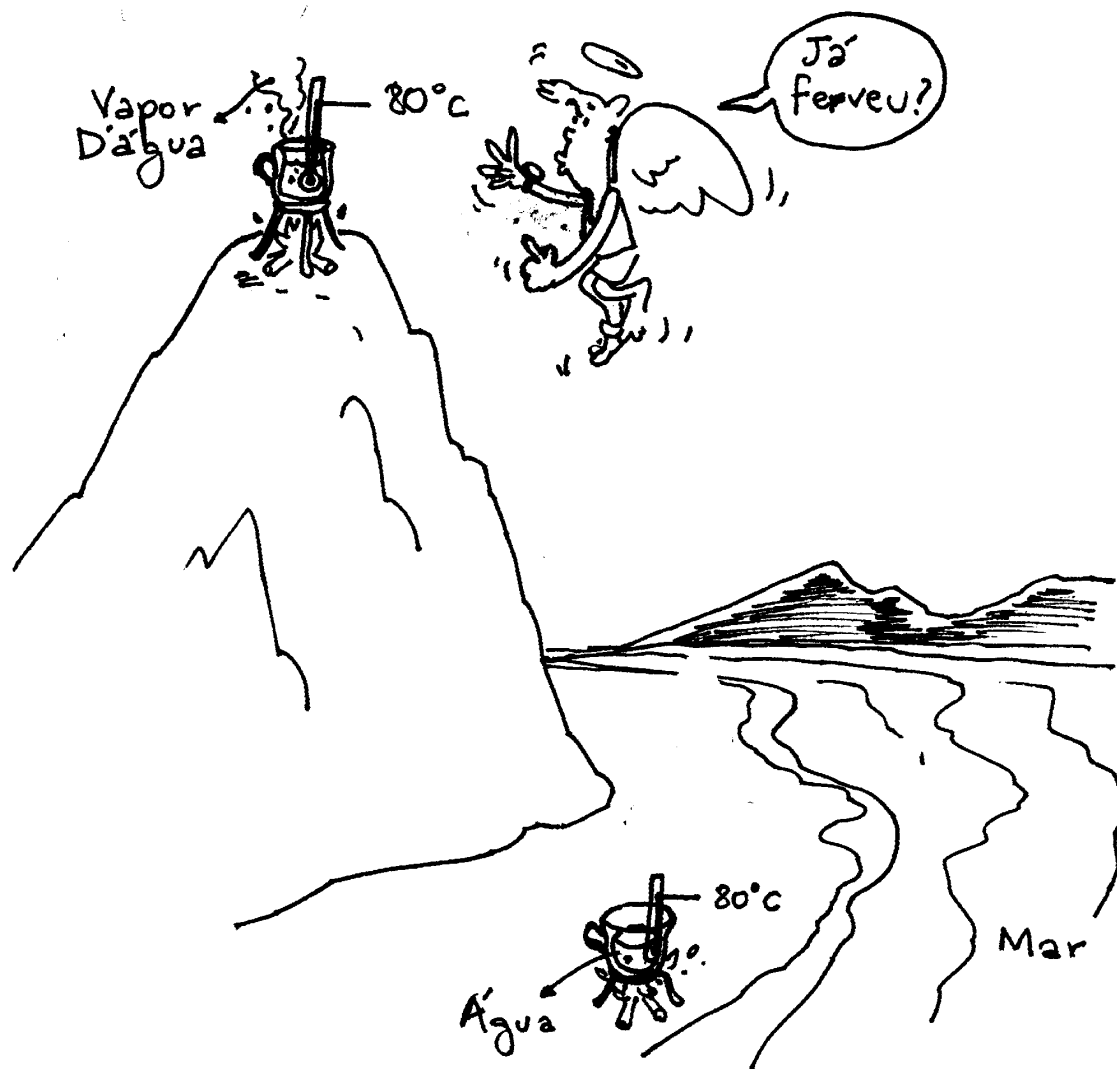


# —16—

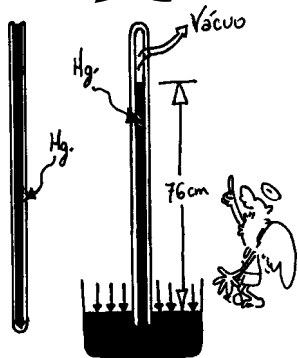
## Mudanças sob pressão

Aumentou a pressão?  
O vapor está saturado?  
A água só ferve a  
 $100^{\circ}\text{C}$ ?  
Vai mudar de estado?



Em que condição o feijão cozinha  
em menos tempo?

# 16 Mudanças sob pressão



Quando apresentamos a escala Celsius, atribuímos o valor 100°C à temperatura da água em ebulição.

PORÉM, SERÁ QUE A ÁGUA SEMPRE FERVE À MESMA TEMPERATURA? HÁ ALGUM FATOR QUE ALTERE ISSO?

A água só ferve a 100°C ao nível do mar, devido à pressão atmosférica que varia conforme a altitude.

