

TERMOLOGIA

Algumas definições:

- é a parte da física que estuda os fenômenos relativos as manifestações de um tipo de energia que pode produzir aquecimentos ou resfriamentos, ou mudanças de estados físicos nos corpos que o cedem ou recebem;
- verifica qual é o resultado da aplicação ou aumento da energia sobre os corpos em termos de comprimento, área ou volume
- estuda as formas pelas quais esta energia propaga-se através de um meio, bem como o comportamento de um modelo teórico de gás (o gás ideal ou perfeito).
- analisa as relações existentes entre a energia térmica e o trabalho

A MATÉRIA

Admite-se que será matéria tudo aquilo que venha a ocupar um lugar no espaço sem no entanto deslocá-lo. Isto é obvio, já que o espaço não é semelhante a água contida em uma jarra, que se desloca ao se colocar a mão dentro da mesma.

A analogia anterior leva de imediato a conclusão de que duas matérias não podem ocupar o mesmo lugar no espaço no mesmo tempo, propriedade esta conhecida por impenetrabilidade.

Todavia, a matéria do modo pelo qual ela se nos apresenta, permite-os agrupá-las em três estados físicos elementares: sólido, líquido e gasoso. Existem entretanto outros dois estados: o plasmático, que é caracterizado pela sua temperatura altíssima e alto grau de ionização, e o estado de Bose-Einstein, caracterizado pela sua estrutura perfeita e baixíssima temperatura.

A diferença entre os três estados elementares, e mesmo entre os outros dois, reside na forma de organização molecular das substâncias. Por exemplo, os sólidos apresentam seus átomos e moléculas dispostos em redes cristalinas muito bem definidas de modo a ocupar o menor volume possível por consequência os sólidos são incompressíveis e não possuem viscosidade). A força de atração - no momento chamada de força de coesão - entre as moléculas é grande, devido a proximidade entre elas. Nos líquidos não ha formação de redes cristalinas, as moléculas mantêm-se unidas por uma atração elétrica não muito forte, o que permite que haja um deslizamento entre as camadas moleculares superiores e inferiores entre si, propriedade esta chamada de viscosidade. Ainda, as forças atrativas entre as moléculas são iguais em todas as direções, isto dá ao corpo a forma esférica (ou de uma porção da esfera). Os líquidos mais viscosos são aqueles que tem suas moléculas mais intimamente unidas, por consequência elas pouco deslizam umas sobre as outras.

Os gases por sua vez, tem suas moléculas bastante distanciadas entre si, de modo que são quase independentes entre si. Entre estas ha um movimento de translação desordenado cujo resultado são inevitáveis choques mecânicos entre as moléculas. O resultado destes choques entre as moléculas e destas contra as paredes dos recipientes que os contem recebe a designação de pressão, que é uma característica exclusiva dos gases.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O FOGO E A CHAMA

Ao se iniciar o estudo da termologia, tem-se de imediato idéias de temperatura, calor, talvez de fogo e de chamas. O estudo da temperatura será feito mais adiante, e muitas vezes se fará referencia a vela, fogo, e de utilidade que se conheça mais a respeito do fogo e da chama.

O fogo é uma reação química rápida, acompanhada da emissão de energia térmica e luminosa, que se auto-abastece enquanto existir material carburente. Além disso, é o método mais utilizado na indústria para se obter energia térmica necessária para as diversas finalidades a que ela se destina, como por exemplo, aquecimentos, fundição e máquinas a vapor (...elas ainda são utilizadas devido ao baixo custo de manutenção e operação, além de apresentarem maior rendimento).

A reação citada acima é a de combustão, e, quando se utiliza o carbono (carvão), a reação via de

regra será a união de um átomo carbono a dois átomos de oxigênio, com resultante liberação de calor. Esta liberação poderá ser lenta como a de uma vela, ou rápida como a combustão do hidrogênio.

Observa-se do fogo a chama. Desta forma a chama (manifestação visível do fogo por ser fonte de liberação de energia luminosa) e o resultado da incandescência dos gases e partículas que ainda não “queimaram”. A falta de oxidante (oxigênio) na reação faz com que a combustão seja incompleta, de cor amarelo-brilhante. Já a abundância do oxidante comunica a chama uma coloração azulada, que passa a ser chamada de chama oxidante.

Observando-se uma chama, percebe-se a existência de três regiões de combustão, que são:

1.: área sem combustão: e a região próxima ao carbono que não sofre combustão pela ausência do oxidante, que é consumido antes de chegar a esta região. O combustível encontrado nesta região e encontrado na forma gasosa, recebendo então a designação de cone de gás.

2.: área de combustão parcial: e a região amarelo-brilhante na qual por falta de oxigênio suficiente, muitos átomos de carbono, devido a alta temperatura, tornam-se incandescente, por receberem energia provinda dos átomos reagentes passam a emitir fótons, isto é, luz na forma visível. Esta região recebe então a designação de cone de luz.

3.: área de combustão total: e o envoltório externo, muito quente e pouco luminoso. Nesta região há abundância de oxigênio, o que faz com que a reação seja completa e libere uma tênue coloração azulada. É chamada de cone de fogo.

Convém ressaltar que a energia térmica pode ser obtida de outras fontes, como por exemplo, atrito mecânico, reações químicas, eletricidade e radioatividade.

Atividade 01 - As regiões da chama de uma vela

Coloca-se fogo no pavio de uma vela, passando-se então a se observar a sua chama. Estimar as dimensões da chama, anotando-as, para em seguida desenhar e identificar as regiões de combustão da mesma.

Atividade 02 - Melhoria da combustão

Adaptar numa extremidade de um tubo de soro uma agulha de injeção.

Colocar fogo no pavio de uma vela e a seguir, enquanto se sopra pela outra extremidade do tubo de soro, se dirige o cone azulado resultante contra uma tira fina de metal, como por exemplo papel laminado de alumínio. O que se observa? Poder-se-ia realizar o mesmo, somente com a vela? Qual a aplicação prática deste efeito?

Atividade 03 - Combustão completa e incompleta

Providenciar dois recipientes metálicos; em um deles colocar uma pequena amostra de álcool, e no outro mesma quantidade de querosene. Atear fogo as duas substâncias e observar qual delas tem combustão completa e qual tem combustão incompleta. Justificar a resposta.

ENERGIA TÉRMICA

Sabe-se que:

- todos os corpos são formados por partículas (átomos e moléculas)
- todas estas partículas estão em constante movimento, logo, são dotadas de energia (energia cinética).

Levando em consideração pode-se formular que a energia interna de um corpo é dado pela soma de toda a energia das partículas deste corpo, logo, a energia interna é uma energia de movimento (cinética). Pois bem, a energia interna depende então de dois fatores: o número de partículas e a energia de cada uma delas.

A que nos leva esta conclusão?

Suponhamos o seguinte: são dados dois corpos A e B, sendo que o corpo A tem suas partículas mais energizadas que B, mas, este maior número de partículas que A. Desta forma não se pode determinar qual tem energia maior pois não podemos afirmar que a energia de A é maior, pois o corpo B tem número maior de partículas, mas também não podemos dizer que o corpo B tem energia maior dado o fato que a energia das partículas de A serem maiores.

Desta forma, se um corpo qualquer tiver n partículas e cada uma delas tiver energia média e , teremos que a energia total do sistema será:

$$U = n \cdot e$$

considerando que a energia cinética é dada por $e = \frac{1}{2} m \cdot v^2$, teremos que da fórmula anterior a energia será $U = \frac{1}{2} n \cdot m \cdot v^2$ onde a velocidade aqui considerada já não pode ser mais a velocidade de cada partícula isolada, mas sim a velocidade média das partículas do corpo.

A diferença da energia entre dois estados quaisquer, considerando por exemplo que uma barra metálica esteja com uma extremidade na chama de uma vela, fará com que, no mesmo corpo hajam energias totais diferentes, logo a diferença entre a superior e a inferior dará que a responsável direta pela energia do corpo será o quadrado da velocidade:

$$U = \frac{1}{2} n \cdot m \cdot v^2 \text{ e } U_1 = \frac{1}{2} n \cdot m \cdot v_1^2$$

$$\text{sendo } U = U - U_1$$

$$\text{logo } U = \frac{1}{2} n \cdot m \cdot (v^2 - v_1^2)$$

A parte em evidência, entre parênteses, mostra que, a única grandeza que está variando é a velocidade, já que o número de partículas bem como sua respectiva massa não mudam.

PROBLEMA EXEMPLO

Num recipiente existe um mol de oxigênio. Considerando que o oxigênio tem 16 prótons, 16 nêutrons e 16 elétrons, e que o conjunto todo vibra-se com velocidade média de 10 m/s, determinar a energia deste sistema.

Dados:

$$M_{\text{próton}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$M_{\text{nêutron}} = 1,68 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$M_{\text{elêtron}} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

EXERCÍCIOS

01. Considerando os dados do problema anterior, de que fluiu recipiente existe um mol de gás carbônico. Considerando que o oxigênio tem 16 prótons, 16 nêutrons e 16 elétrons, e que o carbono tenha 12 prótons, 12 nêutrons e 12 elétrons e que o conjunto todo vibra-se com velocidade média inicial de 10 m/s, determinar a variação da energia deste sistema quando a velocidade média das partículas passar a ser-

de 50 m/s.

02. Um conjunto de n partículas de um determinado elemento está em um recipiente movendo-se com uma velocidade V_1 . Em outro recipiente idêntico ao primeiro há uma amostra também de n partículas, mas de outro elemento movendo-se a uma velocidade V_2 . Determinar a proporcionalidade existente entre as massas e as respectivas velocidades.

TEMPERATURA

Como já se sabe, todos os corpos tem suas partículas em constante movimento, ou seja, todos dotados de energia. Desta forma se fosse possível medir diretamente a energia de cada partícula, então obteríamos sua temperatura absoluta.

Posto isto, em que difere um corpo frio de um corpo quente?

Solução: externamente em nada, internamente e a nível microscópico, em se tratando de física clássica, somente no estado de agitação das partículas do corpo de forma que corpos quentes tem suas partículas vibram do com maior vigor do que corpos frios. Se considerarmos a física quântica e relativista, as

modificações são mais complexas, de modo que, se massa e energia se equívalem, então quanto mais energia o corpo tiver - o que será medido pela velocidade média de suas partículas ele aparentara ser mais "pesado".

Classicamente, e em termos simples, teremos:

- a noção de temperatura vem diretamente da sensação de quente e frio;
- a temperatura nada mais é do que a medida do estado de agitação das partículas de um corpo;
- a temperatura depende da energia de vibração das partículas constituintes do corpo, de modo que, quanto mais quente o corpo estiver maior será esta vibração, ou ainda quanto mais quente o corpo esta maior é a velocidade com as partículas vibram em suas posições.

EQUILÍBRIO TÉRMICO

Se, for adicionada a uma quantidade de água quente, uma quantidade de água fria, obtém-se uma quantidade de água morna. Como se explica este fato?

Sabe-se que a energia térmica de um corpo (dependente tanto do número de partículas bem como de suas velocidades) quente é grande, o que implica em que suas partículas estão bastante "energizadas", ao passo que, do corpos frios suas partículas estão pouco "energizadas". Ao se efetuar a mistura entre ambas, o corpo que tem suas partículas com níveis energéticos mais elevados cederão parte de sua energia para os corpos que estão em níveis energéticos mais baixos, conseqüentemente, a água quente cede parte de sua energia para a água fria, esfriando, portanto. Já a água fria, recebe parte da energia da água quente, passa portanto a ficar mais quente.

Acontece porem que este "ceder/receber" energia tem um limite qual seja o ponto em que as energias médias das partículas sejam iguais em ambas amostras. Quando este estado é atingido, chega-se ao equilíbrio térmico.

No equilíbrio térmico ambas as amostras em questão terão uma mesma temperatura. Equilíbrio térmico, é, portanto, um estado que os corpos que apresentam diferentes temperaturas tendem a atingir para terem a mesma temperatura entre si.

No exemplo que se utilizou a pouco, obtivemos que a energia resultante é a média aritmética entre as energias envolvidas, ficando então subentendido que a temperatura de equilíbrio seria sempre a média entre as demais. Isto ate pode dar certo, se forem considerados:

- a) o tipo de matérias envolvidas, no caso, água;
- b) o estado físico da matéria, no exemplo, líquida;
- c) as quantidades de cada matéria, no caso, iguais.

A temperatura de equilíbrio não será obrigatoriamente a média aritmética das temperaturas dos corpos que estão interagindo. Veja estes exemplos:

a) a temperatura de equilíbrio de uma mistura de 1 litro de água a 80°C com 1 litro de água a 20°C, será 50°C.

b) a temperatura de equilíbrio da interação entre 1 litro de água a 25°C com 500g de alumínio a 300°C, será de 50°C.

Há, como se vê no exemplo (b) a inconveniência das massas. Esta influi ate para as substâncias idênticas. No exemplo (a) pode-se admitir a temperatura de equilíbrio como a média aritmética simples entres suas temperaturas, se forem utilizadas massas diferentes, porem da mesma substância, utilizar-se-á a média ponderada:

$$\theta_e = \frac{m_1\theta_1 + m_2\theta_2}{m_1 + m_2} \quad (I)$$

Não sendo possível a aplicação da fórmula 1 pode-se recorrer aos princípios da troca de calor da calorimetria para a qual se obtém, quantitativamente:

$$m_1c_1(\theta_e - \theta_1) = m_2c_2(\theta_2 - \theta_e) \quad (II)$$

onde:

m indica a massa da substância

c = indica o calor específico de cada substância

θ_1 e θ_2 indicam as temperaturas iniciais de cada substância, ainda, considera-se que $t_1 < t_2$.

θ_e = indica a temperatura de equilíbrio da mistura.

Fica fácil a verificação da fórmula (I), partindo da fórmula (II), admitindo-se que as substâncias por serem iguais tem mesmo calor específico.

