

# Termometria

Para desenvolver o estudo da medida de temperatura, é de fundamental importância o conhecimento dos critérios adotados para a criação das escalas termométricas, tanto as escalas relativas usuais - Celsius e Fahrenheit - como a escala absoluta Kelvin, estabelecida com base no conceito de zero absoluto.

## ▶ 2.1 Medida da temperatura

*A avaliação da temperatura de um corpo, pela sensação térmica produzida por ele, tem caráter subjetivo.*

## ▶ 2.2 Graduação de um termômetro. Escalas termométricas

*A graduação de um termômetro envolve a escolha de dois pontos fixos.*

## ▶ 2.3 A temperatura como medida da agitação térmica. A escala absoluta Kelvin

*A medida da agitação térmica das partículas de um corpo permitiu o desenvolvimento da escala absoluta Kelvin. Sua origem é o zero absoluto.*

Um dos primeiros dispositivos para avaliar as temperaturas foi criado por Galileu no século XVII. Desde então, esses equipamentos foram se tornando mais sofisticados e hoje se tem a possibilidade de medir com precisão temperaturas extremamente baixas, como a do nitrogênio líquido, ou extremamente elevadas, como a dos metais incandescentes nas siderúrgicas.



## Medida da temperatura

### Objetivos

- ▶ Conceituar grandeza termométrica.
- ▶ Relacionar as grandezas termométricas e as medidas de temperaturas.
- ▶ Descrever o termômetro de mercúrio.

### Termos e conceitos

- sensação térmica
- substância termométrica
- grandeza termométrica
- função termométrica
- termômetro

Frequentemente usamos os termos frio, quente, morno etc. para traduzir a sensação que temos ao entrar em contato com um sistema. Assim, do mesmo modo que a luz impressiona nossa visão (sensação luminosa) e que o som impressiona nossa audição (sensação sonora), é o sentido do tato que nos proporciona a **sensação térmica**, que constitui a primeira noção de temperatura de um sistema.

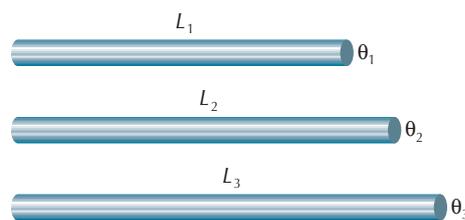
Esse critério sensorial para avaliar temperaturas, no entanto, é impreciso, pois depende da pessoa que sente e das condições nas quais se encontrava anteriormente.



**Conteúdo digital Moderna PLUS** <http://www.modernaplus.com.br>  
Atividade experimental: *Sensação térmica*

### Termômetro

Para tornar mais precisa a noção de temperatura, recorreremos às variações que certas propriedades dos corpos sofrem quando muda a sensação térmica. Por exemplo, o comprimento de uma barra aumenta (dilatação) quando ela se torna mais quente. Desse modo, a temperatura  $\theta$  da barra pode ser avaliada indiretamente pelo valor assumido por seu comprimento  $L$  (fig. 1).



◀ **Figura 1.** A cada valor  $L$  do comprimento da barra corresponde um valor  $\theta$  de temperatura.

De modo geral, sendo  $x$  uma grandeza conveniente que define uma das propriedades do corpo (como o comprimento  $L$ , no caso da barra), a cada valor de  $x$  faz-se corresponder um determinado valor  $\theta$  de temperatura.

A grandeza  $x$  é denominada **grandeza termométrica**. A correspondência entre os valores da grandeza  $x$  e da temperatura  $\theta$  constitui a função termométrica. Ao corpo em observação dá-se o nome de **termômetro**. A barra da **figura 1**, na qual a cada valor do comprimento  $L$  (grandeza termométrica) corresponde um valor da temperatura  $\theta$ , poderia, em princípio, ser usada como termômetro.



Até o advento dos modernos termômetros digitais, que usam recursos da eletrônica na medida da temperatura, os termômetros mais utilizados eram os de mercúrio, como o representado na **figura 2**. O **termômetro de mercúrio** baseia-se na dilatação de certa quantidade de mercúrio contido num recipiente de vidro (bulbo), ligado a um tubo capilar, isto é, um tubo de diâmetro bem pequeno. A escolha do mercúrio como **substância termométrica** deve-se ao fato de ser um líquido de dilatação regular numa faixa de temperaturas bem ampla. Além disso, o mercúrio é facilmente visualizável, por ser opaco e brilhante. Nas considerações seguintes, admitiremos sempre a utilização de termômetros de mercúrio no estudo das escalas de temperatura.

O emprego do termômetro para avaliação da temperatura de um sistema fundamenta-se no fato de que, após algum tempo em contato, o sistema e o termômetro adquirem a mesma temperatura, isto é, alcançam o equilíbrio térmico.



Figura 2. O termômetro de mercúrio. ▶

### ▶ O “termômetro” de Galileu

Um dos primeiros dispositivos criados para avaliar temperaturas foi o **termoscópio a ar** inventado por Galileu, do qual se vê uma réplica na foto. Esse termoscópio não pode ser considerado propriamente um termômetro, uma vez que não estabelece valores numéricos para a temperatura — ele apenas indica se um corpo está mais quente ou mais frio que outro, tomado como referência.

O termoscópio de Galileu é constituído de um bulbo ligado a um tubo de vidro que tem a extremidade inferior imersa em um líquido. Quando a temperatura do ar contido no bulbo aumenta, a pressão do ar também aumenta e o nível do líquido desce. Quando a temperatura do ar diminui, a pressão do ar diminui e o nível do líquido sobe. Consta que, originalmente, Galileu teria usado vinho no seu termoscópio para visualizar melhor o nível do líquido.

Antes dos primeiros termômetros, outros termoscópios foram construídos. Em 1631, o médico e químico francês Jean Rey (1583-1645) conectou um tubo vertical aberto a um recipiente cheio de água. Nesse aparelho, com o aumento da temperatura, a água subia pelo tubo. Embora a substância termométrica fosse o líquido e não o ar, a imprecisão ainda era grande, devido à influência da pressão atmosférica, à pouca dilatação da água e à evaporação do líquido.



◀ O princípio de funcionamento do termoscópio é hoje utilizado em brinquedos como o da figura. Colocando-se a mão em contato com o recipiente inferior, o vidro se aquece e aumenta a pressão interna do vapor existente na parte de baixo. Como consequência, o líquido é “empurrado” para cima.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

## Gradação de um termômetro. Escala termométrica

### Objetivos

- ▶ Conceituar escala termométrica.
- ▶ Descrever o procedimento para se graduar um termômetro.
- ▶ Utilizar diferentes escalas termométricas.
- ▶ Relacionar as temperaturas nas escalas Celsius e Fahrenheit.
- ▶ Converter as variações de temperatura medidas nas escalas Celsius e Fahrenheit.
- ▶ Conhecer as diferentes grandezas termométricas.

### Termos e conceitos

- ponto do gelo
- ponto do vapor
- função termométrica
- hipertermia
- hipotermia

O conjunto dos valores numéricos que a temperatura  $\theta$  pode assumir constitui uma escala termométrica, que é estabelecida ao se graduar um termômetro.

Para a gradação de um termômetro comum de mercúrio procede-se da seguinte maneira:

- 1<sup>ª</sup>) Escolhem-se dois sistemas cujas temperaturas sejam invariáveis no decorrer do tempo e que possam ser reproduzidos facilmente quando necessário. Essas temperaturas são denominadas pontos fixos, sendo usualmente escolhidas:
  - ponto do gelo ( $\theta_G$ ) – temperatura de fusão do gelo sob pressão normal (1 atm);
  - ponto do vapor ( $\theta_V$ ) – temperatura de ebulição da água sob pressão normal (1 atm).
- 2<sup>ª</sup>) O termômetro é colocado em presença dos sistemas que definem os pontos fixos (fig. 3). A cada um deles vai corresponder uma altura da coluna líquida. A cada altura atribui-se um valor numérico arbitrário de temperatura, geralmente fazendo o menor corresponder ao ponto do gelo ( $\theta_G$ ), e o outro, ao ponto do vapor ( $\theta_V$ ).

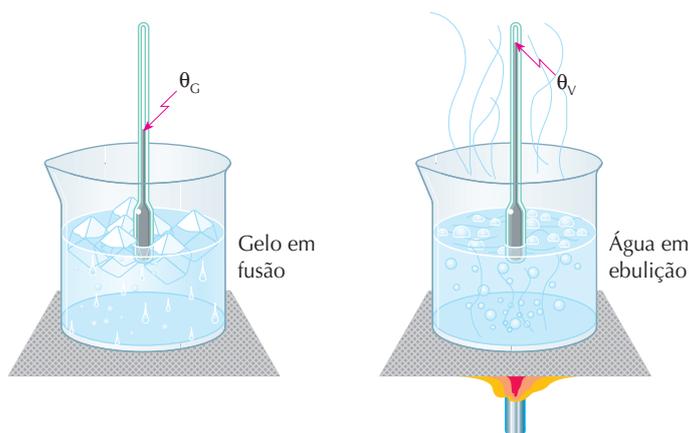


Figura 3. Gradação de um termômetro:  $\theta_G$  indica a temperatura da fusão do gelo, e  $\theta_V$ , a temperatura da ebulição da água, sob pressão normal.

- 3<sup>ª</sup>) O intervalo delimitado entre as marcações feitas (correspondentes às temperaturas  $\theta_V$  e  $\theta_G$ ) é dividido em partes iguais. Cada uma das partes em que fica dividido o intervalo é a unidade da escala (o **grau** da escala).

