

**CEJA** >>

**CENTRO DE EDUCAÇÃO**  
de JOVENS e ADULTOS

**CIÊNCIAS DA  
NATUREZA**

e suas **TECNOLOGIAS** >>

**Física**

**Fascículo 3**

Unidades 6, 7 e 8

Edição revisada 2016

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Governador  
**Luiz Fernando de Souza Pezão**

Vice-Governador  
**Francisco Oswaldo Neves Dornelles**

---

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Secretário de Estado  
**Gustavo Reis Ferreira**

---

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO

Secretário de Estado  
**Antônio José Vieira de Paiva Neto**

---

FUNDAÇÃO CECIERJ

Presidente  
**Carlos Eduardo Bielschowsky**

---

PRODUÇÃO DO MATERIAL CEJA (CECIERJ)

Coordenação Geral de  
Design Instrucional  
**Cristine Costa Barreto**

Elaboração  
**Claudia Augusta de Moraes Russo**  
**Ricardo Campos da Paz**

Revisão de Língua Portuguesa  
**Ana Cristina Andrade dos Santos**

Coordenação de  
Design Instrucional  
**Flávia Busnardo**  
**Paulo Miranda**

Design Instrucional  
**Aline Beatriz Alves**

Coordenação de Produção  
**Fábio Rapello Alencar**

Capa  
**André Guimarães de Souza**

Projeto Gráfico  
**Andreia Villar**

Imagem da Capa e da Abertura das Unidades  
**<http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1381517>**

Diagramação  
**Equipe Cederj**

Ilustração  
**Bianca Giacomelli**  
**Clara Gomes**  
**Fernando Romeiro**  
**Jefferson Caçador**  
**Sami Souza**

Produção Gráfica  
**Verônica Paranhos**

# Sumário

<b>Unidade 6</b>	<b>  Aprendendo sobre energia</b>	<b>5</b>
<hr/>		
<b>Unidade 7</b>	<b>  Quando mundos colidem</b>	<b>45</b>
<hr/>		
<b>Unidade 8</b>	<b>  Quente ou frio?</b>	<b>81</b>
<hr/>		

# Prezado(a) Aluno(a),

Seja bem-vindo a uma nova etapa da sua formação. Estamos aqui para auxiliá-lo numa jornada rumo ao aprendizado e conhecimento.

Você está recebendo o material didático impresso para acompanhamento de seus estudos, contendo as informações necessárias para seu aprendizado e avaliação, exercício de desenvolvimento e fixação dos conteúdos.

Além dele, disponibilizamos também, na sala de disciplina do CEJA Virtual, outros materiais que podem auxiliar na sua aprendizagem.

O CEJA Virtual é o Ambiente virtual de aprendizagem (AVA) do CEJA. É um espaço disponibilizado em um site da internet onde é possível encontrar diversos tipos de materiais como vídeos, animações, textos, listas de exercício, exercícios interativos, simuladores, etc. Além disso, também existem algumas ferramentas de comunicação como chats, fóruns.

Você também pode postar as suas dúvidas nos fóruns de dúvida. Lembre-se que o fórum não é uma ferramenta síncrona, ou seja, seu professor pode não estar online no momento em que você postar seu questionamento, mas assim que possível irá retornar com uma resposta para você.

Para acessar o CEJA Virtual da sua unidade, basta digitar no seu navegador de internet o seguinte endereço:  
<http://cejarj.cecierj.edu.br/ava>

Utilize o seu número de matrícula da carteirinha do sistema de controle acadêmico para entrar no ambiente. Basta digitá-lo nos campos "nome de usuário" e "senha".

Feito isso, clique no botão "Acesso". Então, escolha a sala da disciplina que você está estudando. Atenção! Para algumas disciplinas, você precisará verificar o número do fascículo que tem em mãos e acessar a sala correspondente a ele.

Bons estudos!

# Quente ou frio?

**Fascículo 3**  
**Unidade 8**



# Quente ou frio?

## Para início de conversa..

Todos nós vivemos reclamando: no verão, que está muito calor; no inverno, que está muito frio. Quando adoecemos é comum ficarmos com febre, quando nosso corpo torna-se mais quente do que o normal. As sensações de quente e frio estão presentes em todos os momentos de nossas vidas. Temperatura é a propriedade física da matéria que se manifesta pelas sensações de quente ou frio.

Para ser útil cientificamente, a noção de temperatura precisa ser quantificada. Nossas sensações individuais de quente ou frio são apenas qualitativas e, ainda por cima, altamente subjetivas, variam muito de pessoa para pessoa. Há gente calorenta e gente friorenta.



Pessoas friorentas experimentam uma sensação de frio muito mais intensa do que as outras pessoas nas mesmas condições atmosféricas; já as calorentas sentem muito mais calor. Uma mesma pessoa pode ter sensações contraditórias de calor ou frio, dependendo da situação.



Faça a seguinte experiência: encha três panelas, uma com água fria, uma com água morna e outra com água quente. Se você primeiro mergulhar uma das mãos na panela de água fria e, em seguida, mergulhar essa mão na panela de água morna, esta parecerá quente. Se, agora, você mergulhar uma das mãos na panela de água quente e em seguida a introduzir na panela de água morna, esta parecerá fria. Portanto, nossas sensações corporais ou táteis não são confiáveis para medir temperatura. Para atribuir um único valor numérico à temperatura precisamos de um termômetro.

Estudaremos de que maneira são construídas escalas termométricas que permitem associar um único número à temperatura de um corpo por meio de um termômetro. Já que existem diversas escalas termométricas, veremos como se faz para converter a temperatura medida numa escala em temperatura medida em outra escala. Por fim, veremos de que maneira a temperatura de um corpo está relacionada com o movimento incessante dos átomos ou das moléculas do referido corpo.



Figura 1: Exemplos de situações e objetos que nos remetem a algo quente e frio. Da esquerda para a direita, temos: uma mancha solar, neve e um fogão a gás.

## Objetivos de aprendizagem

- Aplicar a noção física de temperatura;
- Reconhecer a construção e o funcionamento de termômetros;
- Reconhecer as escalas termométricas mais importantes;
- Converter temperaturas entre diferentes escalas termométricas;
- Associar temperatura aos movimentos microscópicos dos átomos ou das moléculas dos corpos materiais;
- Conceituar equilíbrio térmico;
- Relacionar temperatura e equilíbrio térmico.

