

# —17—

## O mais frio dos frios

Pode-se aquecer ou  
resfriar uma substância  
indefinidamente?  
Como se medem  
temperaturas muito  
baixas?



Experiências sofisticadas de laboratório, em que se resfriam gases como o hidrogênio, nitrogênio ou hélio, apontam para o menor valor de temperatura possível e que não pode ser atingido na prática.

Essa temperatura é chamada de zero absoluto e define uma nova escala de temperatura.

Para estudar os gases precisamos utilizar essa nova escala de temperatura, a Escala Kelvin.

Para medir e controlar temperaturas utilizamos em nossos estudos as propriedades das substâncias de emitir luz e se dilatar quando aquecidas, "construindo" pirômetros ópticos, termostatos e termômetros de mercúrio ou de álcool. Esses termômetros entretanto não são capazes de avaliar temperaturas muito baixas, pois essas substâncias termométricas também congelam a uma certa temperatura.

Medidas de temperatura muito baixas podem ser realizadas com algumas substâncias no estado gasoso. Nesse estado, para que o gás fique bem caracterizado, é preciso conhecer a que pressão ele está submetido, o seu volume e sua temperatura.

Na escala Celsius as medidas de temperatura são relativas, pois têm os pontos de fusão do gelo e de ebulição da água como referências. O zero grau Celsius, por exemplo, não significa um valor zero absoluto, e sim que a substância se encontra à temperatura de fusão do gelo. Tanto a escala Celsius como a Fahrenheit só são úteis quando queremos trabalhar com variações de temperatura.

No caso dos gases, os manômetros medem pressões com uma escala que se inicia no ponto zero, com um significado físico de pressão zero, e o volume ( $m^3$ ) também é tomado a partir de um volume zero.

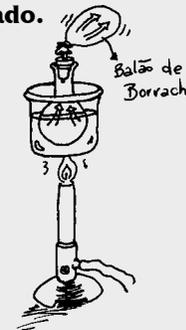
Assim, como não tem significado físico uma pressão ou volume negativos, a temperatura absoluta de um gás também não pode ser menor do que zero. Foi preciso, então, encontrar uma escala à qual se atribuisse a temperatura mais baixa possível, o ponto zero.

Os gases, por se dilatarem mais do que os líquidos e sólidos, se mostraram uma boa substância termométrica para ser usada num "medidor" de temperatura absoluta. Além disso, a uma alta temperatura e baixa pressão todos os gases se comportam da mesma maneira, e o seu coeficiente de dilatação nessas condições é sempre o mesmo. Chamamos esse tipo de substância de **gás ideal**.

Você pode verificar a expansão e a contração do ar com a próxima atividade, buscando entender a construção de um termômetro a gás.

### Enchendo o balão

**Um recipiente de vidro com uma rolha furada e uma bexiga de borracha presa a ela podem servir para você observar o comportamento do ar quando aquecido ou resfriado.**



**Coloque esse conjunto dentro de uma vasilha de água quente e observe o que ocorre com o volume da bexiga. Ela mostra o que acontece com o ar do recipiente de vidro.**

**Coloque em seguida o conjunto dentro de uma vasilha de água gelada. O que ocorre agora com o volume da bexiga?**

**O que você pode dizer sobre o número de moléculas de ar dentro do conjunto durante o aquecimento e o resfriamento?**

**E quanto ao comportamento da pressão?**

Experiências simples como essa, feitas com ar, mostram que os gases dilatam bastante quando aquecidos e contraem quando resfriados.

**MAS QUANTO DILATA UM GÁS? COMO ESSA PROPRIEDADE PODE SER USADA PARA SE CONSTRUIR UM MEDIDOR DE TEMPERATURA ABSOLUTA?**

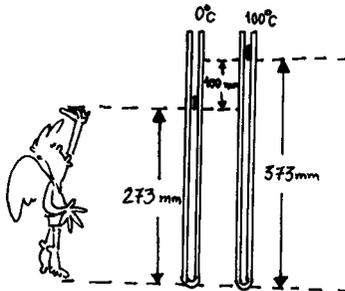
ENQUANTO AS PESQUISAS APONTAM PARA UM LIMITE INFERIOR DE TEMPERATURA, O "FRIO ABSOLUTO", NADA LEVA A CRER QUE HAJA UM LIMITE PARA ALTAS TEMPERATURAS. EM PRINCÍPIO PODE-SE AQUECER UMA SUBSTÂNCIA INDEFINIDAMENTE.