Atualmente a escala mais usada é a **escala Celsius\***, que adota os valores 0 (zero) para o ponto do gelo e 100 para o ponto do vapor (fig. 4). O intervalo entre os pontos fixos é dividido em cem partes\*\*. Cada uma dessas cem partes é a unidade da escala, o **grau Celsius**, cujo símbolo é **°C**.

\* **CELSIUS**, Anders (1701-1744), astrônomo e físico sueco. Dedicou-se principalmente à Astronomia, tornando-se professor dessa ciência em 1730. Em 1948 seu nome foi adotado para a escala que criou.

\*\* Toda escala em que o intervalo entre o ponto do gelo e o ponto do vapor é dividido em cem partes é dita **centesimal** ou **centígrada**. A escala Celsius é uma escala centesimal ou centígrada, mas não é a única.

Em alguns países usa-se a **escala Fahrenheit\***, que adota os valores 32 para o ponto do gelo e 212 para o ponto do vapor (fig. 5). O intervalo é dividido em 180 partes, cada uma das quais corresponde ao **grau Fahrenheit**, cujo símbolo é °F.

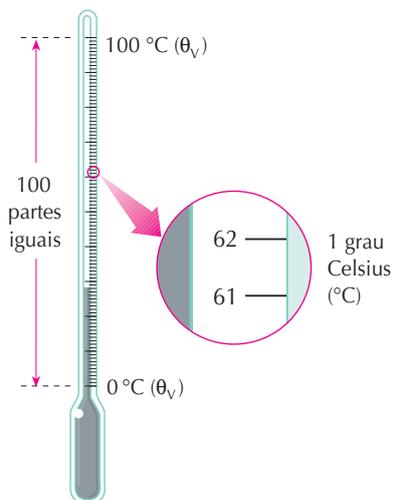


Figura 4. Escala Celsius.

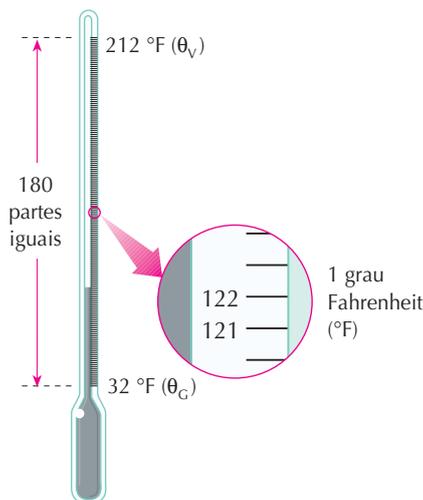


Figura 5. Escala Fahrenheit.

Note que a escolha dos valores que definem a escala é arbitrária: na escala Celsius os valores de  $\theta_G$  e  $\theta_V$  são 0 (zero) e 100, enquanto na escala Fahrenheit os valores são 32 e 212.



**Conteúdo digital Moderna PLUS** <http://www.modernaplus.com.br>  
 História da Física: *A história do termômetro e das escalas termométricas*

1

## Conversão entre as escalas Celsius e Fahrenheit

Às vezes é necessário transformar a indicação da escala Fahrenheit na correspondente indicação da escala Celsius ou vice-versa. Para obtermos a relação entre as leituras nas duas escalas, devemos estabelecer a proporção entre os segmentos  $a$  e  $b$  (fig. 6), determinados no capilar do termômetro.

Sejam  $\theta_C$  a leitura em graus Celsius e  $\theta_F$  a leitura em graus Fahrenheit para a temperatura de um sistema. A relação entre os segmentos  $a$  e  $b$  não depende da unidade em que são expressos. Assim:

$$\frac{a}{b} = \frac{\theta_C - 0}{100 - 0} = \frac{\theta_F - 32}{212 - 32} \Rightarrow \frac{\theta_C}{100} = \frac{\theta_F - 32}{180}$$

Simplificando:  $\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$

Isolando  $\theta_C$  e  $\theta_F$ , vem:

$$\theta_C = \frac{5}{9} (\theta_F - 32) \quad \text{e} \quad \theta_F = 1,8\theta_C + 32$$

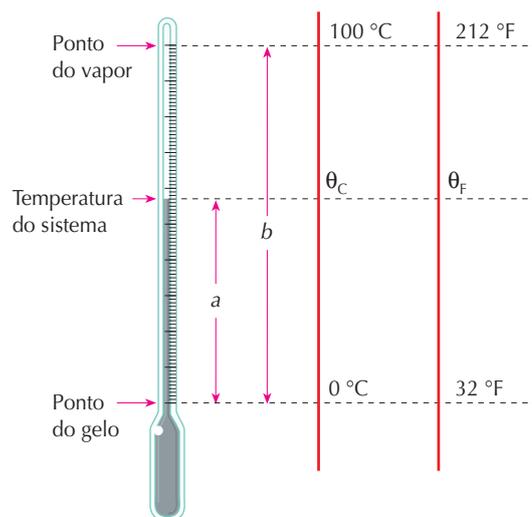


Figura 6. Conversão entre as leituras nas escalas Celsius e Fahrenheit.

\* **FAHRENHEIT**, Daniel Gabriel (1686-1736), físico alemão. Foi quem propôs, em 1714, a utilização do mercúrio em vez de álcool nos termômetros. Em 1724 foi eleito membro da Sociedade Real inglesa.



## A medida da temperatura corporal

A avaliação da temperatura do corpo humano é de grande importância na Medicina. Quando a temperatura corporal aumenta além de 37 °C (que pode ser considerado um valor médio normal), dizemos que a pessoa está com **febre** ou **hipertermia**. Há também situações de anormalidade em que a temperatura diminui abaixo de 37 °C, caracterizando uma **hipotermia**.

Os termômetros utilizados na medida da temperatura corporal são denominados **termômetros clínicos**. Atualmente existe um grande número deles no mercado, a maior parte do tipo digital. Entretanto, ainda é muito difundido o termômetro clínico de mercúrio. Nele, junto ao bulbo, no início do tubo capilar, há um estreitamento, que não impede a movimentação da coluna líquida quando a temperatura sobe e o mercúrio se dilata. Entretanto, se a temperatura diminuir, o mercúrio não consegue voltar para o bulbo, continuando a indicar a maior temperatura que foi medida. Portanto, trata-se de um termômetro de máxima. Para ser usado novamente, o termômetro deve ser vigorosamente sacudido, de tal maneira que o mercúrio retorne ao bulbo.

O termômetro clínico da foto está graduado nas escalas Celsius (entre 35 °C e 42 °C) e Fahrenheit (entre 94 °F e 108 °F). A graduação é feita apenas entre esses valores porque eles correspondem, aproximadamente, aos limites extremos da temperatura do corpo humano.



O estreitamento no tubo capilar impede o retorno do mercúrio ao bulbo, fixando a marcação da temperatura máxima. ➤

## EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

- R. 1** A temperatura média do corpo humano é 36,5 °C. Determine o valor dessa temperatura na escala Fahrenheit.

**Solução:**

Comparando as escalas Celsius e Fahrenheit, obtemos:

$$\frac{\theta_C}{100} = \frac{\theta_F - 32}{180} \text{ ou}$$

$$\text{ou } \boxed{\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}}$$

Sendo  $\theta_C = 36,5$  °C, vem:

$$\frac{36,5}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 7,3 = \frac{\theta_F + 32}{9} \Rightarrow$$

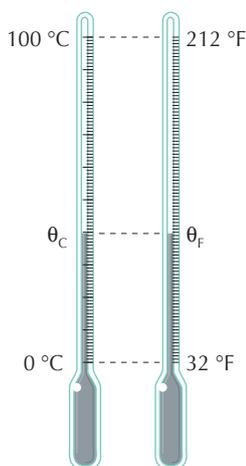
$$\Rightarrow 65,7 = \theta_F - 32 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\theta_F = 97,7 \text{ °F}}$$

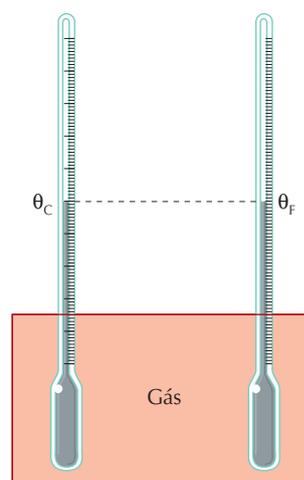
**Resposta:** 97,7 °F

**Observação:**

Na escala Fahrenheit, a temperatura do corpo humano está normalmente em torno de 100 °F.



- R. 2** Dois termômetros, um graduado na escala Celsius e o outro na escala Fahrenheit, fornecem a mesma leitura para a temperatura de um gás. Determine o valor dessa temperatura.



**Solução:**

Se a temperatura do gás é indicada pelo mesmo número nas escalas Celsius e Fahrenheit, podemos escrever:

$$\theta_C = X \text{ °C} \quad \theta_F = X \text{ °F}$$

Substituindo na expressão de conversão, vem:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{X}{5} = \frac{X - 32}{9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 9X = 5X - 160 \Rightarrow 4X = -160 \Rightarrow X = -40$$

Portanto:  $\theta_C = -40^\circ\text{C}$  e  $\theta_F = -40^\circ\text{F}$

**Resposta:**  $-40^\circ\text{C}$  e  $-40^\circ\text{F}$

Observe que essa é a **única temperatura** indicada pelo mesmo valor nessas duas escalas.