Atividade 04 - Equilíbrio térmico entre corpos (I)

Após colocar, com auxílio de uma seringa, massas iguais de água em dois vasilhames metálicos, aquece-se apenas um deles sobre a chama de uma vela. A seguir tomam-se as temperaturas de ambas as amostras, anotando-as. Despeja-se rapidamente o conteúdo do recipiente aquecido junto ao conteúdo do recipiente frio e, imediatamente toma-se o valor da temperatura de equilíbrio, a qual é anotada.

Realizada esta parte, calcula-se a temperatura de equilíbrio ao qual a mistura deveria ter atingido e se compara com o resultado medido. Se houverem desvios procurar identificar as possíveis causas.

Atividade 05 - Equilíbrio térmico entre corpos (II)

De modo semelhante a Atividade 04 colocar por meio da seringa amostras em quantidades conhecidas, porém diferentes, de água em dois recipientes metálicos. Em seguida, aquece-se apenas um dos recipientes.

Tomar a temperatura de cada amostra e anotar. Feito isto determinar teoricamente qual será a temperatura de equilíbrio térmico e anotar este valor.

Misturar os conteúdos dos recipientes, despejando o conteúdo do recipiente quente junto ao conteúdo do recipiente frio, e, imediatamente tomar a medida da temperatura do equilíbrio térmico.

Comparar os resultados obtidos, o teoricamente determinado e o medido. Se houverem diferenças entre os resultados obtidos procurar explicar quais foram as causas que os originaram.

EXERCÍCIOS

01. Em um recipiente misturam-se partes iguais de água a 50°C e água a 10°C. Qual a temperatura em que ocorre o equilíbrio térmico?

02. A temperatura do equilíbrio térmico de uma mistura de amostras de álcool é 40°C. Se uma das amostras está a -10°C, qual a temperatura da outra amostra?

03. Qual a temperatura de equilíbrio de uma mistura de 20 g de uma substância a 10°C com 80 g da mesma substância a 40°C?

04. A temperatura de equilíbrio térmico de uma mistura de duas amostras de um líquido é 35°C. A amostra do primeiro líquido tem 40 g e 70°C, qual a massa do segundo líquido, se sua temperatura é de 20°C?

05. Misturam-se 200g de água a 50°C com 200g de água a 70°C. Qual será a temperatura de equilíbrio da mistura?

06. Considerando que uma amostra de líquido encontra-se a uma temperatura t_1 e outra se encontra a uma temperatura t_2 . Após misturar estas duas amostras a temperatura de equilíbrio, encontrar-se-á:

a) no intervalo entre t_1 e t_2

b) no intervalo acima de t_2

c) no intervalo abaixo de t_1

07. Misturam-se 200g de água a 80°C com 800g de água a 20°C. Qual será a temperatura de equilíbrio da mistura?

08. Quanta água se deve adicionar a 4 litros de água a 50°C, para que a mesma atinja a temperatura de 40°C? Nota: a água que se está adicionando tem temperatura de 100°C.

09. Uma piscina de crianças tem capacidade para 1000 litros de água. Certa mãe, preocupada com a saúde de suas crianças, após medir a temperatura da água obtendo 19°C, resolve adicionar 20 litros de água fervendo a da piscina. Qual será a temperatura da água ao final da mistura?

10. A partir da equação da calorimetria:

$$m_1 c_1 (t_1 - t_e) = m_2 c_2 (t_e - t_2)$$

obtenha a equação que dá a temperatura de equilíbrio de corpos de mesmas características, isto é, corpos idênticos.

TERMOMETRIA

Significa a "arte de medir temperaturas".

Como já se sabe, a medida da agitação térmica das partículas de um corpo não é diretamente mensurável, pois trata-se do movimento das partículas deste corpo. Para tanto se utilizam artifícios de medir em um outro corpo de características conhecidas o que lhe acontece quando posto em contato com o corpo problema. Assim utiliza-se a dilatação de uma barra metálica, ou o aumento de volume de um líquido, ou ainda pelo aumento de pressão de um gás encerrado em um recipiente fechado, ou técnicas diferentes as citadas.

Para se ter idéia da agitação térmica, usam-se os termômetros, os quais nada mais são do que escalas graduadas sobre um tubo capilar cheio de um líquido que se dilata. Esta graduação pode ser:

- em graus centígrados ou Celsius ($^{\circ}\text{C}$)
- em graus Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) - utilizada nos países de língua inglesa.
- em Kelvin (K) que é uma escala absoluta.

ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Atividade 06 - Termoscópio

Prepara-se um termoscópio, para tanto, enfia-se uma agulha de injeção na borracha de um vidro de remédio (capacidade de cerca de 10 ml). A seguir suga-se para dentro de um tubo de soro uma gotícula de água colorida (suco artificial vermelho), e uma das extremidades do tubo de soro é adaptado a agulha de injeção fixa na tampa de borracha.

Em seguida coloca-se o vidro do termoscópio dentro de amostras de água fria, morna e quente e se observa o que acontece. Somente por meio desta montagem pode-se estabelecer quanto uma amostra de água é ou esta mais quente que outra? Porque?

Colar ao lado do tubo do termoscópio uma tira de papel milimetrado, e repetir os procedimentos anteriores, ou seja colocar o vidro nas amostras de água. Há precisão de medidas agora? De que forma as temperaturas podem ser comparadas?

Com auxílio de um termômetro medir as temperaturas das amostras das águas e escrever seus valores na tira de papel milimetrado. Estimar com o termoscópio e por alguns artifícios de cálculo – regra de três – a temperatura do corpo humano.

Da atividade realizada, descobre-se que uma escala termométrica é uma escala que se associa a algum instrumento (no caso o termoscópio) para que se possa verificar com melhor precisão o grau da agitação térmica das partículas dos corpos. A escala que se utilizou na atividade foi a dos centímetros, medindo e expressando em centímetros a altura que a bolha de líquido colorido atinja. Assim nos corpos mais quentes a altura atingida era maior que nos corpos frios.

Para a graduação de termômetros utilizam-se pontos fixos cuja reprodução seja fácil. Utilizam-se dois pontos fixos:

- PONTO DE FUSÃO DO GELO (PG => ponto de gelo): estado no qual aparecem em equilíbrio térmico água (líquida) e gelo (sólido).

- PONTO DE EBULIÇÃO DA ÁGUA (PV => ponto de vapor): ponto no qual a água ferve a nível do mar.

É importante salientar que estes pontos são sob Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP)

Atividade 07 - Alteração dos Pontos Fixos

Colocar água a ferver em um recipiente. Quando ela já estiver fervendo, retire um pouco desta água com uma seringa. Tape o orifício onde se encaixa a agulha e puxe o embolo. O que aconteceu?

Quando se puxa o embolo, se diminui a pressão. Assim relacionar a temperatura de ebulição da água a respectiva pressão em que ela se encontra, sobre a superfície do planeta.

TIPOS DE ESCALAS

Como já se viu, tratar-se-á de apenas três tipos de escalas termométricas: a centígrada, a de Fahrenheit e a de Kelvin.

Anders Celsius (Suécia, 1701-1774) adotou como ponto zero de sua escala o ponto de gelo, e, como o cem ao ponto de vapor. Sua escala é dividida então em cem partes iguais (óbvio...) razão pela qual ela é conhecida por centígrada.

Daniel Gabriel Fahrenheit (Alemanha, 1686-1736) adotou como zero em sua escala a temperatura na qual uma mistura de gelo moído e uru sal (cloreto de amônia) congelasse, e como o cem de sua escala utilizou a temperatura do corpo humano. Nestas condições o ponto de gelo é de 32°F e o ponto de vapor é de 212°F, estando atualmente a escala dividida em 180 partes.

William Thomson, Lorde Kelvin (Inglaterra, 1824-1907) por intermédio de experimentos, verificações e extrapolações, concluiu que a menor temperatura a que um gás pode chegar corresponde com o anulamento de sua pressão, por conseguinte a parada total da vibração de suas partículas. Baseado nesta observação, chamou este ponto de zero absoluto e determinou seu valor, correspondendo a $-273,15^{\circ}\text{C}$. A partir disto, adotou o ponto de gelo como 273K e o ponto de vapor como 373K. Observar que não se utiliza o sinal de grau (°) por ser escala absoluta.

Do exposto acima conclui-se que:

Escala	Ponto de Gelo	Ponto de Vapor
Celsius	0	100
Fahrenheit	32	212
Kelvin	273	373

RELAÇÃO ENTRE AS ESCALAS

Para se transformar o valor lido em uma escala, Fahrenheit por exemplo, para outra, digamos Celsius, utilizar-se a seguinte relação:

$$\frac{\theta\text{C}}{5} = \frac{\theta\text{F} - 32}{9} = \frac{\theta\text{K} - 273}{5}$$

EXERCÍCIOS:

01. Na tabela abaixo tem-se os pontos de fusão e ebulição de alguns elementos. Complete a tabela preenchendo os valores correspondentes para as demais escalas:

Substância	Ponto de Fusão			Ponto de Ebulição		
	°C	°F	K	°C	°F	K
Hélio						
Água	0			100		
Éter	-114			34		
Parafina	60				572	

02. Tem-se dois corpos A e B, cujas temperaturas são respectivamente -2630C e -2430C . Pode-se dizer que a temperatura absoluta do corpo B é o triplo da temperatura do corpo A?

03. Abaixo é dada uma seqüência de fenômenos diários. Assinale para estes a ordem crescente de temperatura, estimando-as:

Posição	Fenômeno	Temperatura
	Chamado gás de cozinha	
	Corpo humano normal	
	Batatas fritando em óleo	
	Água fervendo	
	Água do oceano	

04. O ponto triplo – ponto no qual, sob certas condições coexistem os três estados físicos da matéria – para o nitrogênio é -209°C . Expressar este valor na escala Kelvin.

05. A temperatura corporal varia entre 36°C e 42°C . Determinar estes limites nas escalas de Kelvin e Fahrenheit.

06. Quanto vale a variação de temperatura nas escala de Fahrenheit e Kelvin uma variação de temperatura de 50°C ?

07. No verão os termômetros em Dakar

assinalam uma temperatura de 95°F. Quanto vale isto na escala centígrada?

08. Qual a menor temperatura que se pode alcançar, e que corresponde ao anulamento total das partículas dos corpos?

09. Existirão temperaturas inferiores ao zero absoluto?

10. Num artigo científico, lê-se: "...de forma que a temperatura na face escura deste planeta é da ordem de 450 graus.." Em qual das escalas térmicas esta temperatura esta expressa? Por que?

11. O locutor de uma radio local notifica que em certa cidade norte-americana no dia 23 de dezembro estava a 23°C, e comentou que o dia deveria estar bem agradável, portanto. Não demorou muito os estudantes de um colégio ligaram e sugeriram que ele pensasse um pouco no que colocava no ar. Qual(is) foi(ram) o(s) erro(s) cometido(s) pelo locutor?

12. Um pessoa em passeio em Londres, sentiu-se mal e foi ao pronto socorro. Lá mediram sua temperatura e obtiveram 98°F e **não** lhe deram nenhum antitérmico. Foi justo o procedimento? Por que?

13. Tem-se uma amostra gasosa. Esta apresenta uma temperatura característica de liquefação (passagem do estado de gás para líquido). Das temperaturas abaixo citadas quais podem ser a temperatura de liquefação? Justifique a resposta!

– 327°F

– 15 K

– 253°C

14. A temperatura de um objeto é de 10°C. Expresse esta medida nas escalas Fahrenheit e Kelvin.

15. Num dia de verão em New York, os termômetros acusavam a máxima de 104°F. A quantos graus centígrados e Kelvin isto corresponde?

16. A que temperatura dois termômetros, um graduado em Celsius e o outro em Fahrenheit, fornecem a mesma indicação de leitura?

17. A que temperatura as escalas Celsius e Kelvin fornecem a mesma leitura?

18. Uma massa de ferro sofreu uma variação em sua temperatura da ordem de 250°C. Qual a variação de temperatura nas escalas Fahrenheit e Kelvin.

EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA TERMOMETRIA

As equações que dão a transformação de medidas de temperatura entre as escalas conhecidas são obtidas estabelecendo-se uma razão entre o acréscimo de temperatura e as divisões da escala. Ora o acréscimo da temperatura, corresponde a diferença entre a temperatura indicada e o ponto de gelo, e, as divisões da escala corresponde a diferença entre o ponto de vapor e o ponto de gelo:

$$\frac{\theta - P_G}{P_V - P_G} \Rightarrow \frac{\text{Acréscimo de temperatura}}{\text{Número de divisões da escala}}$$

A razão assim obtida, recebe o nome de equação fundamental da termometria.

CONVERSÃO DE MEDIDAS DE COMPRIMENTO E PRESSÃO EM TEMPERATURA

Ao se analisar um termômetro se percebe que para uma determinada indicação de temperatura a coluna de líquido é deslocada em uma certa distância. Pode-se medir o deslocamento total, isto é, desde o ponto de gelo até o ponto de vapor, e se estabelecer uma razão a fim de que qualquer deslocamento possa ser transformado em valores de temperatura de modo bem simples.

A mesma coisa pode ser dita a respeito da pressão de um gás. Aumentando-se a temperatura há um aumento proporcional da pressão, se, ocorrer o contrário, isto é, uma diminuição de temperatura, no gás, ocorrerá uma diminuição proporcional da pressão. Para que se possa transformar medidas de deslocamento e de pressão em medidas de temperatura, procede-se da seguinte forma:

a) estabelece-se a razão entre o acréscimo da pressão/comprimento (deslocamento) e a variação total da pressão/comprimento;

b) iguala-se a razão obtida com a equação termométrica de um termômetro conhecido com o qual

se deseja trabalhar.

EXERCÍCIOS:

1) Um termômetro graduado numa escala Y tal que 20°C correspondem a 30°Y , e 120°C correspondem a 300°Y . Qual o valor na escala Y que corresponde a 50°C ?

2) No ponto de gelo da água, um termômetro de mercúrio tem sua coluna líquida com 5cm de altura, e no ponto de vapor da água a altura da coluna é de 10cm. A partir disso, obter a temperatura na qual a coluna de mercúrio tem 7,7cm de altura.