## Seção 1

# A Escala celsius

Em 1742, o astrônomo sueco Anders Celsius propôs à Academia Real de Ciências da Suécia uma escala termométrica que se tornaria conhecida como escala Celsius. Essa escala, que é usada em quase todos os países, é baseada na fixação de  $0^{\circ}\text{C}$  para a temperatura de fusão do gelo e de  $100^{\circ}\text{C}$  para a temperatura da água em ebulição, ambas as situações sob a pressão atmosférica normal (1 atmosfera, no nível do mar), e na subdivisão desse intervalo em 100 partes iguais, cada uma dessas partes representando a variação de temperatura de  $1^{\circ}\text{C}$ .



Saiba Mais

Anders Celsius (1701-1744) foi um astrônomo sueco. Ele organizou uma coleção de centenas de observações da aurora boreal, feitas por ele próprio e por outros estudiosos. Também fez parte de uma expedição à Lapônia, dirigida por Pierre-Louis de Maupertuis, que realizou medições de um arco de meridiano correspondente a um grau e confirmou o achatamento da Terra nos polos. Celsius foi um dos fundadores do Observatório Astronômico de Uppsala e tornou-se universalmente conhecido pela escala de temperatura que leva o seu nome.



Os termômetros mais simples, para medição da temperatura ambiente, exploram a dilatação térmica de mercúrio ou de álcool (etanol) colorido num tubo fino de vidro preso a uma escala graduada, como o termômetro mostrado na Figura 2.



Figura 2: Termômetro na escala Celsius marca  $-17^{\circ}\text{C}$  num dia de inverno no hemisfério norte.

Para construir um termômetro, precisa-se de: (a) uma substância termométrica, tal como mercúrio ou álcool colorido; (b) uma propriedade da substância termométrica que varie fortemente com a temperatura - por exemplo, dilatação térmica; (c) dois valores fixos da temperatura para duas situações facilmente reproduzíveis; (d) uma escala obtida pela subdivisão num certo número de partes iguais do intervalo entre os dois pontos fixos escolhidos.

### Termômetro Clínico de Mercúrio



Saiba Mais

Um termômetro clínico convencional, usado para medir a temperatura do nosso corpo, usa mercúrio como substância termométrica. Quando o bulbo do termômetro, cheio de mercúrio, é posto em contato durante alguns minutos com o corpo de uma pessoa com febre, o mercúrio no bulbo se expande e avança no tubo fino graduado. Na posição ocupada pela extremidade do filete de mercúrio, pode-se ler a temperatura.

A temperatura normal do corpo humano situa-se entre  $36,5^{\circ}\text{C}$  e  $37,0^{\circ}\text{C}$ . Por causa de um estreitamento proposital no tubo de saída de mercúrio do reservatório, o mercúrio não retorna à sua posição original depois de desfeito o contato com o corpo, continua marcando a temperatura do corpo. Por isso, antes de ser usado, deve-se sacudir o termômetro para forçar o recuo do filete de mercúrio para o reservatório, para marcações inferiores a  $36,0^{\circ}\text{C}$ . Os termômetros clínicos de mercúrio têm sido cada vez mais substituídos por termômetros clínicos digitais porque o mercúrio é um metal tóxico.

## A Importância da Pressão

Os pontos de fusão e de ebulição da água dependem da pressão. Por exemplo, sob pressão mais alta que a normal (1 atmosfera) a água ferve a uma temperatura maior que 100°C; o contrário também acontece, sob uma pressão mais baixa que a normal a água ferve a uma temperatura menor que 100°C. Como a pressão diminui com a altitude, em lugares acima do nível do mar a água ferve numa temperatura inferior a 100°C. Numa mina muito profunda, o ponto de ebulição da água é bem maior que 100°C. Eis aqui uma pequena tabela com o ponto de ebulição da água em diversas altitudes (temperaturas calculadas em <http://www.csgnetwork.com/h2oboilcalc.html>):

<b>Altitude (m)</b>	<b>Ponto de Ebulição da Água (°C)</b>	<b>Pressão (atm)</b>
-4000	<b>112,4</b>	<b>1,8</b>
-2000	<b>106,3</b>	<b>1,3</b>
-1000	<b>103,2</b>	<b>1,2</b>
0	<b>100,0</b>	<b>1,0</b>
1000	<b>96,7</b>	<b>0,9</b>
2000	<b>93,4</b>	<b>0,8</b>
5000	<b>82,8</b>	<b>0,5</b>
10000	<b>63,3</b>	<b>0,2</b>

Para sua referência: a mina mais profunda, na África do Sul, tem 3.700 m de profundidade; La Paz, a capital da Bolívia, está a 3.600 metros de altitude; o pico da montanha mais alta (Monte Everest) está 8.848 metros acima do nível do mar.

## Termômetro de Lâmina Bimetálica

Este tipo de termômetro, assim como os de mercúrio ou álcool, também explora a dilatação dos materiais, porém de um modo bastante especial. A “substância termométrica” não é uma substância no sentido estrito do termo, mas uma lâmina bimetálica, isto é, uma lâmina formada por duas fitas muito finas de dois metais diferentes, soldadas uma na outra, como na Figura 3 (a espessura das fitas está muito exagerada para facilitar a explicação do funcionamento). O metal da camada superior se dilata mais do que o da camada inferior. Se as fitas metálicas não

estivessem soldadas uma na outra, um aumento da temperatura provocaria a mudança ilustrada na parte superior da figura 3. Com as fitas soldadas uma na outra, o conjunto encurva-se, como na parte inferior da figura, por um motivo geométrico simples: a lâmina é obrigada a se encurvar de tal modo que a parte externa da curva seja mais longa do que a parte interna. Se a temperatura diminuir, a lâmina bimetálica encurva-se no sentido oposto ao representado na figura. O grau de encurvamento depende da variação da temperatura.