**R. 3** Certa escala termométrica adota os valores  $-20$  e  $580$ , respectivamente, para os pontos do gelo e do vapor. Determine:

- a fórmula de conversão entre essa escala e a escala Celsius;
- a indicação que nessa escala corresponde a  $20^\circ\text{C}$ .

**Solução:**

- Comparando a escala Celsius (C) e a escala (E) criada neste exercício, temos:

$$\frac{a}{b} = \frac{\theta_C - 0}{100 - 0} =$$

$$= \frac{\theta_E - (-20)}{580 - (-20)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\theta_C}{100} = \frac{\theta_E + 20}{600}$$

Simplificando:

$$\theta_C = \frac{\theta_E + 20}{6} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6\theta_C = \theta_E + 20 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_E = 6\theta_C - 20$$

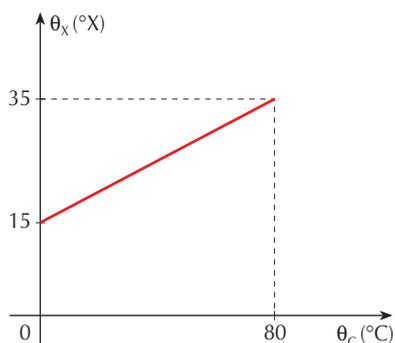
- Para determinar a indicação  $\theta_E$  que corresponde a  $\theta_C = 20^\circ\text{C}$ , usamos a relação anterior:

$$\theta_E = 6\theta_C - 20 \Rightarrow \theta_E = 6 \cdot 20 - 20 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_E = 120 - 20 \Rightarrow \theta_E = 100^\circ\text{E}$$

**Resposta:** a)  $\theta_E = 6\theta_C - 20$ ; b)  $100^\circ\text{E}$

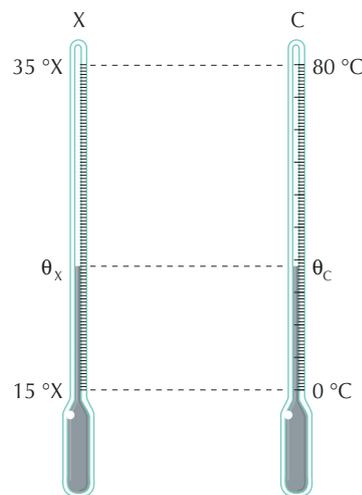
**R. 4** Uma escala termométrica X relaciona-se com a escala Celsius segundo o gráfico apresentado, no qual em ordenadas se representam os valores de  $\theta_X$  (temperaturas expressas na escala X) e em abscissas os valores de  $\theta_C$  (temperaturas expressas na escala Celsius).



- Estabeleça a fórmula de conversão entre as duas escalas.
- Determine a temperatura registrada por um termômetro graduado na escala X quando a temperatura for  $50^\circ\text{C}$ .
- Determine que temperatura registra um termômetro graduado na escala Celsius para um sistema em que o termômetro graduado na escala X registra  $10^\circ\text{X}$ .
- Há uma temperatura em que os dois termômetros (graduados na escala X e na escala Celsius, respectivamente) registram valores que coincidem numericamente. Qual é essa temperatura?

**Solução:**

- Analisando o gráfico, verificamos que  $15^\circ\text{X}$  correspondem a  $0^\circ\text{C}$  e  $35^\circ\text{X}$  correspondem a  $80^\circ\text{C}$ .



Comparando as escalas, obtemos:

$$\frac{\theta_X - 15}{35 - 15} = \frac{\theta_C - 0}{80 - 0} \Rightarrow \frac{\theta_X - 15}{20} = \frac{\theta_C}{80} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_X - 15 = \frac{\theta_C}{4} \Rightarrow \theta_X = \frac{\theta_C}{4} + 15 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_X = 0,25\theta_C + 15$$

- Para  $\theta_C = 50^\circ\text{C}$ , vem:

$$\theta_X = 0,25 \cdot 50 + 15 \Rightarrow \theta_X = 12,5 + 15 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_X = 27,5^\circ\text{X}$$

- Para  $\theta_X = 10^\circ\text{X}$ , vem:

$$10 = 0,25\theta_C + 15 \Rightarrow 0,25\theta_C = -5 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_C = -20^\circ\text{C}$$

- Se os valores coincidem numericamente nas duas escalas, temos:  $\theta_X = \theta_C = \theta$ . Na fórmula de conversão, temos:

$$\theta = 0,25\theta + 15 \Rightarrow \theta - 0,25\theta = 15 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,75\theta = 15 \Rightarrow \theta = 20$$

$$\text{Portanto: } \theta_X = 20^\circ\text{X} \text{ e } \theta_C = 20^\circ\text{C}$$

**Respostas:** a)  $\theta_X = 0,25\theta_C + 15$ ; b)  $27,5^\circ\text{X}$ ; c)  $-20^\circ\text{C}$ ; d)  $20^\circ\text{X}$ ;  $20^\circ\text{C}$



## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**P. 1** Complete a tabela:

Celsius	Fahrenheit
400 °C	
	99,5 °F
180 °C	
	-49 °F

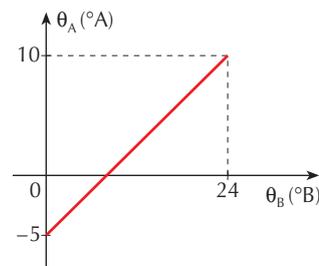
**P. 2** Medindo a temperatura de um líquido com dois termômetros, um de escala Celsius e o outro de escala Fahrenheit, um estudante verificou que ambos davam a mesma indicação em módulo, porém os sinais eram diferentes. Determine a temperatura do líquido.

**P. 3** No deserto do Saara registrou-se certo dia a temperatura de X °C. Se a escala utilizada tivesse sido a Fahrenheit, a leitura seria 72 unidades mais alta. Determine o valor dessa temperatura.

**P. 4** Uma escala arbitrária adota os valores 5 e 365 para os pontos fixos fundamentais (ponto do gelo e ponto do vapor, respectivamente). Determine que indicação nessa escala corresponde ao 0 °F.

**P. 5** Na temperatura do ponto do gelo um termômetro defeituoso marca -0,3 °C e na temperatura de ebulição da água sob pressão normal +100,2 °C. Determine qual é a única indicação correta desse termômetro. (Sugestão: admita que o termômetro defeituoso crie uma nova escala.)

**P. 6** O gráfico indica como se relacionam as leituras  $\theta_A$  e  $\theta_B$  para as temperaturas registradas por dois termômetros graduados respectivamente nas escalas A e B.



Determine:

- a fórmula de conversão entre  $\theta_A$  e  $\theta_B$ ;
- a indicação do termômetro graduado na escala A quando o outro registra 96 °B;
- a indicação do termômetro graduado na escala B quando o outro registra 0 °A;
- a temperatura em que coincidem as leituras nos dois termômetros.

## 2 Variação de temperatura

Consideremos que a temperatura de um sistema varie de um valor inicial  $\theta_1$  para um valor final  $\theta_2$  num dado intervalo de tempo. A variação de temperatura  $\Delta\theta$  é dada pela diferença entre o valor final  $\theta_2$  e o valor inicial  $\theta_1$ :

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

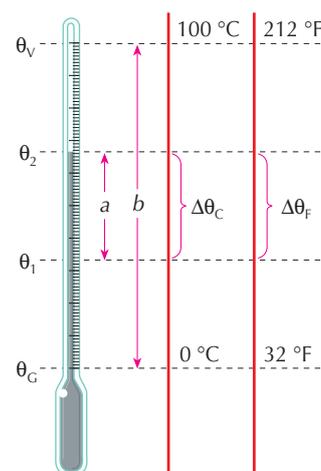
Assim, a variação de temperatura será positiva ( $\Delta\theta > 0$ ) quando a temperatura aumentar ( $\theta_2 > \theta_1$ ); negativa ( $\Delta\theta < 0$ ) quando a temperatura diminuir ( $\theta_2 < \theta_1$ ); e será nula ( $\Delta\theta = 0$ ) quando a temperatura final for igual à inicial ( $\theta_2 = \theta_1$ ).

Vamos correlacionar as variações de temperatura expressas na escala Celsius ( $\Delta\theta_C$ ) e na Fahrenheit ( $\Delta\theta_F$ ). Na **figura 7**, a relação entre os segmentos  $a$  (correspondente à variação de temperatura ocorrida) e  $b$  (correspondente ao intervalo entre as temperaturas do ponto do gelo e do ponto do vapor) não depende da unidade em que são expressos.

$$\text{Então: } \frac{a}{b} = \frac{\Delta\theta_C}{100 - 0} = \frac{\Delta\theta_F}{212 - 32} \Rightarrow \frac{\Delta\theta_C}{100} = \frac{\Delta\theta_F}{180}$$

$$\text{Simplificando: } \frac{\Delta\theta_C}{5} = \frac{\Delta\theta_F}{9}$$

$$\text{Isolando } \Delta\theta_C \text{ e } \Delta\theta_F, \text{ vem: } \Delta\theta_C = \frac{5}{9} \Delta\theta_F \text{ e } \Delta\theta_F = 1,8 \Delta\theta_C$$



**Figura 7.** Conversão entre variações de temperatura.

## O termômetro de máxima e mínima

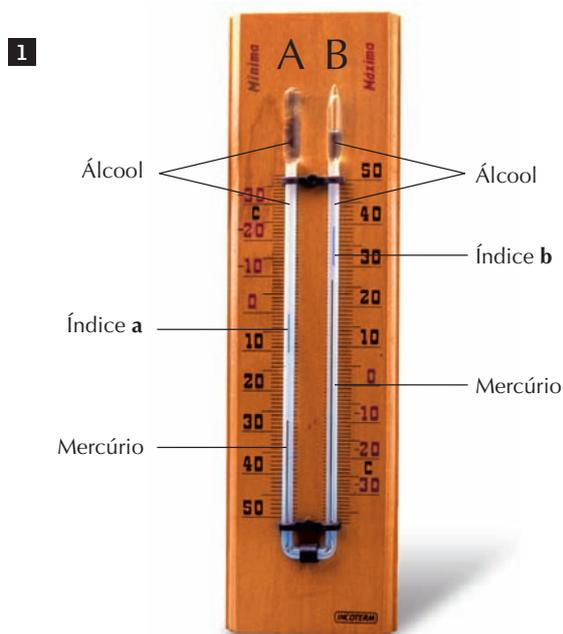
As temperaturas máxima e mínima de um ambiente, em dado intervalo de tempo, são registradas por um tipo especial de termômetro: o **termômetro de máxima e mínima**.

