

CAPÍTULO 6

Termologia

Introdução

Calor e Temperatura, duas grandezas Físicas bastante difundidas no nosso dia-a-dia, e que estamos quase sempre relacionando uma com a outra. Durante a explanação do nosso conteúdo, procuraremos dar os conceitos de Calor e Temperatura, para que o aluno possa diferenciar estas duas grandezas Físicas.

Termometria

1-Temperatura e Energia Interna

A temperatura de um corpo está relacionada com o grau de agitação das moléculas ou átomos que constitui esse corpo e a energia interna com a soma de todas as energias *de cada átomo ou molécula* que possui este corpo. Mas o que é energia interna? Sabemos que a matéria é constituída de átomos e moléculas e que estes possuem vibrações e, portanto, possuem energia cinética, que é a energia relacionada ao movimento de um corpo. Quanto maior a energia cinética, maior é a vibração molecular deste corpo. A energia interna de um corpo está relacionada não só a essas vibrações, mas também com todas as formas de energia que possa ter os átomos ou moléculas deste corpo. A soma dessas energias que todas as moléculas ou átomos possam ter constitui a energia interna. Já a temperatura está relacionada a exatamente a energia cinética média das moléculas ou átomos constituintes do corpo. Vejamos um exemplo hipotético para elucidar melhor o que foi dito acima.



Suponha que a esfera 1, representada acima, possua 10^9 átomos de Fe e com 1J (1 joule) de energia cada um, por exemplo. E que a esfera 2 tenha 10^6 átomos de Fe, e também, com 1J (1 joule) de energia cada um. Diríamos, então que a energia interna da primeira e da segunda esfera seria:

Energia Interna

$$\text{Esfera 1} \quad 1\text{J} \times 10^9 = 1 \times 10^9 \text{ J}$$

$$\text{Esfera 2} \quad 1\text{J} \times 10^6 = 1 \times 10^6 \text{ J}$$

Portanto, a esfera 1 teria maior Energia Interna. No entanto, a temperatura de ambas é a mesma, pois elas têm o mesmo grau de agitação, que é representado pela energia cinética média das moléculas ou átomos que constituem o corpo, que neste caso é de 1 J.

Temperatura

Esfera 1 Energia cinética média 1J

Esfera 2 Energia cinética média 1J

Portanto, as duas esferas teriam a mesma temperatura.

2-Calor

Falamos de Energia Interna e de Temperatura. Já sabemos a diferença conceitual de uma e de outra, mas não falamos ainda qual o conceito de Calor. O calor só se manifesta quando há diferença de temperatura entre dois ou mais corpos. Quando dois corpos, por exemplo, possuem diferentes temperaturas e estão próximos um do outro, a energia térmica é transferida do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, até o momento em que eles atingirem a mesma temperatura, ou seja, entrem em equilíbrio térmico. Isto não significa que o calor flui, necessariamente, do corpo de maior energia interna para o de menor energia interna. No nosso exemplo acima, das duas esferas, não haveria transferência de energia térmica da esfera maior para a esfera menor, pois elas possuem a mesma temperatura. De um modo geral, definimos *Calor como sendo a energia térmica em trânsito*. Popularmente dizemos que estamos com calor, quando estamos sentindo a nossa temperatura aumentar e, portanto, a nossa energia térmica. E dizemos que estamos com frio, quando estamos perdendo energia térmica e, conseqüentemente, baixando a nossa temperatura. Logo o Calor e o Frio estão relacionados pelo ganho ou perda da energia térmica.

3-Unidade de Energia

Vimos que entre as grandezas físicas que fazem parte do SI (Sistema Internacional de Unidades), a energia é uma delas. No SI a unidade de energia é o Joule (J), então todo tipo de energia, seja ela elétrica, mecânica, térmica, nuclear, entre outras, podem ser expressas em joules, que é a unidade do SI. No entanto, uma unidade bastante difundida e conhecida popularmente, ainda mais do que o Joule, é a caloria. Sabemos muito bem disso quando queremos perder peso. A energia contida nos alimentos é medida em calorias.

