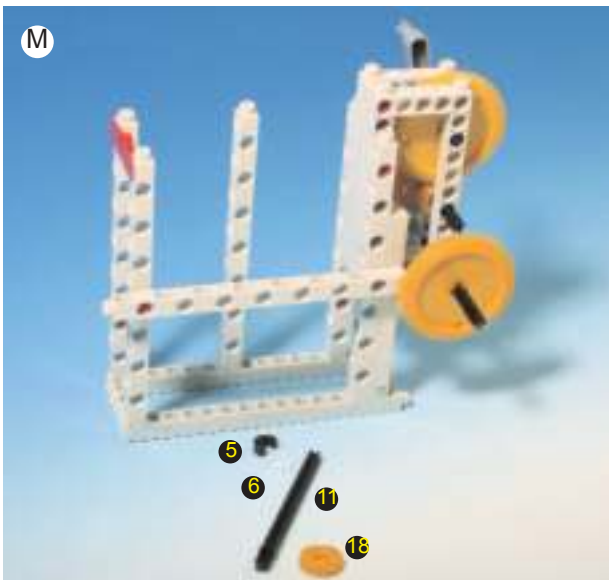
B

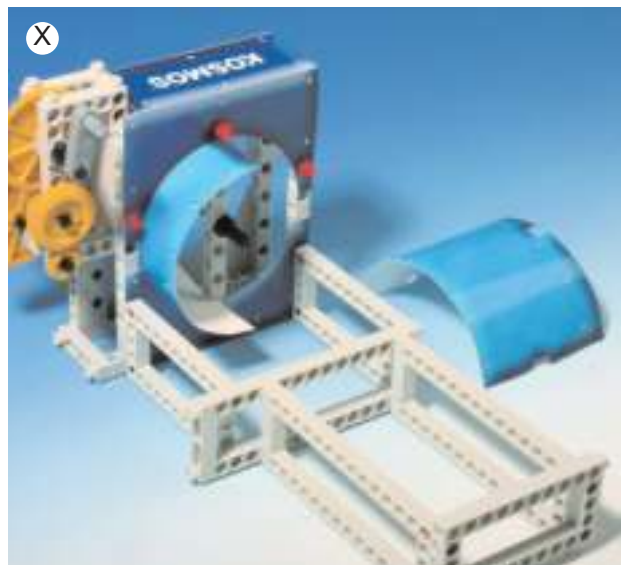
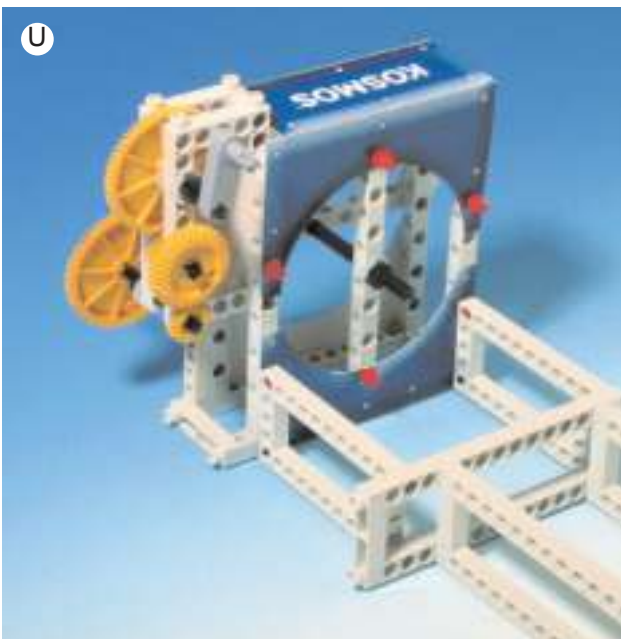
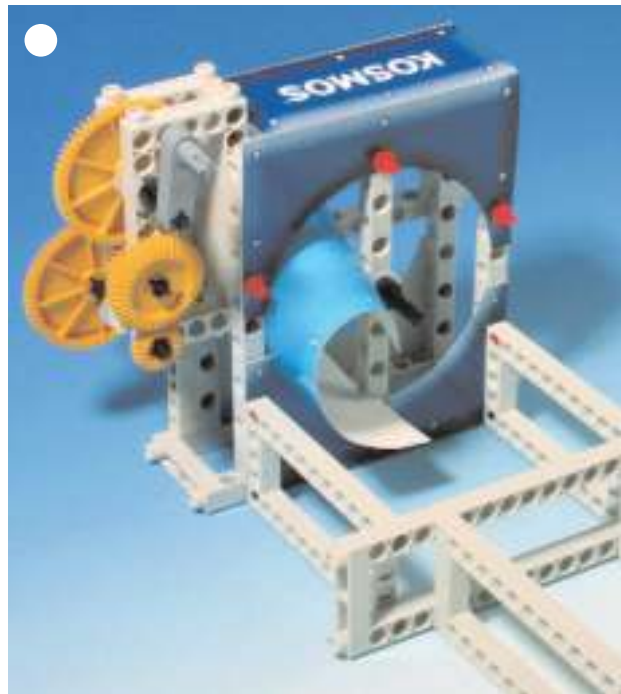
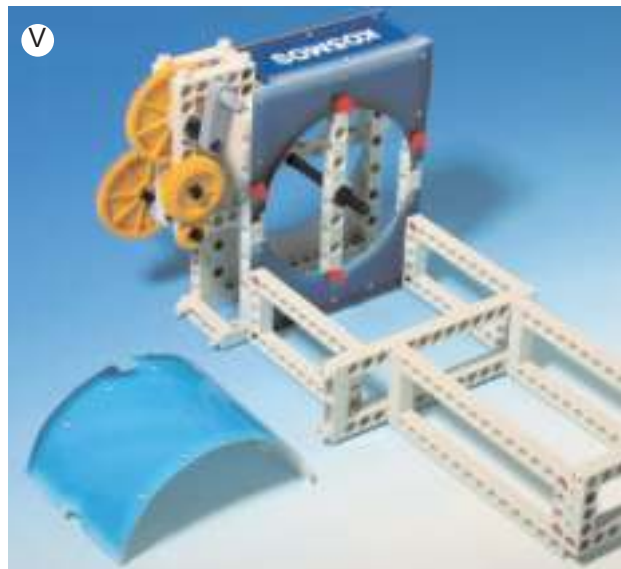
2x 9