## Um termômetro a gás a pressão constante

Se colocássemos gás num tubo longo de vidro de  $1\text{ mm}^2$  de secção (área) confinado por uma gota de mercúrio, perceberíamos a gota de mercúrio subir ou descer, quando o tubo fosse aquecido ou resfriado. A variação do volume do gás em função da temperatura obedece uma regra muito simples.

Mergulhando o tubo numa vasilha de água em ebulição, ou seja, à temperatura de  $100^\circ\text{C}$ , o comprimento da coluna de gás seria de  $373\text{ mm}$ . Se a água fosse resfriada a  $50^\circ\text{C}$ , a altura de coluna passaria a  $323\text{ mm}$ . Veja que houve uma diminuição no comprimento da coluna de  $50\text{ mm}$ .

Colocando o tubo em água com gelo a  $0^\circ\text{C}$ , o comprimento da coluna de gás seria de  $273\text{ mm}$ . Neste caso, o comprimento da coluna teria diminuído mais  $50\text{ mm}$ .



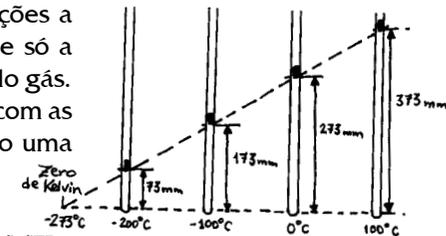
Nessas situações, a pressão do gás seria constante (pressão atmosférica) e o volume do gás seria proporcional à variação de sua temperatura. Com esse termômetro, poderíamos descobrir a temperatura do gás, medindo o seu volume. O volume é a propriedade termométrica desse termômetro.

Reduzindo mais a temperatura, sem que o gás se condensasse, o que se conseguiria em laboratórios especializados, o seu volume seria de  $73\text{ mm}^3$  a  $-200^\circ\text{C}$ .

Um gás considerado perfeito ou ideal tem sempre seu volume diminuído de  $1/273$  para cada redução de temperatura de  $1$  grau centígrado. Esse comportamento caracteriza os gases perfeitos.

O diagrama ao lado mostra que o volume do gás será zero quando a temperatura for  $-273^\circ\text{C}$ .

Um volume reduzido a zero significa que as moléculas se movimentariam o mínimo possível; nestas condições a energia das moléculas seria mínima, praticamente só a energia de configuração dos átomos e moléculas do gás. Da mesma maneira não há colisões das moléculas com as paredes do recipiente, o que é interpretado como uma pressão mínima possível.



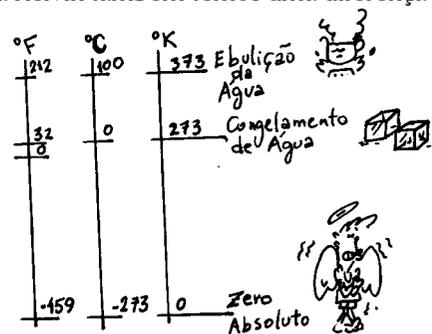
## O FATO DE A ENERGIA CINÉTICA TOTAL DAS MOLÉCULAS SER PRATICAMENTE ZERO É INTERPRETADO COMO UMA TEMPERATURA ABSOLUTA ZERO.

Essa temperatura de  $-273^\circ\text{C}$  foi chamada de **zero absoluto** por William Tompson, que recebeu o título de Lord Kelvin em 1848.

Na prática, o ponto zero absoluto não pode ser atingido. A menor temperatura medida em laboratório foi de fração de grau acima do zero absoluto.

Foi chamada de **escala Kelvin** ou **escala absoluta** a escala termométrica que atribuiu ao zero absoluto o ponto zero; à temperatura de fusão da água, o ponto  $273\text{ K}$ ; e a temperatura de ebulição da água, o ponto de  $373\text{ K}$ .

Assim, tal como na escala Celsius, entre o ponto de fusão e o de ebulição da água temos uma diferença de  $100^\circ\text{C}$ ; na escala Kelvin também temos uma diferença de  $100\text{ K}$ .



