



Prof. Paula Rocha

Termometria

1. INTRODUÇÃO



Para solucionarmos essa dúvida poderíamos simplesmente consultar a previsão do tempo, que indica as temperaturas máxima e mínima esperadas no decorrer do dia.

No Brasil, usamos a escala Celsius para medir temperaturas que vão desde -11°C , já registradas no inverno da região Sul, até próximas de 45°C , no interior da região Nordeste.

Mas, quando nos mostram a temperatura em Detroit, Estados Unidos, é de 46°F , está frio ou quente por lá? E 102°F ?



Além de conhecer a escala termométrica que está sendo adotada, precisamos saber o que estamos medindo quando tomamos a temperatura de um objeto ou ambiente. Intuitivamente estabelecemos uma relação entre a temperatura de um corpo ou objeto e a sensação de calor ou frio que ele proporciona. Claro que para termos certeza de que a impressão está correta, devemos medir sua temperatura.

Às vezes utilizamos o tato para avaliar o quanto um objeto está quente e até mesmo o estado febril de uma pessoa.

Entretanto a nossa sensação pode nos surpreender, já que a sensação de calor ou de frio é subjetiva, o que pode ser mostrado facilmente com um experimento simples:

Coloque uma das mãos em uma vasilha com água quente e outra numa vasilha com água fria. Se as duas mãos forem colocadas posteriormente numa terceira vasilha com água normal, esta mesma água provocará sensações diferentes em cada mão. A água morna parecerá fria para a mão que estava quente e quente para a mão que estava fria.



2. TEMPERATURA

A temperatura de um corpo é a medida do nível de agitação das partículas desse corpo.

Segundo a definição acima, quanto maior é a agitação das partículas de um corpo, mais alta será sua temperatura. Podemos notar este fato observando a água quando começa a ferver. Vemos que o nível de agitação das partículas é tão grande que as mesmas começam a “pular” e até a sair do vasilhame, vindo caracterizar a evaporação.

Todos os objetos sólidos, líquidos ou gasosos, quando aquecidos se dilatam, ou seja, aumentam de volume. Esta propriedade dos materiais pode ser usada para medir temperaturas.

Os termômetros que usamos para verificar febre são construídos com um fino tubo de vidro ligado a um pequeno bulbo lacrado cheio de mercúrio ou de álcool. Quando esfriado, o líquido se contrai e seu nível desce no capilar; quando é aquecido, ocorre o contrário.

Tanto o mercúrio como o álcool são líquidos que, mais do que a água, mesmo para um pequeno aquecimento, se dilatam visivelmente mais que o vidro. Por isso, são escolhidos para a construção de termômetros. Se fosse com

água, precisaríamos de um grande volume. Imagine a inconveniência de se usar um termômetro desses para medir febre!

Num termômetro, chama-se escala termométrica as divisões que ele possui, relacionadas com números.

Para graduação das escalas, são escolhidos 2 pontos fixos que possam ser facilmente reproduzidos. O primeiro ponto fixo corresponde à temperatura de fusão do gelo; é chamado ponto de gelo. O segundo ponto corresponde à temperatura de ebulição da água; é chamado ponto de vapor.

Termômetros são dispositivos que contêm um material (a substância termométrica) que sofre variação regular de alguma característica quando submetido a diferentes temperaturas.

O termômetro funciona do seguinte modo: colocando-o em contato com o objeto cuja temperatura se pretende obter, quando o equilíbrio térmico é alcançado, a marca verificada nele corresponde à temperatura do objeto, de acordo com o **Princípio Zero da Termodinâmica**.

Sabemos que quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, eles têm a mesma temperatura e não trocam calor. Como decorrência, se um deles estiver em equilíbrio térmico com um terceiro corpo, o outro também estará. Assim, os três corpos terão a mesma temperatura. Esse fato é conhecido pelo nome de Princípio Zero da Termodinâmica.

3. ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Durante os estudos sobre a natureza do calor, um problema importante foi a medida da temperatura dos corpos que permitisse uma comparação universal. Uma escala termométrica com essa característica surgiu quando o astrônomo dinamarquês Ole Rømer (1644-1710) estabeleceu os “pontos fixos”, isto é, temperaturas estáveis de processos facilmente reproduzíveis, como a fusão do gelo e a ebulição da água; processos de mudança de estado, que ocorrem em temperatura constante, se a pressão se mantém constante. Convencionando-se um valor para a temperatura desses dois pontos, constrói-se uma escala termométrica, dividindo-se em partes iguais o intervalo entre eles.

Depois do trabalho pioneiro Rømer, muitas escalas termométricas foram criadas. Permanecem em uso até hoje a do físico alemão Daniel Fahrenheit (1686-1736), utilizada especialmente nos Estados Unidos, e a do astrônomo sueco Anders Celsius (1701-1744), que se usa no Brasil e em quase todos os países do mundo.

3.1. A Escala Celsius

Para se conseguir que termômetros diferentes marquem a mesma temperatura nas mesmas condições, é necessário se estabelecer um padrão comum para eles, uma escala termométrica. Na escala Celsius são escolhidas duas referências: uma é a temperatura de fusão do gelo e a outra é a da ebulição da água.

