



Aerobalança

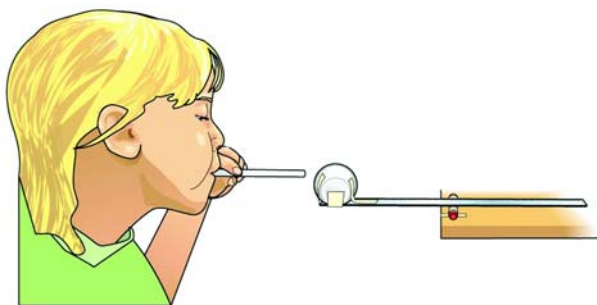
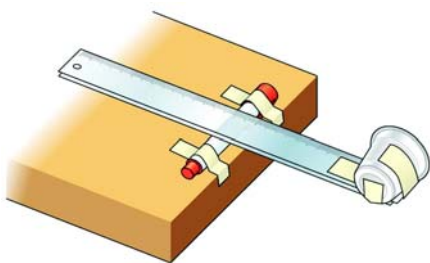
Um simples sopro pode desequilibrar uma balança. E um vendaval pode destelhar uma casa! Descubra como isso é possível e muito mais.

Material

- régua
- caneta marcadora
- copinho descartável
- fita crepe
- canudinho
- secador (ar frio)

Passo a passo

Fixe com fita crepe a caneta na extremidade de uma mesa e o copinho na régua como indicado. Ajuste a régua de modo que ela fique equilibrada na horizontal. Posicione o canudinho pouco abaixo do topo do copinho e sopra. O que acontece com a régua?



Explorando novas possibilidades

1) Coloque a régua sobre a mesa. O que você sente quando coloca o dedo atrás do copinho?

2) Construa uma casinha de papelão e utilize como telhado um pedaço de folha de papel dobrada ou um pedaço de cartolina formando um arco. Posicione o secador de cabelos na horizontal abaixo da cumeeira e acione o secador (ar frio). O que acontece com o telhado? Você acaba de demonstrar porque os vendavais são tão perigosos.

Aerofatos

O fluxo de ar que sai do canudinho ou do secador de cabelos tem uma velocidade praticamente na horizontal. Se não houvesse nenhum obstáculo, o ar tenderia a se mover em linha reta devido à sua inércia. Ao encontrar uma superfície o fluxo de ar tende a contorná-la formando uma camada de ar em movimento próxima à superfície, desde que a velocidade do ar não seja muito grande. Esta tendência é chamada efeito Coanda. O ar em movimento não pode ser visto simplesmente como uma coleção de bolinhas independentes que defletem quando se chocam contra a superfície. As moléculas do ar interagem entre si e com a superfície. Para contornar o obstáculo, o fluxo de ar precisa mudar de direção – o que requer uma força. Essa força está associada a uma menor pressão no topo do copinho e no “telhado” em relação à pressão atmosférica. No caso da aerobalança, a menor pressão no topo do copinho em relação à parte

.....
Eduardo de Campos Valadares

Departamento de Física, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte
 e-mail: divertida@cienciajovem.org.br

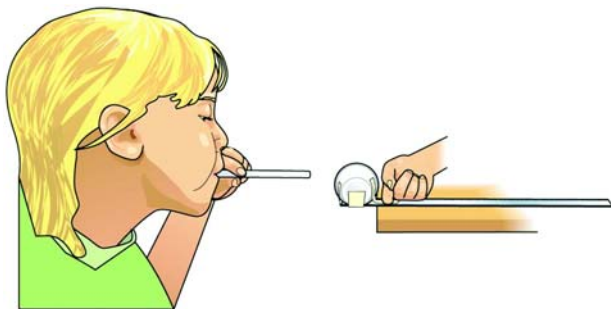
.....
Alfredo Luis Mateus

Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte
 e-mail: almateus@cienciajovem.org.br

.....
Juares Dutra da Silva

Departamento de Física, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte
 e-mail: juares@cienciajovem.org.br