3) Um termômetro centígrado defeituoso apresenta -1°C para o ponto de gelo e $+102^{\circ}\text{C}$ para o ponto de vapor. Qual o valor correto da temperatura quando ele está marcando 30°C ?

4) Uma barra metálica foi utilizada serve como termômetro: no ponto de gelo, seu comprimento era de 100 cm, e no ponto de vapor foi 100,25 cm. Assim sendo, determinar:

- a equação de transformação para a escala Celsius;
- a temperatura quando o comprimento da barra é de 100,10cm.

5) A pressão do pneu de uma bicicleta a 0°C e de 25 libras. A 100°C a pressão do pneu passa a 45 libras. Assim sendo;

- qual a pressão do pneu a 25°C ?
- qual será a temperatura quando a pressão

do pneu for 35 libras?

- qual a equação de transformação para a escala de Kelvin?

6) De manhã cedo, quando a temperatura é de 18°C , um borracheiro mede a pressão de um pneu obtendo 95 libras. As 13 horas, quando a temperatura está mais alta, em 28°C ele mede novamente a pressão do pneu e encontra 115 libras. Determinar:

- a equação de conversão de graus centígrados para libras;
- a que temperatura corresponde 100 libras;
- a quantas libras corresponde 23°C ?

7) Uma antiga escala termométrica (Rearmur \Rightarrow $^{\circ}\text{Re}$) utilizava como pontos fixos 0°Re e 80°Re . Qual a temperatura em Rearmur quando um termômetro em Fahrenheit acusar 125°F ?

8) Uma barra metálica ao ser mergulhada em água cada vez mais quente tem os comprimentos indicados na tabela abaixo:

Temp.($^{\circ}\text{F}$)	32	42	52	62	72	82
comp. (pol)	$22\frac{1}{2}$	$22\frac{23}{32}$	$22\frac{15}{16}$	$23\frac{5}{32}$	$23\frac{3}{8}$	$23\frac{3}{4}$

Qual o comprimento desta barra a 50°C , expresso em milímetros.

MUDANÇAS DE ESTADOS FÍSICOS

Toda vez que um corpo receber calor sua temperatura aumentará até que em determinados pontos o corpo mude de um estado físico para outro. Inicialmente ele passa de sólido a líquido e finalmente a gás.

As principais mudanças são:

- de sólido para líquido \Rightarrow fusão
- de sólido para gás \Rightarrow sublimação
- de líquido para gás \Rightarrow ebulição, evaporação ou vaporização
- de líquido para sólido \Rightarrow solidificação
- de gás para líquido \Rightarrow liquefação ou condensação
- de gás para sólido \Rightarrow (re)sublimação

A principal responsável pela mudança de estado físico é a temperatura como se assentou acima, porém pode influir nesta mudança de estado físico a pressão, da seguinte forma: se for aumentada a pressão a temperatura de mudança física será elevada, se porém, a pressão for reduzida, a temperatura da mudança de estado será reduzida. Isto sugere que:

“durante a mudança de estado físico a temperatura permanece constante, desde que a pressão também o permaneça.”

Como as substâncias apresentam arranjos especiais em suas estruturas mais íntimas – a nível microscópico – é de se esperar que:

“cada substância apresenta para cada pressão uma temperatura bem definida de mudança de estado físico.”

Atividade 08 - O Calor e as Mudanças de Estado Físico

Colocar raspas de parafina em dois recipientes metálicos. Um deles colocar sobre a chama e outro não. Observar o que acontece. Qual foi a causa, ou quem foi o responsável para que tal acontecesse?

Atividade 09 - Influência da Pressão sobre a Ebulição

Colocar água para ferver em um recipiente. Quando ela estiver fervendo, retirar um pouco desta água em uma seringa. Observar. Puxar em seguida o embolo da seringa após tapar seu orifício. O que acontece? Responda: De que forma a pressão atmosférica pode influir nos pontos de mudança de estado físico?

Atividade 10 - A temperatura durante a Mudança de Estado Físico

Colocar gelo picado em um recipiente metálico, apoiado sobre um tripé. Colocar um termômetro de modo a medir a temperatura do gelo. Acionar um cronômetro no instante em que se acende uma vela - sob o recipiente - e, medir e anotar a temperatura do conjunto a cada 5 ou 7 segundos. Deixar até a fervura.

Após isso dispor em um gráfico os dados coletados. Na linha horizontal se anota o tempo e na vertical a temperatura.

Observar a temperatura nas mudanças de estado físico. Relate o ocorrido, bem como suas conclusões.

Atividade 11 - Os estados físicos que ocorrem durante a destilação

Montar um aparelho destilador.

No balão do destilador, colocar gelo picado e tapá-lo com a rolha perfurada. O tubo tem suas extremidades: uma enfiada na rolha e a outra colocada no vidro. Acender uma vela ou lamparina sob o balão e observar.

Quais as mudanças de estado físico que ocorreram em cada parte do aparelho? Que nome elas recebem?

Atividade 12 - Pontos de Fusão

Colocar raspas de parafina em um recipiente metálico, e em outro recipiente uma pequena amostra de chumbo. Marcar o tempo que uma e outra levam para derreter. Observar com atenção, e então responder:

Qual tem maior ponto de fusão? Como o resultado da Atividade evidencia isto?

CALOR

Depois de se colocar em contato dois corpos com temperaturas diferentes, parte da energia de um deles se transfere para o outro. Esta energia que se tornou manifesta é que se denomina de calor.

Atividade 13 – A Propagação do Calor

Segura-se com a mão a extremidade de um fio metálico, estando a outra extremidade sobre a chama de uma vela. O que acontece? De onde vem este calor? O que implica isto?

O calor é medido em calorias (cal), sendo que uma caloria é a energia necessária para que se possa aquecer um grama de água em um grau centígrado, mais exatamente de 14,5 °C para 15,5 °C.

No Sistema Internacional de unidades (SI) adota como unidade de calor o Joule (J), existindo então a correspondência entre Joule e caloria:

$$1 \text{ J} = 0,238 \text{ cal} \quad \text{ou} \quad 1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

A diferença entre o Joule e a caloria é a de que a caloria é uma unidade prática, fácil de ser medida, enquanto o Joule é uma unidade teórica.

PROPAGAÇÃO DO CALOR

Já verificamos em Atividades anteriores que o calor flui de um corpo para outro, desde que entre eles reine uma diferença de temperatura. Mas isto também pode ocorrer num mesmo corpo, de modo que o calor passa de um local de temperatura maior para um de temperatura menor.

A propagação pode se dar de três formas:

- por condução em corpos sólidos;
- por convecção em corpos fluidos, e,
- por radiação no vácuo.

CONDUÇÃO

Ao se colocar a extremidade livre de uma barra metálica no fogo, e se segurar a outra extremidade com a mão, percebe-se que a energia fornecida pelo fogo aquece (há um fornecimento de energia) a extremidade da barra que lhe esta em contato, e, a seguir propaga-se até a mão do observador. Este calor vai sendo passado de uma partícula a outra, de modo que ao final de algum tempo chega a mão do observador tendo passado por todas as partículas.

Atividade 14- A propagação do calor por Condução

Pingar sobre um prego gotas de parafina de uma vela, a distancias regulares umas das outras. A seguir segurar o prego pela cabeça com um prendedor e colocar a ponta livre sobre a chama da vela. Observar o que acontece.

Qual o sentido da propagação do calor? Como se evidencia isto?

Atividade 15 - Materiais Diferentes, conduções diferentes

Providenciar fios metálicos diversos, todos com mesmos diâmetros e comprimento fios de cobre, alumínio, ferro, aço, e outros). Trançar junto as extremidades de todos os fios, deixando uma parte livre, que é aberta em "L". Nas extremidades livres de cada fio pingar uma gota de parafina de uma vela. A seguir aquecer na chama de uma vela ou lamparina a parte trançada observando o que acontece.

Responder:

De qual fio a gota de parafina pingou primeiro?

E por ultimo?

Qual metal conduz melhor o calor? Por que?

EXPLICAÇÃO DA CONDUÇÃO SEGUNDO AS FORÇAS INTERMOLECULARES

Os metais, por exemplo, resistem a tração, pois quando aumenta a distância entre as moléculas surge entre as mesmas uma força atrativa com o fim de restabelecer a ordem e o equilíbrio na rede cristalina do metal.

Quando porem há uma compressão sobre os mesmos as moléculas inicialmente se aproximam umas das outras o que faz com que surja uma força repulsiva entre elas com o fim de restabelecer a ordem da estrutura do cristal.

Fornecer calor nada mais é do que fornecer energia a uma molécula ou a um conjunto delas. Essa energia recebida fará com que o conjunto passe a vibrar com maior amplitude, isto é, com maior vigor, se aproximando mais das moléculas vizinhas. As moléculas que “sentiram” a agitação reagem retirando um pouco desta agitação, mas com isso elas mesmas também passam a aumentar a sua própria amplitude de vibração. As novas moléculas atingidas passam agora a se comportar como as primeiras, e atingem as suas vizinhas, que por sua vez receberão parte da energia da “sacudida”. Esse movimento de vai e vem criam espaços vazios nos quais as moléculas vizinhas atuarão atrativamente e por consequência passarão também a vibrar. Assim, ocorrendo a atração por um lado e repulsão por outro novos conjuntos de moléculas passam a oscilar, batendo-se entre si dão continuidade ao processo, pois que as moléculas que reagiram são agora dotadas de vibração e cada uma das moléculas afetadas “sacudirá” as mais a frente.

CONVECÇÃO

Quando se esta em uma sala, é comum após algum tempo se perceber que o local esta ficando abafado. Ao se questionar o fenômeno, descobre-se que o ar que rodeia cada pessoa no recinto se toma aquecido, quer pela respiração quer pelas trocas térmicas. O ar sendo aquecido torna-se menos denso e move-se em sentido ascendente para as regiões mais altas. O ar frio das regiões mais altas, sendo mais denso acaba em movimento descendente. Esses movimentos ascendente do ar quente e descendente do ar frio formam um ciclo, até que todo o ar se aqueça e dai se tenha a impressão de abafado. O ciclo citado recebe

a designação de corrente de convecção.

Este modo pelo qual o calor se propaga nos fluidos (líquidos e gases) recebe o nome de CONVECÇÃO.

Atividade 16 - A propagação do calor por convecção

Colocar um pouco de serragem dentro de um recipiente, e, sobre esta uma porção de água. A seguir aquece-se o recipiente sobre a chama de uma vela o lamparina. Observar.

O que acontece com a serragem? Por que isto ocorre?

Atividade 17 - As correntes de convecção

Fecha-se completamente um recinto. Então se aproxima da porta e nela se abre uma fresta estreita.

Acende-se uma vela e se observa o que acontece com a chama quando a mesma é aproximada da porta na sua parte de baixo, central e superior. Esboce a situação da chama da vela em cada posição e explique o que aconteceu

RADIAÇÃO

Quando se está ao sol, percebe-se que o mesmo queima como se estivesse ao fogo, ou em contato com objetos quentes. Não somente o sol, mas todos os corpos aquecidos emitem certo tipo de "raios" quentes. Essa emissão de raios quentes recebe a designação de RADIAÇÃO, e os raios assim emitidos não necessitam de meio material para seu transporte, pois movem-se em forma de ondas e se propagam também no vácuo.

Atividade 18- A propagação do calor por Radiação

Acende-se uma vela e dela se aproxima um termômetro pelos lados e por baixo da chama. Cuidado para não colocar o mesmo na chama pois ele sofrerá danos. Observar e relatar o que aconteceu.

EXERCÍCIOS:

01. Transformar 2000J em calorias.
02. Transformar 4187 calorias em Joules.
03. Um bate-estacas tem um martelo de 500 Kg que cai sobre a estaca a ser enfiada no chão de uma altura de 15 m. A cada batida a estaca se afunda em 1/2 metro, tendo massa de 100Kg. Determinar a energia liberada a cada batida em forma de calor, em Joules e em calorias.
04. Pesquise as partes que compõem um sistema de aquecimento solar e identifique as formas de propagação do calor em cada uma de suas partes.
05. Se para aquecer um grama de água de 14,5°C a 15,5°C é necessária uma caloria, quantas calorias serão necessárias para aquecer um litro de água na mesma variação de temperatura?

A DILATAÇÃO DOS CORPOS

Iniciar-se-á o estudo da dilatação térmica a que os corpos ficam sujeitos por meio de algumas atividades. São elas:

Atividade 19- A dilatação de um fio

Após medir cuidadosa e criteriosamente o comprimento de um fio metálico aquecê-lo fortemente numa chama, de modo que ele não derreta. Depois de aquecido, medir novamente o comprimento do fio. O que aconteceu?

Em que quantidade? Quem foi a(o) responsável por isso?

Atividade 20- A dilatação de superfícies (I)

Medir o diâmetro de uma moeda, por pontos diferentes (ou uma lâmina metálica retangular, fina). Aquecer fortemente sobre uma chama. Feito isso, medir novamente seu diâmetro. O que se percebe? Em que intensidade?

Calcular a área da moeda (ou lamina) antes e depois de serem aquecidos. Houveram diferenças? Quais?

Atividade 21 - A dilatação de superfícies (II)

Deixar a porca de um parafuso mergulhada em gelo picado, enquanto se aquece fortemente o parafuso. Quando ele estiver bem quente, rosquear rapidamente a porca. É possível? Por que? Quando é que se pode rosquear?

Atividade 22- A dilatação de chapas

Traçar sobre uma lâmina metálica (papel laminado de alumínio) um quadrado, por meio de um riscador. Medir os lados do quadrado com a lâmina fria e anotar estes valores. A seguir aquecer fortemente esta lâmina para então medir novamente os lados do quadrado. O que se observa?

De posse desta informação, o que lhe parece que ocorrerá com o buraco de uma chapa de fogão ao ser aquecida? Ela aumentará ou diminuirá de tamanho?

Atividade 23- A dilatação de corpos como um todo

Enrolar um fio metálico em torno de uma esfera metálica de modo que a mesma possa passar em seu interior. Aquecer fortemente a esfera e tentar passá-la pelo anel de fio. O que aconteceu? Por que?

