



A Física na Cozinha

Explorando Recipientes com Tampa Abre-Fácil

.....
Jorge Roberto Pimentel

Departamento de Física, UNESP, Rio
Claro, SP

pimentel@rc.unesp.br

.....
Paulo Yamamura

Fundunesp, São Paulo, SP

yamamura@fundunesp.unesp.br

Utilizando recipientes de vidro dotados de tampa do tipo abre-fácil, e que são empregados para acondicionar, por exemplo, patês, geléias e requeijão, é possível realizar interessantes experimentos envolvendo conceitos de Mecânica, temperatura, calor, comportamento térmico dos gases, mudança de fase e hidrostática, que normalmente são abordados no Ensino Médio.

A proposta tem o intuito de ilustrar como a “cozinha doméstica” pode contribuir para o entendimento e para a contextualização de conceitos e leis de Física, além de colaborar para despertar o senso de observação e o interesse científico no estudante.

Material

Deve-se utilizar um recipiente vazio, sua tampa metálica e o lacre plástico que se remove para abri-la. Por ser fechada à vácuo, a tampa é dotada de um anel de vedação. Ela não pode estar amassada, nem o anel danificado, pois a integridade de ambos é importante para o bom funcionamento dos experimentos. É importante notar que o lacre plástico possui um lado que se encaixa na depressão existente na tampa e veda o orifício existente. Em nosso caso, utilizamos um recipiente de vidro com volume interno de aproximadamente 150 cm^3 (Fig. 1).

Experimento 1: Produção de um Jato de Água

Procedimento

Para que o efeito seja bem pronunciado, deve-se encher completamente o recipiente com água. Em seguida, colocar cuidadosamente a



Figura 1. Material utilizado nos experimentos.

tampa e pressioná-la rápida e firmemente com os polegares (Fig. 2), verificando-se que um comprido jato de água sai pelo orifício. Por que isto acontece?

Explicação

A altura atingida pelo jato depen-



Figura 2. Jato produzido por uma leve compressão na tampa.

A contextualização das teorias em Física tem sido considerada cada vez mais importante no ensino. Muitas vezes os fenômenos ocorrem na nossa frente e não nos damos conta disso. O presente artigo mostra e explica alguns experimentos bastante interessantes que podem ser realizados com a utilização de material simples de cozinha.

de fundamentalmente dos seguintes fatores:

- da intensidade da força aplicada pelos polegares sobre a tampa e, por conseqüência, da pressão que é exercida sobre a água no recipiente, e

- da rapidez com que esta pressão é exercida.

Como a tampa se deforma e está totalmente em contato com a superfície do líquido, o Princípio de Pascal garante que a pressão adicional ΔP aplicada na tampa é transmitida para a água que deveria:

- diminuir o seu volume ou
- deformar ou romper o recipiente.

Porém, nenhuma destas duas hipóteses ocorre, principalmente em virtude da existência do orifício aberto na tampa por onde a água irá escoar em direção à região de menor pressão, no caso, para o exterior do recipiente, até que as pressões interna e externa se igualem.

A pressão adicional ΔP aplicada pela tampa sobre a água será igual à pressão com que o líquido atravessa o pequeno orifício (desprezando-se as perdas de energia devido, por exemplo, ao atrito existente quando o jato de água passa pelo orifício) e, dessa forma, pode-se avaliar a altura do jato que é obtido. Conforme representado na Fig. 3, a força que “empurra” a água para fora do recipiente através do orifício de área S é: $F = (\Delta P)S$.

Essa força “empurra” uma certa massa de água, Δm , numa área S e por uma distância Δx até que ela escape do recipiente. Aplicando o teorema do Trabalho-Energia nesta

operação, resulta a expressão $W = F.\Delta x = \frac{1}{2} \Delta m.(v_{\text{final}}^2 - v_{\text{inicial}}^2)$, onde v_{final} é a velocidade do jato ao sair do orifício e v_{inicial} sua velocidade no início do processo, que é nula, uma vez que todo o líquido está inicialmente em repouso.

Considerando ainda que:

- a massa de água Δm pode ser representada em função do seu volume (V) e da sua densidade (d) da forma: $\Delta m = d.V = d.S.\Delta x$ e

- que v_{final} , em função da altura máxima (h_{max}) atingida pelo jato de água e da aceleração da gravidade pode ser expressa pela fórmula de Torricelli ($v_{\text{final}}^2 = 2gh_{\text{max}}$), o trabalho realizado e a variação da energia cinética do líquido estão interligados por meio da expressão: $F.\Delta x = \frac{1}{2} \Delta m v_{\text{final}}^2$, que resulta em $\Delta P = \frac{1}{2} d.v_{\text{final}}^2 = dgh_{\text{max}}$.