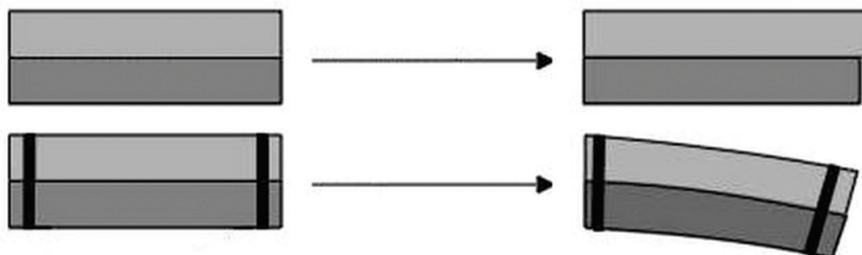


Figura3: Lâmina bimetálica.

A lâmina bimetálica costuma ser enrolada, formando uma espiral, como uma serpentina de carnaval. A espiral desenrola-se ou enrola-se mais compactamente, dependendo do sentido de variação da temperatura. A extremidade livre da espiral bimetálica gira de um certo ângulo que depende da variação da temperatura. Conectando-se essa extremidade a um ponteiro, a temperatura é indicada numa escala graduada, como no termômetro na **Figura 4**.



Figura 4: Termômetro de lâmina bimetálica.



Veja um pequeno filme que mostra o fenômeno de uma lâmina bimetálica em espiral se expandindo com o calor em:

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/26/Bimetal\\_coil\\_reacts\\_to\\_lighter.gif](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/26/Bimetal_coil_reacts_to_lighter.gif)

No link

<http://www.youtube.com/watch?v=ABL93J2pOGg>

é mostrada uma experiência muito simples que simula uma lâmina bimetálica e que você pode fazer na sua casa.

## Termômetro Digital de Rua



Figura 5: Termômetro digital no centro de Niterói, marcando uma temperatura típica de verão.

Termômetros digitais utilizam-se de outras propriedades termométricas, como, por exemplo, a variação da resistência elétrica com a temperatura. Termômetros digitais de rua, tais como o representado na Figura 5, funcionam da seguinte maneira: dentro do termômetro, há um resistor cuja resistência elétrica varia significativamente com a temperatura, provocando variação na corrente elétrica num circuito contendo esse resistor; um sensor de corrente conectado a um microcomputador registra a temperatura e mostra o seu valor no painel digital.

## Definição Prática de Temperatura

Agora que já vimos como termômetros de vários tipos podem ser construídos, podemos adotar uma definição operacional de temperatura: temperatura é aquilo que é medido por um termômetro.

## Seção 2

# A Escala Kelvin

Temperaturas negativas na escala Celsius são comuns: no inverno ocorrem no sul do Brasil e em muitas outras partes do mundo (veja a Figura 2). Tudo indica que são possíveis temperaturas arbitrariamente altas. No entanto, estudos realizados durante os últimos três séculos, em laboratórios de alta precisão, mostraram que existe uma temperatura mínima, conhecida como zero absoluto. O zero absoluto corresponde à temperatura de  $-273,15^{\circ}\text{C}$ , que aproximaremos por  $-273^{\circ}\text{C}$ . Lord Kelvin introduziu uma escala em que o zero absoluto vale 0 K (zero kelvin) e uma variação de temperatura de uma unidade nessa escala coincide com um grau na escala Celsius. Assim, se denotarmos por C a temperatura indicada na escala Celsius e por K a temperatura indicada na escala Kelvin, temos:

$$K = C + 273$$

Portanto, a temperatura de fusão do gelo é 273 K e a da água em ebulição é 373 K. A escala Kelvin é usada principalmente em trabalhos científicos. A temperatura na escala Kelvin é também conhecida como temperatura absoluta. O kelvin é a unidade de temperatura no Sistema Internacional de Unidades (SI) e lê-se sem a palavra “grau”: por exemplo, 1 K lê-se “um kelvin”. É comum tomar-se 300 K para representar, em números redondos, a temperatura ambiente. Você pode justificar essa escolha?

Na verdade, o zero absoluto é uma temperatura limite, que não pode ser atingida, nem, é claro, qualquer temperatura inferior. A tabela abaixo ilustra a enorme variedade de temperaturas que a natureza admite, muitas delas muito além do que somos capazes de perceber e até mesmo de imaginar.

EVENTO OU SISTEMA FÍSICO	TEMPERATURA (K)
Universo logo após o <b>Big Bang</b>	<b>1032</b>
Maior temperatura obtida em laboratório	<b><math>7,2 \times 10^{12}</math></b>
Centro do Sol	<b><math>1,6 \times 10^7</math></b>
Superfície do Sol	<b>6.000</b>
Temperatura média da superfície da Terra hoje	<b>288</b>
Temperatura da <b>radiação cósmica de fundo</b> hoje	<b>2,7</b>
Menor temperatura obtida em laboratório	<b>0,000 000 000 1</b>

### Big Bang

Explosão primordial que teria ocorrido há 13,7 bilhões de anos, dando origem ao Universo.

### Radiação cósmica de fundo

Radiação eletromagnética predominantemente na frequência de micro-ondas que preenche uniformemente o espaço. É uma das mais fortes evidências a favor da teoria do Big Bang e estima-se que sua formação ocorreu, quando o Universo tinha cerca de 350 mil anos de idade.

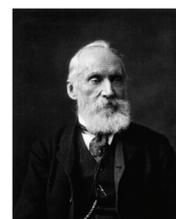


Esboce um gráfico da temperatura na escala Kelvin em função da temperatura na escala Celsius, com a temperatura Kelvin no eixo das ordenadas e a temperatura Celsius no eixo das abscissas. Refaça o gráfico, representando a temperatura Celsius no eixo das ordenadas e a temperatura Kelvin no eixo das abscissas.

Anote suas respostas em seu caderno



William Thomson, mais conhecido pelo título de Lord Kelvin, foi um engenheiro e físico-matemático irlandês que deu importantes contribuições ao eletromagnetismo e à termodinâmica. Ele teve uma participação decisiva no empreendimento que lançou o primeiro cabo submarino de um lado a outro do Oceano Atlântico, que estabeleceu a comunicação telegráfica entre Europa e América do Norte. Quando percebeu que há um limite inferior para a temperatura, Kelvin introduziu uma escala termométrica absoluta que se tornou conhecida pelo seu nome.