8x 1

D

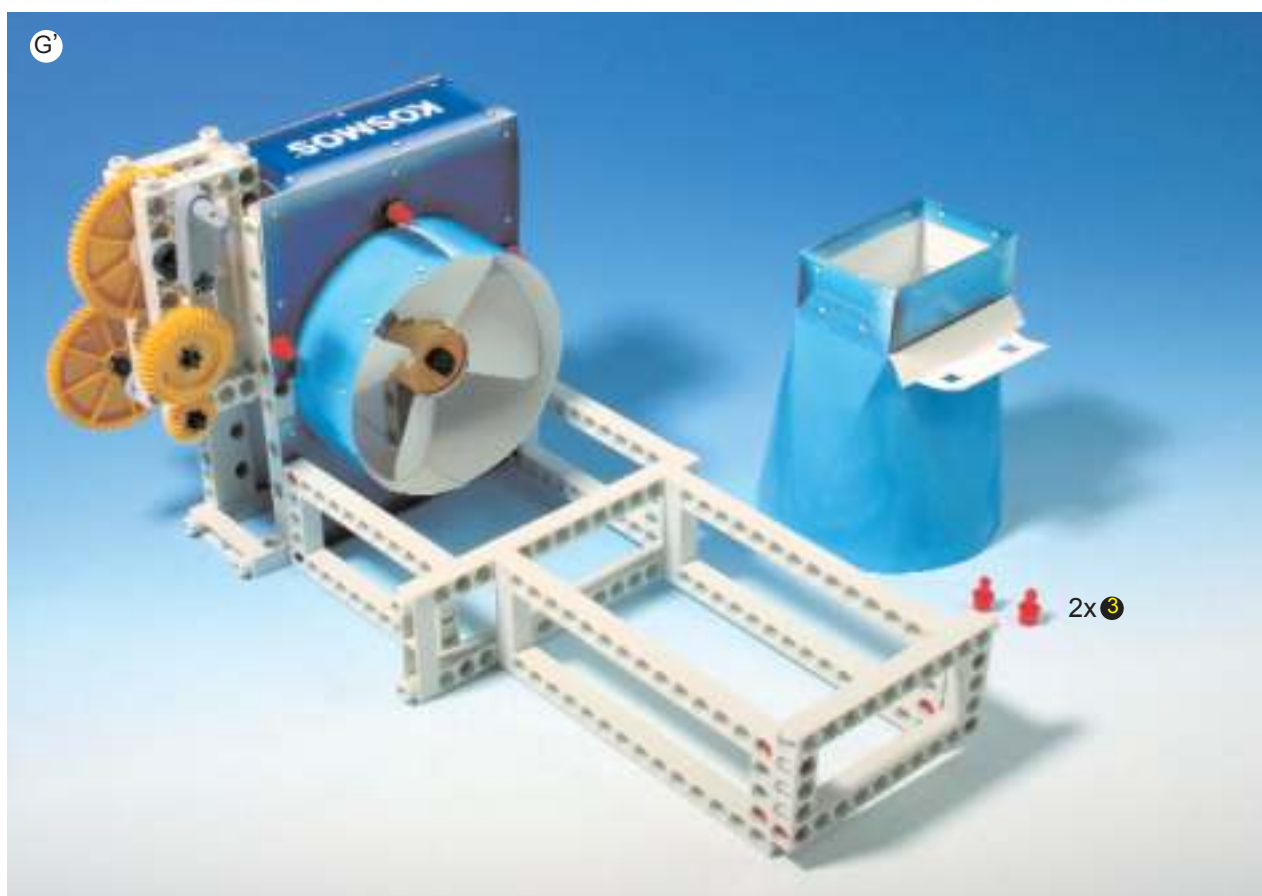






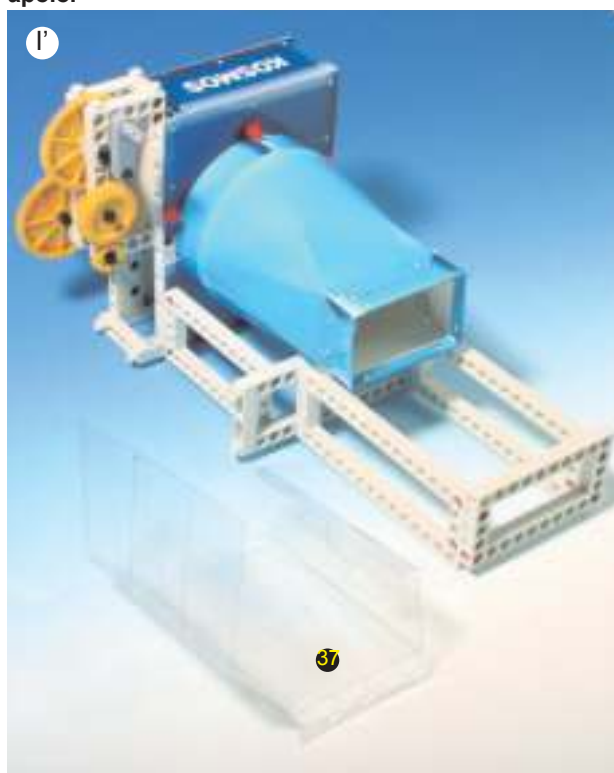


G'



Dobra a película transparente do túnel de vento e cola as extremidades com fita-cola. Empurra para dentro as saliências laterais (esta secção vais ser posteriormente inserida no interior do tubo rectangular de cartão (F)). Dobra a saliência da outra extremidade para fora pois será utilizada para fixar esta secção do túnel à moldura pequena através de dois pinos de apoio.

I'



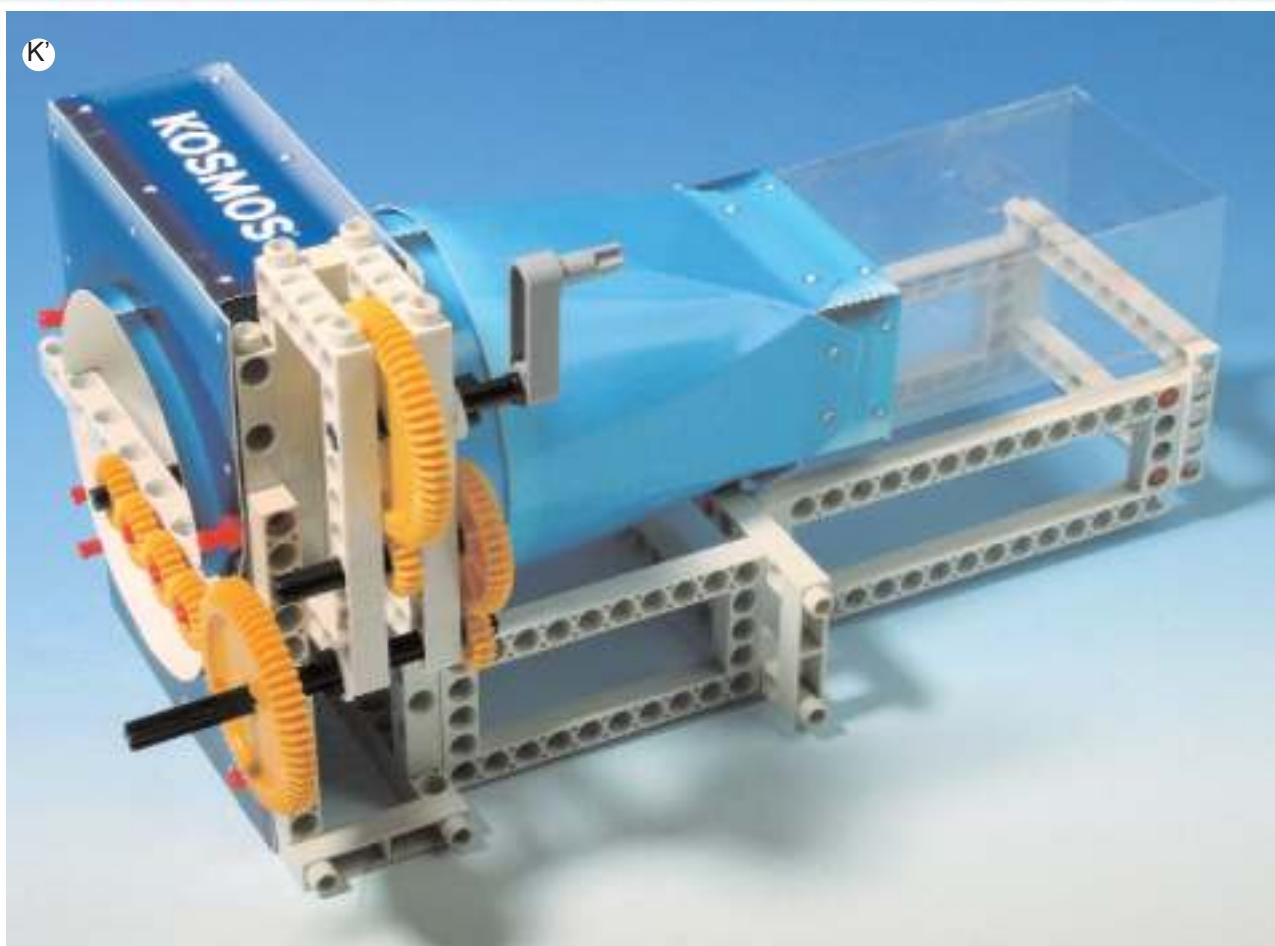
H'



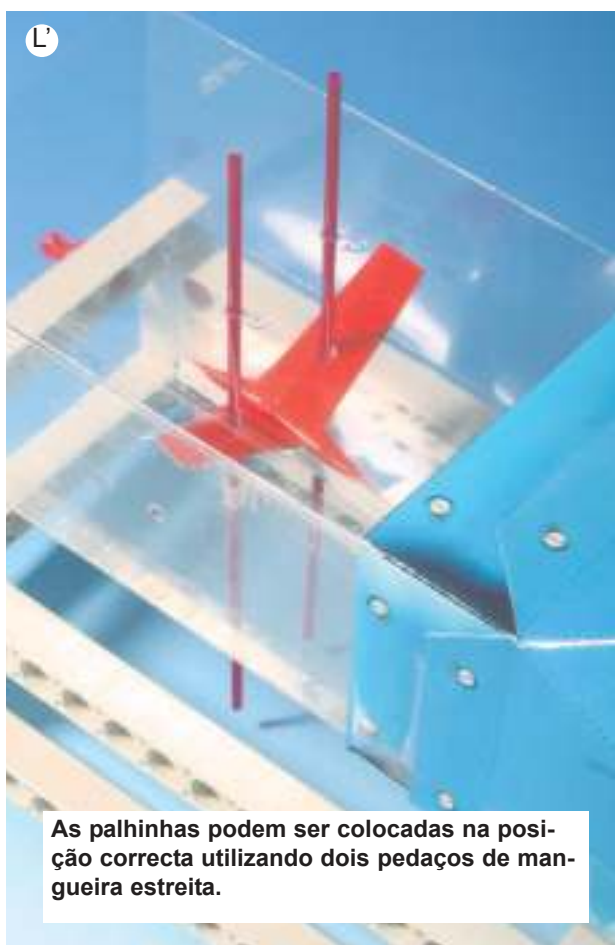
J'



K'

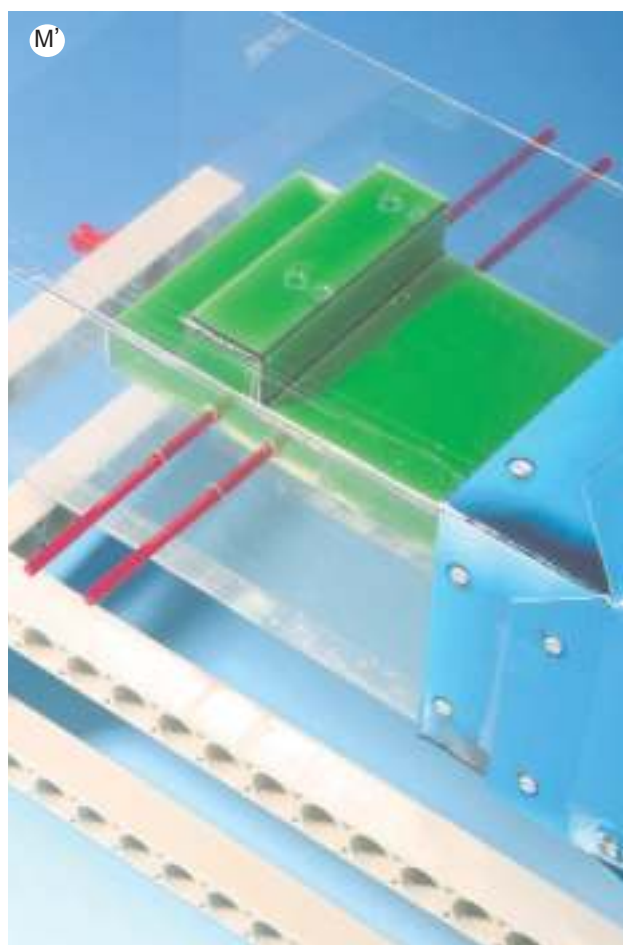


L'



As palhinhas podem ser colocadas na posição correcta utilizando dois pedaços de mangueira estreita.