A pressão atmosférica é devida ao ar, que exerce seu peso em toda a superfície da Terra. A pressão é resultante de uma força exercida por unidade de área.

$$P = \frac{F}{A}$$

No Sistema Internacional (SI) a pressão é expressa em N/m<sup>2</sup>

Ao nível do mar a pressão atmosférica assume seu valor máximo, pois a espessura da camada de ar é a maior possível (a pressão atmosférica é de 1 atmosfera). Nesse nível, a pressão do ar equilibra uma coluna de mercúrio de 76 cm contido num tubo; isso foi concluído pelo físico Torricelli.

**76 cm de mercúrio equivalem à pressão de 1 atmosfera. Quanto maior for a altitude, menor será a pressão.**

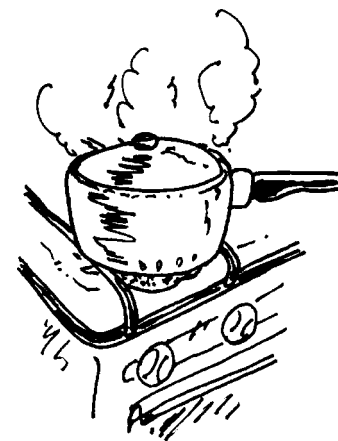
$$1 \text{ atmosfera} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

MAS SERÁ QUE A ALTERAÇÃO DE PRESSÃO INTERFERE NA EBULIÇÃO OU NA CONDENSAÇÃO DE UMA SUBSTÂNCIA?

Se alterarmos a pressão, a ebulição da água não ocorrerá à temperatura de 100°C. É o que acontece numa panela de pressão que cozinha os alimentos a pressões mais altas que 1 atmosfera; isso faz com que a água só entre em ebulição a temperaturas de cerca de 120°C.

Numa panela comum os alimentos cozidos em água atingem no máximo a temperatura de 100°C. Quando queremos preparar um doce ou aquecer uma comida que não deve atingir altas temperaturas, o fazemos em banho-maria.

Sendo cozido a temperaturas mais altas, numa panela de pressão, por exemplo, o alimento fica pronto em menos tempo.



E SE DIMINUÍRMOS A PRESSÃO, A ÁGUA VAI ENTRAR EM EBULIÇÃO A TEMPERATURAS MENORES QUE 100°C?

Para conseguirmos pressões menores que 1 atmosfera, basta estarmos em regiões de grandes altitudes. Numa montanha de 6.000 metros de altura, por exemplo, a pressão atmosférica é de 1/2 atmosfera, e a água entraria em ebulição a 80°C.

A tabela 16.2 nos dá alguns valores da temperatura de ebulição da água a diferentes pressões.

**Tabela 16.1**

Altitude (m)	Pressão (cm Hg)
0	76
500	72
1000	67
2000	60
3000	53
4000	47
5000	41
6000	36
7000	31
8000	27
9000	24
10000	21

**Tabela 16.2**

**Temperatura de ebulição da água a diferentes pressões**

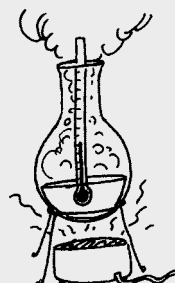
P (atm)	P (mmHg)	T (°C)
$6,05 \times 10^{-3}$	4,6	0
$22,37 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^1$	20
$72,37 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^1$	40
$197,37 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^2$	60
0,474	$3,6 \times 10^2$	80
1	$7,6 \times 10^2$	100
2	$15,2 \times 10^2$	120
5	$38,0 \times 10^2$	152
10	$76 \times 10^2$	180
20	$15,2 \times 10^3$	213
40	$30,4 \times 10^3$	251
60	$45,6 \times 10^3$	276

O MONTE ACONCÁGUA, NOS ANDES, ESTÁ A APROXIMADAMENTE 7.000 M DE ALTITUDE, O EVEREST, NO HIMALAIA, A 8.000 M, E O PICO DA NEBLINA, O MAIS ALTO DO BRASIL, A 3.000 M. CONSULTE AS TABELAS E DESCUBRA O VALOR DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA NO TOPO DE CADA PICO. FAÇA UMA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DE EBULIÇÃO DA ÁGUA NESSES PICOS. RELACIONE-OS EM ORDEM DECRESCENTE DE TEMPERATURA DE EBULIÇÃO.

## Fervendo sob pressão

**O que acontece com a temperatura de ebulição da água se a pressão exercida for diferente da pressão atmosférica normal?**

Para examinar os efeitos da pressão sobre a ebulição da água, utilize uma fonte de calor, um balão de vidro Pirex contendo 1/4 de seu volume de água e uma rolha com termômetro (até 110°C). Para começar, você pode conhecer a temperatura de ebulição da água sob pressão normal. Para isso, aqueça o sistema, que deve estar aberto e com o termômetro. Qual é a temperatura?



