



## **ENERGIA INTERNA, CALOR, TEMPERATURA...\***

### **ENERGIA INTERNA**

As moléculas<sup>1</sup> de um corpo estão em constante agitação. Essa agitação pode ser maior ou menor dependendo tanto da temperatura quanto do estado físico da substância observada. Também podemos verificar que estas moléculas sofrem e exercem força sobre suas vizinhas (força de coesão). Para substâncias no estado sólido, por exemplo, essa força é análoga àquela que atua num sistema de duas esferas unidas por uma mola. Nos estados líquido e gasoso a situação é diferente, como veremos adiante. Tanto a agitação das moléculas, quanto a interação entre elas influencia o estado físico de uma substância.

Podemos dizer, então, que a energia interna é a energia que um sistema de partículas possui em virtude tanto do seu grau de agitação, quanto da sua interação.

### **TEMPERATURA**

Temperatura é uma grandeza física que está relacionada com o nível de agitação molecular. Para um dado material em um de seus estados físicos (sólido, líquido ou gasoso), quanto maior a temperatura, maior será a agitação térmica das moléculas constituintes. Entretanto, durante uma mudança de estado, por exemplo, quando a água passa da forma líquida para a forma de vapor, o grau de agitação molecular se altera sem que ocorra qualquer variação de temperatura.

### **TEMPERATURA E ENERGIA INTERNA**

Vimos que a temperatura está relacionada com o grau de agitação das moléculas de um corpo; que a energia interna também está relacionada com a energia dos átomos ou das moléculas do corpo, embora não esteja associada somente à energia de movimento dos átomos ou das moléculas.

---

\* Este material constitui parte do trabalho de mestrado de Denise Borges Sias, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS, sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Rejane M. Ribeiro Teixeira.

<sup>1</sup> Neste texto é feita referência ao comportamento das moléculas, isto se deve ao fato de que, neste momento, basta analisarmos sob este enfoque. De qualquer forma é importante ressaltar que moléculas são agregados de átomos e estes, por sua vez, são formados por partículas.



Para entender, mais claramente, a relação entre temperatura e energia interna vamos analisar a seguinte situação<sup>2</sup>:

*Temos dois pacotes A e B contendo pedras. O pacote A contém 10 pedras e possui uma massa de 1,5 kg. O pacote B contém 2 pedras e possui uma massa de 1 kg. Com estas informações, responda as seguintes perguntas:*

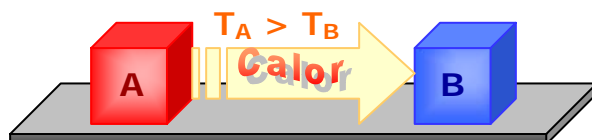
- 1) *Qual pacote possui maior massa, A ou B?*
- 2) *Quais as pedras que, em média, possuem mais massa, aquelas que estão em A ou as que estão em B?*

Podemos fazer uma analogia entre as respostas dadas por você para as questões acima e a relação existente entre temperatura e energia interna. Quando nos referimos à temperatura de um corpo, estamos nos referindo à energia individual média dos átomos ou das moléculas do corpo, da mesma forma que você respondeu à questão 2 dizendo que, em média, as pedras que estão em B possuem maior massa. Agora, quando nos referimos à energia interna estamos nos referindo à soma das energias de todas as moléculas do corpo, da mesma forma que você respondeu à primeira questão, dizendo que a massa de A é maior que a de B.

Através da diferença entre temperatura e energia interna é que podemos explicar porque é mais rápido ferver 1 litro do que 10 litros de água, ambos a mesma temperatura inicial e em uma mesma chama.

## CALOR

Calor é uma forma de energia que se transfere de um sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura entre eles. É importante salientar que essa propagação se dá naturalmente dos corpos de maior temperatura para os de menor temperatura.



<sup>2</sup> A situação descrita foi baseada no texto p. 12 do livro Termologia e Óptica de Luiz Alberto Guimarães e Marcelo Fonte Boa.