Precisamos de energia para manter o nosso corpo funcionando, inclusive para manter a temperatura interna do nosso corpo e para realizar tarefas como caminhar, correr e até pensar. Em cada atividade, gastamos a energia obtida dos alimentos que ingerimos. A quantidade de energia despendida em cada atividade depende de cada indivíduo. A tabela abaixo mostra a quantidade de energia usada a cada minuto, para algumas atividades, por uma pessoa de 60 kg. Para manter-se vivo, o organismo realiza uma série de tarefas: respiração, manutenção da temperatura, funcionamento do coração etc. O corpo humano em repouso dissipa cerca de 1500 kcal/dia, o que é equivalente a aproximadamente uma potência de 75 w. (Verifique esta afirmação fazendo os cálculos, qualquer dúvida recorra ao seu professor).

ATIVIDADE	ENERGIA USADA EM 1 MIN (kcal) 1Kcal=1000cal
Dormir	1
Caminhar lentamente	4,5
Sentar, ver televisão	1,2
Jogar tênis	6,5
Corrida	11,5
Jogar vôlei	2,8
Treinamento com pesos	10
Ginástica aeróbica intensa	9,5
Subir escada	15,0
futebol	8,0
Ciclismo(15km/h)	5,5

Exercícios/Exemplos

De acordo com as informações lidas por você e os dados fornecidos pela tabela apresentada, responda as questões abaixo. Discuta com o seu colega.

1-Qual a energia mínima necessária que você deve adquirir por dia para a manutenção de suas funções vitais?

Solução:

2-Além da quantidade de calorias que você necessita para manter as suas funções vitais, digamos que você precise de 870 kcal para fazer outras atividades do dia-a-dia. Quantos gramas de pãezinhos você teria que comer para adquirir as 870 kcal?

Dados: A cada 100g de pão francês que ingerimos ganhamos 290 kcal.

Solução:

3-Se você consumir 300 kcal a mais do que as suas necessidades, quantos minutos você deveria andar de bicicleta a 15 km/h para perdê-las?

Solução:

De acordo com a tabela fornecida acima, a cada minuto de corrida de bicicleta a 15km/h, uma pessoa consome 5,5kcal, logo a quantidade de minutos necessários

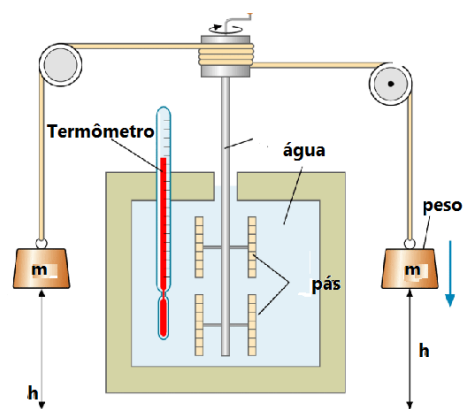
para consumirmos as calorias excedentes é dado por: $\frac{300kcal}{5,5kcal / min} = 54,54 \text{ min}$, ou

seja, quase 1h de pedaladas.

4-RELAÇÃO ENTRE AS UNIDADES JOULE E CALORIA

A unidade caloria é definida como a energia necessária para variar a temperatura de 1g de massa de água de 1°C, quando esta massa de água passa de 14,5°C para 15,5°C.

Foi o Inglês James Prescott Joule, que em seus grandes números de experimentos procurou relacionar o calor com outras formas de energia. Ele conseguiu relacionar a energia mecânica durante a queda de um corpo com o aquecimento da água contida dentro de um recipiente (calorímetro). A figura ao lado dá uma ideia de como foi o experimento de Joule. O peso, ao descer, realiza trabalho se deslocando de uma