Como saber quais foram as temperaturas máxima e mínima num dia sem precisar ficar olhando o termômetro o tempo todo? Com a ajuda de um termômetro de máxima e mínima. O tipo de termômetro de máxima e mínima, representado na figura, utiliza um tubo em formato de U. Ambos os lados medem a mesma temperatura. Entretanto, a escala do lado esquerdo está invertida: as temperaturas acima do zero são negativas. A substância termométrica não é o mercúrio, mas um líquido transparente (tipicamente álcool) no tubo esquerdo. Há, também, agulhas dentro dos tubos. À medida que a temperatura diminui, o líquido transparente contrai-se e puxa o mercúrio, que empurra a agulha da esquerda para cima. Assim é medida a temperatura mínima, pois um ímã na parte de trás mantém a agulha na sua posição mais alta. À medida que a temperatura aumenta, o líquido transparente expande-se empurrando a coluna de mercúrio da esquerda para baixo. Isto eleva a coluna de mercúrio da direita, fazendo com que a agulha da direita seja empurrada para cima até registrar a temperatura máxima, quando atinge a posição mais alta e fica lá. Para reiniciar o termômetro, aperta-se o botão laranja central e as agulhas caem.

<http://www.australiasevereweather.com/techniques/simple/thermom.htm>

## Seção 3

# A Escala Fahrenheit

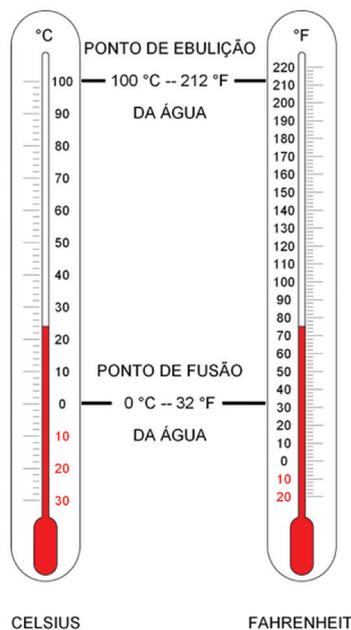


Figura 6: Termômetros nas escalas Celsius e Fahrenheit. O ponto de fusão da água corresponde a 0°C e 32°F. O ponto de ebulição da água corresponde a 100°C e 212°F. Entre o ponto de ebulição e o ponto de fusão da água, há 100 graus Celsius e 180 graus Fahrenheit. Temperaturas negativas em cada escala aparecem em vermelho.

A escala Fahrenheit de temperatura foi proposta em 1724 pelo físico Daniel Fahrenheit e permaneceu em uso nos países de língua inglesa até os anos 1960. No fim dos anos 1960 e início dos anos 1970, a escala Fahrenheit foi substituída pela Celsius em quase todos os países. Atualmente, a escala Fahrenheit é usada nos Estados Unidos, em Belize, nas Ilhas Caimã e, parcialmente, no Canadá.

A Figura 6 ilustra de que maneira Fahrenheit definiu sua escala termométrica: a temperatura do gelo em fusão vale 32°F; a temperatura da água em ebulição vale 212°F; esse intervalo de temperatura é dividido em 180 partes iguais, cada uma dessas partes representando uma variação de temperatura de 1°F. Infelizmente, as razões que levaram às escolhas dos números 32 e 212 ainda não são totalmente conhecidas, mas acredita-se que estão relacionadas às temperaturas medidas em Copenhague (Dinamarca) durante os experimentos elaborados por Daniel Fahrenheit para estipular uma escala termométrica para uso meteorológico que evitasse muitos números fracionários.

Como converter uma temperatura Fahrenheit em Celsius ou vice-versa? Suponha que a temperatura de um corpo seja medida e encontremos o valor C na escala Celsius e o valor F na escala Fahrenheit. Veja que o número de divisões que o termômetro Celsius marca acima da temperatura 0°C é C. O termômetro Fahrenheit marca F-32 divisões porque a temperatura de fusão do gelo na escala Fahrenheit é 32°F. Mas 100 graus na escala Celsius correspondem

a 180 graus na escala Fahrenheit, de modo que o número de divisões na escala Fahrenheit é maior do que na escala Celsius na proporção 180/100. Logo,  $F-32=180C/100$ , que se costuma escrever na forma simplificada equivalente

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$$

Por meio desta fórmula, é possível converter para a escala Celsius qualquer temperatura dada na escala Fahrenheit e vice-versa. Por exemplo, a temperatura de 40°C ocorre no verão no Rio de Janeiro. A temperatura correspondente na escala Fahrenheit é calculada da seguinte maneira:

$$\begin{aligned}\frac{F-32}{9} &= \frac{C}{5} \rightarrow F-32 = \frac{9C}{5} \\ F &= \frac{9C}{5} + 32 \rightarrow F = \frac{9 \times 40}{5} + 32 \\ F &= 9 \times 8 + 32 = 72 + 32 = 104 \\ F &= 104\end{aligned}$$

Portanto, dias de muito calor caracterizam-se por temperaturas em torno de 100 °F.



### Muito frio na escala Fahrenheit.

Na situação da Figura 2, que está marcando -17°C, qual seria a temperatura indicada por um termômetro, graduado na escala Fahrenheit?

Anote suas respostas em seu caderno

### Uma escala extinta como os dinossauros.

Uma escala termométrica que não se usa mais foi introduzida, em 1731, pelo físico francês René-Antoine de Réaumur. Na escala Réaumur, é atribuída a temperatura de  $0^{\circ}\text{R}$  ao gelo em fusão e de  $80^{\circ}\text{R}$  à água em ebulição, e esse intervalo é dividido em 80 partes iguais. Encontre a fórmula que permite converter graus Réaumur em graus Celsius. Qual é a temperatura em graus Celsius correspondente a  $40^{\circ}\text{R}$ ?

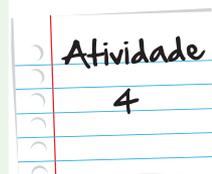
Anote suas respostas em seu caderno

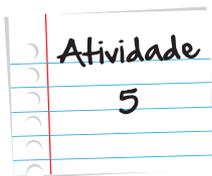


### Cinco vezes maior sem ser mais quente.

Um corpo está numa temperatura tal que um termômetro na escala Fahrenheit marca um valor cinco vezes maior do que o valor indicado num termômetro na escala Celsius. Inspeccionando a Figura 6, você espera que essa temperatura na escala Celsius seja positiva ou negativa? Determine exatamente o valor da temperatura na escala Celsius. O valor obtido confirma a sua expectativa?