Essas temperaturas são tomadas como referência pois, durante as mudanças de estado de qualquer substância a temperatura permanece constante.

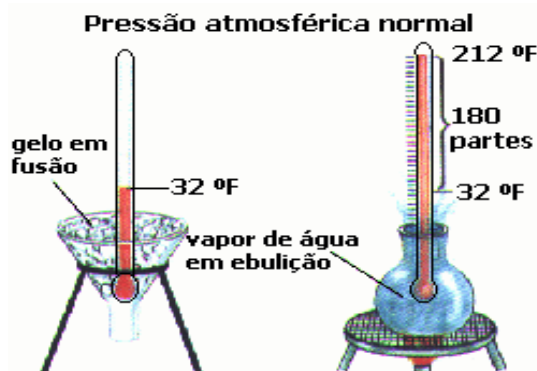
Na escala Celsius o zero é atribuído para a temperatura do gelo fundente e o cem para a temperatura da água em ebulição. Para completar a definição dessa escala termométrica, é só graduar o intervalo entre 0 e 100 em cem partes iguais, cada divisão correspondendo a 1°C .



Com os termômetros clínicos avaliamos temperaturas com precisão de até décimos de grau. Em média, as pessoas têm sua temperatura normal de aproximadamente 36°C , enquanto a 38°C já está certamente febril.

3.2. A Escala Fahrenheit

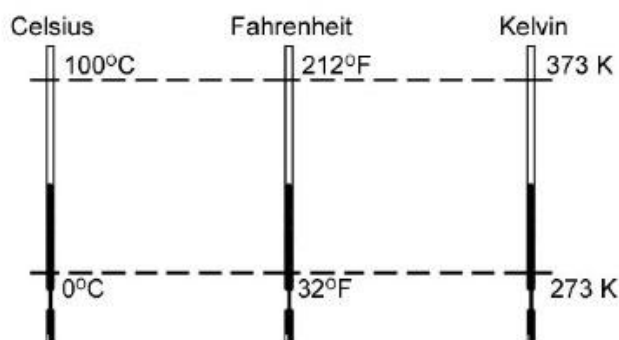
Outra escala que ainda é usada em países de língua inglesa é a escala Fahrenheit em que o zero (0°F) foi escolhido para a temperatura de um certo dia muito frio na Islândia e o cem (100°F) para a temperatura média corporal de uma pessoa. Nessa escala, a temperatura de fusão do gelo corresponde, a 32°F e a temperatura de ebulição da água a 212°F . O intervalo é dividido em 180 partes, cada uma correspondendo a 1°F .



3.3. A Escala Kelvin

O intervalo de 273K a 373 K é dividido em 100 partes iguais, e cada uma das divisões corresponde a 1 K. A escala Kelvin é chamada escala absoluta de temperatura. Kelvin propôs atribuir o zero absoluto à menor temperatura admitida na natureza. É importante dizer que a escala Kelvin não utiliza em seu símbolo o grau °.

O zero absoluto é inacessível na prática. Pode-se chegar bastante perto, mas quando mais próximo dessa temperatura, mais difícil fica para o corpo ceder energia térmica, pois essa transferência se faria para outro cujo grau médio de agitação das partículas fosse menor.

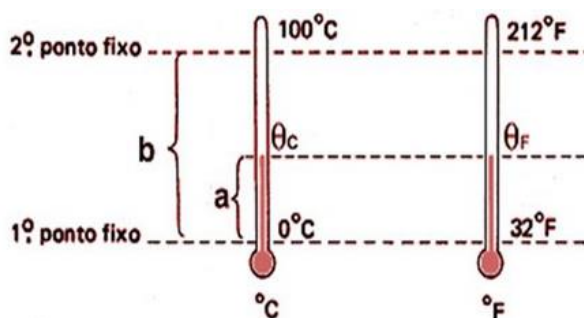


4. CONVERSÃO ENTRE ESCALAS

Quando em janeiro, um noticiário internacional informa que a temperatura em Nova York é de 40 graus, de que escala se trata?

Nessa época do ano, em Nova York, a temperatura não pode ser de 40°C. O noticiário dá a informação de temperatura na escala utilizada nos Estados Unidos: a escala Fahrenheit (°F). Mas a quantos graus Celsius corresponde 40°F? Esse é um exemplo da necessidade de se converter a temperatura de uma escala para a outra.

Em cada uma das escalas – a Celsius e a Fahrenheit – à pressão de 1 atmosfera (atm), os pontos fixos das temperaturas de fusão do gelo são, respectivamente, 0°C e 32°F (1º ponto fixo), e os de ebulição da água, 100°C e 212°F (2º ponto fixo).