São apresentados quatro experimentos de aerodinâmica que permitem visualizar o efeito Coanda, o princípio de Bernoulli e a sustentação de perfis aerodinâmicos. Esses experimentos fazem parte do livro "Aerodescobertas – Explorando novas possibilidades", recentemente lançado pela Fundação Ciência Jovem (www.cienciajovem.org.br), que apresenta vários outros projetos e experimentos de aerodinâmica de baixo custo, como elicópteros de balão e de elástico, aviões de papel, bumerangues, apitos de garrafa PET e oboés de canudinho.



debaixo do mesmo, onde o ar está parado, gera o desequilíbrio observado. No interior da casa, a pressão é maior do que a pressão externa que atua no telhado exposto à “ventania”. Observe qual dos telhados “destelha” mais facilmente. Se o ar tende a contornar o telha-

do, qual deveria ser a reação do telhado ao vento? Você já observou que as lonas dos caminhões tendem a “inchar”? Observe outros efeitos do ar em movimento sobre obstáculos parados ou do ar parado sobre obstáculos móveis, como aviões (veja *Asas para voar*) e carros de corrida (note que eles têm asinhas inclinadas para baixo, ao contrário dos aviões, cuja função é aumentar a adesão dos pneus à pista).

Asas Para Voar

Teste várias asas antes de arriscar um vôo!

Material

- tira de papel 3 x 9 cm
- 2 pedaços de canudinho
- arame fino
- prego pouco mais fino que o canudinho
- cola branca
- fita adesiva ou fita crepe
- secador de cabelos (ar frio)

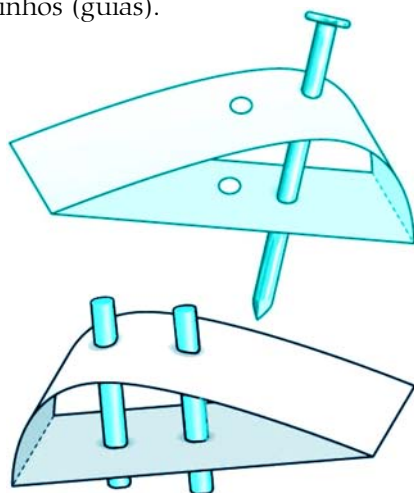
Passo a passo

1) Dobre a tira na linha tracejada

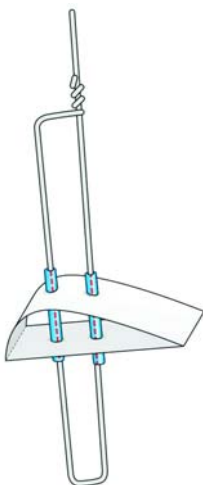


e cole as extremidades da tira para obter a asa.

2) Molhe a ponta do prego para fazer os furos para encaixe dos canudinhos (guias).



3) Com o arame faça uma estrutura de suporte para a asa que a permita deslizar facilmente na vertical.

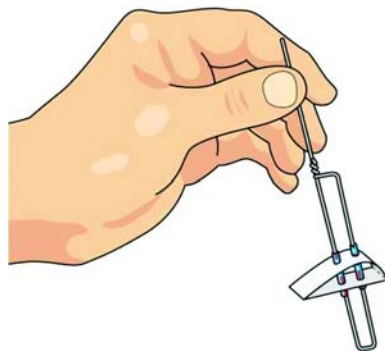


4) Posicione o secador de cabelos como indicado e ligue-o (ar frio). Incline a asa aos poucos e observe o que acontece quando o ângulo de inclinação (“ângulo de ataque”) aumenta.

Explorando novas possibilidades

1) Coloque pequenos pesos dentro da asa e incline-a gradualmente. Você consegue manter o conjunto suspenso?

2) Interrompa por alguns instantes o fluxo de ar que incide na asa



colocando a mão na frente da saída de ar e retirando-a rapidamente para simular efeitos de turbulência no avião. O que acontece quando você aumenta muito o ângulo de inclinação da asa? Teste asas com diferentes perfis antes de construir seu avião!