M'



Planador de cartão



O modelo que agora vais construir não tem cauda horizontal. O papel dos estabilizadores horizontais que existem nos aviões normais é neste caso assumido pelas asas que se estendem até à parte detrás do planador. As asas têm um perfil simétrico, igualmente

encurvadas nas partes de cima e de baixo. O planador vai ser impulsionado com uma catapulta em que o elástico de borracha é preso na parte de baixo do teu planador. A energia potencial elástica que se obtém do facto do elástico ser esticado, é transferida sob a forma de energia cinética para o planador.

Lê os capítulos 21, 23, 27 e 28

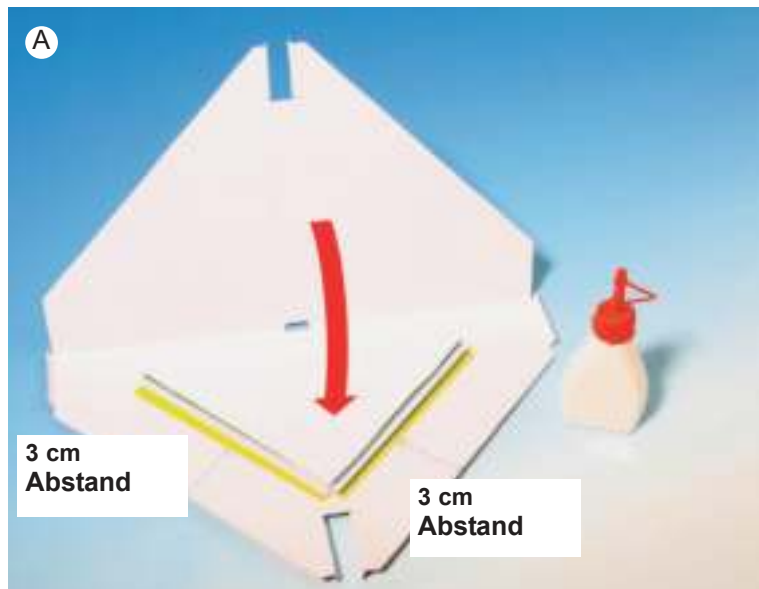
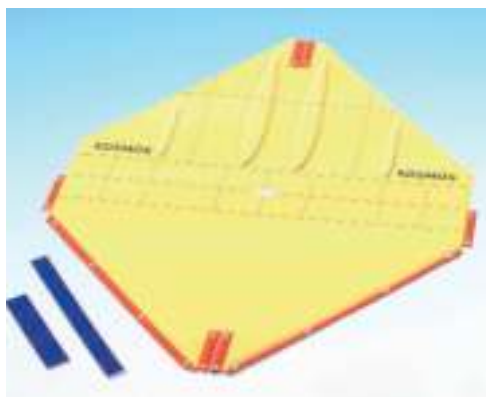


Vais precisar de:

9 peças de cartão para aviões da folha de recortes. **39**
Cola

Para a catapulta (plataforma de lançamento):

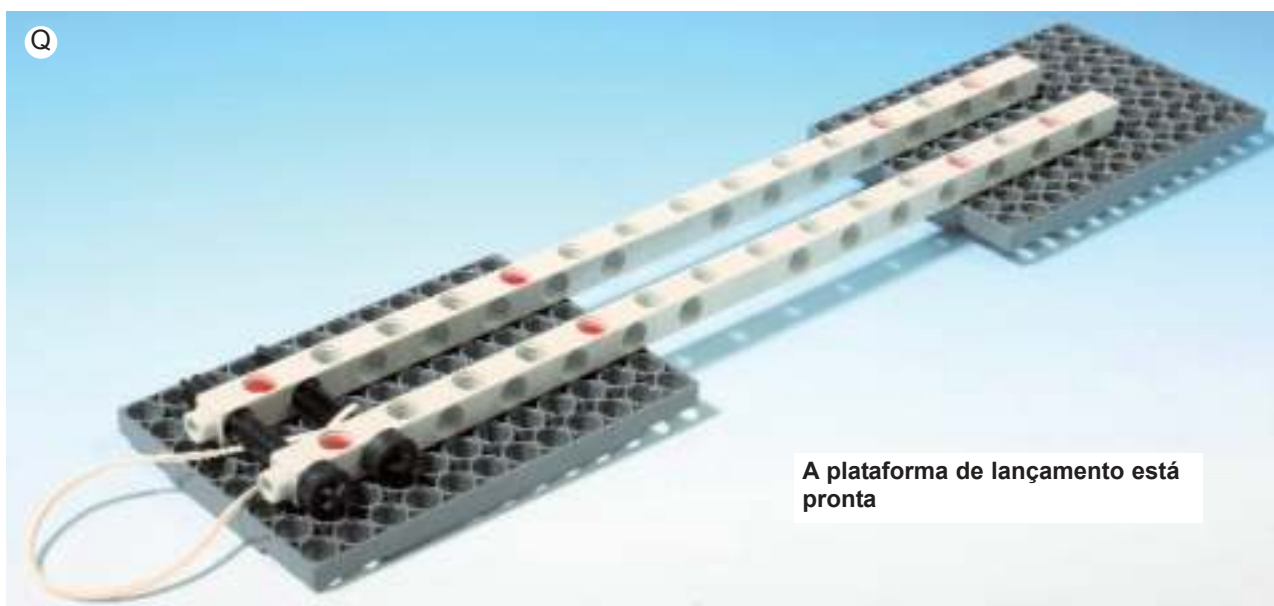
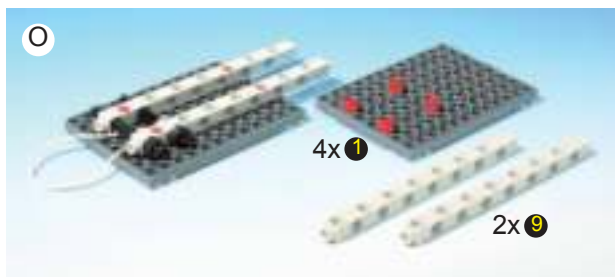
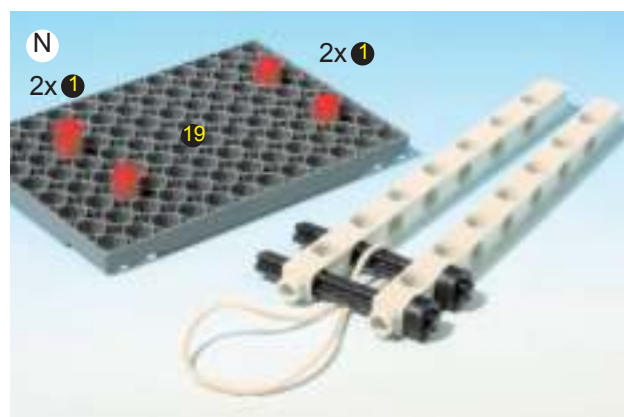
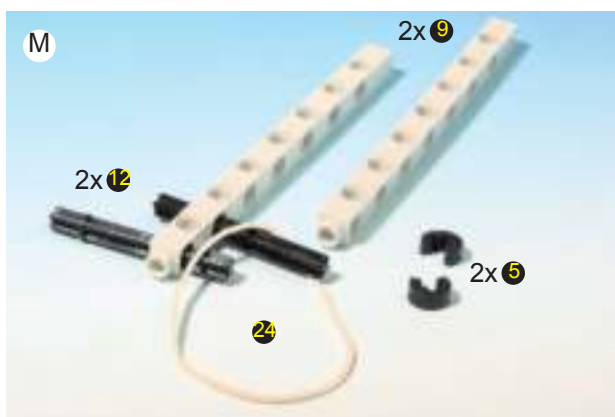
8 pinos botão **1**
2 travões de eixo **5**
4 varas longas **9**
2 eixos médios **12**
2 bases de sustentação **19**
1 elástico de borracha grande **24**





Cola a asa à fuselagem. A fuselagem do avião ou planador deverá ficar por cima da ranhura de cartão da asa e deverá ficar também alinhada atrás com a asa.





Fonte Especial

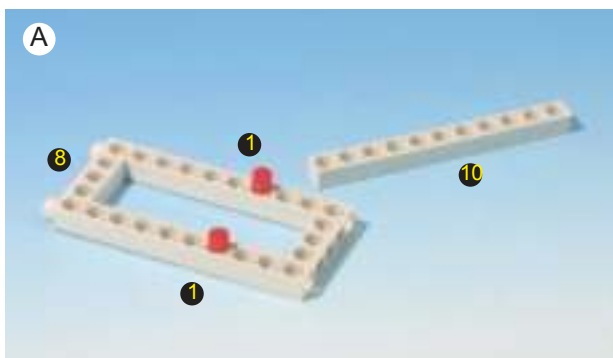


Vamos agora montar uma fonte. A água é posta em movimento devido a uma diferença de altura. Vais poder optar por colocar a fonte a correr, ou por accionar a roda de pás, consoante a localização da mangueira. Quanto mais alto ficar o contentor ou recipiente da água, mais energia é transferida e por conseguinte conseguirás obter uma maior velocidade na roda de pás ou esguichos de água na fonte que atingem alturas maiores. Para iniciar o movimento da fonte deverás sugar primeiro um pouco de água com a boca para dentro das mangueiras.

