

FÍSICA II

Gustavo Luis de Carvalho



SOLUÇÕES
EDUCACIONAIS
INTEGRADAS



Temperatura: definição e escalas

Objetivos de aprendizagem

Ao final deste texto, você deve apresentar os seguintes aprendizados:

- Conceituar a temperatura, distinguindo-a de calor.
- Definir zero absoluto, escala, lei zero da termodinâmica e ponto triplo.
- Aplicar a conversão de escalas de temperatura.

Introdução

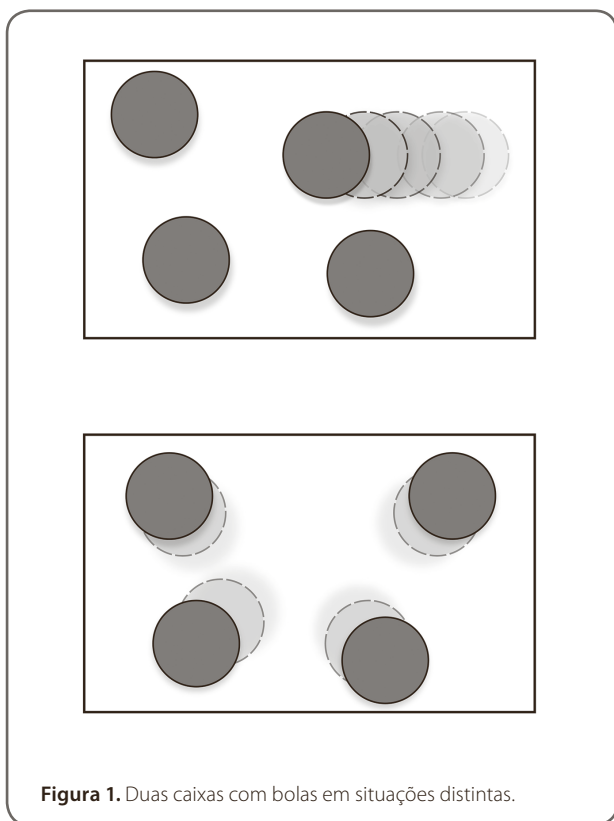
Medir a temperatura corretamente é muito importante em todos os ramos da ciência, seja na física, na química, na biologia, etc. Muitas propriedades físicas dos materiais dependem da sua temperatura. Por exemplo, a fase do material, se ele está sólido, líquido ou gasoso, tem relação com sua temperatura. Outras propriedades, como a densidade, a solubilidade, a pressão de vapor, a condutividade elétrica, entre várias outras, dependem da temperatura.

Neste capítulo, você estudará a relação da temperatura com o calor e a energia térmica, como foram construídas e elaboradas as diferentes escalas termométricas, suas diferenças e suas semelhanças, além do conceito de zero absoluto.

O que é temperatura?

Se você for um aluno do curso de física geral e perguntar para um professor: o que é temperatura? Provavelmente ele te dará uma resposta incompleta.

Para entender a situação da temperatura, vejamos a Figura 1 para refletir.



Em um quadrado sobre uma superfície com quatro bolas iguais, se tiver somente uma bola com muita velocidade, o que acontece com a distribuição de velocidades com o passar do tempo? Para avisar, existe uma associação direta entre energia cinética e velocidade.

O fato é que a distribuição tende a ficar homogênea ao longo do tempo, como se a velocidade se diluísse. Contudo, o problema que dificulta esse experimento hipotético da direta associação com a realidade é que teríamos que pensar nas mais diversas variantes experimentais. Não faremos isso aqui, pois a ideia é apresentar a diluição energética entre as partículas, que, no exemplo, somente consideramos a energia associada ao movimento.

Tendo apresentado a ideia de diluição energética com o passar do tempo, usando dois sistemas, qual sistema transfere energia térmica para qual? Quem diz isso é a temperatura, uma vez que o sistema com maior temperatura, isto é, o mais quente, transfere energia para o mais frio, até que os dois fiquem com a mesma temperatura.

Então, se pensarmos em um gás dentro de um recipiente como sendo um monte de bolinhas de gude dentro de um pote no espaço sideral, isto é, sem considerar a gravidade e assim flutuando, a única energia que esse modelo apresenta é a energia cinética das partículas. Assim, um gás com maior temperatura é o que as partículas se movem mais, enquanto um mais frio é aquele que as partículas se movem menos.



Fique atento

Apesar de existir a relação entre energia cinética e temperatura, a temperatura pode se relacionar com outras grandezas também, o que pode levar a grandes problemas conceituais ao se falar de alguns assuntos de física avançada.