O termômetro apresentado na figura 1 é constituído de dois bulbos (**A e B**), ligados a um tubo em U de pequeno diâmetro, o qual contém mercúrio na parte inferior. O bulbo **A**, o ramo esquerdo e o ramo direito do tubo estão completamente cheios de álcool. O bulbo **B**, por sua vez, está parcialmente cheio de álcool. Nos ramos do termômetro existem dois índices de ferro esmaltado (**a e b**), banhados pelo álcool e aderentes à parede

interna do tubo. O índice **a** indica a menor temperatura e o índice **b** indica a maior temperatura ocorrida num determinado período.

Inicialmente os índices são colocados em contato com as superfícies livres do mercúrio, nos dois ramos, com o auxílio de um pequeno ímã.

Quando ocorre um aumento de temperatura, o álcool do bulbo **A** se dilata. Com isso, o nível do mercúrio no ramo esquerdo desce (sem arrastar o índice **a**) e o nível do mercúrio no ramo direito sobe, arrastando o índice **b** para cima, de modo a indicar a máxima temperatura ocorrida.



▶ Nas estações meteorológicas, os termômetros de máxima e de mínima ficam dispostos na horizontal. Os termômetros na vertical são destinados à determinação da umidade do ar.

Quando há uma diminuição de temperatura, o álcool de **A** se contrai. Com isso, o nível do mercúrio no ramo direito desce (sem arrastar o índice **b**) e o nível do mercúrio no ramo esquerdo sobe, arrastando o índice **a** para cima, de modo a indicar a mínima temperatura ocorrida.

Observe na figura 1 que a temperatura máxima foi de 30 °C, a mínima de 10 °C e a temperatura num

determinado momento era de 27 °C (indicada pelo nível de mercúrio nos dois lados).

Os boletins meteorológicos, divulgados na tevê, na internet, no rádio e em jornais, geralmente informam as temperaturas máxima e mínima em várias cidades do planeta. Muitas vezes, essas temperaturas são avaliadas com o uso de termômetros desse tipo.



## EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**R. 5** Em certo dia, na cidade de Salvador, o serviço de meteorologia anunciou uma temperatura máxima de  $40\text{ }^\circ\text{C}$  e uma mínima de  $25\text{ }^\circ\text{C}$ .

- Qual é a variação de temperatura entre os instantes em que foram assinaladas as temperaturas máxima e mínima?
- Qual é o valor dessa variação de temperatura expresso na escala Fahrenheit?

**Solução:**

- Quando o serviço de meteorologia anuncia a temperatura máxima e a temperatura mínima de um dia, usualmente não indica qual delas ocorreu antes. Assim, temos duas hipóteses a considerar:

1ª hipótese — A temperatura mínima ocorreu **antes** da máxima.

Então:  $\theta_1 = 25\text{ }^\circ\text{C}$  e  $\theta_2 = 40\text{ }^\circ\text{C}$

$$\Delta\theta_C = \theta_2 - \theta_1 = 40 - 25 \Rightarrow \boxed{\Delta\theta_C = 15\text{ }^\circ\text{C}} \text{ (aumento de temperatura)}$$

2ª hipótese — A temperatura mínima ocorreu **depois** da máxima.

Então:  $\theta_1 = 40\text{ }^\circ\text{C}$  e  $\theta_2 = 25\text{ }^\circ\text{C}$

$$\Delta\theta_C = \theta_2 - \theta_1 = 25 - 40 \Rightarrow \boxed{\Delta\theta_C = -15\text{ }^\circ\text{C}} \text{ (diminuição de temperatura)}$$

- A variação expressa na escala Fahrenheit, no caso de aumento de temperatura, será dada por:

$$\frac{\Delta\theta_F}{9} = \frac{\Delta\theta_C}{5} \Rightarrow \frac{\Delta\theta_F}{9} = \frac{15}{5} \Rightarrow \boxed{\Delta\theta_F = 27\text{ }^\circ\text{F}}$$

No caso de diminuição de temperatura:  $\boxed{\Delta\theta_F = -27\text{ }^\circ\text{F}}$

**Respostas:** a)  $15\text{ }^\circ\text{C}$  ou  $-15\text{ }^\circ\text{C}$ ; b)  $27\text{ }^\circ\text{F}$  ou  $-27\text{ }^\circ\text{F}$

**R. 6** Existe a possibilidade de as variações de temperatura nas escalas Celsius e Fahrenheit serem expressas pelo mesmo valor numérico?

**Solução:**

Se fizermos, na fórmula de conversão entre as variações de temperatura,  $\Delta\theta_F = \Delta\theta_C = X$ , obteremos:

$$\frac{\Delta\theta_C}{5} = \frac{\Delta\theta_F}{9} \Rightarrow \frac{X}{5} = \frac{X}{9} \Rightarrow 9X = 5X$$

Assim, essa igualdade só é válida para  $X = 0$ . Portanto, só há coincidência entre os valores numéricos das variações de temperatura nas escalas Celsius e Fahrenheit quando  $\boxed{\Delta\theta_C = 0\text{ }^\circ\text{C}}$  e

$\boxed{\Delta\theta_F = 0\text{ }^\circ\text{F}}$ , isto é, quando a temperatura final é igual à temperatura inicial.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**P. 7** Em certa região da Terra, a temperatura máxima registrada no decorrer de um ano foi de  $42\text{ }^\circ\text{C}$  e a mínima foi de  $17\text{ }^\circ\text{C}$ . Determine:

- a variação de temperatura entre os instantes em que essas temperaturas foram registradas;
- o valor dessa variação de temperatura expresso em graus Fahrenheit.

**P. 8** Um sistema inicialmente na temperatura de  $20\text{ }^\circ\text{C}$  sofre uma variação de  $-35\text{ }^\circ\text{C}$ . Determine:

- a temperatura final do sistema na escala Celsius;
- a variação de temperatura do sistema expressa na escala Fahrenheit;
- a temperatura final do sistema na escala Fahrenheit.



### Função termométrica

Existem vários tipos de termômetros, diferindo uns dos outros pela grandeza termométrica. Por exemplo, nos termômetros de líquido, como os de mercúrio, a grandeza termométrica é o volume do líquido, que, ao variar, faz mudar a altura da coluna.

Nos termômetros de gás, a grandeza termométrica é o volume do gás (quando a pressão é mantida constante) ou a pressão do gás (quando o volume é mantido constante). No termômetro de resistência de platina, a grandeza termométrica é a resistência elétrica, que é estudada em Eletricidade, no Volume 3.

A fórmula que relaciona os valores da grandeza termométrica com os respectivos valores da temperatura é denominada **função termométrica**, que geralmente é do primeiro grau.



▶ No termômetro de platina, a grandeza termométrica é a resistência elétrica.

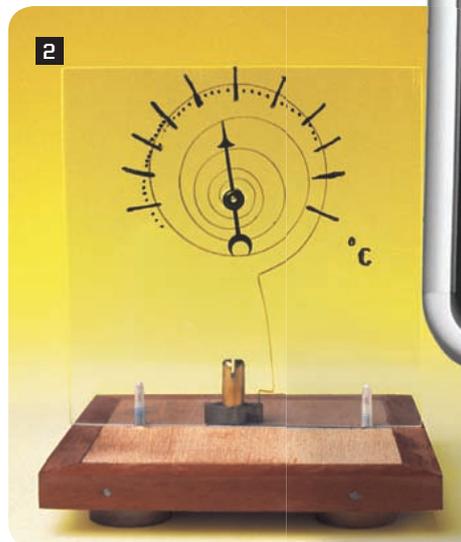
### Outros tipos de termômetro

O termômetro de mercúrio ainda é de uso muito difundido, pela facilidade de construção e de manuseio aliada a uma boa precisão. Por isso, em laboratórios (nas situações em que não se exige um rigor muito grande nas medições) e nas residências (para medir a temperatura corporal ou para uso culinário), o termômetro de mercúrio é normalmente o escolhido.

Existem, entretanto, vários outros tipos de termômetro. Entre os mais simples estão o termômetro de álcool (1), em que o líquido termométrico é álcool com corante, e o termômetro metálico (2), baseado na dilatação de uma lâmina bimetálica. Dentre os mais sofisticados, destacam-se os chamados termômetros digitais (3), geralmente baseados na variação da resistência elétrica de um condutor metálico em função da temperatura.



▶ Diferentes aplicações demandam diferentes tipos de termômetro, cada um com sua própria grandeza termométrica.