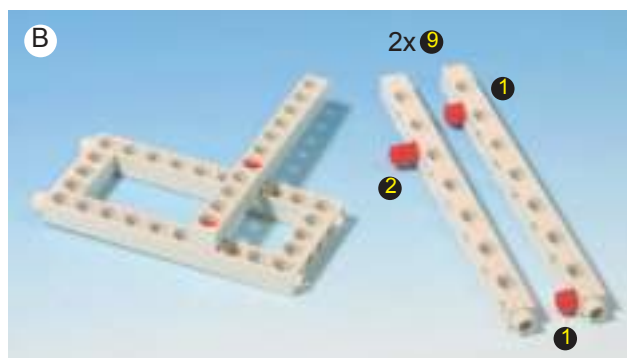
Vais precisar de:

- | | |
|--|----|
| 13 pinos botão | 1 |
| 1 pino de junção | 2 |
| 10 pinos de apoio | 3 |
| 1 travão de eixo | 5 |
| 1 anilha | 6 |
| 2 molduras grandes | 8 |
| 7 molduras pequenas | 9 |
| 3 varas longas | 10 |
| 3 varas curtas | 11 |
| 1 eixo longo | 16 |
| 2 rodas dentadas grandes | 17 |
| 2 rodas dentadas pequenas | 23 |
| 8 lâminas para a turbina | 32 |
| 1 palhinha | 41 |
| 1 pedaço de mangueira estreita | 43 |
| 1 pedaço de mangueira grossa | 44 |
| 1 recipiente para água
(por exemplo uma garrafa de plástico de 1,5 L) | |

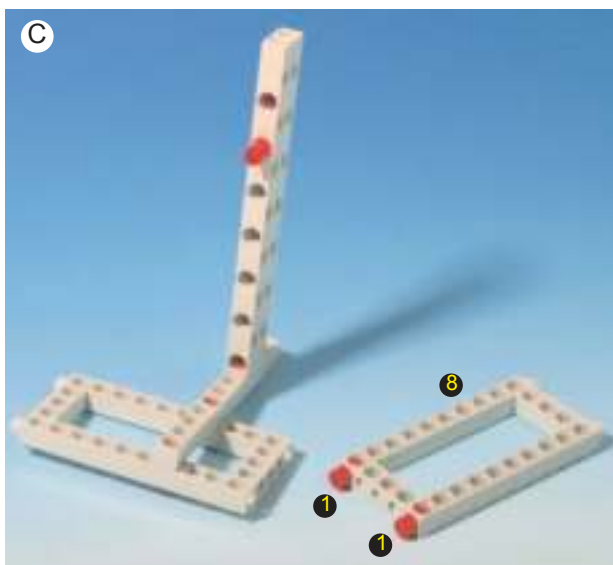
A



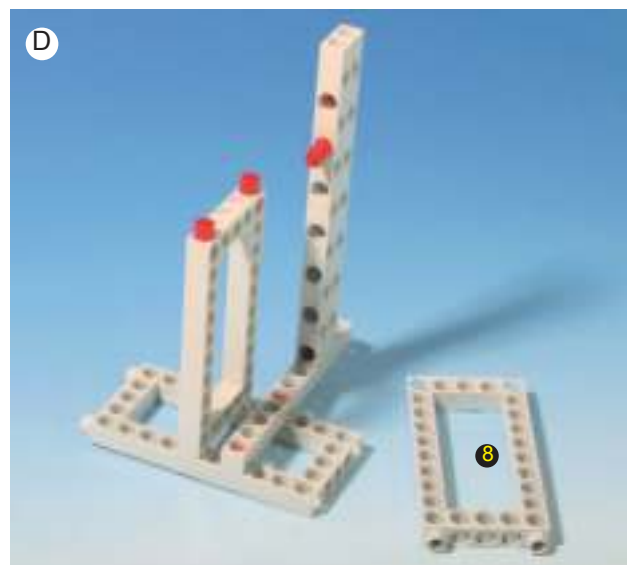
B



C



D

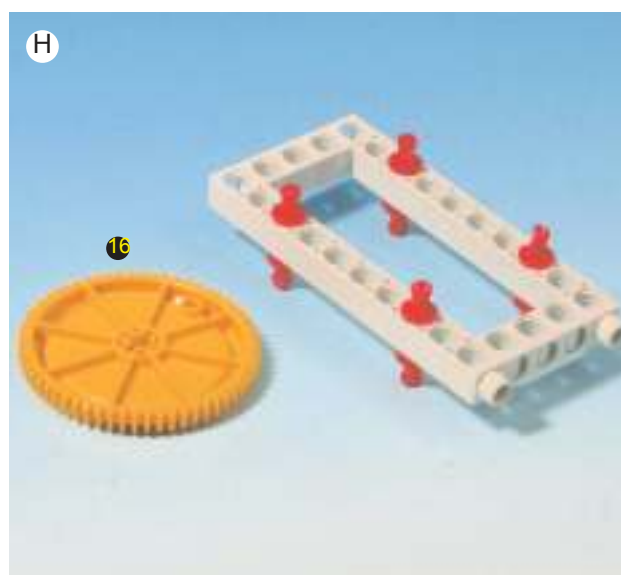


E

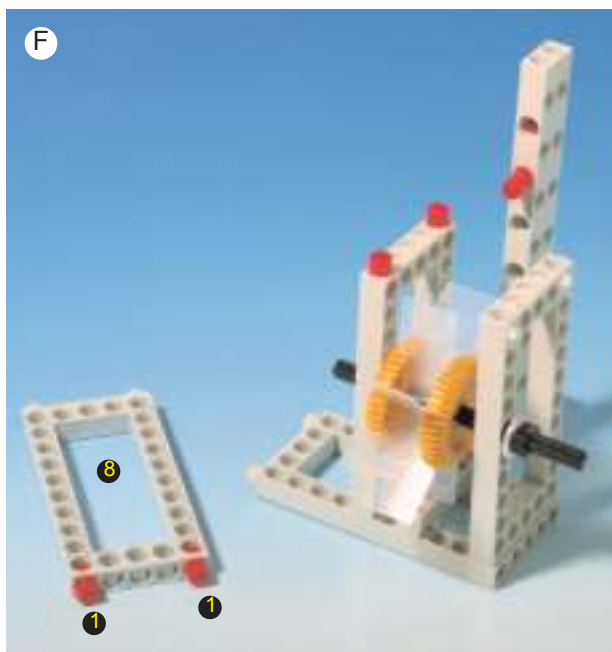
Vê na página 42 as
instruções de montagem da
roda de pás (ou turbina)