Atividade 24 - Conclusões sobre a Dilatação

- a) Responda as seguintes questões:
- b) De posse dos dados obtidos a partir das atividades 19 a 23, o que aconteceu em comum em todas as atividades?
- c) A fonte térmica cedia calor para o objeto que se estava aquecendo. Este reagia de duas formas (aumentado/diminuindo) sua temperatura e (aumentando/diminuindo) seu tamanho. Há relação entre o tamanho do corpo e sua temperatura? Qual?
- d) Que nome recebe o aumento das atividades:
 - d1) 19?
 - d2) 20 a 22?
 - d3) 23?

Agora, (...) às teorias.

Como se sabe, todo corpo tem suas partículas vibrando. Quando este corpo é aquecido suas partículas vibram com maior vigor. Este aumento na intensidade de vibração faz com que todas as partículas do corpo se distanciem um pouco umas das outras, para que o movimento de cada partícula não seja perturbado pelo movimento das demais.

Este distanciamento faz com que o corpo aumente suas dimensões, e, a este fenômeno denomina-se de DILATAÇÃO.

De acordo com as experiências realizadas, a dilatação pode ser de três tipos:

- Dilatação linear.
- Dilatação superficial.
- Dilatação volumétrica.

O aumento na amplitude de vibração das partículas não quer dizer, e nem tampouco deixa claro ou evidente que há um aumento no volume da partícula...

DILATAÇÃO LINEAR

A dilatação linear é aquela que ocorre em apenas uma direção, ou seja, na direção do comprimento do objeto em estudo. Considerar então como exemplo a dilatação de um fio metálico cuja espessura seja muito menor que seu comprimento.

Sabe-se que a uma dada temperatura um fio tem determinado comprimento. Se a temperatura aumentar, o comprimento deste fio aumentará. Percebe-se então que o aumento de comprimento sofrido pelo fio é proporcional a variação de temperatura:

$$\Delta L \approx \Delta \theta$$

Também é lógico de se esperar que quanto maior o comprimento do fio, maior seja sua dilatação, posto isso conclui-se que a dilatação é proporcional ao comprimento inicial do fio:

$$\Delta L \approx L_0$$

Sabe-se também que ao se aquecerem fios de materiais diferentes sob a mesma diferença de temperatura, todos hão de aumentar seus comprimentos, porém de modo diferenciado e característico para cada material, isto é, alguns fios aumentarão mais do que outros. Face a este fato toma-se necessário introduzir o conceito de coeficiente linear de dilatação das substâncias para que se possa conhecer como funciona sua dilatação.

$$\Delta L \approx \alpha$$

O coeficiente de dilatação é a grandeza que indica quanto um fio de um material qualquer aumenta de comprimento para cada grau centígrado que a temperatura aumente, em função do comprimento inicial do fio. Sua unidade é $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ou $1/^{\circ}\text{C}$, sendo representados nas fórmulas pela letra grega alfa (α).

A posse das conclusões acima direcionam a que a expressão que fornece a dilatação (aumento de comprimento) do corpo, como sendo:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \text{ (I)}$$

onde:

L = dilatação sofrida ($L - L_0$)

L_0 = comprimento inicial do fio

α = coeficiente de dilatação linear

$\Delta \theta$ = variação de temperatura ($\theta - \theta_0$)

Se desejarmos conhecer o comprimento final do fio, usar-se-á:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \theta) \text{ (II)}$$

Na tabela abaixo, relacionam-se os coeficientes de dilatação linear de algumas substâncias, sendo cientificamente notados por $\text{xx} \cdot 10^{\circ}\text{C}^{-1}$

Substância	α	Substância	α	substância	α
Aço	11	Diamante	0,9	ouro	15
Alumínio	23	Ferro	12	porcelana	3
Bronze	18	Granito	8	prata	19
Chumbo	29	Latão	18	tungstênio	4
Cobre	16	Mercúrio	41	vidro comum	9
Concreto	12	Níquel	13	vidro pirex	3,2
Constantan	25	Platina	9	zinco	25

Existem algumas substâncias que fogem a regra contraindo-se ao ser aquecida, como por exemplo alguns tipos de borrachas, ou se dilatando ao serem resfriados, neste caso seus coeficientes de dilatação serão negativos.

EXERCÍCIOS:

01. Duas barras de alumínio sofrem em a mesma variação de temperatura. As duas apresentam a mesma dilatação? Justifique sua resposta.

02. Duas barras, uma de concreto e outra de ferro estão sujeitas a mesma variação de temperatura. Elas tem mesmo comprimento inicial. Apresentarão elas mesma dilatação? Por que?

03. A 0°C uma barra de ferro mede 100,00 cm, e é aquecida até 100°C . Nesta situação, determinar a) a dilatação, ou seja a variação no comprimento da barra; b) o comprimento final da barra.

04. Uma barra de zinco, homogênea é aquecida de 10°C até 60°C . Sabendo-se que a 10°C a barra mede 5,00 metros, determinar: a) a dilatação ocorrida; b) o comprimento final da barra.

05. A 20°C um fio metálico de cobre mede 20,00 metros. Determinar a dilatação linear e o comprimento do fio quando aquecido até 100°C .

06. O comprimento de um metal desconhecido, a 200°C é de 100 centímetros. Ao aquecê-la até 40°C ela se dilata 0,46 milímetros. Diante desta constatação, qual dos elementos da tabela do texto se trata?

07. A 50°C uma barra metálica mede 200,00 cm, e, a 100°C mede 200,02 cm. Determinar o coeficiente de dilatação desta barra.

08. Uma pessoa ao encontrar dificuldades em abrir um pote de conservas com tampa metálica, mergulhando a tampa do recipiente em água quente ela consegue abrir o pote. Por que?

09. Uma barra metálica feita de um material cujo $\alpha = 2 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ a 20°C é colocada no interior de um forno. Após a barra ter atingido o equilíbrio, verifica-se ser seu comprimento 1% maior. Qual a temperatura no interior do forno?

10. Qual o coeficiente de dilatação de um fio de cobre, que a 32°F mede 3,00000 m, e, a

180°F mede 3,00395m Expresse este coeficiente em $^{\circ}\text{C}^{-1}$ e $^{\circ}\text{F}^{-1}$.

11. Uma barra de ferro com 1 m de comprimento apresenta temperatura de 200°C Calcule seu comprimento a 0°C e a 1000°C .

12. Uma barra que, a temperatura de 0°C , tem 1 m de comprimento, aquecida a temperatura de 100°C se alonga em 1,2mm. Calcular o coeficiente de dilatação desta barra.

13. Solda-se uma barra de cobre sobre uma de constantan, e a 25°C ela esta perfeitamente horizontal. O que acontece a lamina obtida ao aquecê-la até 60°C ?

DILATAÇÃO SUPERFICIAL

Como exemplo de dilatação superficial, considerar-se-á o caso de uma lamina metálica que é aquecida, onde a espessura é muitíssimo menor que área da mesma.

As equações que se utilizam para descrever a dilatação superficial dependem de que se considere que:

- a dilatação superficial ΔS é proporcional a área inicial da lamina, assim $\Delta S \approx S_0$;
- a dilatação superficial ΔS é proporcional a variação de temperatura a que a lamina esta sujeita, assim $\Delta S \approx \Delta \theta$, e;
- a dilatação superficial ΔS depende do material do qual a lamina é constituída. Como esta ocorre em duas direções, ela será proporcional ao dobro do coeficiente de dilatação linear. Assim $\Delta L \approx 2\alpha$. Se for feito que o dobro do coeficiente de dilatação linear é igual ao coeficiente de dilatação superficial, tem-se que: $\beta = 2\alpha$.

Reunindo estes dados em uma única equação, obtém-se que:

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta \theta \quad (\text{III})$$

que expressa em quanto o corpo aumentara se aquecido em uma variação ($\Delta \theta$) de temperatura. Se for desejo conhecer a área filial da lamina ou placa, usa-se:

$$S = S_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta \theta) \quad (\text{IV})$$

EXERCÍCIOS:

01. A uma temperatura de 30°C uma chapa de aço tem uma área de 36m^2 . Determinar a área da chapa a 50°C .

02. Uma chapa de ferro quadrada de lado 10cm a temperatura de 10°C , é aquecida até 210°C . Qual sua dilatação superficial?

03. Uma chapa quadrada de alumínio tem lado de 20cm a temperatura de 5°C . Ela é aquecida até 305°C . Nestas condições determinar: a) a área inicial da chapa; b) quanto cada lado aumenta; c) a área final da chapa, calculada pela dilatação superficial (a); d) a área final da chapa calculada pelo aumento dos lados (b); e) a diferença

entre as áreas (c) e (d).

04. Uma placa metálica apresenta uma área inicial de 104cm^2 . Ao ser aquecida em 50°C sua área aumenta em $0,8\text{cm}^2$. Qual o coeficiente de dilatação superficial e linear da placa?

05. Uma chapa metálica é feita de um dos materiais listados na tabela dos coeficientes de dilatação linear, e, a 20°C mede 1,000 m de lado. Passa então a um aquecimento até 320°C , quando sua área passa a ser de $1,0054\text{m}^2$. Que material é este?

06. A 10°C uma placa de chumbo mede 900cm^2 . Determinar a área desta placa, quando a

mesma for aquecida até 60°C,

07. Um anel de ouro apresenta área interna de 5cm² a 20°C. Determinar a dilatação sofrida quando aquecida até 120°C.

08. Uma chapa de alumínio e outra de cobre tem áreas respectivamente iguais a 80cm² e 80,4cm² a temperatura de 0°C. Determinar a temperatura na qual elas terão áreas iguais.

DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA

A dilatação volumétrica é a real dilatação sofrida por um corpo, pois sempre que aquecido todas as suas dimensões variam. Ela ocorre por tanto em três direções.

Ela depende:

- do volume (V_0) inicial do corpo, pois quanto maior o volume inicial maior será a dilatação (ΔV) volumétrica do corpo. Assim: $\Delta V \approx V_0$;
- da variação de temperatura $\Delta\theta$ a que o corpo está sujeito, pois quanto maior for esta variação maior será a dilatação (ΔV) volumétrica do corpo. Assim: $\Delta V \approx \Delta\theta$;
- do material que constitui o corpo, que por dilatar-se em três direções terá uma dilatação proporcional ao triplo do coeficiente de dilatação. Assim: $\Delta S \approx 3\alpha$. Para simplificação pode-se dizer que $\gamma = 3\alpha$.

Agrupando estes dados em uma equação, esta assumirá a seguinte forma:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta \quad (V)$$

se for desejado conhecer o volume final do corpo, utiliza-se:

$$V = V_0(1 + \gamma \cdot \Delta\theta) \quad (VI)$$

onde, a fórmula (V) informa em quanto o corpo varia seu volume, já a fórmula (VI) informa qual será o volume final do corpo.

EXERCÍCIOS:

01. Um cubo de alumínio, a 10°C tem aresta de 10cm. Calcule a variação de volume do cubo, quando este é aquecido até 110°C.

02. Uma peça sólida tem uma cavidade, cujo volume a 50°C é de 10 cm³. A peça é aquecida uniformemente até 550°C. O coeficiente de dilatação linear da peça pode ser considerado constante e igual a $\alpha = 1.10 \cdot 10^{-6} \text{C}^{-1}$. Calcular a variação de volume sofrida pela cavidade.

03. Um cubo de chumbo tem aresta de dimensões 10cm quando a temperatura é 0°C. Qual o volume deste cubo a quando a temperatura subir a 100°C?

04. Um tanque indilatável contém 10000 litros de álcool a 20°C, ao ser aquecido até 30°C o volume de álcool passa para 10100 litros. Qual o coeficiente de dilatação do álcool?

05. Um vendedor de gasolina recebe 2000 litros de gasolina, num dia em que a temperatura ambiente está em 30°C, e vendeu toda gasolina no dia seguinte, a temperatura de 20°C. Sabendo que o coeficiente de dilatação volumétrico da gasolina

é de $11.10 \cdot 10^{-3} \text{C}^{-1}$, e que o litro de gasolina custa R\$ 2,20, determinar o prejuízo do vendedor.

06. Um recipiente de cobre tem 1000 cm³ de capacidade a 0°C. Qual a capacidade do recipiente a 100°C?

07. Aumentando-se a temperatura de um corpo em 100°C, seu volume aumenta em 0,06%. Calcule o coeficiente de dilatação volumétrica desse corpo.

08. Determinar o coeficiente de dilatação cúbica de um líquido que ocupa um volume de 40cm³ a 10°C e 40,5 cm³ a 70°C.

09. Ao guardar dois copos de vidro iguais uma dona de casa encaixou um dentro do outro. Quando foi utiliza-los de novo, os dois estavam presos e ela não conseguiu separa-los. Resolveu, então, colocar água quente no copo interno. Você acha que ela teve sucesso? Explique e, em caso negativo, sugira outro procedimento prático para separar os copos, evitando que eles se quebrem.

DILATAÇÃO NOS LÍQUIDOS

No estudo da dilatação dos líquidos só haverá sentido em se estudar sua dilatação volumétrica, haja visto o fato de os mesmos não se encontrarem nas formas lineares e nem plana. Os líquidos para serem aquecidos são sempre colocados em recipientes, os quais por sua vez, sendo aquecidos, também se dilatam. Desta forma o aquecimento em líquidos contidos em recipientes apresentará a dilatação aparente.

Posto isso, é possível assentar que os fluidos apresentam sempre duas dilatações: uma real e uma aparente. A dilatação real é aquela efetivamente sofrida pelo líquido e que não depende do recipiente no qual ele está contido. A dilatação aparente, ao contrário, dependerá do tipo de recipiente no qual o mesmo está contido.

Considere um frasco totalmente cheio de líquido. A seguir se aquece o conjunto, e o líquido se dilata mais do que o frasco, ocorrendo um extravasamento parcial do líquido. Esta parte extravasada corresponde a dilatação aparente do líquido. Percebe-se ainda que, mesmo ocorrendo um extravasamento o recipiente continuará sempre cheio de líquido, e que o próprio recipiente aumenta de capacidade.