Anote suas respostas em seu caderno





### Mais frio é impossível.

Descubra qual é a menor temperatura possível na escala Fahrenheit.

Anote suas respostas em seu caderno

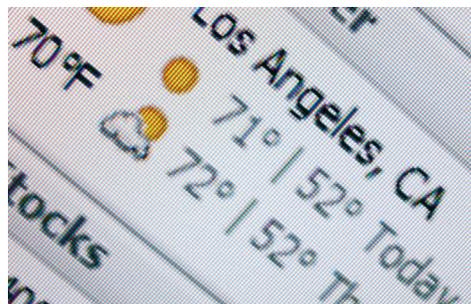


### Turista leva um susto.

Uma turista brasileira é levada a um hospital em Nova Iorque com suspeita de infecção. Uma enfermeira examina-a e diz-lhe que não há motivo para alarme porque sua temperatura é apenas 98°. Após um susto, a turista dá-se conta de que sua temperatura foi medida num termômetro na escala Fahrenheit. A turista deve ficar mesmo tranquila?

Anote suas respostas em seu caderno

### Por que tanto apego à escala Fahrenheit?



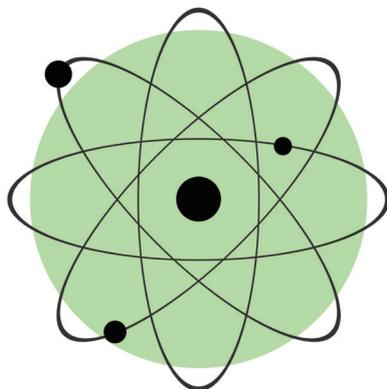
Saiba Mais

Diversos motivos têm sido apontados para a resistência à adoção da escala Celsius nos Estados Unidos. Uma razão plausível é que o intervalo de 0 a 100 graus na escala Fahrenheit encaixa-se mais naturalmente na faixa de temperatura que ocorre na maior parte do território americano: 0°F = dia muito frio de inverno; 50°F = dia típico de primavera/outono; 100°F = dia muito quente de verão. Em comparação: 0°C = frio bastante comum; 50°C = calor extremo raramente registrado na superfície da Terra; 100°C = água em ebulição, não ocorre como temperatura ambiente.

## Seção 4

# Temperatura, Agitação Molecular e Equilíbrio Térmico

Na primeira década do século XX, a teoria atômica da matéria convenceu os últimos céticos e tornou-se universalmente aceita. Os avanços ocorridos desde então estabeleceram que, na escala microscópica, toda a matéria é composta por átomos e moléculas que, por sua vez, são formados por partículas ainda menores, tais como prótons, nêutrons e elétrons. Os átomos e moléculas não são imóveis, mas estão em estado permanente de agitação. A temperatura é compreendida, hoje, como uma medida do grau de agitação dos átomos e moléculas. As moléculas não têm todas a mesma velocidade: a temperatura é determinada pela energia cinética média das moléculas.



Vejamos como esta ideia de temperatura permite explicar um fenômeno simples como a dilatação térmica. Numa dada temperatura, a agitação das moléculas de um corpo sólido ou líquido tem uma certa amplitude, isto é, as moléculas mantêm uma certa distância média entre si. Se a temperatura é aumentada, a agitação molecular torna-se mais intensa e a distância média entre as moléculas cresce, fazendo com que o corpo aumente de tamanho. Se a temperatura for suficientemente aumentada, a amplitude da agitação pode crescer tanto que moléculas começam a escapar do corpo, e um líquido, por exemplo, passa ao estado gasoso. No processo de evaporação, moléculas de água logo abaixo da superfície com velocidade acima da média conseguem escapar formando vapor e deixando a água um pouco mais fria. A noção moderna de temperatura também explica por que existe uma temperatura mínima. À medida que a temperatura é reduzida, chega-se cada vez mais perto do estado de agitação térmica nula (isto não significa a cessação de todo tipo de movimento) que corresponde ao zero absoluto. Por outro lado, não existe um estado de agitação térmica máxima, de modo que temperaturas arbitrariamente altas são possíveis.

Quando dois corpos em temperaturas diferentes são postos em contato, a temperatura do corpo mais quente diminui e a do corpo mais frio aumenta, até que as temperaturas se igualem. A partir desse momento as temperaturas dos corpos não variam mais e o sistema atingiu o **equilíbrio térmico**. As colisões entre as moléculas do corpo mais quente (que são mais energéticas) e as do corpo mais frio (que são menos energéticas) fazem com que energia cinética seja transferida das moléculas mais energéticas para as menos energéticas. Assim, a energia cinética média das moléculas do corpo mais frio vai aumentando ao mesmo tempo que a energia cinética média das moléculas do corpo mais quente vai diminuindo. Quando essas energias médias se igualam, o equilíbrio térmico é atingido. Assim, para medir a temperatura de um corpo é preciso pôr o termômetro em contato com o corpo e esperar um certo tempo a fim de que o termômetro entre em equilíbrio térmico com o corpo. A **lei zero da termodinâmica** exprime um fato experimental: se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro, eles estão em equilíbrio térmico entre si. Historicamente, a lei do equilíbrio térmico, que é a mais básica de todas, só foi enunciada depois de descobertas as três leis da termodinâmica. A fim de preservar a nomenclatura tradicional, em vez de enumerar as três leis preferiu-se batizar a lei do equilíbrio térmico de lei zero da termodinâmica.

## Pode contrariar o manual de etiqueta, mas funciona.

Por que, para esfriar uma sopa escaldante, é uma boa ideia soprar a superfície da sopa?