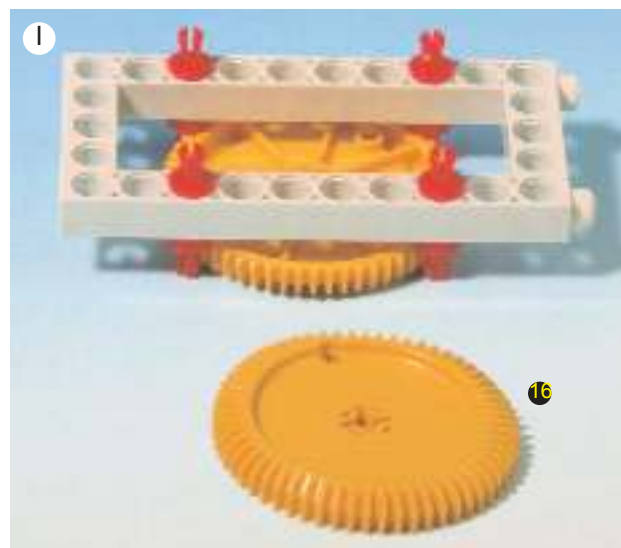
H



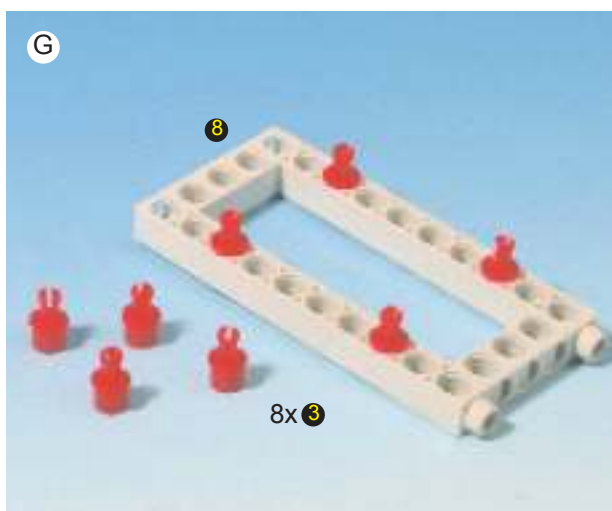
F



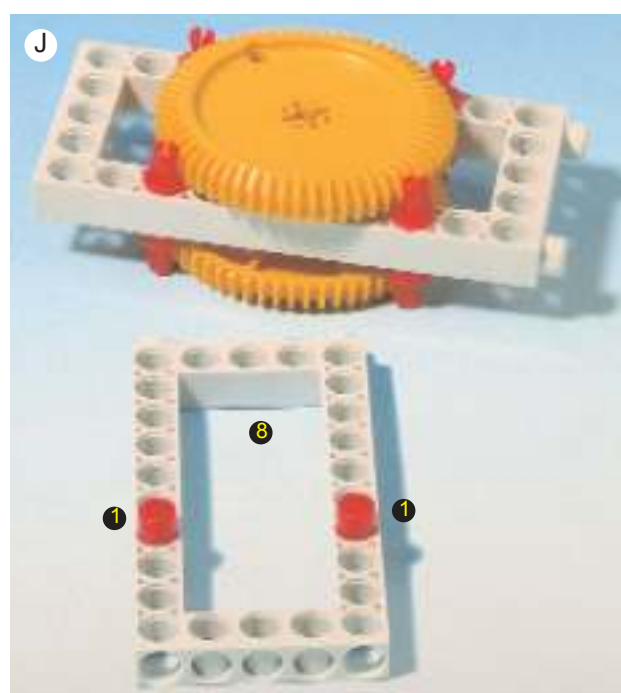
I



G

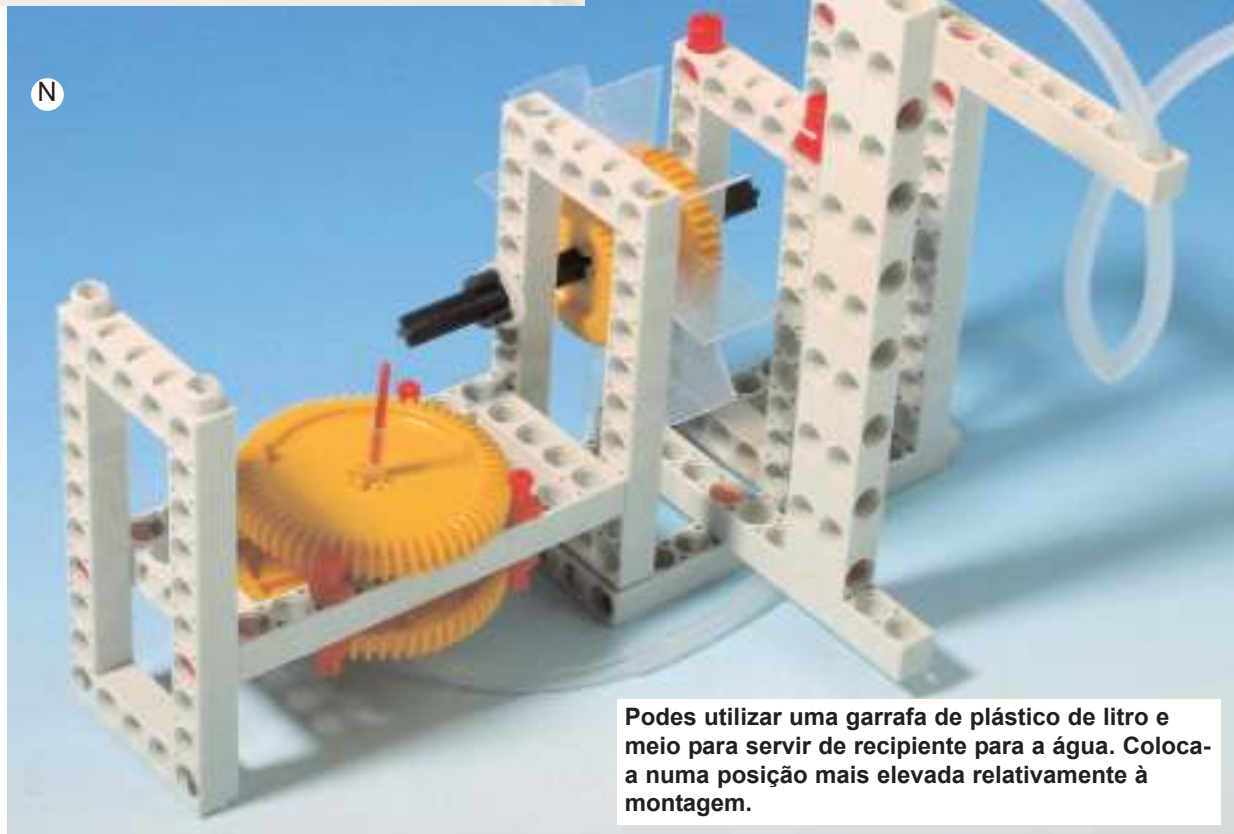
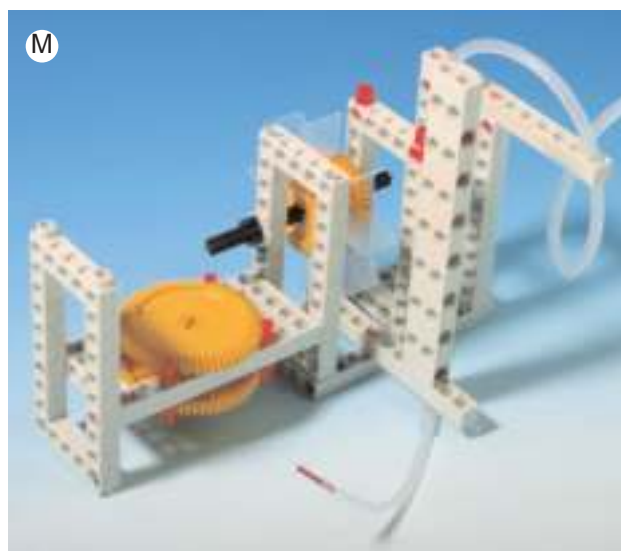
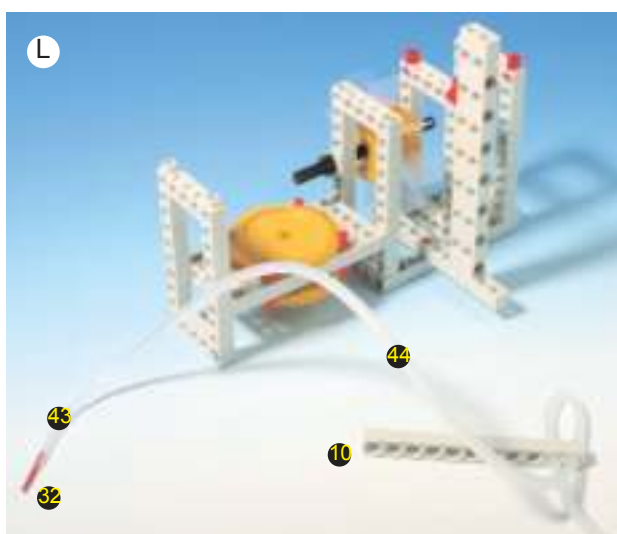


J





Na imagem N, a mangueira está a ser utilizada para alimentar a fonte. Se quiseres fazer rodar a turbina, retira a mangueira da fonte e enfia-a sem o (adaptador vermelho) através do segundo orifício a contar de cima das duas varas longas. Ajustando a distância da mangueira à turbina podes ajustar também a velocidade de rotação. Para desligar ou parar a turbina, afasta a mangueira e veda a extremidade.



Podes utilizar uma garrafa de plástico de litro e meio para servir de recipiente para a água. Coloca-a numa posição mais elevada relativamente à montagem.

Carro de corrida



Todos os carros requerem algum sistema de propulsão para arrancarem e manterem o movimento. Os carros de Fórmula 1, tal como a maior parte dos carros de passageiros, têm um motor de combustão. O combustível fornece a energia térmica necessária que é libertada através de uma explosão controlada. Esta energia é depois convertida em energia mecânica ao movimentar os pistões. Actualmente existem também carros movidos a electricidade, a gás comprimido e mesmo a energia solar. O protótipo que agora vais construir é accionado através de uma espira que está enrolada em torno de um eixo possuindo, energia potencial, e que ao ser desenrolada transfere esta energia sob a forma de energia mecânica, para as rodas do veículo.

Cuidado! Alivia e desenrola a espira de plástico quando deixares de utilizar o carro.