## EXERCÍCIO RESOLVIDO

- R. 7** Num termômetro de mercúrio, a coluna líquida apresenta 0,4 cm quando em presença do gelo em fusão (0 °C) e 20,4 cm em presença de vapores de água em ebulição (100 °C). Determine:
- a função termométrica desse termômetro na escala Celsius;
  - a temperatura indicada por esse termômetro quando sua coluna líquida apresenta 8,4 cm de altura.

### Solução:

- a) A função termométrica adotada é do primeiro grau. Assim, podemos fazer a comparação entre a grandeza termométrica ( $h$ ) e a temperatura ( $\theta$ ):

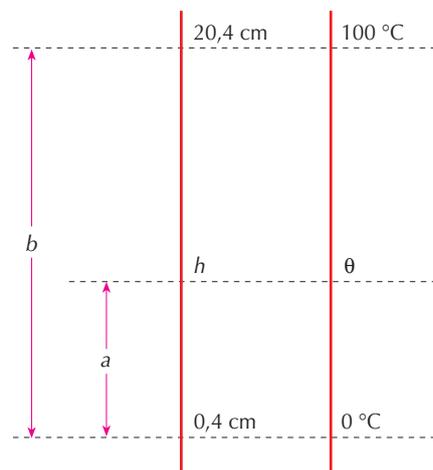
$$\frac{a}{b} = \frac{h - 0,4}{20,4 - 0,4} = \frac{\theta - 0}{100 - 0}$$

$$\frac{h - 0,4}{20} = \frac{\theta}{100}$$

$$h - 0,4 = \frac{\theta}{5}$$

$$\theta = 5h - 2$$

Essa equação expressa a função termométrica desse termômetro na escala Celsius.



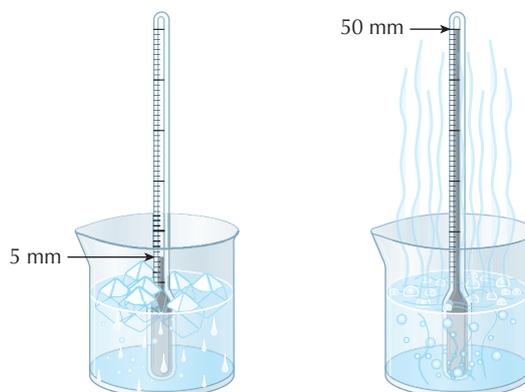
- b) Substituindo na fórmula acima  $h = 8,4$  cm, obtemos:

$$\theta = 5 \cdot 8,4 - 2 = 42 - 2 \Rightarrow \theta = 40 \text{ °C}$$

**Respostas:** a)  $\theta = 5h - 2$ ; b) 40 °C

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- P. 9** A coluna líquida de um termômetro de mercúrio apresenta altura de 5 mm quando o termômetro é colocado num recipiente contendo gelo em fusão. Quando o termômetro é colocado em vapores de água em ebulição sob pressão normal, a coluna líquida apresenta 50 mm. Determine:
- a função termométrica desse termômetro na escala Celsius;
  - a temperatura de um corpo em presença do qual a coluna líquida apresenta 15 mm de altura.



- P. 10** No termômetro de gás, a volume constante, a grandeza termométrica é a pressão que o gás exerce. Um termômetro nessas condições indica uma pressão de 5 mmHg quando em equilíbrio com o ponto do gelo, e uma pressão de 7 mmHg no equilíbrio térmico com o ponto do vapor.
- Estabeleça a função termométrica desse termômetro para a escala Fahrenheit.
  - Determine a temperatura de um forno sabendo que a pressão do gás no equilíbrio térmico é 9,5 mmHg.

### Objetivos

- ▶ Compreender os princípios da criação da escala Kelvin.
- ▶ Relacionar a temperatura na escala Kelvin com a temperatura na escala Celsius.
- ▶ Converter as variações de temperatura medidas nas escalas Celsius e Kelvin.

### Termos e conceitos

- zero absoluto
- energia do ponto zero

## A temperatura como medida da agitação térmica. A escala absoluta Kelvin

As partículas constituintes de um gás estão em movimento desordenado. Esse movimento é denominado **agitação térmica**. Assim, cada partícula constituinte do gás é dotada de energia cinética própria. A soma das energias cinéticas individuais de todas as partículas constitui a **energia térmica** do gás.

Quanto mais intensa a agitação térmica, maior será a energia cinética de cada molécula e, em consequência, maior a temperatura (fig. 8).

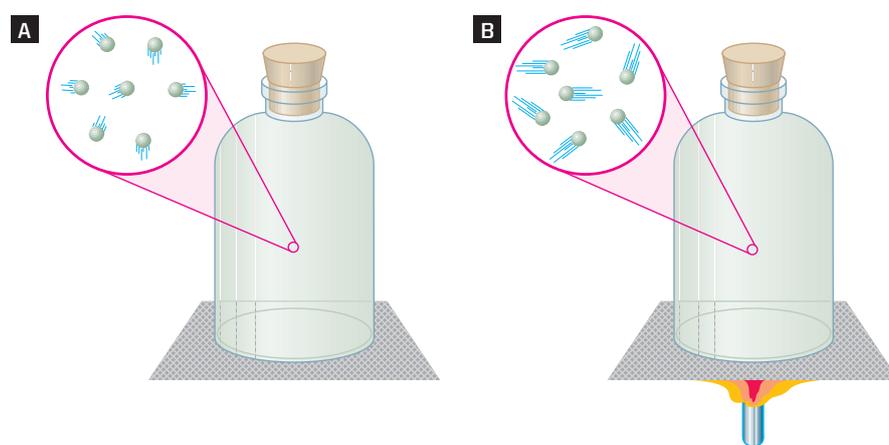


Figura 8. Ao se aquecer o gás, suas moléculas se agitam mais intensamente. Na situação (B), a temperatura é maior que na situação (A).

O fato de haver um número maior ou menor de moléculas altera a energia térmica total do corpo; no entanto, se cada molécula continua com a mesma energia cinética média que possuía, o grau de agitação é o mesmo e, conseqüentemente, a temperatura também é a mesma.

Imaginemos, por exemplo, um recipiente A contendo um gás, no qual cada molécula tem uma energia cinética média de  $4 \cdot 10^{-21}$  J (fig. 9A). Se o ligarmos a um recipiente B (fig. 9B) com o mesmo número de moléculas, tendo cada uma delas os mesmos  $4 \cdot 10^{-21}$  J de energia cinética média, a energia térmica total do sistema formado será maior, mas a temperatura não irá se alterar.

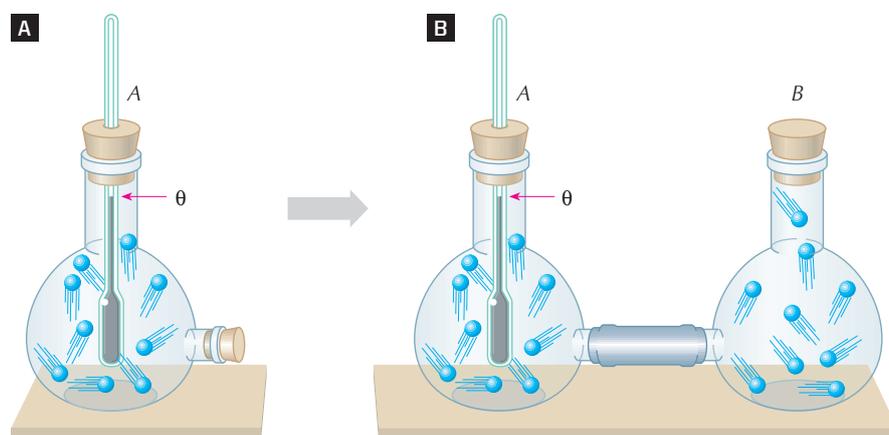


Figura 9. O sistema (A + B) possui maior energia térmica que o sistema A, mas a temperatura é a mesma.

No Capítulo 8 (*Estudo dos gases*) voltaremos a discutir a relação entre temperatura e agitação térmica. Por ora, podemos concluir:

A temperatura pode ser entendida como uma medida do nível energético de um sistema. Dois corpos podem apresentar temperaturas iguais (mesmo nível energético), mas possuir energias térmicas totais diferentes.

Experimentalmente, o físico irlandês William Thomson (lorde Kelvin\*) verificou que a pressão de um gás rarefeito diminuía  $\frac{1}{273,15}$  do valor inicial, quando resfriado a volume constante, de 0 °C para -1 °C. Por extrapolação, concluiu que, se o gás não mudasse de estado, sua pressão seria nula na temperatura de -273,15 °C (que se costuma aproximar para -273 °C).

A esse estado térmico, em que se anularia a pressão do gás, foi dado o nome de **zero absoluto** – o limite inferior de temperatura. Todas as tentativas para alcançar o zero absoluto falharam. Ele é inatingível, embora seja possível aproximar-se dele indefinidamente. À medida que a temperatura de um corpo se aproxima do zero absoluto, a energia cinética de suas moléculas tende para um valor finito que se denomina **energia do ponto zero** – que, apesar do nome, **não é nula**.