Anote suas respostas em seu caderno



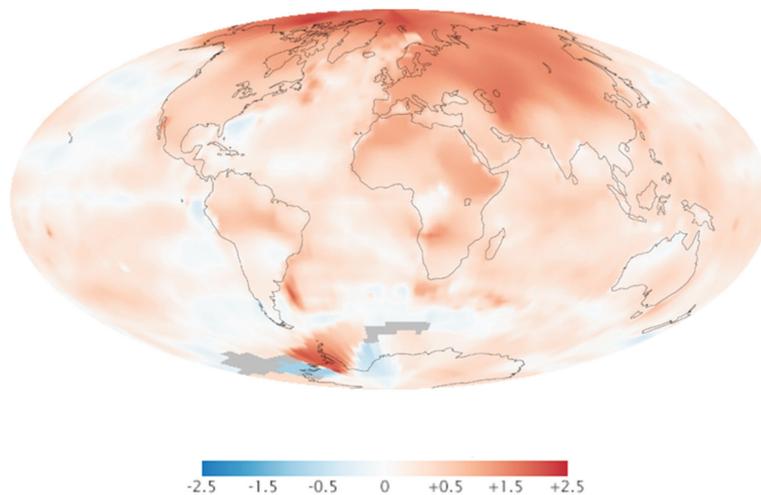
## Resumo

Nesta unidade, discutimos:

- A noção física de temperatura, que se manifesta pelas sensações de quente e frio.
- Como funcionam os termômetros e algumas propriedades termométricas usadas na sua construção, tais como dilatação e resistência elétrica.
- As escalas termométricas mais importantes (Celsius, Kelvin e Fahrenheit) e como converter a temperatura de uma escala para outra. Vimos que a fórmula  $K=C+273$  permite converter temperatura Celsius em Kelvin e vice-versa, e que a fórmula  $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$  permite transformar temperatura Fahrenheit em Celsius e vice-versa.
- A temperatura como uma medida do grau de agitação molecular.
- O equilíbrio térmico de dois corpos, que só é atingido, quando os corpos ficam com a mesma temperatura.
- A lei zero da termodinâmica: se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro, eles estão em equilíbrio térmico entre si.

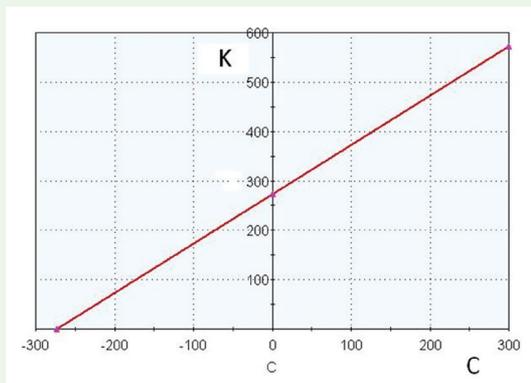
## Veja Ainda

Você certamente já ouviu falar no aquecimento global e suas possíveis consequências, assunto sempre presente nos noticiários e que provavelmente faz parte de suas preocupações como cidadão. A temperatura média da superfície da Terra tem aumentado nas últimas décadas. O mapa abaixo ilustra o quanto as temperaturas médias das várias regiões da Terra estavam mais altas (em graus Celsius) na década 2000-2009 em comparação com as temperaturas médias registradas entre 1951 e 1980, de acordo com a agência espacial americana NASA. A grande maioria dos cientistas considera que há fortes indícios de que esse aquecimento deve-se à ação do homem, principalmente por causa do efeito estufa, causado pela emissão contínua de grande quantidade de gás carbônico na atmosfera. No link [http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/2001-efeito\\_estufa-o\\_efeito\\_estufa.shtml](http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/2001-efeito_estufa-o_efeito_estufa.shtml) você poderá entender o que é o efeito estufa. Para alguns cientistas, conhecidos como “céticos do clima”, o aquecimento global não é causado pela ação humana, mas é parte dos ciclos naturais do nosso planeta. Em <http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/ex-cetico-do-clima-afirma-que-aquecimento-global-e-causado-pelo-homem> e, mais detalhadamente, em <http://www.nytimes.com/2012/07/30/opinion/the-conversion-of-a-climate-change-skeptic.html?pagewanted=all&r=0> um físico explica por que moderou o seu ceticismo, quanto à responsabilidade humana pelo aquecimento global.

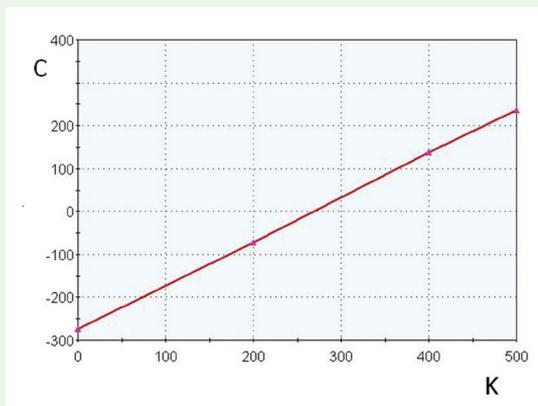


## Atividade 1

Éis um gráfico da temperatura Kelvin em função da temperatura Celsius. A linha reta corta o eixo horizontal em  $-273^{\circ}\text{C}$  e o eixo vertical em 273 K.



No gráfico abaixo, da temperatura Celsius como função da temperatura Kelvin, a reta corta o eixo vertical em  $-273^{\circ}\text{C}$



## Atividade 2

Como a temperatura é  $-17^{\circ}\text{C}$ , seu valor na escala Fahrenheit é

$$F = 32 + 9C/5 = 32 - 9 \times 17/5 = 32 - 30,6 = 1,4.$$

Portanto, um termômetro Fahrenheit marcaria  $1,4^{\circ}\text{F}$ .

Respostas  
das  
Atividades

### Atividade 3

Seja C a temperatura na escala Celsius e R a temperatura na escala Réaumur. Como ambas as escalas atribuem a temperatura zero ao gelo em fusão, há C divisões a contar do zero na escala Celsius e R divisões na escala Réaumur. Como 100 graus Celsius equivalem a 80 graus Réaumur, o número de divisões na escala Celsius é maior do que na escala Réaumur na proporção 100/80, isto é,  $C=100R/80$ . Numa forma simplificada, temos

$C=5R/4$ , que é a fórmula desejada. Se  $R=40$  resulta imediatamente  $C=50$ .

### Atividade 4

A Figura 6 sugere que só para temperatura positiva pode acontecer de a escala Fahrenheit marcar um valor cinco vezes maior do que o valor indicado na escala Celsius. Examinando a figura com atenção, parece que a temperatura de  $50^\circ\text{F}$  corresponde a  $10^\circ\text{C}$ . Para verificar se isto é verdade, devemos substituir  $F=5C$  na fórmula que relaciona as temperaturas nas duas escalas e resolver a equação resultante para C:

$$C/5=(F-32)/9 \rightarrow C/5=(5C-32)/9 \rightarrow 9C=25C-160 \rightarrow 16C=160 \rightarrow C=10.$$

De fato, é para a temperatura de  $10^\circ\text{C}$  que um termômetro Fahrenheit marca um valor 5 vezes maior.