Isto significa, por exemplo, que se na tampa for aplicada uma diferença de pressão de um centésimo do valor da pressão atmosférica ($\Delta P = 0,10 \times 10^5$ Pa), o jato poderá atingir um metro de altura!

Experimento 2: Verificação da Atuação da Pressão Atmosférica 1

Procedimento

Deve-se colocar bastante água no recipiente e tampá-lo. Mantendo a tampa pressionada, o lacre plástico deve ser colocado corretamente no resalto da tampa, para vedar o orifício. Feito isto, a tampa pode deixar de ser pressionada.

Observação: Se o recipiente estiver cheio de água, quando a tampa for colocada um pouco de água irá sair pelo orifício. Nesse

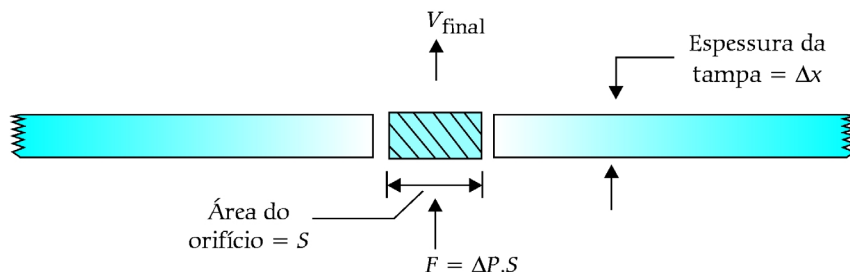


Figura 3. Força atuante no orifício da tampa.

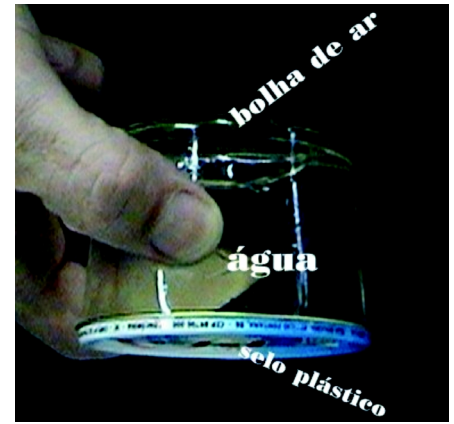


Figura 4. Conjunto com a tampa voltada para baixo.

caso, deve-se manter a tampa pressionada e retirar o excesso de água, antes do lacre ser posicionado.

Em seguida, o conjunto pode ser disposto com a tampa voltada para os lados e mesmo para baixo (Fig. 4), sem que a água caia. Mais surpreendente, ainda: o conjunto pode ser agitado em qualquer das posições anteriores e a tampa não se solta! Por que isto ocorre?

Explicação

Como a tampa é deformável, ao se colocar o lacre plástico e deixar de pressioná-la, ela tende a voltar ao formato inicial. Enquanto recupera seu formato, a tampa diminui a pressão interna no recipiente. De acordo com o Princípio de Pascal, essa diminuição de pressão se transmite pela água e pelo ar da bolha. Como o ar é mais compressível que a água, a diminuição de pressão acaba por refletir na bolha de ar. Ela expande e isso facilita ainda mais a tampa voltar ao seu formato original.

O resultado final é que a pressão interna do conjunto é ligeiramente menor do que a pressão atmosférica. A tampa metálica deformável atua como uma ventosa.

Considerando o valor da pressão atmosférica, ao nível do mar, como aproximadamente igual a 10^5 N/m² (ou 10 N/cm²), o valor da força necessária para retirar a tampa do conjunto pode ser avaliado da seguinte forma: o recipiente utilizado

tem área circular interna aproximada de 38 cm². Se a pressão interna for diminuída de 1 atm, a força necessária para vencer a diferença de pressão atuante, e retirar a tampa, será de 380 N. Admitindo que a pressão interna tenha diminuído somente uma ducentésima parte (1/200) da pressão atmosférica, a força necessária para retirar a tampa seria de 1,9 N.

Uma vez que o volume aproximado do recipiente é de 150 cm³, quando ele estiver cheio de água, e totalmente voltado para baixo, sobre a tampa atuará uma força peso de 1,5 N (desprezando-se o peso da própria tampa), valor insuficiente para vencer a diferença de pressão. Dessa análise, verifica-se que mesmo uma diminuição pequena na pressão interna implica num valor razoável da força necessária para retirar a tampa, o que explica o resultado observado.