A posse destes dados permite com que se diga que a dilatação real do líquido corresponde a soma da dilatação aparente do líquido com a dilatação do frasco. Isto é:

$$V_R = V_F + V_{AP}$$

sendo que cada dilatação terá seu respectivo coeficiente de dilatação volumétrica. Considerando que:

V_R = dilatação real

V_F = dilatação do frasco

V_{AP} = dilatação aparente do líquido

teremos então que os coeficientes de dilatação serão relacionados por:

$$\gamma_R = \gamma_F + \gamma_{AP}$$

γ_R = coeficiente de dilatação volumétrica real do líquido

γ_F = coeficiente de dilatação do frasco onde o líquido está

γ_{AP} = coeficiente de dilatação aparente do líquido

Atividade 25- Coeficiente de Dilatação aparente da água

Após medir a capacidade de um vidro de remédios pequeno (V_0), e enchê-lo de água, o mesmo é colocado em banho-maria. A seguir aquece-se o conjunto até uma temperatura (θ) maior que a inicial. Deixa-se o mesmo esfriar e completa-se o volume de líquido no vidro de modo que fique como estava no início. Deve-se medir a quantidade de líquido recolocada (v) e a temperatura do banho-maria (θ_0).

A partir dos dados obtidos, determina-se o coeficiente de dilatação aparente da água.

Sendo o coeficiente de dilatação real da água de $2,07 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, determinar o erro percentual cometido.

A tabela abaixo ilustra os valores dos coeficientes de dilatação real de alguns líquidos, em $10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$:

Líquido	γ	Líquido	γ
Água	2,07	Gasolina	12,00
álcool etílico	7,45	Glicerina	49,66
Benzeno	10,60	Mercúrio	1,82
Éter	16,56	Petróleo	9,00

EXERCÍCIOS:

01. Um recipiente de ferro contém até a sua borda 100 cm^3 de álcool, a temperatura de 20°C , e é aquecido até 60°C . Determinar: a) a dilatação do recipiente; b) a dilatação real do líquido; c) a dilatação aparente do álcool.

02. Um tubo de vidro comum graduado tem água em seu interior. A 10°C a leitura do nível de um líquido é $60,00 \text{ cm}^3$, e a 90°C a leitura é de $60,85 \text{ cm}^3$. Da tabela citada acima, dizer qual é o líquido contido no tubo.

03. Para se medir o coeficiente de dilatação de um líquido utilizou-se um frasco de vidro graduado. A 0°C, a leitura da escala foi de 90,00 cm³ e a 100°C foi de 90,50cm³. Determinar: a) o coeficiente de dilatação aparente do líquido; b) o coeficiente de dilatação real do líquido.

04. Um petroleiro recebe, no Golfo Pérsico uma carga de 1 milhão de barris de petróleo a uma temperatura de aproximadamente 50°C. Qual é a perda sofrida por contração, em barris, ao descarregar o navio no Brasil a uma temperatura de cerca de 20°C?

05. Um líquido tem volume de 20cm³ a 0°C, e de 22,5cm³ a 90°C. Qual seu coeficiente de dilatação cubica?

06. Um tubo cilíndrico de 1cm de diâmetro é preenchido com mercúrio até a altura de

10cm. A temperatura é de 0°C. Qual a altura atingida pela coluna de mercúrio quando aquecida até 100°C. Desprezar a variação de volume do recipiente.

07. Um recipiente contendo 200ml de mercúrio fica cheio até a borda quando a temperatura é de 20°C. O que acontecera se a temperatura for elevada até 80°C? Forneça resultados numéricos.

08. A 10°C, 100 gotas idênticas de um determinado líquido ocupam o volume de 1,00 cm³. Já a 60°C o volume ocupado é de 1,01 cm³. Baseado nisto determinar: a) a massa de uma gota de líquido a 10°C, sabendo-se que sua densidade a esta temperatura é de 0,90g/cm³; b) o coeficiente de dilatação volumétrica deste líquido; c) a densidade deste líquido a 60°C.

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A MASSA ESPECÍFICA DOS CORPOS

Como bem ficou ilustrado no problema 08, da página anterior, a densidade de um corpo varia de acordo com a temperatura, de forma que quanto mais quente o corpo se encontra menor é sua densidade. Como isto é possível?

Recordaremos que a densidade é a razão entre a massa da substância por unidade de volume. Pois bem, ao se aquecer o corpo, sua massa não aumenta, mas seu volume sim. Assim aumentando o volume mantendo a massa constante, diminui-se a densidade.

A expressão que relaciona a densidade com a temperatura é:

$$\mu_1 = \frac{\mu_0}{1 + \gamma\Delta\theta}$$

onde

μ = densidade (os índices 1 e 0 referem-se a final e inicial);

γ = coeficiente de dilatação volumétrica da substância e

$\Delta\theta$ = variação de temperatura a que a substância está sujeita.

DILATAÇÃO ANOMALA DA ÁGUA

Normalmente todo líquido ao ser aquecido qualquer que sejam as variações de temperatura, tende a aumentar seu volume. A água porém, entre zero e quatro graus centígrados constitui uma exceção, pois neste intervalo ela ocupa seu volume mínimo, e por conseguinte, a sua massa específica é máxima. Acima dos 4°C ela volta a se comportar como todos os demais líquidos.

Esta dilatação anômala é de grande valia para a vida aquática, ou seja, o fundo de um rio, lago ou oceano jamais congelarão totalmente, mas a temperatura será de 4°C, estável. o meio pelo qual Deus preserva a vida dos seres marinhos (Imagine o que Ele não faria por você!). A explicação é bastante simples: durante o resfriamento, acima de 4°C a água da superfície por ser mais densa que a água do fundo, desce, esfriando o conjunto.

Este movimento continua até que toda a água atinja os 4°C, por convecção. A partir daí quando a temperatura da superfície diminui dos 4°C, seu volume passa a aumentar, conseqüentemente sua densidade diminui, não podendo mais descer, cessando a corrente de convecção. A partir desta situação a superfície do lago começa a se solidificar, isolando a água abaixo do gelo (pois este é um bom isolante térmico). Durante o congelamento o gelo diminui em cerca de 10% seu volume, ficando desta forma uma camada de

ar entre a superfície congelada e a água, que estará sempre acima dos 4°C.

EXERCÍCIOS:

01. Qual será a densidade da água a 50°C, sendo ela de 1 g/cm³ a temperatura de 20°C?

02. A que temperatura se deve aquecer uma amostra de mercúrio para que sua densidade diminua em 0,1%? Dado, a 0°C a densidade do

mesmo é de 13,6 g/cm³.

03. A densidade de um metal é de 7,78 g/cm³. Foi aquecido a partir dos 20°C até que sua densidade fosse de 7,55g/cm³. Qual a temperatura atingida?

QUANTIDADE DE CALOR

Sendo o calor uma forma de energia que ser trocada entre corpos que a apresentem em quantidades diferentes. Sabe-se que após a troca haverá um equilíbrio térmico (ou equilíbrio energético).

Se for representado por Q a quantidade de calor, pode-se verificar que:

- quanto maior a massa (m) do corpo, maior será a quantidade de calor que lhe deve ser fornecida para que sua temperatura aumente, logo a massa e a quantidade de calor são diretamente proporcionais: $Q \approx m$;
- um aumento maior de temperatura exige uma maior quantidade de calor, assim a quantidade (Q) de calor é diretamente proporcional a variação ($\Delta\theta$) de temperatura: $Q \approx \Delta\theta$;
- corpos de matérias diferentes exigem quantidades de calor diferentes para sofrerem mesma variação de temperatura, isto é, é diretamente proporcional a um coeficiente específico para cada material

De posse destes dados, deduz-se que a quantidade de calor pode ser determinada por:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

onde:

Q = quantidade de calor,

m = massa do corpo,

c = calor específico do corpo e

$\Delta\theta$ = variação de temperatura

As unidades que se utilizam para medir cada grandeza esta arrolada na tabela que se segue:

Grandeza	usual	S.I.	observações
Q – Quantidade e calor	caloria (cal)	Joule (J)	1 cal = 4,186 J
m – massa	Gramma (g)	Quilograma (kg)	1000 g = 1 kg
$\Delta\theta$ - Variação temperatura	Celsius (C°)	Kelvin (K)	$\Delta K = \Delta C + 273$
c - calor específico	Caloria por grama e grau Célsius (cal/g°C)	Joule por quilograma e Kelvin (J/kg K)	

Atividade 26 - Medida de uma Quantidade de Calor

Colocar um volume (V) de água em um recipiente metálico e anotar sua temperatura (θ_0) inicial. Aquecer o recipiente com água sobre a chama de uma vela ou lamparina, e a seguir tomar sua temperatura final (θ). Preencher a tabela a seguir com os dados coletados:

DADOS	$V = m$	θ_0	θ	$\Delta\theta$	$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$
Água					

Determinar a quantidade de calor recebida pela água, sendo seu calor específico de $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

CALOR ESPECÍFICO

Como visto anteriormente, ao se fornecer quantidades de calor iguais a corpos de mesma massa,

porém de natureza diferentes, não haverá neles a mesma variação de temperatura, logo as temperaturas finais atingidas por cada corpo será diferente. Isto é, alguns corpos aquecem-se mais do que outros com a mesma quantidade de calor.

Atividade 27- Calores Específicos

Você tem duas amostras líquidas, uma de azeite e outra de água. Aquece cada uma durante 3 minutos na chama da mesma vela, e no mesmo recipiente. Qual delas terá temperatura final maior? Por conseguinte qual delas tem menor calor específico?

Após estudar o caso e responder estas perguntas, desenvolva a Atividade na prática, para tanto repita as operações especificadas para a Atividade 26.

Esta característica de corpos se aquecerem de forma diferenciada face a uma mesma quantidade de calor, recebe o nome de calor específico, e este expressa quanta calorias são necessárias para promover um aumento unitário de temperatura em cada grama do corpo. Pode se calculado por:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta}$$

A tabela abaixo fornece aos calores específicos de algumas substâncias em cal/g°C:

Substância	C	Substância	c
Água	1,000	Mercúrio	0,0333
Álcool	0,6019	Níquel	0,1092
Alumínio	0,218	Ouro	0,0316
Chumbo	0,0315	Prata	0,0559
Cobre	0,0933	Prata alemã	0,097
Éter	0,56	Platina	0,0323
Gelo	0,55	Vidro	0,019
Ferro	0,113	Vapor d'água	0,49
Latão	0,0939	Zinco	0,0983

CAPACIDADE TÉRMICA

Foi posto anteriormente que quando um corpo recebe (ou cede) calor haverá nele uma variação de temperatura. Dir-se-á que a capacidade térmica de um corpo será o quociente entre a quantidade de calor recebida e a variação de temperatura sofrida, isto é, esta grandeza informa quantas calorias são necessárias para que a temperatura do corpo sofra uma variação unitária:

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta}$$

Se for comparado com o calor específico, para um mesmo corpo, perceber-se-á que a idéia de calor específico induz a necessidade de se conhecer a quantidade de calor necessária para uma unidade de massa sofra uma variação de temperatura, fato este que se verifica pela existência da massa (m) no denominador da expressão que dá o calor específico.

A relação entre a capacidade térmica e o calor específico é expressa por:

$$c = \frac{C}{m} \text{ ou } C = m \cdot c$$

Verifica-se das fórmulas precedentes que a capacidade térmica do corpo aumenta conforme a massa aumenta, já que seu calor específico se mantém constante.

EXERCÍCIOS:

01. Um bloco de ferro com massa de 600g esta a uma temperatura de 20°C, determinar que é a quantidade de calor necessária para que sua temperatura passe para (a) 50°C (b) -5°C.

02. Transformar 20 Kcal em Joules.
03. Transformar 8000J em calorias.
04. Um bloco de cobre de 200g foi aquecido de 15°C para 100°C. a) qual a quantidade de

calor recebida pelo bloco? b) determine a capacidade térmica deste bloco.

05. Tem-se uma amostra de 1kg de água a temperatura de 85°C em uma vasilha sobre a mesa. Após certo tempo ela esfria até 10°C. Determinar a quantidade de calor cedida para o meio ambiente.

06. Que quantidade de calor é necessário para se elevar a temperatura de um bloco de alumínio de 15°C para 35°C, sendo a sua massa de 80g?

07. Um corpo de 500g recebe 550 cal e sua temperatura sobe de 50°C para 110°C. Qual o calor específico deste corpo?

08. Uma amostra de ferro de 400g recebe 500 calorias, estando a temperatura inicial de 20°C. Qual será a temperatura final atingida pelo bloco?

09. Um aquecedor elétrico de 2 KW é utilizado para aquecer o ar contido em uma sala de 10°C até 22°C. Sendo as medidas da sala de 5m de comprimento, 4 m de largura e 2,7m de altura, sendo que somente 40% do calor gerado é efetivamente transferido para o ar, e sendo ainda $\mu_{ar} = 1,3 \text{ kg/m}^3$ e $c_{ar} = 0,24 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, determinar o tempo em que o aquecedor deve permanecer ligado.

10. Um amolador de facas, ao operar um esmeril é atingido por fagulhas incandescentes, mas não se queima. Por que isso acontece?

11. O calor de combustão é a quantidade de calor liberada na queima de uma quantidade unitária de massa de um combustível. O calor de combustão do gás de cozinha é 6000 Kcal/kg. Quantos litros de água poderiam ser aquecidos de 20°C até 100°C com um botijão de 13 Kg?

12. Uma vela é inteiramente consumida para aquecer 10 g de água de 20°C para 23°C. Utilizando-se quatro velas idênticas a essa, consegue-se promover uma variação de temperatura de

2°C em 100 g de certo líquido. Qual seu calor específico?

13. De que altura deveria cair uma determinada massa de água para que sua energia final, convertida em calor, aumentasse em 1°C a temperatura desta massa? Considere que não existem perdas.