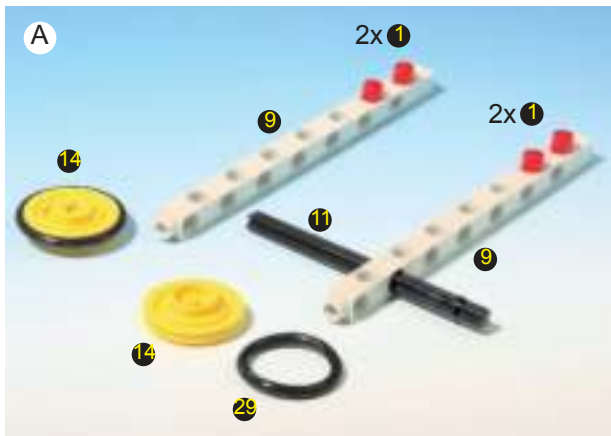
Lê os capítulos 27 e 29



Vais precisar de:

8 pinos botão	1
1 pino de junção	2
2 pinos de apoio	3
1 travão de eixo	5
6 anilhas	6
1 moldura pequena	8
4 varas longas	9
2 varas curtas	10
4 eixos longos	11
2 roldanas médias	14
2 rodas dentadas grandes	16
1 roda dentada média	17
4 rodas dentadas pequenas	18
1 pedaço de cordel	26
2 rodas	28
2 pneus para roldanas médias	29
Tira de plástico para o motor	36
Fita-cola	37

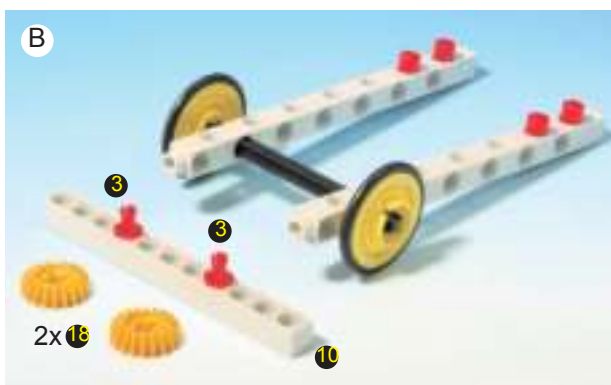
A



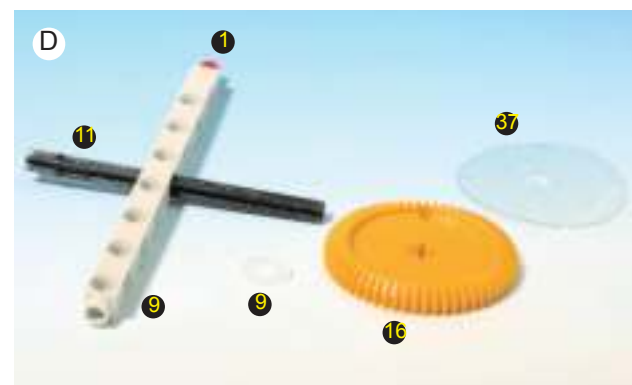
C



B



D

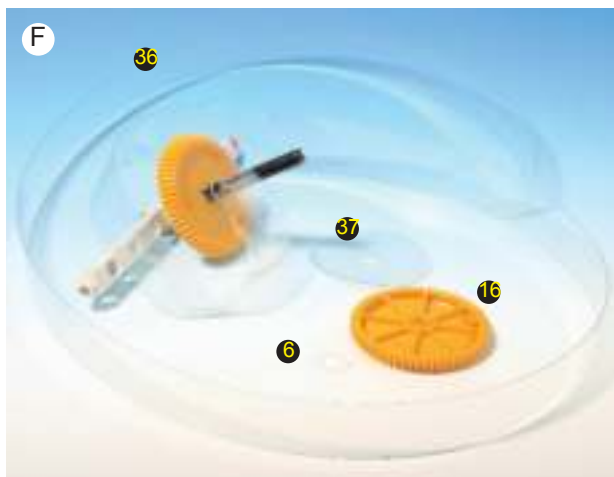


E

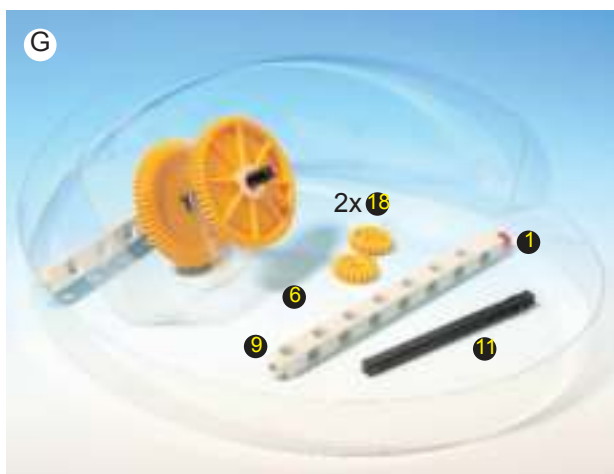


Cola a tira de plástico ao eixo de modo a que este se enrole quando rodares o eixo na direcção dos ponteiros do relógio (para a direita). Assim, farás com que o carro ande para a frente.

F



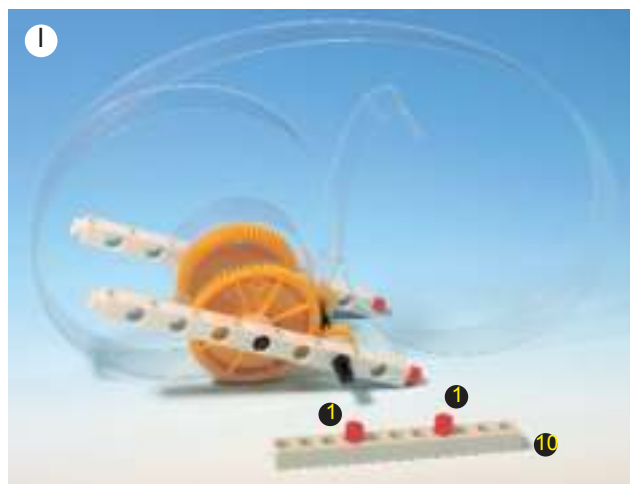
G



H



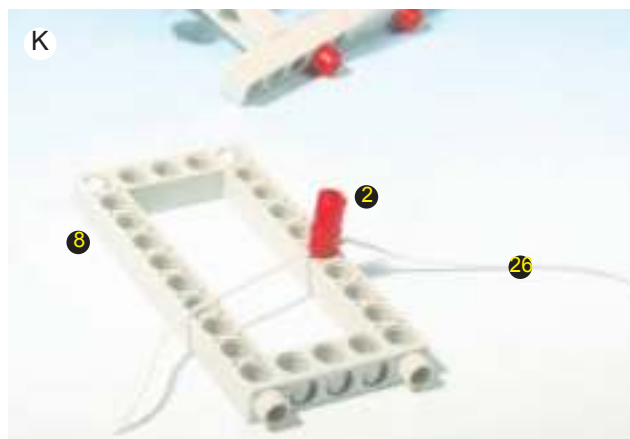
I



J



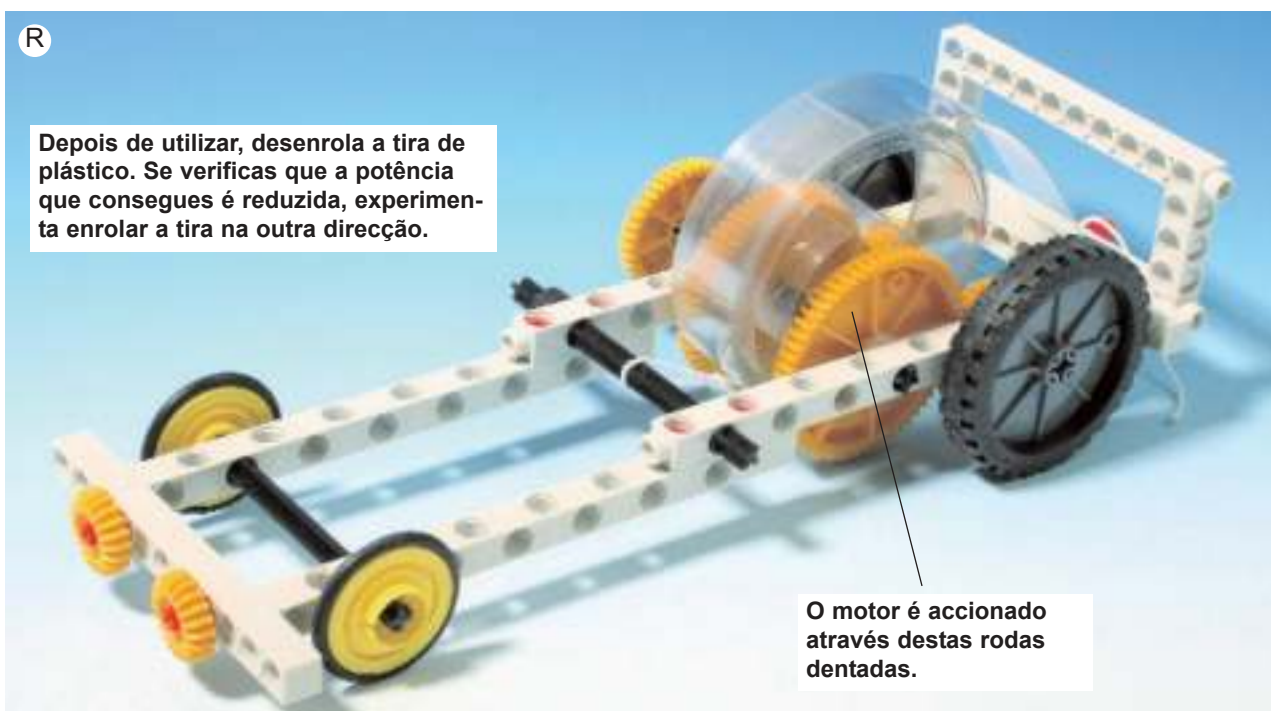
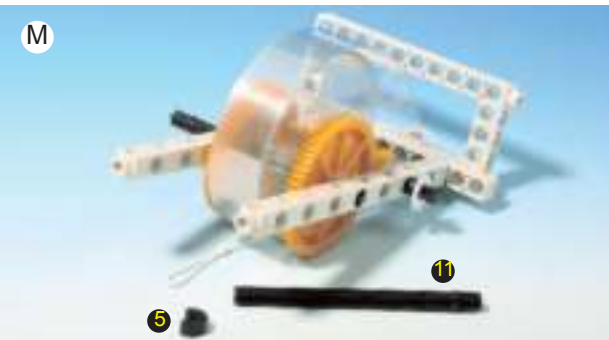
K



L



Cola a extremidade da tira de plástico entre a vara e a moldura com fita-cola.