Aerofatos

A velocidade do ar que sai do secador de cabelos tem praticamente apenas uma componente horizontal. Para o ar poder contornar a asa é preciso que nele atue uma força perpendicular à sua velocidade. O mesmo ocorre com uma borracha girando em círculos presa à ponta de um barbante. A asa é um obstáculo para o ar em movimento semelhante ao copinho da *Aerobalança*. O ar ao incidir na dianteira da asa é desacelerado, gerando ali uma região de sobre-pressão. Em torno da asa a pressão é predominantemente negativa em cima dela e predominantemente positiva debaixo dela, tomando-se a pressão atmosférica como referência. Essa diferença de pressão em cima e em baixo da asa é responsável pela sustentação dos aviões. A inclinação da asa é fundamental para a sua sustentação, já que o ar ao ser forçado a contorná-la tem de “descer” tanto na parte de cima quanto na parte de baixo da asa, ou seja, ele é acelerado para baixo em ambos os casos. A asa, por reação, tende a ser acelerada para cima, contrabalançando assim o peso do avião. Para realizar acrobacias aéreas, os pilotos, mesmo com a aeronave “de cabeça para baixo”, têm de garantir a

inclinação das asas para manter a sustentação do avião. Quando o ângulo de inclinação da asa ultrapassa um valor crítico, surge turbulência e o ar que contorna a parte de cima das asas se “descola” delas formando bolsões de ar turbulento que geram instabilidade e menor sustentação. No modelo de asa sugerido, a sua parte de baixo é plana e a de cima curva. Existem diversos outros tipos de perfis de asas que proporcionam

sustentação. Testes realizados em túneis de vento demonstram que a velocidade do ar na parte de cima da asa é maior do que na parte de baixo. Contudo, ao contrário de explicações correntes sobre a sustentação de aeronaves, o ar que se divide em uma extremidade da asa não chega ao mesmo tempo na outra extremidade. A força de sustentação depende da densidade do ar (quanto maior a altitude, menos denso é o ar), da inclinação e formato

da asa e da velocidade do avião (o efeito conjugado de duas asas também deve ser levado em conta). A componente horizontal da força de sustentação é responsável pelo efeito de arraste (resistência do ar ao avanço do avião). Os projetistas de aviões procuram conceber perfis aerodinâmicos para as asas e para o avião como um todo que minimizem a força de arraste, de modo a gerar economia de combustível.

Rotor

Que tal construir um rotor de papel que gira e voa ao mesmo tempo?

Material

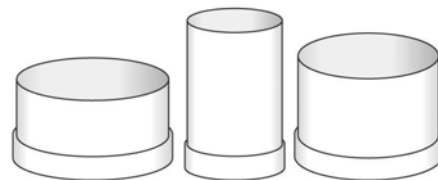
- folhas de papel A4
- fita adesiva

Passo a passo

Dobre o papel como indicado, tomando como referência uma tira de 2 a 2,5 cm de largura. Forme uma aba com 7 ou mais dobras. Para obter um cilindro de papel fixe as suas extremidades com fita adesiva.

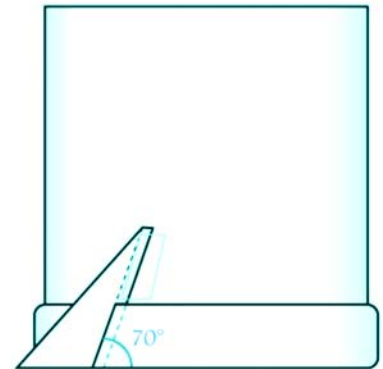
É possível dobrar o papel a partir do lado mais largo. Variando a direção

de dobradura e o número de dobras, você pode obter rotores dos mais diferentes tamanhos.



Como usar

Para testar o desempenho do seu rotor, segure-o pela aba e faça-o girar com a mão arremessando-o ao mesmo tempo. Descubra qual rotor tem o maior alcance horizontal ou o maior tempo de voo. Como o número de dobras e o raio do rotor afetam o seu desempenho?