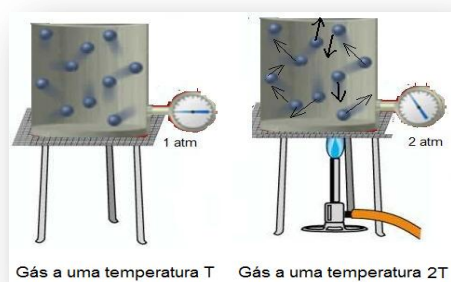


altura h . O peso faz girar o eixo dentro de um recipiente que movimenta pás e, portanto, agitam a água, que se aquece elevando a sua temperatura. Joule observou que o aquecimento da água (quantidade de calor recebida pela agitação) era proporcional à energia potencial gravitacional da queda do peso, chegando à seguinte relação, cujo valor hoje é aceito: $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$. Este resultado é chamado de o equivalente mecânico da caloria, ou seja, a energia mecânica, potencial

gravitacional, que é convertida em energia térmica, caloria. A agitação da água devido às pás aquece a água de 1°C, quando o eixo é rotacionado.

5-Escalas Termométricas

O instrumento que quantifica o valor da temperatura é denominado de termômetro. É através deste instrumento que medimos a temperatura de um corpo. Os termômetros fazem uso de certas **Grandezas Físicas** denominadas de **Grandezas Termométricas**. Tais grandezas possuem algumas de suas propriedades modificadas, quando ocorre variação de temperatura e aí podemos relacionar a mudança de temperatura com essas grandezas. **O comprimento, a resistência elétrica, a pressão de um gás são exemplos de grandezas termométricas.** Na figura ao lado vemos dois recipientes contendo o mesmo gás e mesmo número de moléculas, porém ao fornecer



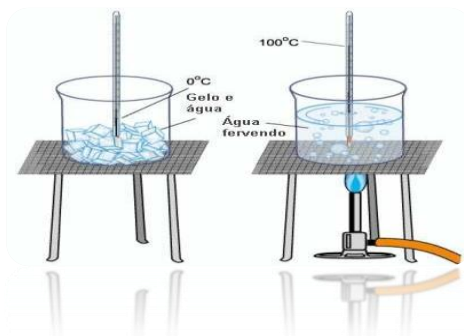
energia térmica a sua pressão dobra e proporcionalmente a sua temperatura dobra, logo temos uma relação direta entre a pressão e a temperatura. Portanto, a pressão é uma grandeza termométrica. Em um termômetro de mercúrio, por exemplo, **a grandeza termométrica é o comprimento**, pois a temperatura está

relacionada com o aumento do comprimento da coluna de mercúrio.

É fazendo uso dessas propriedades, que se constrói um termômetro. Estudaremos aqui três escalas distintas para se medir temperatura. São elas: Escala Celsius, Escala Kelvin e Escala Fahrenheit

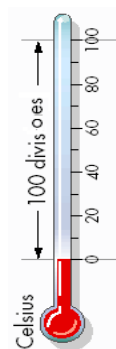
ESCALA CELSIUS

A construção de um termômetro está baseada na escolha da grandeza termométrica que varia com a temperatura, e também, de dois pontos fixos, onde sabemos que o estado Físico destes pontos só se altera a determinada temperatura e pressão. A escala Celsius foi construída baseada em dois pontos fixos da água,



correspondentes a passagem do estado sólido para o líquido e à passagem do estado líquido para o de vapor. Nestes pontos a água muda de estado sempre à mesma temperatura. Atribuiu-se o valor 0°C para a fusão do gelo, e 100°C para o ponto de ebulição da água, tudo isto acontecendo sob a pressão de 1 atm. A figura ao lado mostra isto. Ao ponto fixo de gelo foi atribuído o valor 0°C e ao ponto fixo de

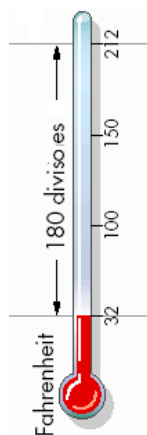
vapor o valor de 100°C e então, dividiu-se em cem partes iguais, onde cada parte representa 1°C . A leitura de certa temperatura na escala Celsius dá-se de duas maneiras: Por exemplo, 100°C , (cem graus Celsius ou cem graus centígrados); 36°C (trinta seis graus Celsius ou trinta seis graus centígrados).