14. Tem-se um líquido de massa 1kg a temperatura inicial de 20°C, cujo calor específico é de 0,4 cal/g°C. Determinar (a) que temperatura o líquido terá ao perder 2 kcal de calor? (b) qual é a capacidade térmica do líquido?

15. Um fogão a gás possui um queimador que fornece 1440 Kcal/h. Em quanto tempo é possível de se aquecer 1/2 litro de água de 20°C até 100°C, sabendo-se que durante o processo de aquecimento há uma perda de 20% para o ambiente?

16. Um corpo de massa 200g tem calor específico 0,4 cal/g°C. Nestas condições determinar (a) a quantidade de calor necessária para elevar sua temperatura de 5°C para 35°C; (b) a quantidade de calor liberada para resfriarem 15°C; (c) a capacidade térmica deste corpo.

17. A temperatura de 100 g de certo líquido cujo calor específico é de 0,5 cal/g°C sobe de 10°C até 30°C. Em quantos minutos será realizado este aquecimento se a fonte que aquece o líquido fornece 50 cal/s?

18. Quantas calorias são necessárias para aquecer 50g de água de 20°C para 80°C? E para aquecer, em vez da água, o mercúrio? A capacidade térmica de uma amostra de prata é de 62,79 J/°C. Calcular a massa de prata, sabendo-se que seu calor específico é de 0,24J/g°C.

19. Que energia absorvem 106 kg de água enquanto sua temperatura varia de 8°C para 18°C? Exprimir este resultado em Joules.

CALOR SENSÍVEL E CALOR LATENTE

Atividade 28- Calor Sensível e Calor Latente

Providenciar dois recipientes metálicos iguais (duas latas variadas de massa de tomate pequeno) e, simultaneamente colocar numa delas uma pedra de gelo de massa conhecida, e, na outra, a mesma massa que a do gelo de água a 0°C. A seguir aquecer sobre velas idênticas as duas amostras. Medir a temperatura que a água atinge enquanto o gelo se derrete totalmente.

Da Atividade realizada, percebe-se que quando se aquece um determinado corpo, duas coisas podem lhe ocorrer;

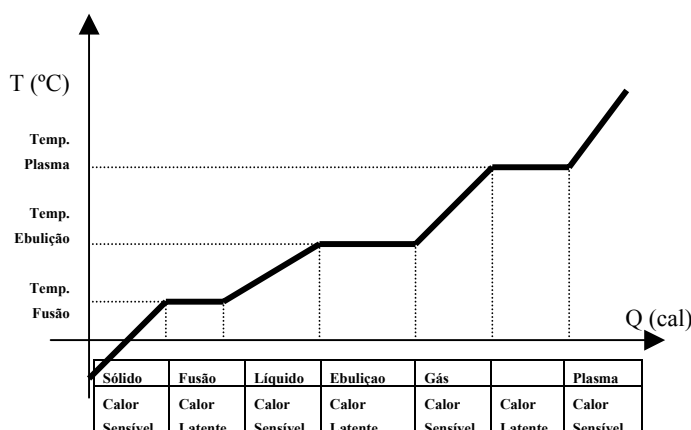
- a) ele simplesmente se aquece, isto é, aumenta sua temperatura;
- b) ele não se aquece mais do que já esta, porem muda de estado físico.

Caso ocorra o que se previu na primeira asserção, diz-se que calor fornecido, que tornou obvia a variação da temperatura é sensível. Se porem ocorreu o que se propôs na segunda asserção, na qual não houveram mudanças de temperatura mas o corpo mudou de estado físico, então o calor é dito latente. Este vai sendo absorvido pelo corpo e acumulado, não se observando nenhum acréscimo de temperatura, que fará com que as partículas do corpo ganhem energia suficiente para se afastarem bem mais umas das outras, adquirindo assim um grau de liberdade maior, característico de um novo estado físico.

Como se vê, toda vez que se fornece energia a um corpo, sua temperatura aumenta uniformemente, até atingir a temperatura de mudança de fase. Atingida esta temperatura, mesmo que se lhe forneça mais energia não há mais aumento ou acréscimos de temperatura. Esta absorção de calor é que rompe e afasta as moléculas/átomos da rede cristalina na qual eles se encontram, para poderem executar seus movimentos vibratórios livremente, ao receber mais energia, já em outra fase.

Desta forma, fornecendo energia a um sólido, inicialmente ele se aquece, chega a temperatura de mudança de fase, onde mesmo que se lhe forneça mais energia, sua temperatura não aumenta mais, sofrendo neste ponto a fusão, ou seja passa de sólido para líquido. A seguir, o líquido recebendo calor tem sua temperatura aumentada de modo uniforme até chegar a temperatura de mudança de fase, na qual apenas absorvera a energia recebida. Somente após a ebulição, passagem do estado liquido para o de vapor, é que a sua temperatura voltara a aumentar.

Um gráfico que ocorre, na qual se relaciona a quantidade de calor fornecida a um corpo e a respectiva temperatura, chamado de curva de aquecimento, apresenta-se da forma mostrada ao lado:



Observa-se que no estagio intermediário entre duas fases é que se percebe o calor latente, e há também uma mistura entre as fases. No inicio da mudança ha bastante da fase anterior e quase nada da posterior, a medida que continua o aquecimento, a quantidade da fase posterior vai aumentando ate que toda a anterior se tenha sumido.

A culminância do aquecimento do gás após a entrada na região relativa a ação do calor latente sobre este, isto é ao seu calor latente, é a destruição do equilíbrio da partícula, isto é, nesta fase ocorrem íons, que são a indicação da chegada ao estado de plasma.

Atividade 29- Curvas de Aquecimento

Colocar em um recipiente metálico pedaços de gelo e aquecer os mesmos ate que a água ferva. Durante este processo medir a temperatura a cada 5 segundos e anotá-la. A seguir traçar uma curva de aquecimento, dispondendo na vertical a temperatura medida e na horizontal o respectivo instante de tempo.

Se a massa do corpo em estudo receber uma quantidade de calor durante a mudança de estado físico, sem no entanto variar sua temperatura, teremos a ação do calor latente, que será medido quantitativamente por:

$$L = \frac{Q}{m} \text{ ou } Q = m.L$$

onde

L = calor latente de mudança de estado,

Q = quantidade de calor recebida e

m = massa da substância

A tabela abaixo ilustra aí uns valores de calores específicos de fusão e ebulição de algumas substância:

substância	$L_{\text{Fusão}}$	$L_{\text{Ebulição}}$
água	80	539
álcool etílico	24,9	204
chumbo	5,86	222
cobre	32	1211
enxofre	9,1	78
hélio	1,3	5
hidrogênio	14	108
mercúrio	2,82	65
Nitrogênio	6,09	48
ouro	15,4	377
Oxigênio	3,30	51
Prata	21,1	552

os valores estão expressos em cal/g

EXERCÍCIOS

- 1) Quanto calor é necessário para fundir 60g de gelo a 0°C?
- 2) Quanto calor é necessário para se solidificar 100g de água a 0°C?
- 3) Uma pedra de gelo de 20g, a 0°C é colocada num copo de refrigerante. Que quantidade de calor é absorvida pela pedra de gelo até que ela se derreta totalmente?
- 4) No problema anterior, sabendo-se que no copo existem 200 ml de refrigerante, e a temperatura de equilíbrio foi de 0°C, qual era a temperatura inicial do refrigerante?
- 5) Certo corpo sólido está no seu ponto de fusão. Ao receber 2880 cal, derretem-se 60g do mesmo. Qual é seu calor latente de fusão?
- 6) Um corpo de cobre com massa de 600g, a temperatura de 340K, é colocado sobre um bloco de gelo, a 0°C. Desprezando as perdas de calor, determinar a massa de gelo fundida.
- 7) Tem-se 50g de gelo a temperatura de -20°C. Determinar a quantidade de calor que lhe deve ser fornecida para atingir a temperatura de +40°C. Esboce a curva de aquecimento do processo.
- 8) Deseja-se transformar 100g de gelo a -10°C em vapor de água a 120°C. Determinar a quantidade de calor necessária para tal, bem como a curva de aquecimento do processo.
- 9) Quantos litros de água a 20°C é necessário que se derrame sobre 200g de gelo a -10°C, para que este derreta totalmente?
- 10) Tem-se um bloco de gelo a -20°C. A ele se fornecem 1500 calorias. Sendo sua massa de 200g, determinar quanto gelo derrete.
- 11) Tem-se 10g de mercúrio inicialmente a 25°C. Quantas calorias se devem retirar dele para que ele se solidifique e atinja a temperatura de -50°C? Dado: a temperatura de fusão do mercúrio é de -39°C.

Atividade 30- Calor específico do Álcool

Parte 1: Medida do calor liberado por uma vela.

Coloca-se uma massa conhecida de água em um recipiente metálico, e mede-se a sua temperatura inicial (θ_0), anotando-a. A seguir coloca-se o vaso sob aquecimento sobre a chama de uma vela por um tempo pre-determinado. Quando der este tempo, apaga-se a vela e imediatamente se mede a temperatura atingida pela água, anotando este valor, na tabela abaixo:

Dados	Massa (m)	temp inicial (θ_0)	temp final (θ)	var. temp ($\Delta\theta = \theta - \theta_0$)	Quant de calor (Q)
Água					

Calcular o calor recebido pela água. Nota: O valor de Q obtido é aproximadamente igual ao calor cedido pela vela. Então diremos que a vela conhece Q calorias.

Parte 2: Medida do calor específico do álcool.

Coloca-se uma massa de álcool igual a de água (procedimento anterior), no mesmo vaso, porém limpo, anotando este valor na tabela que se segue, bem como a temperatura (θ_0) inicial do álcool. A seguir coloca-se o vaso sobre a chama da mesma vela durante o mesmo tempo em que a água esteve no fogo. Decorrido este tempo, retirar a vela e imediatamente medir e anotar a temperatura final do álcool.

Dados	Massa (m)	temp inicial (θ_0)	temp final (θ)	var. temp ($\Delta\theta = \theta - \theta_0$)	Quant de calor (Q)
Álcool					

Substitui-se os valores medidos para o álcool na equação do calor específico e se determina o valor de c.

CALORIMETRIA

Como já está implícito no próprio termo, a calorimetria tem por objetivo o estudo das medidas de quantidades de calor.

Para efetuar este estudo, a calorimetria baseia-se em três princípios fundamentais.

Primeiro princípio da calorimetria

Quando dois corpos trocam calor entre si, sem receber ou ceder qualquer espécie de energia para outros corpos ou o meio, verifica-se que a quantidade de calor que um deles cede é igual a quantidade de calor que o outro recebe."

Isto é:

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{recebido}}$$

No caso de se ter mais de dois corpos interagindo, exprime-se esta igualdade por:

$$\Sigma Q_{\text{cedido}} = \Sigma Q_{\text{recebido}}$$

Considerando que o calor cedido é negativo, dado os fatos de (a) o corpo ter perdido parte de sua energia e (b) sua temperatura final ser menor que a inicial, pode-se escrever, ainda que:

$$\Sigma Q_{\text{cedido}} + \Sigma Q_{\text{recebido}} = 0$$

Segundo princípio da calorimetria:

O calor sempre passa de um corpo de temperatura mais alta para um de temperatura mais baixa, espontaneamente."

O termo espontaneamente é fundamental pois há meios de se fazer com que o calor passe de um meio onde a temperatura é menor para onde ela é maior, as expensas de energia externa. Os exemplos clássicos são as geladeiras, freezers e aparelhos de ar condicionado.

Terceiro princípio da calorimetria

"A quantidade de calor recebida por um corpo durante uma certa transformação, para ir de um estado A para um estado B, é igual a da transformação inversa, ou seja ao calor cedido, para ir do estado B ao estado A."

CALORÍMETRO

É o dispositivo utilizado para se medir quantidades de calor, podendo, por conseqüência ser utilizado para medir calores específicos de substâncias diversas.

Dentre os vários tipos existentes, o mais comum e o mais utilizado é o Bertlielot. Neste, existe Um vaso metálico imerso em meio a um isolante térmico, dotado de uma tampa - que impede as perdas de calor - na qual se encontram Um termômetro e um agitador.

Atividade 31 - Construção de um calorímetro

Cortar uma lata de refrigerante vazia, aproveitando o seu fundo, ate uma altura de cerca de 10 cm. Cortar

em seguida vários pedaços quadrados de isopor grosso, até que, empilhados dêem a altura igual a da lata, mais um para o fundo e outro para a tampa.

Com a própria lata furar os quadrados de isopor no centro. Depois disto colar os pedaços, encaixando-os na lata.

No isopor que servira de tampa fazer dois furos: um no meio onde passara o fio metálico que servirá de agitador e outro mais afastado do centro, por onde passara um termômetro.

Atividade 32 - Calor específico de uma pedra

1. Medir a massa de uma pedra, e anotar sempre os dados na tabela;
2. Colocar e deixa-la num frasco contendo água quente, cuja temperatura corresponde a temperatura inicial da pedra;
3. Colocar água no calorímetro, anotando sua massa e sua temperatura, sendo que esta é bem menor do que a da pedra;
4. Retirar a pedra da água quente e muito rapidamente lançá-la na água fria do calorímetro;
5. Agita-se o conteúdo do calorímetro com o agitador e toma-se a temperatura de equilíbrio térmico.

Dados	massa (m)	Temp. inicial(θ_0)	Temp. final (θ)	Var. temp. ($\Delta\theta = \theta - \theta_0$)
água				
Pedra				

6. Calcular a variação de temperatura sofrida por cada corpo, preenchendo a tabela anterior. Para evitar erros considerar a variação como a temperatura maior menos a menor.
7. Sendo o calor específico da água de $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, aplicando o primeiro princípio da calorimetria, determinar o calor específico da pedra em questão.
8. E claro que houveram erros. Quais foram os erros acidentais cometidos?

EXERCÍCIOS

01. Em um calorímetro de paredes isolantes e capacidade térmica desprezível são colocadas 100g de água a 30°C e 200g de ferro a 90°C . Calcular a temperatura de equilíbrio do sistema.