É ESSA ESCALA DE TEMPERATURA ABSOLUTA QUE USAREMOS PARA ESTUDAR OS GASES.

**Kryosgenário**

Criogenia é o estudo da produção de baixas temperaturas, inferiores a 273,15K (0°C).

Em 1911 foi observado pela primeira vez que alguns metais, como o mercúrio, tornavam-se **supercondutores**, isto é, conduzem eletricidade sem oferecer resistência quando congelados perto do zero absoluto. Como essas baixas temperaturas só podem ser obtidas com generosa aplicação do hélio líquido, muito caro, as pesquisas continuaram buscando a supercondutividade a temperaturas mais elevadas.

A partir de 1985 foram descobertos novos materiais: o óxido de cobre a 35K, óxidos cerâmicos baseados em terras raras, como o ítrio, por exemplo, a 98K, tornavam-se supercondutores a temperaturas em que o nitrogênio, bem mais barato, já podia substituir o hélio.

Cerâmicas supercondutoras de cobre, ítrio e bário, que funcionam bem a -148°C, com estrôncio e cálcio chegam a funcionar a temperaturas de -103°C. Pesquisadores de todo o mundo se empenham na busca de materiais supercondutores de alta temperatura para fabricação de chips de computador, fibras ópticas etc.

**O trem bala**

Eletróimãs supercondutores feitos com fios de liga de nióbio, a temperaturas de aproximadamente 20K, são colocados longitudinalmente na parte inferior do trem, enquanto os trilhos são dotados de chapas de alumínio na mesma direção dos eletróimãs.

Quando o trem se move, a direção das linhas do campo magnético dos eletróimãs perpendicular às superfícies das chapas, induz correntes elétricas que, por sua vez, interagem com as dos eletróimãs. Isso provoca uma repulsão que ergue o trem a uns 10 cm do chão, fazendo-o deslizar sobre um colchão magnético, o que permite velocidades da ordem de 500 km/h. O trem só se apóia sobre rodas quando está em baixas velocidades ou parado.

**Criogenia: A indústria do "muito frio"****Tecnologia: nitrogênio líquido.**

O nitrogênio líquido é fabricado a partir da liquefação do ar, o que se consegue atingindo-se a temperatura de 77K. É empregado na medicina, na veterinária e na tecnologia.

**Medicina: bisturi criogênico.**

Nesse bisturi utiliza-se a circulação de nitrogênio líquido e controla-se a temperatura desejada a partir de um aquecedor. O uso desse instrumento permite que só a parte a ser removida do tecido seja submetida a baixas temperaturas, preservando-se os tecidos sadios. As cicatrizações das incisões feitas com esse bisturi são mais rápidas e com menores riscos de infecção.

**Veterinária: banco de sêmen.**

Os bancos de sêmen conservam à temperatura de 77K o sêmen de animais reprodutores utilizados em inseminações artificiais e enviados para locais distantes, congelados em embalagens em que circula o nitrogênio líquido.

**Ambiental: controle de poluição do ar.**

Controle de filtros que, dependendo do material e da temperatura em que se encontram (baixas temperaturas), absorvem gases poluentes.

**Ambiental: simulação de ambientes espaciais.**

Retirando-se as moléculas do ar pelo processo de absorção a baixas temperaturas, conseguem-se pressões muito baixas, que simulam ambientes extraterrenos.

**Tecnologia: tratamento de metais.**

O tratamento do aço com nitrogênio líquido num processo elaborado sem choques térmicos obtém-se um aço mais duro e resistente ao desgaste.

**Tecnologia: aproveitamento de pneus descartados.**

Pneus velhos e plásticos, após o congelamento com nitrogênio líquido, são pulverizados e misturados com asfalto para pavimentação. Essa mistura nas proporções adequadas torna a superfície mais aderente do que o asfalto comum. Além disso utiliza material que por não ser biodegradável se constitui num problema para a reciclagem do lixo.

**Tecnologia: quebra de castanhas-do-pará.**

As cascas das castanhas-do-pará, quando submetidas a baixas temperaturas, são quebradas facilmente, sem que o fruto sofra alterações.