Experimento 3: Verificação da Atuação da Pressão Atmosférica 2

Procedimento

Outra maneira de verificar a atuação da pressão atmosférica é realizar o seguinte procedimento:

- aquecer um volume de água suficiente para colocar no recipiente.
- encher o recipiente quase completamente, de modo que fique um pequeno volume de ar (isso vai evitar que no momento em que a tampa for colocada haja vazamento de água, além de facilitar a obtenção do efeito final desejado com o experimento).
- encaixar corretamente o lacre de vedação na tampa.
- colocar a tampa e deixar o conjunto esfriar (para que o anel de vedação assente corretamente enquanto estiver esfriando, pode-se colocar um objeto pesado sobre a tampa, como por exemplo um livro).

Quando o recipiente estiver frio, tentar retirar a tampa, puxando-a com a mão. Ela não se solta! Virar

o recipiente com a tampa para baixo e agitá-lo. Ainda assim, a tampa não se solta! Por que isto acontece?

Explicação

O resfriamento do conjunto faz com que a água, a bolha de ar e o vidro estejam sujeitos a uma contração volumétrica (ΔV), em conformidade com a conhecida expressão: $\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$, onde γ representa o coeficiente de dilatação volumétrica do material, V_0 seu volume inicial e ΔT sua variação de temperatura. Agora,

- como os coeficientes de dilatação volumétrica do vidro e da água são pequenos em relação ao do ar, a variação de temperatura não é muito elevada;
- como o recipiente se encontra fechado, o volume da massa de ar é mantido praticamente constante e o processo pode ser aproximado como sendo uma transformação isovolumétrica,

Então, admitindo que o ar obedece a equação de estado de um gás ideal, a seguinte igualdade é válida: $(PV/T)_{\text{inicial}} = (PV/T)_{\text{final}}$ e dela deduz-se que a pressão final da bolha de ar deve diminuir durante o resfriamento.

Além disso, à medida em que o conjunto esfria, o vapor de água presente na bolha de ar se condensa. De acordo com o diagrama de fase para a água, essa mudança em seu estado físico diminui a pressão da bolha. Quanto mais quente estiver a água utilizada, maior a temperatura do vapor e maior será a diminuição de pressão experimentada pela bolha de ar.

Dessa forma, é a diminuição da pressão na bolha de ar, devido ao efeito combinado de uma transformação isovolumétrica e da condensação de vapor de água em seu interior, que provoca a diferença de pressão e torna difícil retirar a

tampa do recipiente.

Mais uma sugestão

Uma variação interessante desse experimento, e que permite constatar a importância da diminuição de pressão ocasionada pela condensação do vapor de água, consiste em colocar água bem quente no recipiente e, em seguida, jogá-la fora. Na sequência, colocar a tampa com o lacre e sobre ela um objeto pesado, para mantê-la na posição correta enquanto o conjunto esfria.

Nessa situação, a temperatura do vapor de água aprisionado no recipiente será alta. A diminuição da pressão interna, provocada por seu

resfriamento e condensação será significativa. Quando o conjunto estiver frio, a diferença de pressão atuante será suficiente para comprimir a tampa para baixo, impedindo que seja

retirada com facilidade.

Na linha de produção das indústrias, a tampa é colocada depois da parte superior da embalagem ter sido aquecida (geralmente usando vapor à temperatura próxima de 80 °C). Após seu resfriamento, se obtém o valor mínimo de pressão interna exigido pela legislação e se consegue uma diferença de pressão suficiente para manter a tampa presa por longo tempo, mesmo com a manipulação das embalagens.

Se corretamente realizados, os experimentos mostram que mesmo uma diminuição relativamente pequena na pressão interna das tampas dos recipientes abre-fácil implica em um valor razoável da força necessária para destampá-los

Bibliografia

- A. Gaspar, *Física* (Ática, São Paulo, 2000).
A. Maximo e B.A. Alvares, *Física* (Scipione, São Paulo, 1997).
H.M. Nussenzeig, *Curso de Física Básica* (Edgard Blücher, São Paulo, 1986).
P.T. Ueno, *Física no Cotidiano* (Didacta, São Paulo, 2004).

Na Internet

- www.cfn.org.br
www.embalagemmarca.com.br
www.rojek.com.br