Algumas considerações sobre a natureza do conceito de temperatura:

- Não faz sentido pegar uma partícula e dizer que devido à sua energia cinética ela tem uma energia térmica qualquer. Já com um gás – com muitas partículas – podemos associar uma temperatura. Então, temperatura está mais associada a uma média de um grande grupo.
- Não definimos temperatura nesta seção de propósito, uma vez que ou seria uma definição aprofundada demais, ou errônea. Por isso, apresentamos somente ideias gerais para criarmos associações. Em uma outra seção faremos isso.
- A temperatura diz quem transfere energia para quem.
- Temperatura não é calor.

Calor ou temperatura

Calor é simplesmente a quantidade de energia térmica transferida entre dois corpos devido à diferença de temperatura. Então, dizer que um dia quente está calor é um erro na aplicação do conceito físico de calor.

Pensemos: um dia de 37° Celsius é quente? Penso que não podemos chamar de frio, mas quanto calor é trocado depois de 1 minuto entre você e o ambiente? A resposta é quase zero, pois ambos estão quase em equilíbrio térmico, isto

é, com a mesma temperatura. Já um dia com uma temperatura de quase 0° Celsius há bastante calor sendo transferido, mas não chamamos de um dia quente.

Isso acontece porque o que nossas sensações chamam de quente, ou de frio, é o quão rápido perdemos, ou ganhamos, energia térmica. O nosso agradável é que percamos um pouco de energia térmica, por isso 37° não é agradável.

Aliás, dois lugares podem ter temperaturas iguais e um ser pior de ficar do que o outro, pelo fato de termos fatores como vento e umidade, que interferem na sensação térmica, e isso se deve à rapidez de transferência de energia térmica e não à temperatura.



Link

Saber a diferença entre temperatura e calor, saber o papel de cada um ajuda a explicar o processo de refrigeração rápida, inclusive ajuda no campo da química.

Assista ao vídeo para visualizar um processo de refrigeração rápida no link a seguir.

<https://goo.gl/egEVR9>

Para liquidar de vez a associação errônea entre temperatura e calor, o experimento pode ser feito de diversas maneiras, mas, para garantir que possa ser feito em qualquer dia, pegue uma garrafa PET (politereftalato de etileno) com água e coloque na geladeira, espere até ela chegar em um ponto que não vai ficar mais frio (o período de uma hora está bom). Depois, coloque a garrafa em uma mesa, com uma mão, encoste na tampa da garrafa e com a outra encoste no meio dela. Qual parte está mais fria?

A resposta é que as duas estão na mesma temperatura, mas você sente a rapidez que se troca a energia térmica, por isso pode parecer que o meio está mais frio.

Definições com margem: calor, temperatura e energia térmica

A explicação do título é que, no nível de física geral, calor, temperatura e energia térmica têm uma definição conceitual com um certo grau de imprecisão.

Primeiramente, precisamos tratar o que é energia. Esta é uma grandeza física que diz o quanto de algum fenômeno físico podemos realizar. É como se fosse o dinheiro da natureza. Por exemplo, usando somente a energia de queda de um saco de açúcar, com toda certeza não podemos acelerar um carro parado até 100 km/h, pois precisa de mais energia, mas podemos criar um movimento no ar, o som do impacto.

Agora, adicionando o termo *térmico*, vemos que energia térmica é o quanto de fenômenos físicos podemos criar se fizermos uma transformação térmica no corpo. Dessa forma, em vez de largar de uma altura, vamos diminuir a sua temperatura.

Se entendermos energia térmica, o que de fato não está bem delimitado, sabemos facilmente o que é calor, pois este terá uma definição precisa: *calor é a quantidade de energia térmica transferida em um processo*.

Para entender temperatura, façamos o seguinte: suponha a Figura 1, com a energia totalmente diluída entre as bolas. Se retirarmos 1 bola do sistema, isto é, diminuir a quantidade de possibilidades da energia se dilui, iremos perder energia. Então, a proporção *energia perdida* dividida por *possibilidades diminuídas* é a temperatura.

A definição de temperatura está imprecisa também, pois foi apresentada em um exemplo específico, contudo, é sempre a proporção de variação de energia por variação de possibilidades.

Por fim, por que dizer que a temperatura é a energia do movimento das bolas da Figura 1? Simples, porque, nesse caso em específico, a única energia é a cinética, então, ao retirar uma das bolas, se estiver mais rápido, mais energia tiramos, se estiver mais devagar, menos energia retiramos. Portanto, há uma associação direta, nesse caso, entre temperatura e energia cinética.