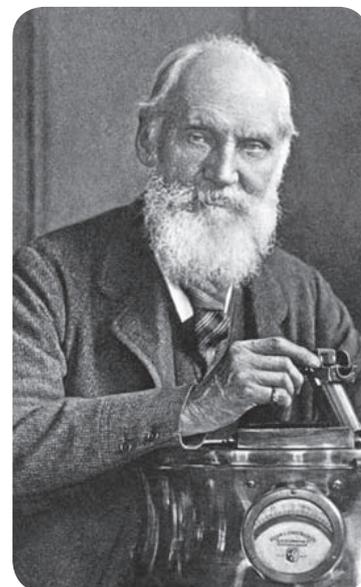
Com base nesse estado térmico, lorde Kelvin estabeleceu, em 1848, a escala absoluta que hoje leva o seu nome. A origem (zero) da escala Kelvin é o zero absoluto e a unidade adotada é o **kelvin**\*\* (símbolo **K**), cuja extensão é igual à do grau Celsius (°C). Assim, uma variação de temperatura de 1 °C corresponde a uma variação de temperatura de 1 K.

Generalizando, qualquer variação de temperatura na escala Celsius ( $\Delta\theta_c$ ) é numericamente igual à variação de temperatura correspondente na escala Kelvin ( $\Delta T$ ):

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

Observe que as indicações que se correspondem nas escalas Celsius ( $\theta_c$ ) e Kelvin ( $T$ ) nunca coincidem. Realmente, o ponto de congelamento da água (0 °C) corresponde a 273 K (que se lê 273 kelvins) e o ponto de ebulição da água (100 °C) corresponde a 373 K. Assim, comparando as indicações da escala Celsius e da escala absoluta Kelvin, para um mesmo estado térmico (**fig. 10**), notamos que a temperatura absoluta ( $T$ ) é sempre 273 unidades mais alta que a correspondente temperatura Celsius ( $\theta_c$ ).

$$T = \theta_c + 273$$



Retrato de William Thomson, lorde Kelvin.

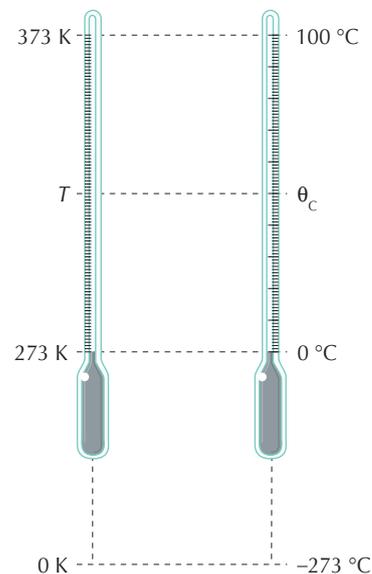


Figura 10. A temperatura absoluta  $T$  é igual à temperatura Celsius  $\theta_c$  somada a 273.

**Entre na rede** No endereço eletrônico <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/cero/cero.htm> (acesso em julho/2009), você poderá simular uma experiência na qual certo volume de ar é aquecido desde 0 °C até 100 °C. A variação de pressão do ar é analisada graficamente, verificando-se por extrapolação que se anula no zero absoluto (-273 °C).

- \* **LORDE KELVIN** é o título de nobreza que o célebre físico irlandês William Thomson (1824-1907) recebeu em 1892 da rainha Vitória. Aos 34 anos, ao instalar o primeiro cabo telegráfico sob o Oceano Atlântico, foi sagrado cavaleiro, recebendo o título de *Sir*. Ao morrer, foi enterrado ao lado da sepultura de Newton, na Abadia de Westminster, Londres.
- \*\* A unidade de temperatura termodinâmica (absoluta) do Sistema Internacional de Unidades é o kelvin (K), não se utilizando mais o grau Kelvin (°K) como era feito antigamente.



## Temperaturas absolutas notáveis

Apresentamos, a seguir, algumas temperaturas notáveis, expressas em kelvin, desde o interior das estrelas mais quentes até o zero absoluto, que representam os dois extremos conhecidos.

Interior das estrelas mais quentes	$10^9$ K
Bomba de hidrogênio	$10^8$ K
Interior do Sol	$10^7$ K
Coroa solar	$10^6$ K
Bomba atômica	$3 \cdot 10^5$ K
Temperatura em que todas as moléculas estão ionizadas	$1,5 \cdot 10^4$ K
Superfície do Sol	$6 \cdot 10^3$ K
Filamento de lâmpada incandescente	$3 \cdot 10^3$ K
Chama de fogão	$1,1 \cdot 10^3$ K

Turbina a vapor	$9 \cdot 10^2$ K
Temperaturas familiares ao homem	273 K a 373 K
Oxigênio vaporiza-se sob pressão normal	90 K
Superfície de Plutão	entre 38 K e 63 K
Hidrogênio vaporiza-se sob pressão normal	20 K
Hélio vaporiza-se sob pressão normal	4 K
Hélio solidifica-se sob alta pressão	1 K
Zero absoluto	0 K

### Está no Guinness

De acordo com o *Guinness* 2008, o livro dos records, a temperatura mais baixa até hoje conseguida foi de  $450 \cdot 10^{-12}$  K. Essa temperatura foi obtida por uma equipe do MIT, liderada por Aaron Leanhardt, em Cambridge, Massachusetts, EUA.



**Conteúdo digital Moderna PLUS** <http://www.modernaplus.com.br>  
A Física em nosso Mundo: *Criogenia - A Física das baixas temperaturas*

## EXERCÍCIO RESOLVIDO

**R. 8** A temperatura corporal humana pode variar entre  $35^\circ\text{C}$  e  $42^\circ\text{C}$  na escala Celsius.

- Determine os valores desses limites na escala absoluta Kelvin.
- Calcule a variação quando a temperatura de uma pessoa se altera do menor para o maior dos valores citados acima, nas duas escalas.

### Solução:

a) A indicação absoluta é 273 unidades maior que a indicação Celsius:  $T = \theta_c + 273$ . Assim:

$$\theta_c = 35^\circ\text{C} \Rightarrow T = 35 + 273 \Rightarrow T = 308 \text{ K}$$

$$\theta_c = 42^\circ\text{C} \Rightarrow T' = 42 + 273 \Rightarrow T' = 315 \text{ K}$$

b) Na escala Celsius:  $\theta_1 = 35^\circ\text{C}$  e  $\theta_2 = 42^\circ\text{C}$ . Assim:

$$\Delta\theta_c = \theta_2 - \theta_1 = 42 - 35 \Rightarrow \Delta\theta_c = 7^\circ\text{C}$$

Na escala Kelvin:  $T_1 = 308 \text{ K}$  e  $T_2 = 315 \text{ K}$ . Então:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 315 - 308 \Rightarrow \Delta T = 7 \text{ K}$$

Observe que as variações de temperatura coincidem nas duas escalas:

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

**Respostas:** a) A temperatura corporal na escala Kelvin varia entre 308 K e 315 K; b)  $7^\circ\text{C}$  e 7 K



## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**P. 11** O álcool etílico tem ponto de congelamento de  $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$  sob pressão normal. Determine essa temperatura na escala Kelvin.

**P. 12** (FICB-DF) Quando um termômetro graduado na escala Celsius sofrer uma variação de 32 graus em sua temperatura, qual será a correspondente variação de temperatura para um termômetro graduado na escala Kelvin?

**P. 13** Em certa cidade, num dia de verão, a temperatura mínima foi de  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e a máxima, de  $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Determine:

- os valores das temperaturas mínima e máxima referidas expressos na escala absoluta Kelvin;
- a máxima variação de temperatura ocorrida nesse dia, expressa nas escalas Celsius e Kelvin.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS DE RECAPITULAÇÃO

**P. 14** (PUC-SP) Um médico inglês mede a temperatura de um paciente com suspeita de infecção e obtém em seu termômetro clínico o valor de  $102,2\text{ }^{\circ}\text{F}$  (graus Fahrenheit).

- Tem ele motivo de preocupação com o paciente? Justifique.
- Por que um doente com febre sente frio? Responda e defina também o conceito físico de calor.

**P. 15** Uma escala arbitrária adota para o ponto do gelo e para o ponto do vapor, respectivamente, os valores  $-10$  e  $240$ . Estabeleça as fórmulas de conversão dessa escala para as escalas Celsius e Fahrenheit. Determine a indicação da referida escala para o zero absoluto.

**P. 16** Numa escala arbitrária E, o zero corresponde a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a indicação  $100\text{ }^{\circ}\text{E}$  corresponde a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Determine:

- a fórmula de conversão entre as indicações da escala E e da escala Celsius;
- as leituras que, na escala E, correspondem ao ponto do gelo e ao ponto do vapor;
- as indicações cujos valores absolutos coincidem nas escalas E e Celsius.

**P. 17** (Olimpíada Brasileira de Física) Ao se construir uma escala termométrica arbitrária X, verificou-se que a temperatura de  $-40\text{ }^{\circ}\text{X}$  coincide com o mesmo valor na antiga escala de temperatura Réaumur, que adota respectivamente  $0\text{ }^{\circ}\text{R}$  e  $80\text{ }^{\circ}\text{R}$  para os pontos fixos fundamentais (ponto do gelo e ponto do vapor). Verificou-se ainda que a temperatura de  $-75\text{ }^{\circ}\text{X}$  coincide com o mesmo valor na escala Celsius. Determine na escala X as leituras correspondentes a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a  $80\text{ }^{\circ}\text{R}$ .

**P. 18** Um termômetro de escala Celsius tornou-se inexistente, conservando, entretanto, seção interna uniforme. Quando as temperaturas são  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ele marca, respectivamente,  $-2^{\circ}$  e  $71^{\circ}$ . Determine uma fórmula que forneça as temperaturas exatas T em função das que se leem no termômetro defeituoso D. Quais das temperaturas lidas coincidem em valor absoluto?