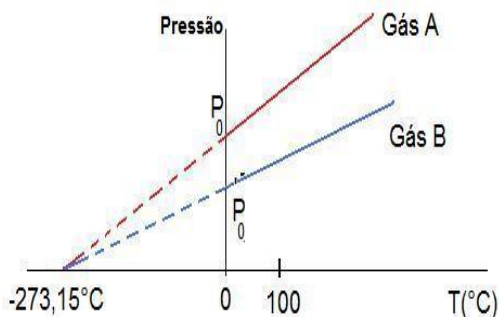
Temos ao lado a representação de um termômetro graduado na escala Celsius, onde ele possui 100 divisões. A temperatura que ele marca é 0°C .

ESCALA FAHRENHEIT

A escala fahrenheit difere da escala Celsius, porque o valor da temperatura atribuído ao estado de fusão do gelo é de 32°F e a temperatura ao estado de ebulição da água o valor de 212°F . Temos ao lado de um termômetro na escala Fahrenheit, onde ele possui 180 divisões. A temperatura que ele marca é de 32°F , correspondente a temperatura 0°C na escala Celsius. As escalas Celsius e Fahrenheit são chamadas de escalas relativas, pois os valores escolhidos para os pontos fixos da água foram sendo assim, poderemos construir qualquer escala colocamos quaisquer valores para estes pontos.



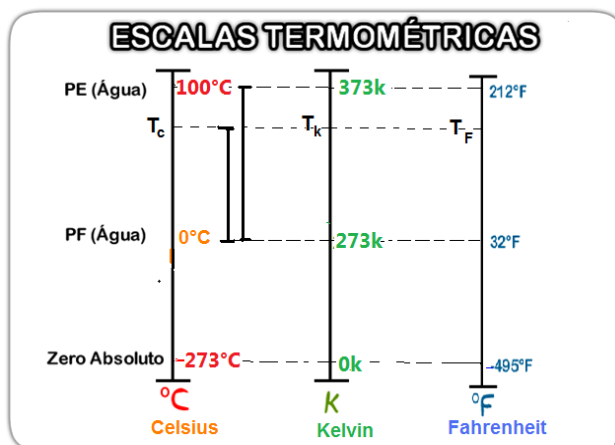
ESCALA KELVIN



Na construção de termômetro a gás, onde a grandeza termométrica é a pressão, verificou-se que a pressão do gás era diretamente proporcional ao valor da temperatura, ou seja, se a temperatura dobrar a pressão, também, dobra. Durante o estudo desses termômetros verificou-se o modelo cinético, onde nos diz que a temperatura de um corpo está relacionada com a energia cinética média das moléculas ou átomos deste corpo. Construindo termômetro a gás e lançando a variação da pressão com a

temperatura num gráfico, observou-se que para temperaturas bastante baixas o prolongamento desses gráficos interceptava o eixo da temperatura em graus Celsius num valor igual a $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este ponto corresponderia a um valor zero de pressão, para isto todas as moléculas deste gás deveriam estar estáticas, ou seja, com energia cinética zero. A este valor de pressão, correspondente a energia cinética zero das moléculas do gás, foi definido o **zero absoluto de temperatura**, pois pelo conceito de temperatura se não há agitação das moléculas, a sua temperatura seria zero.

William Thomson, conhecido por Lorde Kelvin, criou uma escala de temperatura denominada escala absoluta. Esta relaciona com a escala Celsius e a escala Fahrenheit de acordo com a figura abaixo. Podemos encontrar uma relação matemática entre as escalas e aí determinar, por exemplo, uma dada temperatura na escala Celsius e seu valor correspondente nas outras escalas. :



$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_K - 273}{373 - 273} = \frac{T_F - 32}{212 - 32}$$

$$\frac{T_C}{100} = \frac{T_K - 273}{100} = \frac{T_F - 32}{180}$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_K - 273}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

Exercícios / Exemplos

1- Quando no termômetro graduado na escala Celsius marca 50°C , que temperatura estará marcando em um termômetro na escala Fahrenheit e kelvin?