### Atividade 5

A menor temperatura possível é  $-273,15^\circ\text{C}$ . O valor desta temperatura na escala Fahrenheit é

$$F=32+9C/5=32-9 \times 273,15/5=32-491,67=-459,67.$$

Portanto, a temperatura correspondente ao zero absoluto é  $-459,67^\circ\text{F}$ , que é a menor temperatura possível na escala Fahrenheit.

## Atividade 6

A partir da fórmula de conversão  $C/5=(F - 32)/9$ , deduz-se que a temperatura na escala Celsius correspondente a  $98^{\circ}\text{F}$  é  $C=5 \times (98 - 32)/9 = 5 \times 66/9 = 36,7$ .

Como sua temperatura é normal ( $36,7^{\circ}\text{C}$ ), a turista pode ficar tranquila: a ausência de febre indica que ela não deve estar com nenhuma infecção.

## Atividade 7

As moléculas de água mais rápidas escapam da sopa, deixando-a ligeiramente mais fria, e acabam formando uma camada de vapor sobre sua superfície. Essa camada de vapor tem uma temperatura apenas ligeiramente maior que a camada superficial da sopa e o ritmo de evaporação diminui: o número de moléculas que escapa do líquido para o vapor é só um pouco maior do que número de moléculas que retorna do vapor para o líquido. Quando soprarmos a sopa, essa camada de vapor é afastada e substituída por uma camada de ar mais frio vindo das proximidades. Assim, as moléculas mais rápidas da sopa voltam a escapar em maior quantidade e a sopa se resfria mais rapidamente.

Respostas  
das  
Atividades

## Bibliografia

- LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da e ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. Curso de Física Vol. 2. São Paulo: Scipione, 2008.
- BOA, Marcelo Fonte e GUIMARÃES, Luiz Alberto. Física: Termologia e Óptica. Niterói: Futura, 2004

## Imagens



• André Guimarães



• <http://www.sxc.hu/photo/1396777>



• <http://www.sxc.hu/photo/1294264>



• [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sunspot\\_TRACE.jpeg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sunspot_TRACE.jpeg)



• <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=view&id=1154068>



• <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=view&id=1337264>



• <http://www.sxc.hu/photo/646898>



• [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Kochendes\\_wasser02.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Kochendes_wasser02.jpg)



• <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Anders-Celsius-Head.jpg>



• <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pakkanen.jpg>



• <http://www.sxc.hu/photo/432233>



• <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bimetaal.jpg>



• <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Backofenthermometer.jpg>



• <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Celsius.jpg>



• [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lord\\_Kelvin\\_photograph.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lord_Kelvin_photograph.jpg)



• <http://www.australiasevereweather.com/techniques/simple/thermom.htm>



• <http://www.sxc.hu/photo/506699>



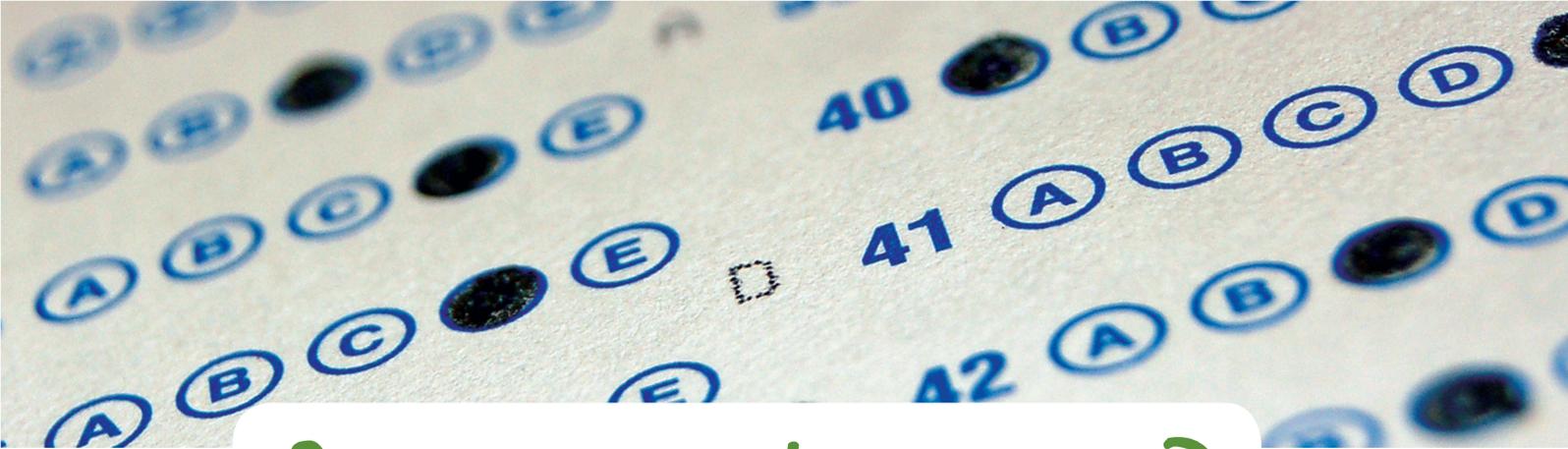
• [http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Atom\\_symbol.svg&page=1&uselang=pt-br](http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Atom_symbol.svg&page=1&uselang=pt-br)



• <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=42392>.



• <http://www.sxc.hu/photo/517386> • David Hartman.



# O que perguntam por aí?

## Questão 1 (ENEM – 2010)

Sob a pressão normal (ao nível do mar), a água entra em ebulição à temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ . Tendo por base esta informação, um garoto residente em uma cidade litorânea fez a seguinte experiência:

- Colocou uma caneca metálica, contendo água no fogareiro do fogão de sua casa.
- Quando a água começou a ferver, encostou cuidadosamente a extremidade mais estreita de uma seringa de injeção, desprovida de agulha, na superfície do líquido e, erguendo o êmbolo da seringa, aspirou certa quantidade de água para o seu interior, tapando-a em seguida.
- Verificando após alguns instantes que a água da seringa havia parado de ferver, ele ergueu o êmbolo da seringa, constatando, intrigado, que a água voltou a ferver após um pequeno deslocamento do êmbolo.