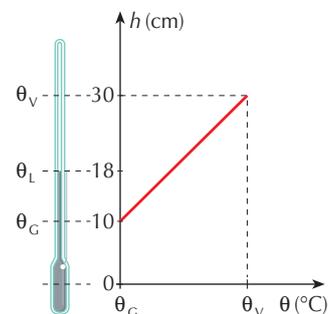
**P. 19** (EEM-SP) Pode-se medir a temperatura com um termômetro de mercúrio. Neste, a grandeza termométrica é o comprimento L de uma coluna capilar, medida a partir de uma origem comum. Verifica-se que  $L = 2,34\text{ cm}$ , quando o termômetro está em equilíbrio térmico com o gelo em fusão, e  $L = 12,34\text{ cm}$ , quando o equilíbrio térmico é com a água em ebulição (num ambiente em que a pressão atmosférica é  $1\text{ atm}$ ).

- Calcule o comprimento da coluna de mercúrio quando a temperatura é  $\theta = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Calcule a temperatura do ambiente quando  $L = 8,84\text{ cm}$ .

**P. 20** (UFRJ) Em uma escala termométrica, que chamaremos de escala médica, o grau é chamado de **grau médico** e representado por  $^{\circ}\text{M}$ . A escala médica é definida por dois procedimentos básicos: no primeiro, faz-se corresponder  $0\text{ }^{\circ}\text{M}$  a  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $100\text{ }^{\circ}\text{M}$  a  $44\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; no segundo, obtém-se uma unidade de  $^{\circ}\text{M}$  pela divisão do intervalo de  $0\text{ }^{\circ}\text{M}$  a  $100\text{ }^{\circ}\text{M}$  em 100 partes iguais.

- Calcule a variação em graus médicos que corresponde à variação de  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Calcule, em graus médicos, a temperatura de um paciente que apresenta uma febre de  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**P. 21** (Cesgranrio-RJ) Com o objetivo de recalibrar um velho termômetro com a escala totalmente apagada, um estudante o coloca em equilíbrio térmico, primeiro com gelo fundente e, depois, com água em ebulição sob pressão atmosférica normal. Em cada caso, ele anota a altura atingida pela coluna de mercúrio:  $10,0\text{ cm}$  e  $30,0\text{ cm}$ , respectivamente, medida sempre a partir do centro do bulbo. Em seguida, ele espera que o termômetro entre em equilíbrio térmico com o laboratório e verifica que, nessa situação, a altura da coluna de mercúrio é de  $18,0\text{ cm}$ . Qual é a temperatura do laboratório na escala Celsius desse termômetro?

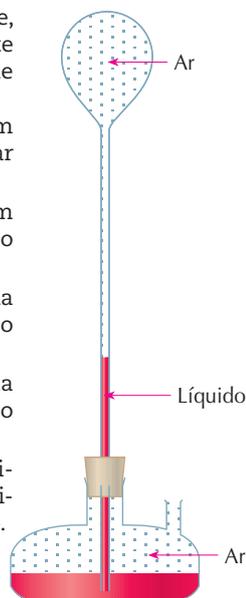


## TESTES PROPOSTOS

**T. 13** (Unifesp) A figura reproduz uma gravura do termoscópio de Galileu, um termômetro primitivo por ele construído no início do século XVII. No termoscópio, o ar é aprisionado no bulbo superior, ligado por um tubo a um recipiente aberto contendo um líquido colorido.

Assim, pode-se concluir que, se a temperatura ambiente subir, a altura da coluna de líquido colorido:

- aumenta, pois aumentam o volume e a pressão do ar contido no bulbo.
- diminui, pois aumentam o volume e a pressão do ar contido no bulbo.
- aumenta, em decorrência da dilatação do líquido contido no recipiente.
- diminui, em decorrência da dilatação do líquido contido no recipiente.
- pode aumentar ou diminuir, dependendo do líquido contido no recipiente.



**T. 14** (Olimpíada Paulista de Física) Uma empresa brasileira do setor de alimentos deseja exportar sua massa para bolos. A legislação vigente no país importador exige que as temperaturas sejam expressas na escala Fahrenheit. Se o forno para assar o bolo deve ser preaquecido a uma temperatura de  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , qual é o valor correspondente na escala Fahrenheit?

- $151\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $202\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $253\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $302\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $212\text{ }^{\circ}\text{F}$

**T. 15** (Mackenzie-SP) No dia 1<sup>o</sup> de janeiro de 1997, Chicago amanheceu com a temperatura de  $5\text{ }^{\circ}\text{F}$ . Essa temperatura, na escala Celsius, corresponde a:

- $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $8\text{ }^{\circ}\text{C}$

**T. 16** (Fuvest-SP) A televisão noticia que a temperatura em Nova York chegou aos 104 graus (naturalmente 104 graus Fahrenheit). Converta para graus Celsius.

- $44\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $36\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

**T. 17** (FMTM-MG) A fim de diminuir o risco de explosão durante um incêndio, os botijões de gás possuem um pequeno pino com aspecto de parafuso, conhecido como **plugue fusível**. Uma vez que a temperatura do botijão chegue a  $172\text{ }^{\circ}\text{F}$ , a liga metálica desse dispositivo de segurança se funde, permitindo que o gás escape. Em termos de nossa escala habitual, o derretimento do plugue fusível ocorre, aproximadamente, a:

- $69\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $78\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $85\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $96\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $101\text{ }^{\circ}\text{C}$

**T. 18** (Unimep-SP) Mergulham-se dois termômetros na água: um graduado na escala Celsius e o outro na Fahrenheit. Espera-se o equilíbrio térmico e nota-se que a diferença entre as leituras nos dois termômetros é igual a 92. A temperatura da água valerá, portanto:

- $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $120\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $32\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $124\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $152\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $167\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $172\text{ }^{\circ}\text{F}$

**T. 19** (UEPG-PR) Em um recipiente contendo água, dois termômetros medem, simultaneamente, a temperatura. Um dos termômetros está graduado na escala Fahrenheit e o outro na escala Celsius, e a diferença entre a medida obtida na escala Fahrenheit e a medida obtida na escala Celsius é igual a  $100^{\circ}$ . A partir desses dados, é correto afirmar que a água encontra-se a uma temperatura igual a:

- $45\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $185\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $85\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $95\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $75\text{ }^{\circ}\text{C}$

**T. 20** (Mackenzie-SP) Um viajante, ao desembarcar no aeroporto de Londres, observou que o valor da temperatura do ambiente na escala Fahrenheit é o quádruplo do valor da temperatura na escala Celsius. Esta temperatura é de:

- $5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $15\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $25\text{ }^{\circ}\text{C}$

**T. 21** (UFF-RJ) Um turista brasileiro, ao desembarcar no aeroporto de Chicago, observou que o valor da temperatura lá indicado, em  $^{\circ}\text{F}$ , era um quinto do valor correspondente em  $^{\circ}\text{C}$ . O valor observado foi:

- $-2\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $2\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $4\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $0\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $-4\text{ }^{\circ}\text{F}$

**T. 22** (Mackenzie-SP) A indicação de uma temperatura na escala Fahrenheit excede em 2 unidades o dobro da correspondente indicação na escala Celsius. Essa temperatura é:

- $300\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $170\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $150\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

**T. 23** (FEI-SP) Uma diferença de temperatura de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  equivale a:

- $112\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $212\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $180\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $132\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $68\text{ }^{\circ}\text{F}$

**T. 24** (Ufac) A temperatura em Rio Branco, em certo dia, sofreu uma variação de  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Na escala Fahrenheit, essa variação corresponde a:

- $108\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $71\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $44\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $27\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $1\text{ }^{\circ}\text{F}$

**T. 25** (ITA-SP) Para medir a febre de pacientes, um estudante de medicina criou sua própria escala linear de temperaturas. Nessa nova escala, os valores de 0 (zero) e 10 (dez) correspondem respectivamente a 37 °C e 40 °C. A temperatura de mesmo valor numérico em ambas as escalas é aproximadamente:

a) 52,9 °C                      d) -8,5 °C  
 b) 28,5 °C                      e) -28,5 °C  
 c) 74,3 °C

**T. 26** (Mackenzie-SP) Um termômetro mal graduado na escala Celsius indica para a água, à pressão normal, o valor de 1 °C para a fusão e o de 99 °C para a ebulição. A única temperatura correta que esse termômetro poderá indicar é a de:

a) 45 °C                      d) 53 °C  
 b) 47 °C                      e) 55 °C  
 c) 50 °C

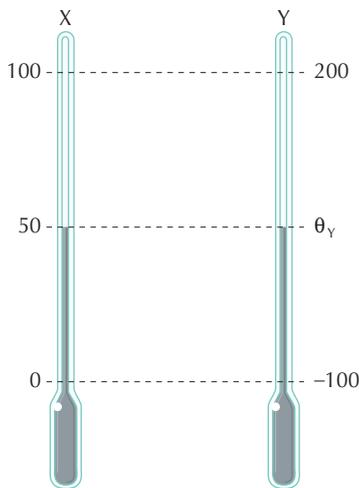
**T. 27** (UFS-SE) A equação de conversão de uma escala X para a escala Celsius é dada pela expressão  $\theta_x = \frac{5}{4} \theta_c - 20$ , onde  $\theta_x$  é a temperatura em grau X e  $\theta_c$  a temperatura em grau Celsius. Pode-se afirmar que os pontos fixos da escala X correspondentes à fusão do gelo e à ebulição da água sob pressão normal são, respectivamente:

a) -20 °X e 105 °X            d) 10 °X e 105 °X  
 b) -20 °X e 125 °X           e) 20 °X e 125 °X  
 c) 0 °X e 95 °X

**T. 28** (Ufam) Uma escala termométrica X é construída de modo que a temperatura de 0 °X corresponde a -4 °F, e a temperatura de 100 °X corresponde a 68 °F. Nesta escala X, a temperatura de fusão do gelo vale:

a) 30 °X                      d) 40 °X  
 b) 20 °X                      e) 10 °X  
 c) 50 °X

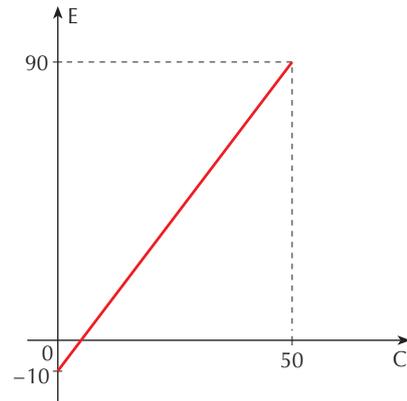
**T. 29** (PUC-RS) Duas escalas termométricas quaisquer, X e Y, relacionam-se conforme o diagrama seguinte.