Solução:

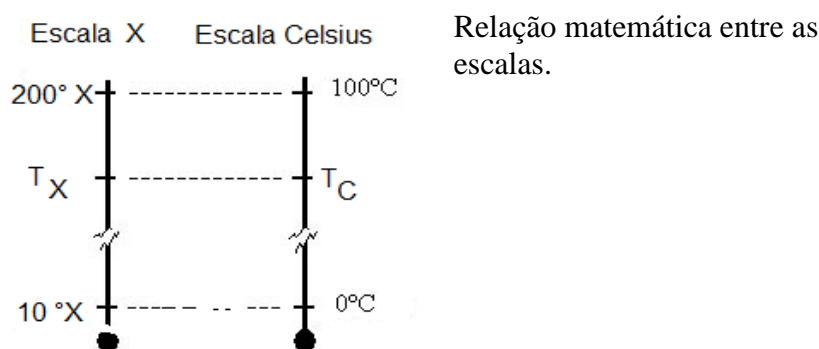
Usando a relação matemática entre as escalas temos: $\frac{T_C}{5} = \frac{T_K - 273}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$; $T_C = 50^{\circ}\text{C}$, que substituindo na equação $\frac{T_C}{5} = \frac{T_K - 273}{5}$, e simplificando os denominadores temos: $T_C = T_K - 273$, onde $T_K = T_C + 273 \rightarrow T_K = 50 + 273 = 323\text{K}$.
Relacionado a equação $\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$ determinamos a temperatura em Fahrenheit.

$$\frac{50}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \rightarrow 10 = \frac{T_F - 32}{9} \rightarrow 90 = T_F - 32 \rightarrow T_F = 90 + 32 = 122^{\circ}\text{F}$$

2-(OBF-2010) Um termômetro com escala linear, porém arbitrária (indicada como X), marca 10°X no ponto de fusão do gelo e 200°X no ponto de ebulição da água. Qual é a leitura deste termômetro no ponto de ebulição do álcool etílico $T_e = 78^{\circ}\text{C}$.

- a) 100°X b) 158°X c) 165°X d) 175°X e) 190°X

Solução: A questão é determinar a que temperatura na escala X, corresponde 78°C , que é o ponto de ebulição do álcool etílico. Fazemos a comparação desta escala X com a escala Celsius e depois encontramos a relação matemática entre essas escalas.



Exercícios Propostos 6.1

1. Retira-se uma cerveja da geladeira num dia de verão.
 - a) A partir desse instante, qual o sentido do fluxo de calor na parede da garrafa?
 - b) Esse fluxo de calor vai persistir até ser atingida que situação?

2. A temperatura média do corpo humano é de $36,5^{\circ}\text{C}$. Determine o valor dessa temperatura na escala Fahrenheit.

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

4. William Thomson, conhecido por Lorde Kelvin, estudando a variação da pressão de um gás com a temperatura, verificou experimentalmente que a pressão de um gás diminuía $1/273$ do valor inicial quando resfriado, a volume constante, de 0°C para -1°C .
 - a) Da experiência o que ele concluiu com respeito a pressão do gás quando a temperatura atingisse -273°C ?
 - b) Qual seria a energia térmica desse gás a essa temperatura?
 - c) Qual o valor da temperatura que ele atribuiu a esse estado?
 - d) Que escala termométrica foi criada por ele?
 - e) Relacione a escala Celsius e Kelvin numa expressão matemática.

- 5 - Paulo construiu uma escala termométrica, que teve o seu nome, e escolheu para os pontos fixos de gelo e de vapor da água os valores 20°P e 120°P , respectivamente. Qual a temperatura correspondente na escala de Paulo para os valores de 50°C e 50°F ?

- 6-(OBFEP -2012) Um estudante deseja inventar uma nova escala de temperatura denominada de U. O estudante nota que a água ferve, sob pressão normal, a 66°C e congela, sob pressão normal, a 6°U . Determine qual é a relação de conversão dessa escala para a escala Celsius (C). Qual o valor de 27°U em Celsius?