## EQULÍBRIO TÉRMICO



### Atividade Experimental!!!

O estudo deste assunto inicia-se através de uma atividade experimental. A descrição desta atividade está disponível em

<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/medidas.pdf>

Quando colocamos dois corpos a diferentes temperaturas em contato, verificamos que estes trocam energia na forma de calor, tendendo sempre a um estado final caracterizado pela igualdade de temperatura entre ambos. Este estado é denominado estado de equilíbrio térmico. Dessa forma sempre que dois ou mais corpos encontram-se à mesma temperatura dizemos que estão em equilíbrio térmico.

## LEI ZERO DA TERMODINÂMICA

Suponha três objetos A, B e C. Se A está em equilíbrio térmico com C e se B também está em equilíbrio térmico com C, então, podemos afirmar que A está em equilíbrio térmico com B. Isto é exatamente o que nos diz a Lei Zero da Termodinâmica em seu enunciado:

***Dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro, estão em equilíbrio térmico entre si.***

Esta lei (ou princípio) é que nos possibilita medir temperaturas com auxílio de um termômetro. Quando queremos saber se dois corpos estão em equilíbrio térmico entre si podemos constatar isto verificando se ambos estão em equilíbrio térmico com um terceiro. Este terceiro corpo pode ser, então, o termômetro.

## TERMÔMETROS

### Atividade Experimental!!!

O estudo deste assunto inicia-se através de uma atividade experimental. A descrição desta atividade está disponível em

<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/bacias.pdf>



Termômetros são instrumentos utilizados para medir a temperatura dos corpos. Para se construir um termômetro necessita-se de uma substância e de uma grandeza física (pressão, volume, resistência elétrica,...), que varie com a temperatura. À substância utilizada na construção de um termômetro dá-se o nome de **substância termométrica** e à grandeza física dessa substância, que varia com a temperatura, **grandeza termométrica**.

Nos termômetros clínicos, por exemplo, a substância termométrica utilizada é o mercúrio e a grandeza termométrica é a altura da coluna de mercúrio que aumenta conforme aumenta a temperatura.

Hoje em dia é muito utilizada a medida de temperatura através de sensores do tipo termistores - aqueles em que a resistência elétrica varia com a temperatura. Nos experimentos realizados em nossas aulas, estaremos utilizando um desses sensores. Neste caso, utilizaremos um NTC Sensor, do inglês: *Negative Temperature Coefficient Sensor*, traduzindo: Sensor de Coeficiente Negativo de Temperatura. Isto significa que a grandeza termométrica, neste caso a resistência elétrica, varia inversamente com a temperatura, ou seja, a resistência à passagem de corrente elétrica destes materiais diminui à medida que a temperatura aumenta.

Você conhece algum outro tipo de termômetro? Faça uma pesquisa e discuta com seus colegas.

Em qualquer tipo de termômetro, antes de ser comercialmente utilizável é preciso se fazer uma calibração que consiste basicamente em relacionar as variações nas grandezas físicas medidas com variações de temperatura de uma substância conhecida. Por exemplo, a água possui pontos de fusão (derretimento do gelo) e ebulição (ponto de fervura) em uma temperatura fixa a uma certa pressão. No nível do mar, onde a pressão é de 1 atm, estes pontos são 0 e 100°C, respectivamente.

Independentemente do tipo de termômetro utilizado (ou da grandeza termométrica utilizada) a idéia para se medir a temperatura de um corpo é sempre a mesma: coloca-se o termômetro em contato com o corpo que se quer medir a temperatura, espera-se até que o equilíbrio térmico seja atingido entre o corpo e o termômetro e, após, faz-se a leitura.