O valor  $\theta_y$  na escala Y que corresponde a 50 graus na escala X é:

a) -50                      c) 50                      e) 150  
 b) 0                      d) 100

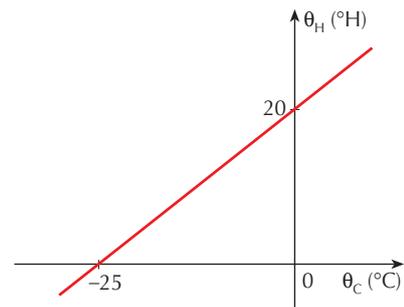
**T. 30** (Uece) Comparando-se a escala E de um termômetro com a escala C (Celsius), obteve-se este gráfico de correspondência entre as medidas:



Quando o termômetro Celsius estiver registrando 90 °C, o termômetro E estará marcando:

a) 100 °E                      d) 170 °E  
 b) 120 °E                      e) 200 °E  
 c) 150 °E

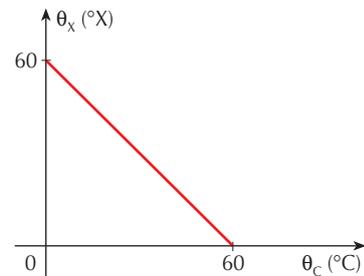
**T. 31** (Uema) O gráfico estabelece a relação entre uma escala termométrica hipotética de temperatura e a escala Celsius.



A temperatura da água em ebulição, nessa escala hipotética, vale:

a) 60 °H                      d) 120 °H  
 b) 100 °H                      e) 125 °H  
 c) 80 °H

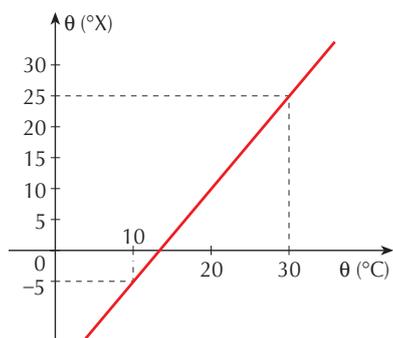
**T. 32** (Unifor-CE) O gráfico representa a relação entre uma escala de temperatura arbitrária X e a escala Celsius.



Na escala X, ao nível do mar, a temperatura de fusão do gelo e a de ebulição da água valem, respectivamente:

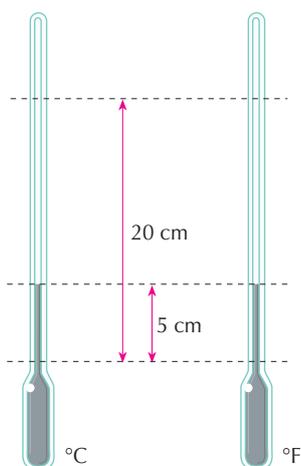
a) 100 e 0                      d) 0 e 100  
 b) 60 e 40                      e) -40 e 60  
 c) 60 e -40

- T. 33** (UEL-PR) O gráfico a seguir representa a relação entre a temperatura medida numa escala X e a mesma temperatura medida na escala Celsius.



Pelo gráfico, pode-se concluir que o intervalo de temperatura de  $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  é equivalente a:

- a)  $0,50\text{ }^{\circ}\text{X}$                       c)  $1,0\text{ }^{\circ}\text{X}$                       e)  $2,0\text{ }^{\circ}\text{X}$   
b)  $0,80\text{ }^{\circ}\text{X}$                       d)  $1,5\text{ }^{\circ}\text{X}$
- T. 34** (Mackenzie-SP) Um profissional, necessitando efetuar uma medida de temperatura, utilizou um termômetro cujas escalas termométricas inicialmente impressas ao lado da coluna de mercúrio estavam ilegíveis. Para atingir seu objetivo, colocou o termômetro inicialmente numa vasilha com gelo fundente, sob pressão normal, e verificou que no equilíbrio térmico a coluna de mercúrio atingiu  $8,0\text{ cm}$ . Ao colocar o termômetro em contato com água fervente, também sob pressão normal, o equilíbrio térmico se deu com a coluna de mercúrio atingindo  $20,0\text{ cm}$  de altura. Se nesse termômetro utilizarmos as escalas Celsius e Fahrenheit e a temperatura a ser medida for expressa pelo mesmo valor nas duas escalas, a coluna de mercúrio terá altura de:
- a)  $0,33\text{ cm}$                       c)  $3,2\text{ cm}$                       e)  $6,0\text{ cm}$   
b)  $0,80\text{ cm}$                       d)  $4,0\text{ cm}$
- T. 35** (UFBA) As indicações para os pontos de fusão do gelo e de ebulição da água sob pressão normal de dois termômetros, um na escala Celsius e outro na escala Fahrenheit, distam  $20\text{ cm}$ , conforme a figura.



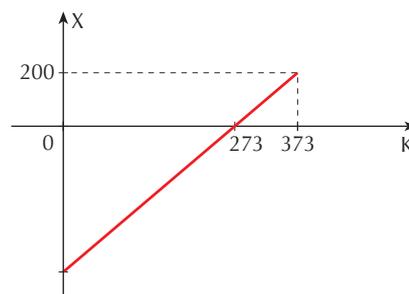
A  $5\text{ cm}$  do ponto de fusão do gelo os termômetros registram temperaturas iguais a:

- a)  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $77\text{ }^{\circ}\text{F}$                       d)  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $45\text{ }^{\circ}\text{F}$   
b)  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $40\text{ }^{\circ}\text{F}$                       e)  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $53\text{ }^{\circ}\text{F}$   
c)  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $45\text{ }^{\circ}\text{F}$

- T. 36** (Unesp-BA) Numa cidade onde a pressão atmosférica vale  $1\text{ atm}$ , a coluna de mercúrio de um termômetro apresenta altura de  $4\text{ cm}$ , quando em equilíbrio térmico com gelo em fusão, e possui altura de  $14\text{ cm}$ , quando em equilíbrio térmico com água em ebulição. A altura da coluna de mercúrio quando a indicação do termômetro é de  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  é, em  $\text{cm}$ :
- a) 3                      b) 4                      c) 7                      d) 11                      e) 17

- T. 37** (Mackenzie-SP) O célebre físico irlandês William Thomson, que ficou mundialmente conhecido pelo título de lorde Kelvin, entre tantos trabalhos que desenvolveu, “criou” a escala termométrica absoluta. Essa escala, conhecida por escala Kelvin, consequentemente não admite valores negativos, e, para tanto, estabeleceu como zero o estado de mínima energia molecular. Conceitualmente sua colocação é consistente, pois a temperatura de um corpo se refere à medida:
- a) da quantidade de movimento das moléculas do corpo.  
b) da quantidade de calor do corpo.  
c) da energia térmica associada ao corpo.  
d) da energia cinética das moléculas do corpo.  
e) do grau de agitação das moléculas do corpo.

- T. 38** (Unirio-RJ) O nitrogênio, à pressão de  $1,0\text{ atm}$ , se condensa a uma temperatura de  $-392$  graus numa escala termométrica X. O gráfico representa a correspondência entre essa escala e a escala K (Kelvin).



Em função dos dados apresentados no gráfico, podemos verificar que a temperatura de condensação do nitrogênio, em kelvin, é dada por:

- a) 56                      c) 100                      e) 273  
b) 77                      d) 200

- T. 39** (Mackenzie-SP) Para medir a temperatura de um certo corpo, utilizou-se um termômetro graduado na escala Fahrenheit e o valor obtido correspondeu a  $\frac{4}{5}$  da indicação de um termômetro graduado na escala Celsius, para o mesmo estado térmico. Se a escala adotada tivesse sido a Kelvin, esta temperatura seria indicada por:
- a)  $305\text{ K}$                       c)  $241\text{ K}$                       e)  $25,6\text{ K}$   
b)  $273\text{ K}$                       d)  $32\text{ K}$

- T. 40** (UFPA) Em um certo instante a temperatura de um corpo, medida na escala Kelvin, foi de  $300\text{ K}$ . Decorrido um certo tempo, mediu-se a temperatura desse mesmo corpo e o termômetro indicou  $68\text{ }^{\circ}\text{F}$ . A variação de temperatura sofrida pelo corpo, medida na escala Celsius, foi de:
- a)  $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$                       c)  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$                       e)  $368\text{ }^{\circ}\text{C}$   
b)  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$                       d)  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$