02. Em uma vaso são misturados 50g de água a 80°C com 100g de alumínio a $20,5^\circ\text{C}$. Supondo que o conjunto esteja termicamente isolado, calcular a temperatura de equilíbrio térmico.

03. Em 100g de água a 90°C são jogados 50g de um solido a 40°C . O sistema esta isolado e não ha mudanças de estado. A temperatura de equilíbrio térmico é de 80°C . Calcular o calor específico do solido.

04. Um calorímetro contem 100g de água a 20°C . De repente, joga-se na água 200g de alumínio a 80°C , e se atinge a temperatura de equilíbrio em 30°C . Qual a capacidade térmica do calorímetro?

05. Um vaso de capacidade térmica $50 \text{ cal}^\circ\text{C}$ contem inicialmente 90g de álcool a 20°C . Joga-se no vaso um pedaço de ferro a 70°C . A temperatura final do conjunto é de 50°C . Qual é a massa do ferro jogado?

06. Um grande bloco de gelo a 0°C tinha uma cavidade na qual foi lançado um corpo de 20g de massa e 200°C . Atingido o equilíbrio térmico, verificou-se que houve a formação de 10g

de água líquida na cavidade. Qual o calor específico do corpo?

07. Num calorímetro termicamente isolado colocam-se 800g de alumínio a 210°C e uma pedra de gelo a 0°C . A temperatura de equilíbrio é de 10°C . Calcular a massa do gelo.

08. Um copinho de vidro contem 20g de água a 50°C . Num dado instante cai dentro dele uma moeda de prata de 10 g e a 255°C . A temperatura em que ocorre o equilíbrio térmico é de 55°C . Qual a capacidade térmica do copinho?

09. Colocam-se 50g de gelo a 0°C em 100 g de água. Após certo tempo verifica-se que existem 30g de gelo boiando na água em equilíbrio térmico. Admitindo-se que não ocorreu troca de calor com o ambiente, determinar:

- a) qual a temperatura final da mistura;
- b) qual a temperatura inicial da água?

10. Um bloco de gelo de massa 60g a -10°C é introduzido ao mesmo tempo que 20g de cobre a 80°C em um calorímetro ($C = 50 \text{ cal}^\circ\text{C}$) contendo 300g de água a 20°C . Qual a temperatura de equilíbrio térmico?

11. Num calorímetro de capacidade térmica mistura-se 500g de água a 30°C e 200g de gelo a -20°C . Determinar a massa de vapor de água a

130°C que se deve introduzir no calorímetro para que ocorra equilíbrio em 40°C.

12. Um bar utiliza uma serpentina para resfriar de 20°C para 10°C a temperatura do chope. No começo da tarde o proprietário colocou no reservatório da serpentina 500g de gelo a 0°C. Qual o volume de chope que ele tirará até fundir totalmente o gelo? Admitir que o chope tem as mesmas características que a água.

13. Uma xícara de 50g de massa está a

temperatura de 34°C. Coloca-se nela 250g de água a 100°C, e verifica-se que o equilíbrio ocorre a 94°C. Admitindo-se não haver trocas de calor para o meio ambiente, determinar o calor específico do material do qual a xícara é feita.

14. Uma garrafa térmica contém em equilíbrio 1 litro de água e 200g de gelo. Sabendo-se que há uma entrada de calor na garrafa de 400 cal/minuto. Em quanto minutos o gelo derreterá totalmente?

ESTUDO DOS GASES

Define-se gás a todos os fluidos que têm suas propriedades físicas semelhantes as do ar atmosférico.

Um gás não tem forma e nem volume próprios, tomando sempre a forma do recipiente que os contém, e, seu volume pode ser alterado simplesmente pela alteração da compressão que se exerce sobre o mesmo. A respeito do volume pode-se ainda afirmar que os gases têm a tendência de ocupar todo o volume que lhes é permitido. Se, por exemplo, for colocada uma certa quantidade de água em um recinto, esta ocupará somente certa porção do mesmo, porém se for colocado um gás, este ocupará todo o recinto. Não existirão locais onde não há deste gás.

Atividade 33- Característica dos gases (I)

Puxa-se o êmbolo de uma seringa até os 3/4 do volume total, a seguir, tapa-se o orifício da agulha e pressiona-se o êmbolo o máximo possível. O que acontece? Explicar o fato.

Atividade 34 - Característica dos gases (II)

Puxar o êmbolo de uma seringa até cerca de 1/4 de seu volume total. Tapa-se o orifício e puxa-se o êmbolo. O que acontece? Explicar o fato.

Atividade 35- Características dos gases (III)

Encher um balão de ar e fechar seu bocal. Adaptar este bocal no bocal de outra bexiga, totalmente vazia. A seguir abrir o bocal que estava fechado e observar o que acontece.

COMPORTAMENTO DOS GASES

Quanto à dilatação dos gases, ela ocorre de forma semelhante a dos sólidos e líquidos. Não há sentido em se falar em dilatação linear e superficial de gases, pelo mesmo motivo pelo qual o foi feito na dilatação dos líquidos, que é pelo fato de que os mesmos ocuparão sempre um volume e estarão contidos em um recipiente.

Desta forma, ao se aquecer um volume de gás qualquer, sua dilatação volumétrica será:

$$V = V_0 \cdot \gamma_p \cdot T$$

onde γ_p é o coeficiente de dilatação sob pressão constante, ao passo que a variação de pressão (dilatação barométrica) será:

$$p = p_0 \cdot \gamma_v \cdot T$$

onde γ_v é o coeficiente de dilatação a volume constante. A explicação para a existência de dois tipos de dilatação é a de que para que haja uma variação de pressão o volume deve permanecer fixo, já, para que haja uma variação de volume é necessário que a pressão se mantenha constante.

AS VARIÁVEIS DE ESTADO

Quanto se tem um recipiente contendo um gás qualquer, três são as medidas que dele se pode retirar de imediato:

- pressão: que é a força com que as moléculas se chocam contra a unidade de área das paredes do recipiente;
- volume: que é a quantidade em litros de gás encerrados no interior do recipiente;
- temperatura: que é o grau de agitação, ou a energia média, das partículas do gás.

São estas medidas básicas que denominam-se variáveis de estado.

Para cada uma destas medidas existem Unidades de medida próprias.

As Unidades são:

- pressão: medida em Pascal (Pa); Atmosfera (atm); Milímetros de mercúrio (mmHg), que se interrelacionam por:

$$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} \quad \text{e} \quad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

- volume: dado em litros (ℓ) ou em metros cúbicos (m^3), estando interrelacionados por:

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \ell \quad \text{sendo ainda que} \quad 1 \ell = 1000 \text{ ml} = 1000 \text{ cm}^3$$

- temperatura: será sempre em Kelvin (K). Se expresso em outras escalas, devera ser convertida para a escala Kelvin.

EQUAÇÃO DE CLAPEYRON

Esta equação, deduzida pelo físico francês Paul Emile Clapeyron, relaciona as variáveis de estado, incluindo a elas o numero de moléculas que participa do sistema.

Sendo n o numero de moles de gás, obtido por:

$$n = \frac{m}{M}$$

onde:

n = numero de moles; m = massa de gás do sistema; e M = massa do molécula-grama do gás.

Sabe-se que a pressão e o volume de uma massa gasosa contida em um recipiente dependem da temperatura em que ela se encontra, de modo que quanto maior for a temperatura maior será a pressão do gás, mantendo-se o volume constante, de modo que o produto $P.V$ será constante:

$$p.V = R.T$$

Introduzindo-se o numero de moles que participam, se estes aumentarem (pela introdução de mais gás no sistema) o produto $P.V$ também aumentara, assim:

$$p.V = n.R.T \quad \text{que é a equação de Clapeyron.}$$

O valor da constante universal dos gases perfeitos (R) é obtido aplicando-se os valores básicos na equação das variáveis $P = 1 \text{ atm}$; $V = 22,4 \text{ litros}$; $T = 0 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow 273 \text{ K}$ e o número (n) de moles é 1. Assim:

$$R = 0,082 \text{ atm. } \ell / \text{mol.K}$$

Se utilizar as grandezas do Sistema Internacional, na qual $P = 1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $V = 22,4 \ell = 0,0224 \text{ m}^3$, então:

$$R = 8,31 \text{ J/mol.K}$$

EXERCÍCIOS:

01. Colocam-se 1 60g de oxigênio (mol = 32g) em um recipiente de capacidade de 5 litros, a temperatura de 27°C. Considerando o oxigênio como um gás perfeito, determinar:

- o numero de moles do gás;
- a pressão por ele exercida.

02. Em um recipiente existem 6 moles de um certo gás, sob temperatura de 227°C, exercen-

do contra o recipiente uma pressão de 12 atm. Qual o volume de gás encerrado no recipiente?

03. Colocam-se 5 moles de um gás em um recipiente de 20,5 litros e se obtém uma pressão de 4 atm. Qual é a temperatura a que o gás esta sujeito?

04. Um cilindro metálico de paredes indeformáveis contem um gás a -23°C, que é aquecido

lentamente até 127°C. No cilindro existe uma válvula que permite que saia gás do mesmo, para manter a pressão constante durante todo o processo de aquecimento. Determinar a fração inicial do gás que escapa.

Sugestão: O volume permanece constante durante todo o processo. Aplicando-se a Equação de Clapeyron aos estados (1) inicial e (2) final para em seguida encontrar a razão entre n_1/n_2 .

05. Qual é o número de moles de 2 m³ de um gás perfeito que a temperatura de 200K exercem uma pressão de 2490 N/m²? Dado R= 8,31 J/mol.K.

06. Sendo o mol do hidrogênio M = 2,016 g, qual é a massa de gás necessária para encher completamente um recipiente de 5m³, sob pressão

de 2 atm, a temperatura de 27°C?

07. Considera-se cheio um pneu de automóvel quando ele tem 24 libras de pressão (aproximadamente 2,2 atm). Considerando o volume do pneu de cerca de 10 litros, quantos moles estão encerrados quando a temperatura é de 27°C, quando ele está cheio de:

- oxigênio
- nitrogênio

Dados: mol O₂ = 32g, e mol N₂ = 28g

08. Que massa de CO₂ está contida em um extintor de incêndio, cuja capacidade é de 2 litros, a pressão de 15 atm sob temperatura de 7°C. Dados: m_{At}C = 12g m_{At}O = 16g

LEI GERAL DOS GASES PERFEITOS

09. É a equação que visa relacionar as variáveis de estado durante/após uma transformação de um estado inicial para um estado final. Estando o gás em equilíbrio em um estado (1) inicial cujas variáveis que descrevem este estado são (p₁, v₁, T₁), e sofrendo este a variação de pelo menos uma de suas variáveis então todas elas se modificarão ao chegar ao estado (2) final, cujas variáveis serão agora (p₂, v₂, T₂).

Verifica-se de imediato pela equação de Clapeyron que no estado inicial (1) este é definido por:

$$P_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1$$

e no estado seguinte, o final, é definido por:

$$P_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2$$

Sabendo-se que durante a transformação – isto é, a passagem de uma certa massa gasosa de um estado para outro – o número de moles não se altera (já que este informa quantas partículas participam da transformação) e estas não podem ser criadas e nem destruídas. Pode-se então escrever que:

$$(n \cdot R)_1 = (n \cdot R)_2$$

ao que se obtém, após se desenvolver as devidas operações.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

resultado este que constitui a Lei Geral dos Gases Perfeitos.

EXERCÍCIOS:

01. Uma amostra de gás perfeito ocupa um recipiente de 10,0 litros a pressão de 15 atm. Esta amostra é transferida para um outro recipiente de 15 litros, mantendo-se a mesma temperatura. Qual a nova pressão do gás?

02. O volume molar de um gás perfeito é de 22,4 litros a temperatura de 0°C, sob pressão de 1 atm. Qual o volume da mesma amostra de gás sob temperatura de 27°C e sob pressão de 142 cmHg?

03. Certa massa gasosa sob pressão de 3

atm ocupa um volume de 20 litros a temperatura de 27°C. A que temperatura o volume diminuído para 15 litros exercera uma pressão de 5 atm?

04. Calcular a variação de volume sofrida por um gás, que ocupa inicialmente o volume de 10 litros a temperatura de 127°C, quando sua temperatura aumenta até 327 °C, mantendo a pressão constante.

05. Se durante uma transformação de um gás, de massa constante, sua pressão duplicar, ao passo que o volume ocupado cair para metade, o

que acontecera a sua temperatura absoluta?

06. Uma bolha de ar sobe do fundo de um lago para a superfície. A pressão no fundo do lago é de 3,03 atm. e na superfície é de 1,00 atm.. A temperatura no fundo do mesmo é de 7°C e na superfície é de 27°C. Qual a relação entre o volume da bolha na superfície e seu volume no fundo

do lago?

07. O pneu de um automóvel estacionado tem uma pressão de 2 atm, quando a temperatura é de 7°C. Depois de percorrer certa distância a temperatura do pneu sobe para 37°C e seu volume aumenta em 8 %. Qual a nova pressão do pneu.?

TRANSFORMAÇÕES GASOSAS PARTICULARES

Denomina-se de transformação gasosa a passagem de uma certa massa de gás, caracterizado pelo estado inicial (p_1, v_1, T_1) para Um estado final caracterizado por (p_2, V_2, T_2).

Estas transformações podem ocorrerem pelo modo descrito anteriormente, ou pode ocorrer que uma das variáveis permaneça constante durante a transformação. A estas, que ocorrem com uma das variáveis fixas, denominam-se de transformações gasosas particulares.

Transformação Isotérmica:

Atividade 36- Uma transformação Isotérmica

Puxa-se o êmbolo de uma seringa ate a metade de seu volume total.

A seguir, enfia-se a agulha numa borracha, de modo que o conjunto pare de pé.

A seguir colocam-se moedas grandes (em tamanho, não em valor...) sobre o embalo e observa-se o volume ocupado pelo gás.