Grua motorizada



As gruas que vês nos locais de construção são geralmente alimentadas por motores eléctricos ou motores de combustão. A grua que agora vais construir, vai utilizar o motor constituído pela espira, tal como fizemos nos protótipos do carro de corrida ou do barco a vapor. Podes desviar a roda dentada pequena que está enfiada no eixo que contém a espira e assim poderás optar por accionar a tua grua à mão, com a manivela, ou através do motor (que é enrolado também com a manivela).

Tenta determinar o trabalho que a grua consegue executar: suspende um peso (uma roda dentada grande por exemplo que tem 11 g) na extremidade do cordel. Mede

depois a altura a que consegues elevar o teu peso. Depois, multiplicando o Peso (em newtons) pela altura (em metros) obténs o trabalho executado (em joules).

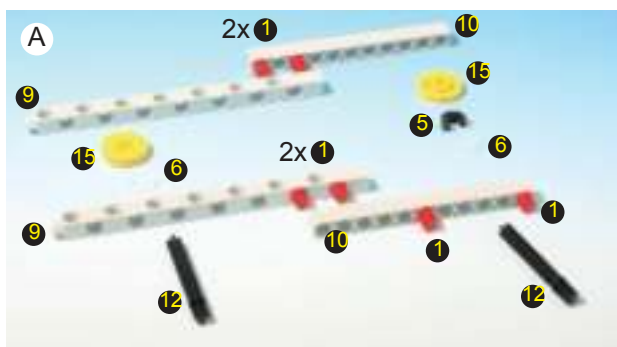
Cuidado: desenrola a espira depois de utilizares a tua grua.

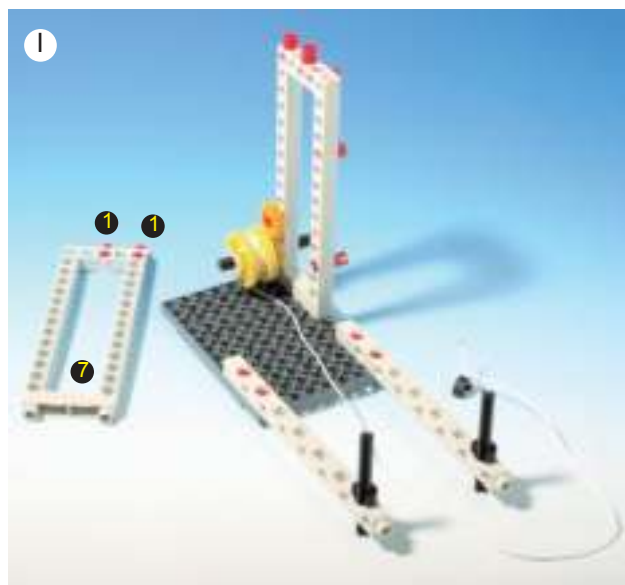
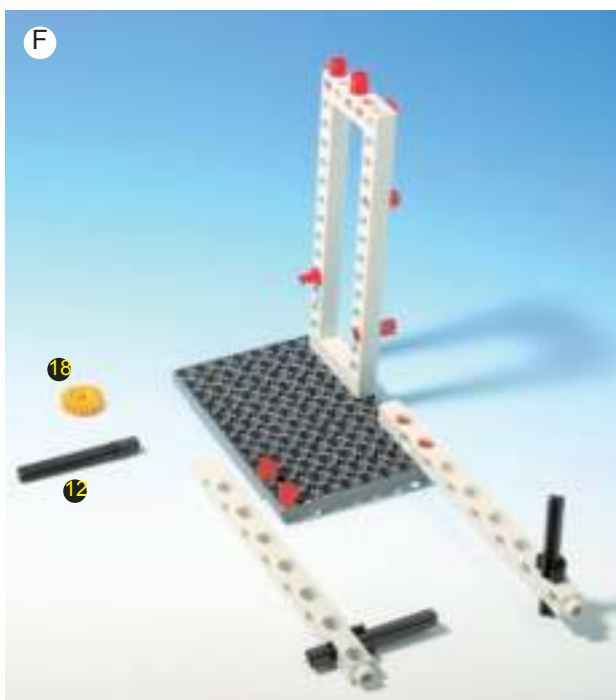
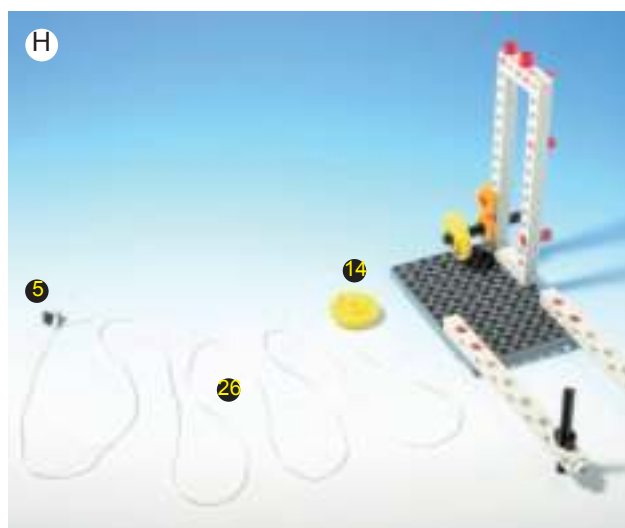
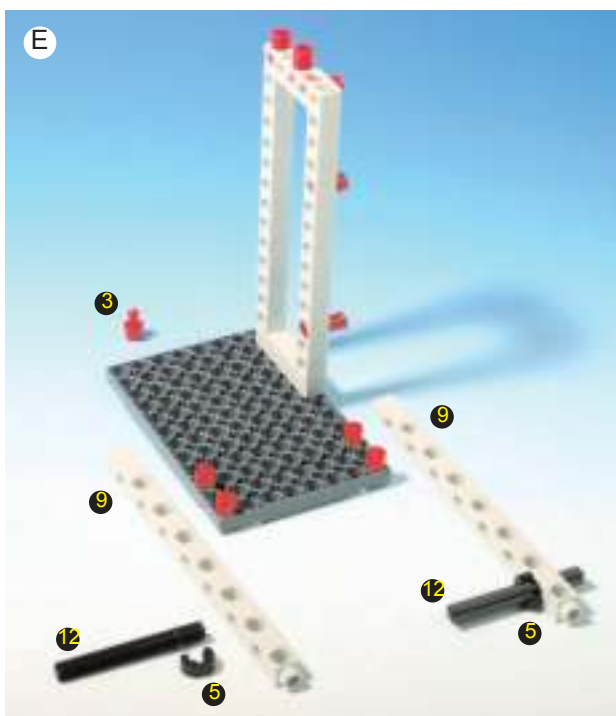
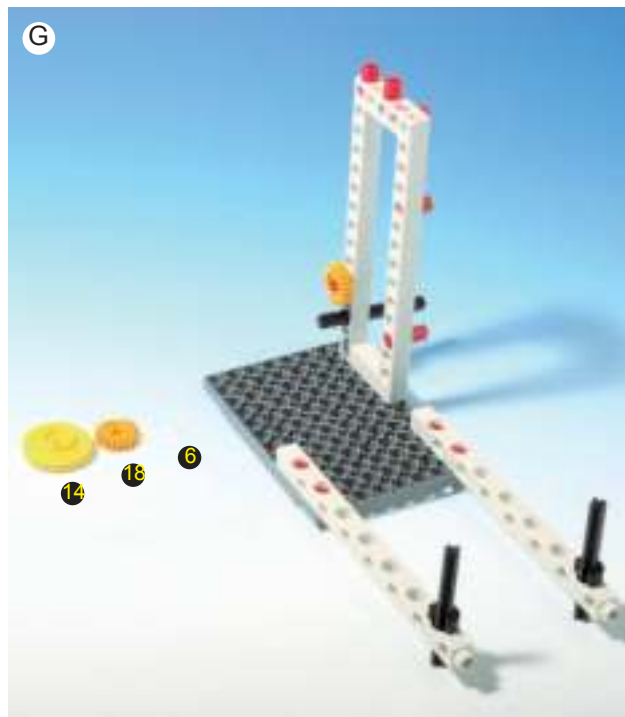
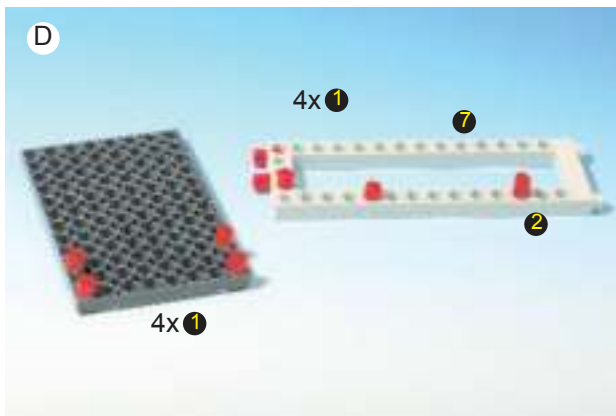
Lê os capítulos 27, 28 e 29.