## Atividade Experimental!!!

Neste momento será realizada uma atividade experimental. A descrição desta atividade está disponível em

<http://www.cefetr.br/~denise/caloretemperatura/termometros.pdf>

## ESCALAS TERMOMÉTRICAS

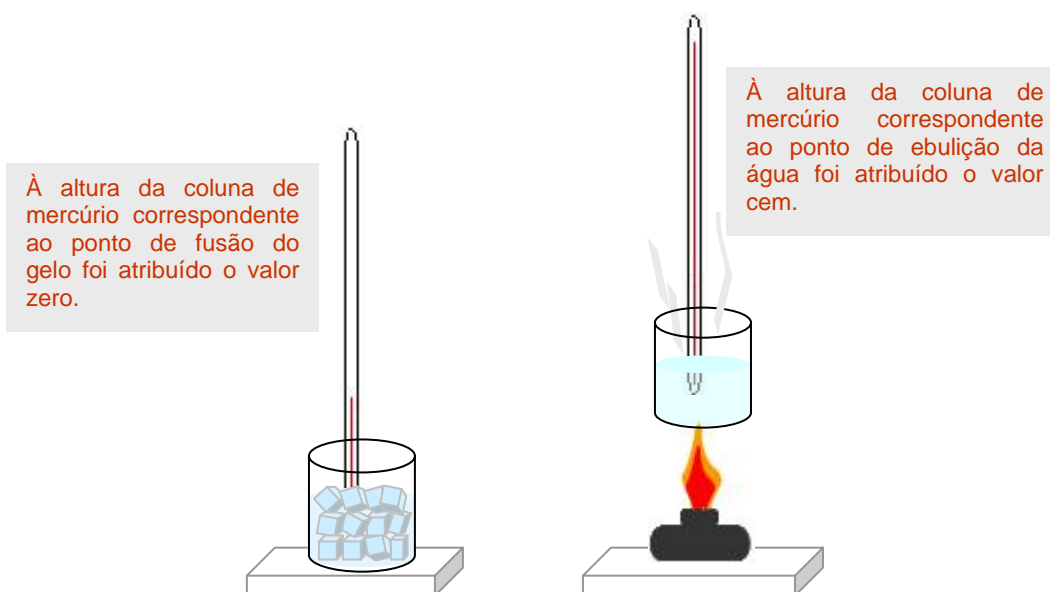
Para a construção de uma escala de temperatura necessitamos:

- de uma substância termométrica;
- de uma grandeza termométrica;
- estabelecer uma relação entre a temperatura e a grandeza termométrica escolhida (calibração);
- estabelecer dois pontos fixos<sup>3</sup>. Por exemplo, o ponto de gelo e de vapor da água;
- estabelecer o equilíbrio térmico entre a grandeza termométrica e os pontos fixos;
- atribuir valores arbitrários aos pontos fixos.

Atualmente temos, em uso, três escalas termométricas: a escala Celsius, assim chamada em homenagem ao astrônomo sueco Anders Celsius (1701-1744), a escala Fahrenheit, em homenagem ao físico alemão G. D. Fahrenheit (1686-1736), e a escala Kelvin, homenagem ao físico britânico Lord Kelvin (1824-1907).

Em nosso dia-a-dia a escala mais utilizada é a Celsius. Quando ouvimos a previsão do tempo, que no nosso caso é sempre apresentada nesta escala, conseguimos facilmente avaliar se a temperatura anunciada é alta ou baixa. A nossa noção de valores de temperaturas é construída de acordo com a escala Celsius.

A figura abaixo mostra como foi construída a escala Celsius (sob pressão de 1 atm).

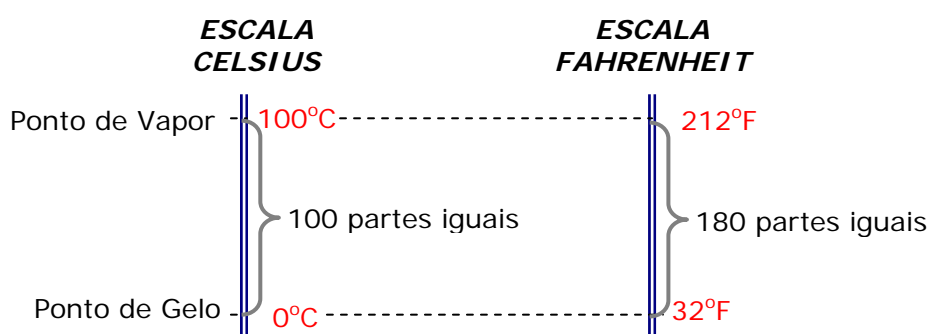


<sup>3</sup> Se a relação entre a grandeza termométrica escolhida e a temperatura for uma reta, bastam dois pontos fixos.