Importante associação entre temperatura e calor

Já vimos que calor e temperatura não são a mesma coisa, mas existem associações entre os dois. Se você pegar dois cubos de metal idênticos, mas um com 100° e outro 50°, em um dia com o ar a 20°, qual chegará primeiro ao equilíbrio com o ar de 20°? A resposta é o de 50°, entretanto, qual mudará a temperatura em 10° primeiro? O de 100°, mas por quê?

A ideia é que quanto maior a diferença de temperatura entre dois corpos, no caso o cubo e o ar, mais rápido eles diluem a energia e essa rapidez vai diminuindo com o tempo. Então, o de 100° dilui mais energia, ao mesmo tempo

que o de 50° . Mas fique atento, o de 50° chega primeiro a 20° , pois, quando o de 100° chegar a 50° , o de 50° já vai estar, digamos, em 28° .

Vejamos o Quadro 1 para ficar mais claro.

Quadro 1. Associação entre calor e temperatura.

Temperatura em 0 minutos	Temperatura em 2 minutos	Temperatura em 4 minutos
100°	50°	28°
50°	28°	22°

Concluimos a relação entre calor e temperatura dizendo que um ventilador pode, inclusive, não refrescar, uma vez que, se o dia estiver quente, o ventilador pode fazer o papel de somente jogar ar quente em você, o que é pior, por definição (Figura 2).



Figura 2. Ilustração do efeito do ventilador.

Fonte: Tom Wang/Shutterstock.com.

Definições de temperaturas

Existe um comportamento interessante. Se você pegar um gás, mantê-lo a volume constante, isto é, dentro de uma caixa fechada, qual é a temperatura que, em tese, a pressão iria para zero? Essa temperatura é chamada de *zero absoluto* (0 K – zero Kelvin), que é quando a energia cinética do gás cessaria. O seu valor, na escala Celsius usada no dia a dia, é de $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, isto é, $0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ K}$. Repare que *K* não leva o símbolo $^{\circ}$, pois é uma escala absoluta, não relativa.



Fique atento

As grandezas **volume**, **pressão** e **temperatura** estão conectadas, isto é, se você mudar uma delas, pelo menos uma outra tem que mudar. Em geral, todas mudam junto.

Essa temperatura não pode ser atingida, uma vez que, perto da temperatura de 0 K, outros fenômenos físicos interferem de maneira muito mais relevante. A título de curiosidade, este é o campo da física quântica, assim, nossa teoria da termodinâmica não é mais totalmente aplicável devido a novos efeitos.



Link

Comentamos sobre o problema de dizer que temperatura é somente uma medida de energia cinética das partículas. Isso acontece porque existem temperaturas abaixo de 0 K, ou seja, temperaturas negativas, mas que têm mais energia que as positivas. Explicar isso dá uma confusão devido à associação direta à energia cinética errada.

Então, se soubermos que a temperatura não está somente associada ao movimento das partículas, mas também a outros fatores, é possível dizer que um sistema com mais energia tem temperatura negativa. Por simplificação, podemos dizer que essa partícula terá uma temperatura positiva do movimento e uma negativa por causa de outros fenômenos. Agora, qual é a temperatura real? Saiba mais acessando o *link*:

<https://goo.gl/fqvZ9G>

Outro conceito de nosso interesse é escala. Pense o seguinte: dois amigos, um de 2 metros de altura e outro de 1,50 metros de altura. Cada um dá seu maior passo sem pular. Ambos deram um passo, mas, com certeza, terão andado quantidades diferentes em metros. Por quê? Simples, um passo de um é maior do que o passo do outro. Essa é a ideia de escala, o que tem de ser levado em consideração nas temperaturas também.

Temos três escalas: Kelvin, Celsius e Fahrenheit. Para criar a escala Celsius, usamos a água. O ponto que ela congela é $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o que ela evapora é $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, então, criamos uma divisão de 100 partes iguais nessa escala. Para criar a escala de Kelvin, pegamos a Celsius e somamos 273,15. Assim $\text{Kelvin} = \text{Celsius} + 273,15$. Por exemplo: $10\text{ }^{\circ}\text{C} = 283,15\text{ K}$.

Fahrenheit teve algumas adaptações ao longo da história, por isso apresentaremos somente a conversão. Variar $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ é igual a variar $1,8\text{ }^{\circ}\text{F}$, mas a escala começa em $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, então:

$$\text{Celsius} = (\text{Fahrenheit} - 32) / 1,8$$

Com isso, chegamos ao seguinte resumo:

Kelvin e Celsius	$K = C + 273,15$
Celsius e Fahrenheit	$C = (F - 32) / 1,8$
Kelvin e Fahrenheit	$F = (K - 273,15) \cdot 1,8 + 32$



Fique atento

Se não houver uma necessidade de precisão, 273,15 pode ser arredondado para 273.