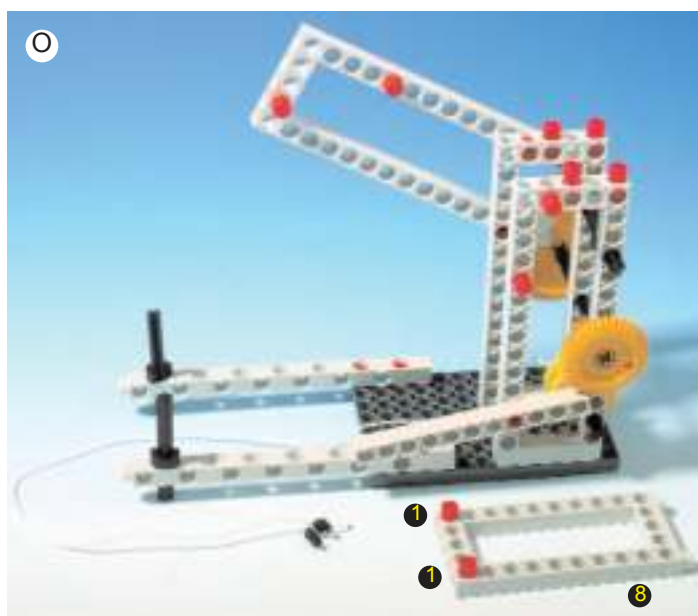
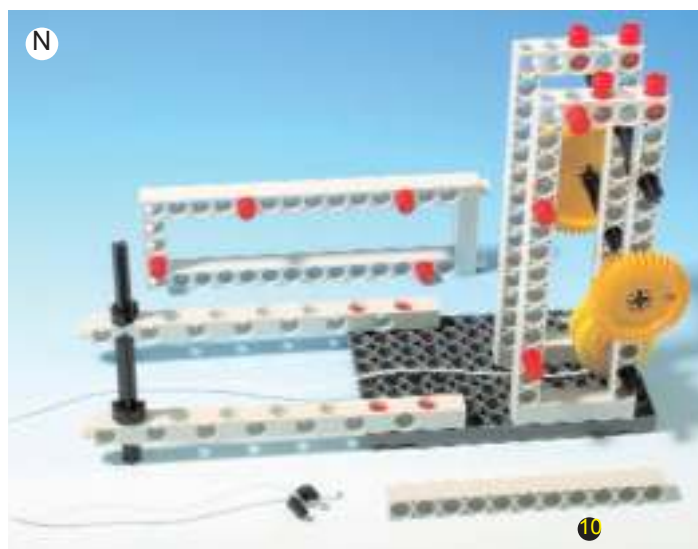
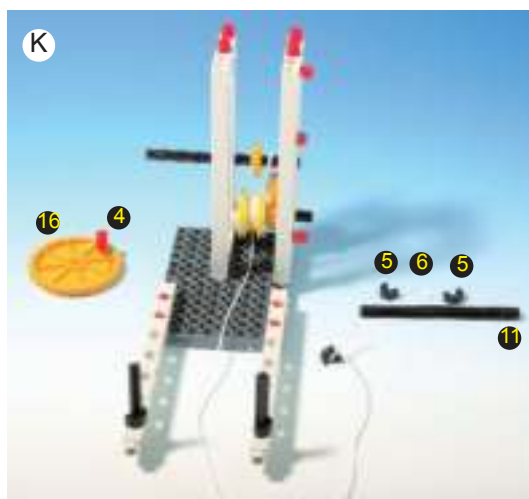
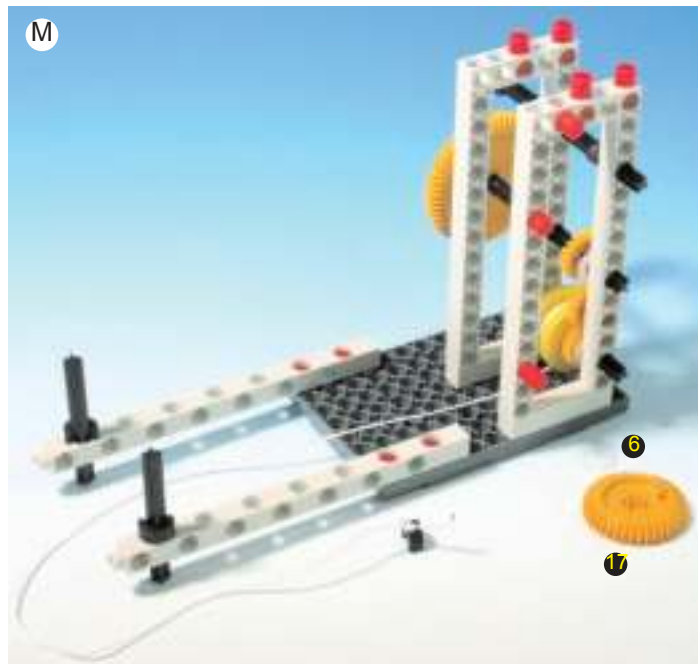
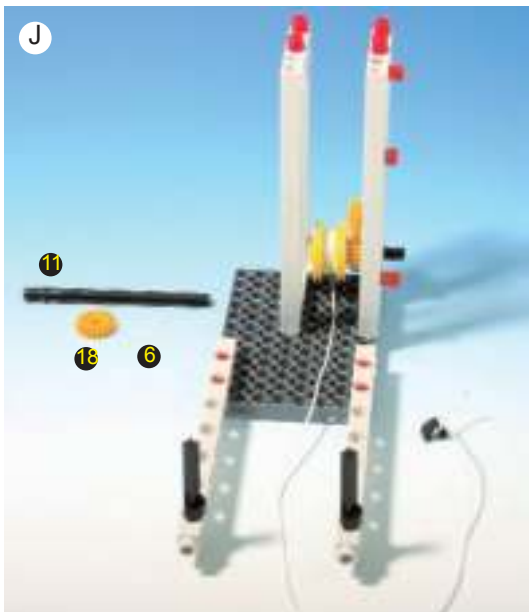


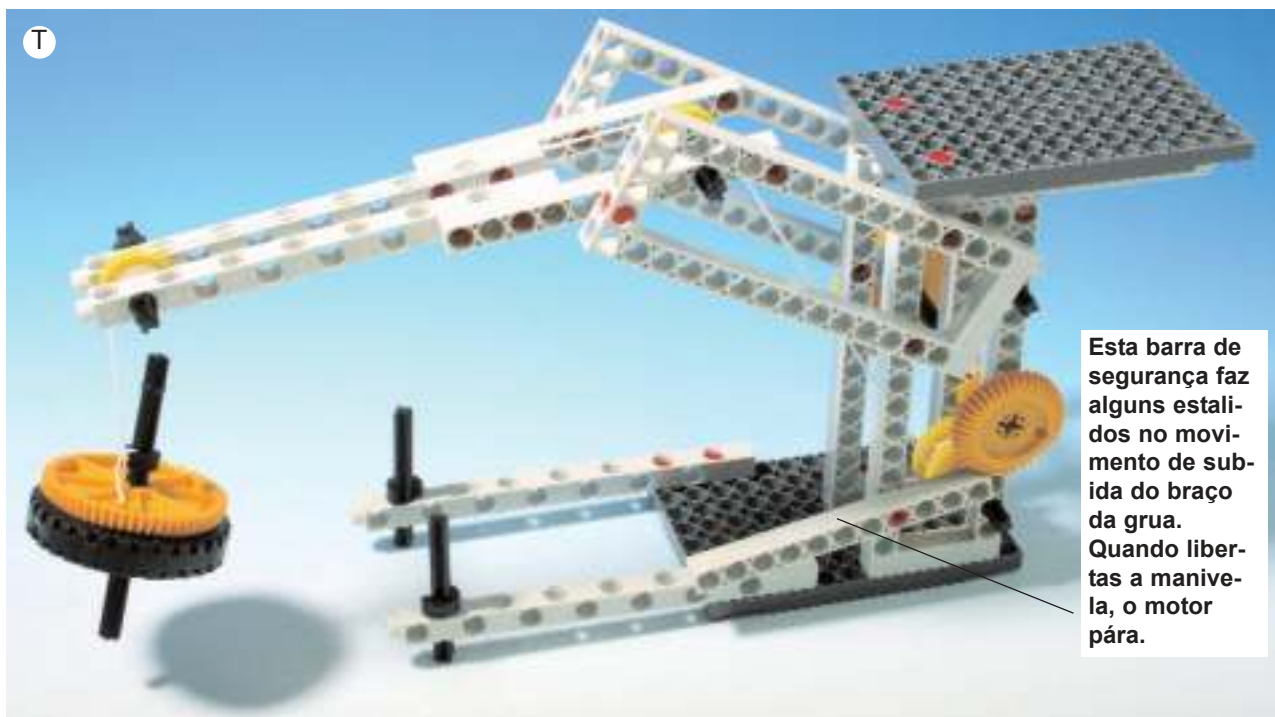
Vais precisar de:

22 pinos botão	1
1 pino de junção	2
1 pino conector	3
2 pino de apoio	4
7 travões de eixo	5
7 anilhas	6
4 molduras grandes	7
1 moldura pequena	8
4 varas longas	9
3 varas curtas	10
3 eixos longos	11
5 eixos médios	12
2 roldanas médias	14
2 roldanas pequenas	15
2 rodas dentadas grandes	16
1 roda dentada média	17
3 rodas dentadas pequenas	18
2 bases de sustentação	19
1 pedaço de cordel	26
1 roda	28
1 tira de plástico para o motor	36









Se pretendes utilizar a grua com o motor de espira, terás que colar com fita-cola a extremidade da tira de plástico ao eixo de elevação e enrolar a espira para a direita (d direcção dos ponteiros do relógio) Deslocando a roda dentada pequena no eixo, consegues elevar também o braço da grua sem recorrer ao cordel e utilizando apenas o motor. Após a utilização do motor, desenrola a espira.