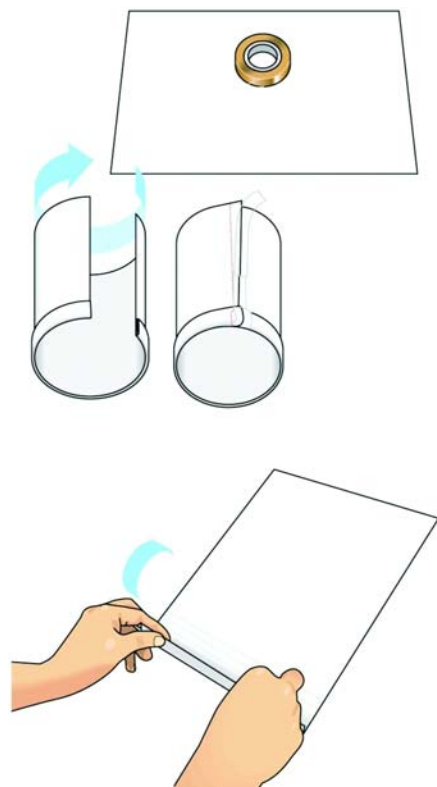
tor que ele passa a girar (veja a figura). Aletas distribuídas regularmente em torno da aba e inclinadas em relação ao eixo do rotor permitem que ele gire automaticamente tão logo seja arremessado. Siga as instruções abaixo para obtê-las e fixá-las no corpo do rotor.

Como obter 3 aletas

Recorte no papel um retângulo 2,5 x 4,5 cm. Recorte a linha contínua para encaixar as aletas debaixo das dobras de papel (aba do rotor) e dobre a extremidade dos triângulos indicada pela linha tracejada para fixação na parede externa do rotor. Recorte um triângulo adicional para obter uma terceira aleta. Use cola, fita adesiva ou fita crepe para fixar as aletas no rotor como indicado, mantendo-as igualmente espaçadas em torno da aba.

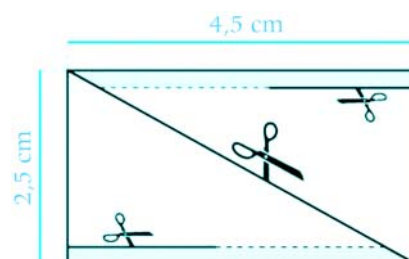
Aletas de fita crepe

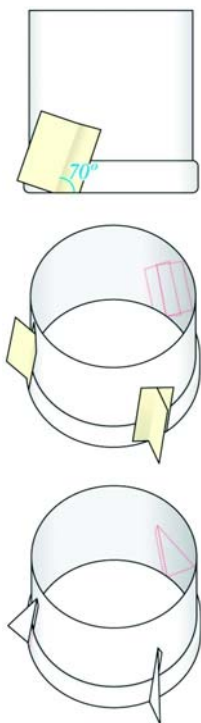
Existe uma forma bem simples de se obter aletas. Basta dobrar pedaços iguais de fita crepe e fixá-los no corpo do rotor, na mesma posição das aletas de papel, conforme indicado.



Explorando novas possibilidades

Você pode simplificar a operação do seu rotor. Se usar aletas, não precisará girá-lo. Basta arremessar o ro-





Aerofatos e desafios

Ao dobrar o papel, você controla a distribuição de massa do rotor, concentrando-a na aba. Fixe um pedaço de linha na parede do rotor, próximo à aba, e mantenha o rotor suspenso segurando a outra extremidade da linha. Mude o ponto de fixação da linha até que o rotor fique na horizontal (o ponto correspondente no eixo do rotor coincide aproximadamente com o seu centro de massa). Descubra se existe uma relação entre a posição do centro de massa do rotor (tente versões com mais e menos dobras) e o seu desempenho (maior tempo de voo ou maior alcance horizontal). O giro do rotor lhe confere uma grande estabilidade. O mesmo ocorre quando você anda de



bicicleta. Enquanto pedalar, você não cai! Tente arremessar o rotor (sem aletas) evitando girá-lo e compare o seu desempenho combinando giro e arremesso. Descubra também como a disposição das aletas é fundamental para fazer o rotor girar. Quando o rotor gira, ele também faz o ar em torno dele girar formando vórtices. O que aconteceria se as aletas fossem fixadas dentro do rotor? Como seria o seu desempenho? Nesta posição elas ajudam ou atrapalham? Por que? Explore à vontade o seu novo invento.