Lei zero: um marco inicial

Lembre-se do que foi colocado conceitualmente até aqui, se dois corpos estão com a mesma temperatura, eles não trocam mais energia térmica, pois estão em equilíbrio térmico. Então, se você coloca um copo de água em uma sala, deixa por um tempo, depois leva o copo para o quarto e ele não muda de

temperatura, podemos dizer que a temperatura da sala e do quarto são iguais? A resposta é sim e essa é a lei zero da termodinâmica. Além disso, esse fato é importante para afirmarmos que termômetros medem a temperatura e para fazer sentido toda a teoria da termodinâmica.

Agora só falta um ponto de referência. Já que o zero absoluto não pode ser atingido, precisamos eleger outro. Antes de falarmos sobre esse ponto, um detalhe importante é que afirmar que a água congela a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou evapora a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, esconde um pequeno equívoco, pois a informação está incompleta. Dependendo da pressão, esse valor pode ser alterado, por esse motivo que a panela de pressão é usada, uma vez que ela faz com que a água evapore a uma temperatura maior, ou seja, quanto maior a pressão, maior será a temperatura de ebulição.

Tendo dito isso, já percebemos que as coisas são mais complexas, pois há conexões entre volume, pressão e temperatura. Porém, existe um ponto bem interessante na física, chamado de ponto triplo da água. Esse fenômeno acontece somente em situações bem particulares. Para isso, temos que ter a temperatura de $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a pressão de $611,73$ Pascals. O fenômeno que acontece é o que podemos observar na água nos estados gasoso, líquido e sólido.

Observe que qualquer alteração pode fazer com que o gasoso vire sólido, ou qualquer um dos estados. Então, temperatura é uma grandeza média do sistema, isto é, no ponto triplo, sabemos que a água está, em média, em uma determinada pressão e temperatura. Contudo, não podemos afirmar que todos os pedaços da água estão exatamente a $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$, pois algumas regiões podem estar a $0,010000001\text{ }^{\circ}\text{C}$, outras a $0,09999999999\text{ }^{\circ}\text{C}$. Essa informação é importante para entendermos melhor a natureza da temperatura e do ponto triplo.

Por fim, para fazermos um termômetro, achamos um fenômeno físico detectável que esteja fortemente ligado à temperatura. Então, convertemos esse fenômeno para a escala de temperatura desejada. Por exemplo, nos termômetros de mercúrio, que é um metal líquido a temperatura ambiente, colocamos o metal em um recipiente e sabemos que os materiais mudam de tamanho de acordo com a temperatura, o que explica a escolha do mercúrio, uma vez que se fosse sólido o fenômeno não seria tão destacável.

Já podemos imaginar o que acontece no termômetro de mercúrio: o metal que está lá, ao esquentar, irá se expandir. Portanto, só precisamos colocar uma escala: se tiver um tamanho, será uma temperatura, se tiver outro tamanho, será outra temperatura. Observe que isso só é possível porque a expansão do mercúrio é próxima de linear, isto é, esquentou X aumenta Y , esquentou $2X$ aumenta $2Y$.



Exemplo

Conversão de escalas de temperatura

No caso de uma temperatura de $182\text{ }^{\circ}\text{C}$, como fica essa temperatura em Kelvin e em Celsius?

$$C = (182 - 32)/1,8 = (150)/1,8 = 83,33\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$182 = (1,8K - 491,67) + 32, \text{ portanto, } K = 641,67/1,8 = 356,48\text{ }^{\circ}\text{C}$$



Referências

NEGATIVE absolute temperature. Disponível em: <<https://www.quantum-munich.de/media/negative-absolute-temperature-what-is-it/>> Acesso em: 28/02/2018.

THENÓRIO, I. *Como gelar refri em 3 minutos*. São Paulo, 21 fev. 2011. Youtube. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=2WlgB-SKG7k>> Acesso em: 28/02/2018.

Leituras recomendadas

BAUER, W.; WESTFALL, G. D.; DIAS, H. *Física para universitários: relatividade, oscilações, ondas e calor*. Porto Alegre: AMGH, 2013.

HUANG, K. *Statistical mechanics*. 2. ed. Hoboken (New Jersey): Wiley, 1987.

KNIGHT, R. D. *Física: uma abordagem estratégica*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. v. 2: Termodinâmica óptica. cap. 16.

Encerra aqui o trecho do livro disponibilizado para esta Unidade de Aprendizagem. Na Biblioteca Virtual da Instituição, você encontra a obra na íntegra.

Conteúdo:



SOLUÇÕES
EDUCACIONAIS
INTEGRADAS