Considerando o procedimento anterior, a água volta a ferver porque esse deslocamento:

- permite a entrada de calor do ambiente externo para o interior da seringa.
- provoca, por atrito, um aquecimento da água contida na seringa.
- produz um aumento de volume que aumenta o ponto de ebulição da água.
- proporciona uma queda de pressão no interior da seringa que diminui o ponto de ebulição da água
- possibilita uma diminuição da densidade da água que facilita sua ebulição

## Questão 2 (UFF – RJ)

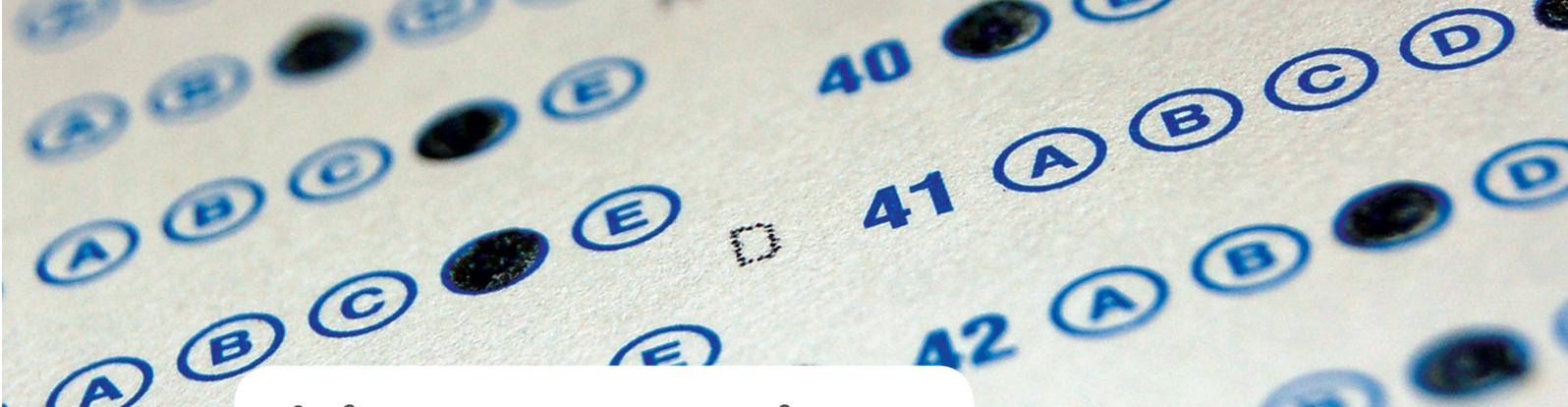
No Grande Rio, observa-se que em Bangu, um dos bairros mais quentes no verão, os termômetros chegam a marcar  $40^{\circ}\text{C}$ , enquanto que no Alto da Boa Vista essa marca chega, quando muito, a  $26^{\circ}\text{C}$ . Tal variação, na escala Kelvin, será de:

- (A) 14      (B) 287      (C) 213      (D) 299      (E) 277

## Gabarito

1. A água dentro da seringa parou de ferver porque sua temperatura caiu um pouco abaixo de  $100^{\circ}\text{C}$ , o ponto de ebulição da água sob a pressão atmosférica normal. Quando o êmbolo foi puxado, o ar com vapor no interior da seringa passou a ocupar um volume maior, reduzindo a pressão no interior da seringa. Sob uma pressão menor que a pressão atmosférica normal a água ferve a uma temperatura inferior a  $100^{\circ}\text{C}$ . Por isso, a água no interior da seringa voltou a ferver. A resposta correta é D.
2. As variações de temperatura são iguais nas escalas Kelvin e Celsius: um aumento de temperatura de 1 grau Celsius é igual a 1 Kelvin. Portanto a variação de temperatura na escala Kelvin é  $40-26=14$ . A resposta correta é A.





# Atividade extra

## Questão 1

Comumente temos a necessidade de informar quanto quente ou frio um objeto se encontra em relação a algum padrão.

A temperatura de um corpo pode ser compreendida como:

- a. a medida do fluxo de energia entre dois objetos;
- b. a medida do grau de agitação dos átomos e moléculas;
- c. a resistência que o objeto oferece à mudança de pressão;
- d. a resistência que o objeto oferece à mudança em seu estado físico.

## Questão 2

Todo corpo é constituído de partículas que vibram em todas as direções e sentidos. Existem situações em que essas partículas estão mais agitadas ou menos agitadas.

A medida do estado de agitação das partículas do corpo está associada ao conceito físico de:

- a. calor;
- b. força;
- c. energia;
- d. temperatura.

### Questão 3

Um líquido está à temperatura de  $59^{\circ}\text{F}$ .

Em Kelvin, a temperatura é de

- a. 28;
- b. 112;
- c. 192;
- d. 288.

### Questão 4

A temperatura média para o sul do Estado do Rio de Janeiro, informada pelo telejornal local em um dia de outono, foi de  $30^{\circ}\text{C}$ .

A temperatura correspondente, em  $^{\circ}\text{F}$ , é:

- a. 302;
- b. 238;
- c. 86;
- d. 38.

### Questão 5

Um líquido está à temperatura de  $59^{\circ}\text{F}$ .

Em  $^{\circ}\text{C}$ , a temperatura é de

- a. 5;
- b. 9;
- c. 15;

d. 27.

## Questão 6

A temperatura média da superfície da Terra hoje é de 288 K.

Na escala Celsius, corresponde a

a. 40 o;

b. 30 o;

c. 20 o;

d. 15 o.

## Questão 7

Um corpo de massa  $m$  tem temperatura  $t = 15$  oC.

Neste caso, determine a temperatura correspondente na escala Kelvin.

# Gabarito

## Questão 1

- A**   **B**   **C**   **D**

## Questão 2

- A**   **B**   **C**   **D**

## Questão 3

- A**   **B**   **C**   **D**

## Questão 4

- A**   **B**   **C**   **D**

## Questão 5

- A**   **B**   **C**   **D**

## Questão 6

- A**   **B**   **C**   **D**

## Questão 7

5.  $T_k = T_c + 273$   
 $T_k = 15 + 273$   
 $T_k = 288 \text{ K}$