Agora, o que você acha que aconteceria com a água se você fechasse a tampa do balão e mantivesse o aquecimento? Cuidado, isso é muito perigoso, portanto NÃO FAÇA. Você acha que a ebulição continuaria? O que aconteceria com a temperatura?



Com certeza, a pressão sobre a água teria aumentado muito, impedindo a ebulição. Seria necessário aquecer mais para provocar nova ebulição nessas condições, o que ocorreria em temperaturas maiores que a encontrada anteriormente.

Se você deixasse sair o vapor e fechasse novamente o balão, poderia provocar agora um efeito contrário.

Mantendo o balão suspenso, esfregue pedras de gelo na sua parte superior, diminuindo a temperatura e portanto a pressão do gás sobre o líquido. Isso você pode fazer, não há perigo.



Ela volta a ferver? A que temperatura? Repetindo outras vezes esse resfriamento, qual a menor temperatura de ebulição obtida?

Nesse experimento, qual situação é semelhante à que ocorre numa panela de pressão? E qual é semelhante à que ocorre em grandes altitudes?

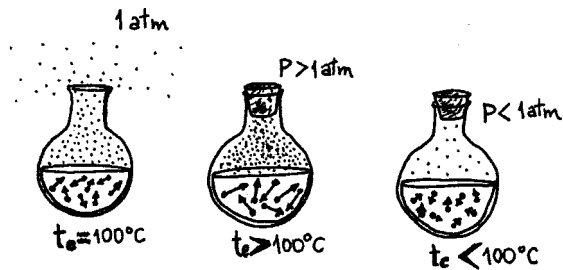
# Por que sob pressões diferentes a água ferve a temperaturas diferentes?

Para respondermos a essa pergunta devemos levar em conta o que ocorre com as moléculas de água e com as de ar.

Na ebulição, as moléculas de água possuem energia cinética suficiente para escapar pela superfície do líquido e passar para o estado gasoso, na forma de vapor de água.

Por outro lado, a pressão atmosférica exercida na superfície do líquido é devida ao grande número de moléculas de ar que se chocam com ela.

A temperatura de ebulição de 100°C corresponde a uma energia cinética das moléculas de água suficiente para elas escaparem pela superfície, apesar da pressão de 1 atmosfera exercida pelo ar.



Quando se aumenta a pressão do ar sobre a água, as moléculas de água necessitam de maior energia cinética para vencer a pressão externa. Nesse caso, a temperatura de ebulição será maior que 100°C.

Quando se diminui a pressão sobre o líquido, fica facilitado o escape das moléculas de água do estado líquido para o gasoso; mesmo moléculas dotadas de menor energia cinética conseguem escapar da superfície, o que caracteriza uma temperatura de ebulição menor que 100°C.

## Exercícios:

1) Determine as pressões no interior de uma panela comum e no de uma panela de pressão com água fervente. A massa da tampa da panela comum e da válvula da panela de pressão é de 100 g. O diâmetro interno do pino da panela de pressão é de 0,2 cm e o da panela comum é de 20 cm.

### Resolução:

Como  $P_{\text{interna}} = P_{\text{atmosférica}} + P_{\text{vapor}}$

Na panela comum:

$$R = 10 \times 10^{-2} = 10^{-1}$$

$$P_{\text{vapor}} = \frac{F}{A} = \frac{m_{\text{tampa}} \times g}{\pi \times r_{\text{tampa}}^2} = \frac{1 \times 10^{-1} \times 10}{\pi \times (1 \times 10^{-1})^2}$$

$$P_{\text{vapor}} = \frac{1}{3,14 \times 1 \times 10^{-2}} \approx 33 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Assim:

$$P_{\text{interna}} = (1 \times 10^5 + 33) \approx 1 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Na panela de pressão:

$$R = 0,1 \text{ cm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$P_{\text{vapor}} = \frac{F}{A} = \frac{m_{\text{válvula}} \times g}{\pi \times r_{\text{pino}}^2} = \frac{1 \times 10^{-1} \times 10}{3,1 \times (1 \times 10^{-3})^2}$$

$$P_{\text{vapor}} = \frac{1}{3 \times 10^{-6}} = 3,3 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Assim:

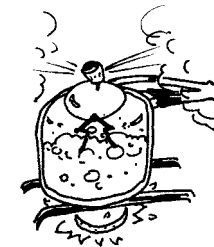
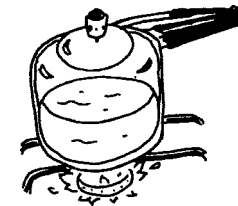
$$P_{\text{interna}} = 1 \times 10^5 + 3,3 \times 10^5 = 4,3 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$P_{\text{int}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{vapor}}$$

$P_{\text{int}}$  = pressão no interior da panela.

$P_{\text{atm}}$  = pressão atmosférica.

$P_{\text{vapor}}$  = pressão do vapor de água.



**Note que na panela de pressão a pressão interna é em torno de quatro vezes maior do que a de uma panela comum**