Ventoinha que Levita

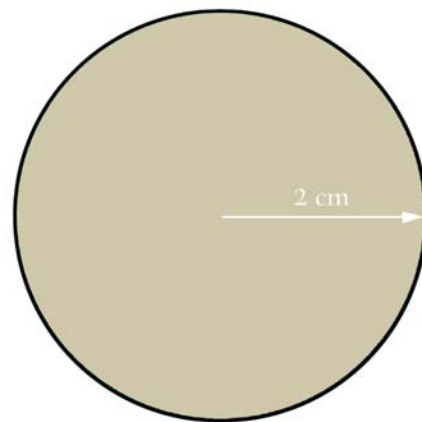
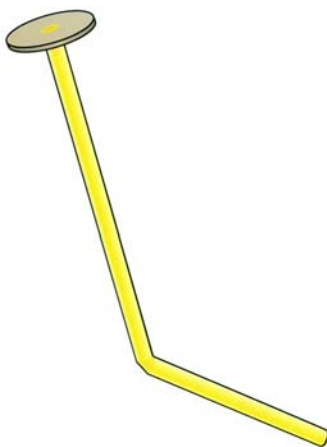
Segure pela extremidade uma folha de papel de frente para você e sopre. O que acontece? Segure agora duas folhas de papel, de modo que elas fiquem paralelas, e sopre no espaço entre elas. Algo surpreendente acontece! Aproveite esta descoberta para fazer uma ventoinha muito especial.

Material

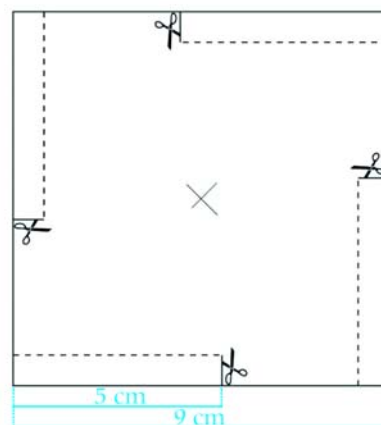
- cartolina
- papelão
- percevejo
- fio fino encapado (capa do fio)
- canudinho flexível
- tesoura, régua, caneta, transferidor e/ou compasso (opcional)

Passo a passo

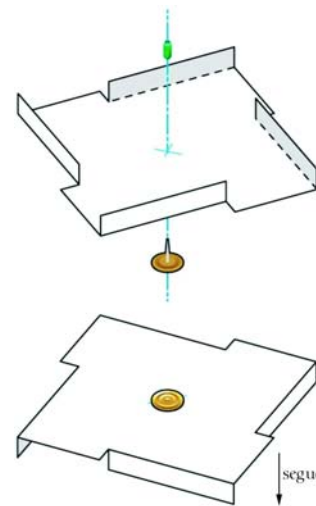
1) Recorte no papelão um disco com 1,5 a 2 cm de raio. Fure o centro do disco com a ponta de um lápis ou caneta (ou prego) e aumente o tamanho do furo para encaixe justo do canudinho, cuja extremidade deve ficar rente à face mais lisa do papelão.

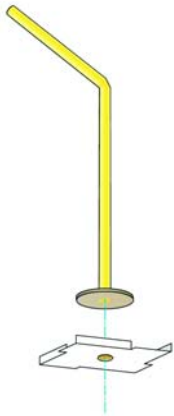


2) Recorte na cartolina um quadrado e marque o seu centro. Utilize o molde ao lado. Faça um corte na linha contínua (entre 0,5 cm a 1 cm) e dobre a cartolina na linha pontilhada.