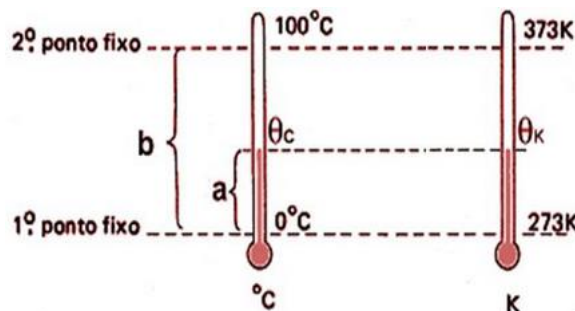


A proporção entre os segmentos a e b indicados na figura não depende dos valores em que são expressos, de modo

que podemos escrever a seguinte relação de conversão entre as escalas Celsius e Fahrenheit:

$$\frac{\theta_c}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

Em cada uma das escalas – a Celsius e a Kelvin – à pressão de 1 atmosfera (atm), os pontos fixos das temperaturas de fusão do gelo são, respectivamente, 0°C e 273 K (1º ponto fixo), e os de ebulição da água, 100°C e 373 K (2º ponto fixo).



Observando as proporções entre as escalas Celsius e Kelvin, indicadas na figura, podemos escrever a seguinte relação de conversão entre as escalas:

$$T = \theta_c + 273$$

É importante notar a diferença da medição de uma temperatura e a medição da variação de temperatura. Podemos notar que as escalas Celsius e Kelvin possuem a mesma variação, pois as duas são divididas em 100 partes. Portanto, uma variação de temperatura na escala Celsius será igual à variação na escala Kelvin.

$$\Delta T = \Delta \theta_c$$

Já a escala Fahrenheit é dividida em 180 partes e não corresponde a mesma variação nas outras duas escalas.

$$\frac{\Delta \theta_c}{5} = \frac{\Delta \theta_F}{9}$$

5. EXERCÍCIOS

5.1. Para medir a temperatura de uma pessoa, devemos manter o termômetro em contato com ela durante algum tempo. Por quê?

5.2. A temperatura normal do corpo humano é cerca de 37°C. Expresse essa temperatura na escala Kelvin.

5.3. A temperatura de ebulição no nitrogênio líquido é 78K. Qual o valor desta temperatura em °C?

5.4. A temperatura de um corpo se elevou em 52°C . Qual foi a elevação da temperatura kelvin desse corpo?

5.5. Celsius propôs sua escala atribuindo 0°C à água em ebulição e 100°C para o gelo fundente. Qual inconveniente você vê nessa escolha?

5.6. Há várias versões fantasiosas sobre a escolha de Fahrenheit para os pontos fixos de sua escala. Uma delas diz que ele queria que a temperatura do corpo de sua mulher fosse 100°F . Se isso fosse verdade, qual a temperatura do corpo dela em graus Celsius?

5.7. Se na escala Celsius houver uma variação de temperatura de 20°C , então qual será a mudança correspondente na escala Kelvin? E na escala Fahrenheit?

5.8. Converta:

- a) 68°F em $^{\circ}\text{C}$.
- b) -40°C em $^{\circ}\text{F}$.
- c) 227°C na escala absoluta

5.9. A água contida em uma panela estava inicialmente a 21°C . Após o aquecimento, sua temperatura sofreu uma elevação de 36°F . Determine a temperatura final da água na escala Kelvin.

5.10. Mercúrio é o planeta que sofre a maior variação de temperatura no sistema solar. A temperatura na parte iluminada pelo Sol chega a 400°C , enquanto no lado escuro a temperatura cai a -200°C . Expresse esses valores na escala Kelvin. De quanto é essa variação de temperatura na escala Kelvin?

5.11. Teoricamente, na temperatura de zero absoluto ($-273,15^{\circ}\text{C}$), o que seria nulo?

- (a) A quantidade de partículas de um gás
- (b) O volume de um corpo
- (c) A agitação térmica das partículas
- (d) A altura da coluna de mercúrio
- (e) O volume da substância termométrica.

5.12. A energia térmica de um corpo é:

- (a) sinônimo de calor
- (b) uma energia que não tem qualquer relação com a energia cinética
- (c) Uma grandeza idêntica à temperatura
- (d) independente da quantidade de partículas que esse corpo tem
- (e) a soma das energias cinéticas de agitação das partículas que compõem o corpo.

5.13. A variação de 45° na escala Celsius corresponde a que mudança de temperatura na escala:

- a) Kelvin
- b) Fahrenheit

5.14. Por que nosso corpo, às vezes, chega a tremer em dias de baixas temperaturas?

5.15. (EsPCEX-SP) um termômetro digital, localizado em uma praça na Inglaterra, marca a temperatura de $10,4^{\circ}\text{F}$. Essa temperatura, na escala Celsius, corresponde a:

- (a) -5°C
- (b) -10°C
- (c) -12°C
- (d) -27°C
- (e) -39°C

5.16. (Enem) Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras “calor” e “temperatura” de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como “algo quente” e temperatura mede a “quantidade de calor de um corpo”. Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática.

Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

- (a) A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo que estiver fervendo.
- (b) Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.
- (c) A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água em uma panela.
- (d) A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura;
- (e) Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água em seu interior com menor temperatura do que a dele.

5.17. (UERJ) Com o aumento do efeito estufa, a chuva ácida pode atingir a temperatura de 250°C . Na escala Kelvin, esse valor de temperatura corresponde a:

- (a) 212
- (b) 346
- (c) 482
- (d) 523