Já os valores de temperatura na escala Fahrenheit não nos são familiares, pois esta escala atualmente é pouco utilizada. Alguns países de língua inglesa, como Estados Unidos e Inglaterra, ainda utilizam esta escala. A diferença entre as escalas Celsius e Fahrenheit está nos diferentes valores atribuídos ao mesmo ponto fixo.

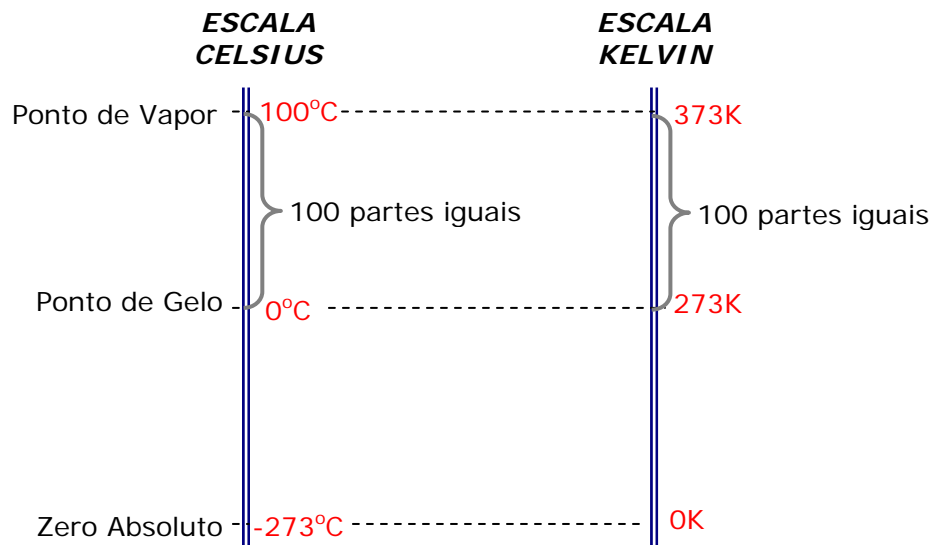
Abaixo temos um esquema comparativo entre a escala Celsius e a escala Fahrenheit. A escala Celsius é dividida em 100 partes iguais, no intervalo entre os dois pontos fixos (ponto de gelo e de vapor), a escala Fahrenheit é dividida em 180, isto faz com que cada variação de 1 grau na escala Celsius corresponda a 1,8, na escala Fahrenheit.



Temos, ainda, a escala Kelvin, que é a escala adotada pelo Sistema Internacional de Unidades (SI). Esta escala diverge das demais por não ser calibrada em termos dos pontos fixos de uma determinada substância, mas em termos de energia da mesma. Na escala Kelvin o zero é atribuído à temperatura mais baixa possível, na qual as moléculas de qualquer substância possuem energia cinética mínima (energia devido ao seu movimento). Nesta situação as moléculas não possuem energia cinética alguma para fornecer. A este valor de temperatura denomina-se **zero absoluto**. Na escala Celsius o zero absoluto corresponde a -273,15°C (aproximadamente -273°C).

Como a escala Kelvin por construção não admite valores negativos de temperatura, é considerada uma escala absoluta. Já as escalas Celsius e Fahrenheit, que possuem valores negativos, são denominadas escalas relativas.

Na figura abaixo, temos a relação entre as escalas Celsius e Kelvin. Note que estas duas escalas possuem o mesmo número de divisões entre os pontos fixos (100 partes iguais), isto faz com que cada variação de 1 grau na escala Celsius corresponda igualmente a 1 grau na escala Kelvin.



A equação abaixo nos permite a conversão de temperaturas entre as escalas Celsius, Kelvin e Fahrenheit.

$$\frac{t_C}{5} = \frac{t_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$