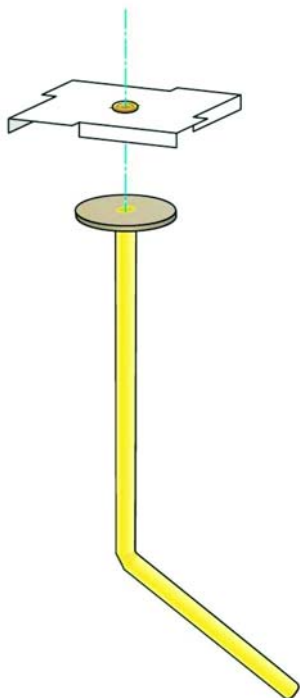
3) Fure o lado oposto da cartolina (centro) com o percevejo. Para fixá-lo utilize a capa do fio e "encape" o percevejo ("eixo" da ventoinha).





Como funciona

Encaixe o eixo da ventoinha (percevejo encapado) na extremidade do canudinho, de modo que a cartolina fique em contato com o papelão. Com o dedo mantenha a ventoinha suspensa e sopre no canudinho (não pressione a ventoinha!). Assim que a ventoinha começar a girar, retire o dedo. Você consegue levitá-la com o seu sopro? Se soprar mais forte, o que acontece? O truque funciona quando você pára de soprar?



Por que funciona?

Por que a ventoinha não gruda no papelão quando ela levita? (Dica: inverta a ventoinha como mostrado na figura.) Descubra também porque ela gira. (Dica: se você não dobrar a



cartolina e colocar apenas o “eixo” no centro do quadrado, o que acontece quando você sopra no canudinho?) Tente fazer ventoinhas menores (recorte na cartolina quadrados com lados entre 6 e 9 cm). Diminua também o diâmetro do disco de papelão para que a ventoinha possa girar. Qual delas gira mais rápido? Por que?

Novos modelos

Tente fazer ventoinhas diferentes. Que tal uma ventoinha triangular? Basta recortar na cartolina um triângulo equilátero (3 lados iguais). Ache o centro do triângulo para fixar o “eixo” da ventoinha. Tente também materiais diferentes (papel, papel plastificado, isopor liso, embalagens, etc). Você também pode decorar sua ventoinha com um “disco de Newton” – trace linhas radiais a partir do centro da ventoinha e utilize lápis de cor para colorir o espaço entre duas linhas com uma cor diferente. Veja o que acontece com as cores quando a ventoinha gira. Dê asas à imaginação e divirta-se!

Ventoinha com secador de cabelos

Se você está sem fôlego, eis uma boa alternativa!

Material

- papelão
- palito de dentes
- secador de cabelos (ar frio)
- fita crepe

Passo a passo

Recorte um quadrado no papelão para fazer a ventoinha (veja a figura) e um disco menor com um furo no

centro para encaixe justo do secador (se necessário, passe fita crepe em torno do secador). Fixe no centro da ventoinha o palito de dentes (guia). Agora é só colocar a ventoinha em contato com o disco de papelão fixado no secador e ligá-lo (ar frio). Com esse modelo fica mais fácil de ver a separação entre o disco e a ventoinha.

Aerofatos

O ar que sai do canudinho ou do secador encontra uma área de vazão menor entre as superfícies de cartolina ou de papelão. O mesmo acontece quando você tampa com o dedo a saída de água de uma mangueira ou de uma torneira. O ar, assim como a água, aumenta a sua velocidade e a pressão do ar entre as superfícies diminui (o aumento da velocidade se dá às custas da diminuição de pressão). Este é o chamado princípio de Bernoulli, que também explica a aproximação das duas folhas de papel, quando você sopra entre elas. Como a pressão em baixo da ventoinha (a pressão atmosférica) é maior, a ventoinha levita. Por que então as duas superfícies não colam uma na outra? Lembre-se: a ventoinha tem peso e o jato de ar que sai do canudinho ou do secador exerce uma certa pressão contrária. Além disso, o ar precisa de espaço para passar! Tente aumentar o peso da ventoinha (use uma cartolina mais grossa ou duas ou mais cartolinas coladas para fazer a sua ventoinha). O que acontece quando você aumenta a potência do secador? Sinta-se à vontade para fazer novas descobertas!