Ao se observar as variáveis de estado inicial e final, identificar o que ocorreu, durante a transformação a:

- a) temperatura inicial e final:*
- b) volume inicial e final:*
- c) pressão inicial e final:*

Esta transformação ocorre sem que haja *uma* mudança na temperatura do gás, ficando sujeitos a alteração então, somente a pressão e o volume, da seguinte forma:

- a) se a pressão é grande então o volume é pequeno;
- b) se o volume for grande, então a pressão é pequena.

Verifica-se então que o volume e a pressão são inversamente proporcionais, resultado este que é expresso pela Lei de Boyle-Mariotte, a qual enuncia:

“para uma certa de massa gasosa, a pressão e o volume são inversamente proporcionais em uma transformação na qual a temperatura permaneça constante.”

Transformação Isobárica:

Atividade 37-Uma transformação Isobárica

Enfia-se a agulha de uma seringa na borracha de uma vidro de remédio, e, em seguida coloca-se a seringa, na qual o êmbolo esta a 1/4 do se volume máximo. Observa-se e estima-se as variáveis de estado.

A seguir esquentam-se o vidro do remédio, emergindo-o em água morna. Então se estima as novas variáveis de estado.

São elas iguais, tanto no começo como ao termino da Atividade? Alguma delas permaneceu constante? Qual?

Como o próprio nome já sugere, a pressão durante este tipo de transformação é que se mantém constante. Assim verifica-se que:

- a) aumentando-se a temperatura o volume do gás também aumenta;
- b) para tomar o volume pequeno, deve-se diminuir a temperatura do gás.

O volume e a temperatura são diretamente proporcionais, resultado este expresso pela lei de Gay-Lussac, a qual expressa que:

“em uma transformação na qual a pressão se mantém constante o volume ocupado pela massa gasosa é diretamente proporcional a temperatura em que a mesma se encontra.”

Transformação Isométrica:

Atividade 38- Uma transformação Isométrica

Repete-se a Atividade 37, porem, colocam-se moedas pesadas sobre o embolo para que o volume não varie. Fazer uma estimativa das variáveis de estado iniciais e finais. Alguma das variáveis manteve-se constante? Qual? Nota: as moedas colocadas sobre o embolo exercem sobre este uma pressão.

De acordo com o verificado pela experiência. Este tipo de transformação ocorre a volume fixo (constante), de onde se verifica que:

- a) quanto maior for a temperatura na qual a massa gasosa se encontra maior será a pressão exercida;
- b) para que a pressão assuma valores baixos, é necessário que se diminua a temperatura.

Assim verifica-se que a pressão é diretamente proporcional a temperatura, sendo regida pela Lei de Charles, que expressa que:

“quando uma certa massa de gás sofre uma transformação isométrica a pressão é diretamente proporcional a temperatura em que a mesma se encontra.”

Transformação Adiabática:

É aquela que ocorre sem que haja troca de calor com o meio ambiente. Ocorre por exemplo durante uma compressão em um ambiente impenetrável ao frio e ao calor.

EXERCÍCIOS.

01. Um recipiente contem 20 litros de ar e suporta uma pressão de 1,5 atm. Determinar o volume ocupado pelo ar quando a pressão passar a 1 atm.

02. A 6 atm o volume de um gás é de 3 litros. Qual será a pressão quando o volume for de 10 litros?

03. O volume de 10 litros de um gás perfeito pressão de 6 atm e temperatura 50°C. Ao sofrer uma expansão isotérmica, seu volume passa a 15 litros. Determinar o valor da nova pressão.

04. Uma certa massa gasosa sofre uma compressão isotérmica, sendo seu volume inicial de 20 litros e a pressão inicial de 10 atm. Determinar:

- a) as pressões quando o volume for respectivamente igual a 10, 5, 4 e 2 litros;
- b) esboçar um gráfico, dispondo na horizontal o volume e na vertical a pressão, da transformação ocorrida.

05. Um recipiente hermeticamente fechado contem 20 litros de um gás perfeito a 50°C, sob pressão de 1 atm. O recipiente é aquecido ate que a pressão seja de 4 atm. Qual é a temperatura

atingida?

06. Um gás perfeito sofre uma expansão, duplicando o seu volume, a pressão constante. Sendo a pressão inicial de $4 \cdot 10^3$ Pa e o volume inicial de 30 dm^3 e temperatura de 250K. Qual a temperatura final do gás? Esboçar a curva representativa no diagrama volume x temperatura.

07. Um pneu foi calibrado a 20°C com uma pressão de 20 libras for ca por polegada quadrada (lb/in^2). Devido ao atrito de rolamento com o asfalto se aqueceu ate 50°C. Considerando o ar contido no pneu como um gás perfeito, qual a nova pressão?

08. Numa transformação isobárica de uma certa massa gasosa constante de um gás perfeito, enquanto a temperatura passa de 100K para 300K, seu volume inicial de 5 litros, atingira qual volume final?

09. A 200K uma massa gasosa ocupa um volume de 50 cm^3 . Qual será o volume a 300K?

10. Durante uma certa transformação isocórica, Um certo número de moles teve sua temperatura aumenta de 27°C para 327°C. Sendo sua pressão inicial de 2 atm, qual será a pressão final?

11. O volume ocupado por certa massa gasosa varia de acordo com a temperatura absoluta de acordo com a tabela abaixo:

V(m ³)	T(K)
1,0	160
1,5	240
2,5	400
3,5	560
6,5	1040

Construa um gráfico da tabela acima, colocando nas abscissas a temperatura e nas ordenadas o volume. A seguir discuta esta transformação.

12. A que temperatura se deve elevar uma quantidade qualquer de ar para que seu volume triplique, mantendo constante a pressão?

13. A pressão de um gás duplica, enquanto seu volume se mantém fixo. Sendo a temperatura inicial de 20°C, qual é a temperatura final?

14. Um gás é mantido em um recipiente em que o volume pode variar sem que a pressão se altere. A temperatura inicial de uma amostra de gás é de 127°C. A que temperatura se encontrara o gás se o volume for reduzido isobaricamente em 40%?

Atividade 39- Medida da pressão interna de uma lâmpada fluorescente

(Paraná. Física v.2 1993 p.62)

Retirar com cuidado as partes metálicas das duas extremidades de uma lâmpada fluorescente queimada, sem quebrá-la. Verificar que numa extremidade existe uma saliência de vidro. A seguir colocar a lâmpada com a saliência voltada para cima dentro de um balde cheio de água, e com um alicate de bico quebrar esta saliência. A água entra e sairá pela saliência, atingindo determinada altura, a qual deverá ser medida. Para medir a pressão interna, utilizar a equação de Clapeyron. Como o número de moles e a temperatura são constantes, então trata-se de uma transformação isotérmica, onde: $P_1V_1 = P_2V_2$.

No nosso caso $V = A.h$. Então: $P_1 = P_2 \cdot h_2/h_1$

onde:

P_1 = pressão no interior da lâmpada

P_2 = pressão atmosférica

h_1 = altura total da lâmpada

h_2 = altura total da lâmpada menos a altura atingida pela água. Expresse o valor encontrado.

MISTURA DE GASES

Segundo a Lei de Dalton, se for misturados vários volumes de gases em um único recipiente obtém que a soma da pressão de cada gás correspondera a pressão total exercida pela mistura, desde que os gases não reajam entre si.

Deduz-se das entrelinhas do enunciado anterior que se forem misturadas varias amostras de gases em um único recipiente eles passarão a se comportar com se fossem um único gás. Desta forma, ao se misturar gases que não reajam entre si, estar-se-á apenas somando o número de moles de cada gás. Disto se tem que:

$$n_{\text{total}} = n_1 + n_2 + \dots + n_N$$

logo, partindo-se da equação de Clapeyron, obtém que:

$$\frac{p_m V_m}{T_m} = \frac{p_1 V_1}{T_1} + \frac{p_2 V_2}{T_2} + (\dots) + \frac{p_N V_N}{T_N}$$

EXERCÍCIOS.

01. Três recipientes A, B e C contem amostras de um mesmo gás, estando elas todas a mesma temperatura, sendo que o volume e a pres-

são de cada amostra esta indicada na tabela abaixo. Após se misturar todos os gases pela ligação dos recipientes entre si, qual será a pressão final

da mistura?

Gás	Volume (m ³)	Pressão (Pa)
A	200	4.10 ⁴
B	500	6.10 ⁴
C	120	5.10 ⁴

02. Um frasco de 600cm³ contém criptônio a 400mmHg, e noutro recipiente de 200cm³ encontra-se hélio a pressão de 1200mmHg. Mistura-se o conteúdo de ambos os recipientes abrindo uma válvula de conexão. Qual a pressão final da mistura?

03. Um balão A tem o dobro da capacidade do balão B, e ambos contêm um mesmo gás perfeito. No balão A a pressão é igual a atmosférica e no balão B a pressão é quatro vezes maior. Calcular a que pressão o gás está sujeito após a abertura de uma válvula de conexão, supondo que

a temperatura não sofra alterações.

04. Dois balões de vidro A e B estão interligados entre si por um tubo, também de vidro que contém uma torneira. Os dois contêm um mesmo tipo de gás a uma temperatura idêntica. O balão A tem o quádruplo da capacidade do balão B, e as pressões são respectivamente iguais a 2 e 8 atm, respectivamente. Qual será a pressão do gás após a abertura da torneira, supondo a temperatura manter-se constante?

05. Dois balões de vidro de capacidades iguais estão ligados entre si por meio de um tubo de vidro de volume desprezível, e ambos contêm hidrogênio a 0°C. Eles estão a uma pressão de 1,013.10⁵Pa. Qual será a pressão do gás se um dos bulbos for imerso em água a 100°C e o outro resfriado a uma temperatura de 40°C?

TERMODINÂMICA

Por ser o calor uma forma de energia, é possível realizar com ele algum trabalho, quer mecânico, quer transformando-o em outros tipos de energia, da mesma forma que se pode obter calor a partir de um trabalho realizado por uma força, como por exemplo o aquecimento das mãos por atrito.

Partindo disto, pode-se assentar que o calor pode ser transformado em ou outras formas de energia e estas, novamente em calor. Portanto:

"a termodinâmica estuda as transformações recíprocas de calor em trabalho"

Energia Interna

Define-se a energia interna de um sistema, num dado instante como sendo a soma de todas as energias presentes no sistema naquele momento (cinética, potencial, e outros)

Sabe-se que a energia de um sistema não é diretamente mensurável, pois além da energia térmica ocorrem ainda em um sistema que as moléculas possuem energia cinética e potencial. Assim, como visto não se pode determinar seu valor inicial exato, mas pode-se sim verificar em quanto esta energia aumenta ou diminui entre dois instantes.

Segundo a Lei de Joule, a energia interna de uma massa gasosa é uma função exclusiva de sua temperatura absoluta:

$$U = f(T)$$

donde

$$U = 3/2n.R.T$$

onde

U = variação de energia interna

n = número de moles de gás

R = constante universal dos gases perfeitos

T = temperatura absoluta

Trabalho

Atividade 40 - O trabalho em uma transformação gasosa

Enfiar num vidro de remédio de tampa hermética a agulha de uma seringa, e nesta colocar a respectiva seringa, de modo que seu embolo esteja a cerca da quarta parte de seu volume. Mantendo o conjunto na vertical, coloca-se sobre o embolo um objeto de massa qualquer e se o deixa entrar em equilíbrio. A seguir se aquece o vidro sobre a chama de uma vela, observando o que acontece.

Observar também o que acontece ao se resfriar o conjunto, colocando o vidro em água fria, por exemplo. Discutir qual é a variável responsável pela realização do trabalho.

Verifica-se por meio do experimento que fornecendo calor a um sistema, seu volume aumentou, enquanto sua pressão se manteve constante (ocorreu uma transformação isobárica). Assim pode-se verificar que o trabalho realizado para elevar o corpo (que pode ser medido por $\tau = m \cdot g \cdot H$) que ocorreu durante a transformação é medido de acordo com a variação de volume (afinal, foi esta variação que elevou o corpo...).

De posse destes dados conclui-se facilmente que o trabalho realizado durante uma transformação gasosa depende da pressão do gás, bem como da variação de volume por ele sofrido. Isto é:

$$\tau = p\Delta V$$

onde

τ = trabalho realizado;

p = pressão a qual o gás esta sujeito;

ΔV = variação de volume do gás

Desta fórmula observa-se que quando o volume de gás aumenta, então este realiza Um trabalho ($\tau > 0$), se porém o volume de gás, mesmo durante o aquecimento, diminuir este recebe Um trabalho externo ($\tau < 0$).

Calor

Tem-se bem formada a idéia de que todo o calor fornecido a Um sistema provoca nele um aumento de temperatura. Fazendo Q a quantidade de calor, se o corpo a receber, tem-se que $Q > 0$, se o corpo ceder calor, então $Q < 0$.

EXERCÍCIOS:

01. Quatro moles de um gás monoatômico, perfeito, encontram-se a temperatura de 500K. Qual sua energia interna? Dado: $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$.

02. Um gás esta contido em um recipiente que tem um embolo que pode deslizar sem atrito, a pressão de 10 N/m^2 . O gás é aquecido e o embolo sofre um deslocamento que corresponde a um volume de $\frac{1}{2} \text{ m}^3$. Determinar (a) o trabalho realizado pelo gás durante a expansão e (b) representar num gráfico (p, V) esta expansão.

03. Um gás perfeito sofre uma expansão isobárica sob pressão de 15 N/m^2 e seu volume passa de $0,5 \text{ m}^3$ para $5,5 \text{ m}^3$. Qual o trabalho realizado pelo gás?

04. Tem-se um recipiente cilíndrico cuja

área da base é de $0,5 \text{ m}^2$ e esta fechado por meio de um embolo que pode se mover sem atrito, contendo um gás que se encontra a pressão de $5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Durante um certo aquecimento o embolo é empurrado 10cm para fora do cilindro. Qual foi o trabalho realizado pelo gás?

05. Ainda no problema anterior, se o embolo tivesse entrado 20cm para dentro da cilindro, qual teria sido o trabalho realizado sobre o gás?

06. Sobre um embolo de área 100 cm^2 encontra-se um peso de 200N. Dentro do cilindro encontram-se 2,4 litros de um gás a temperatura inicial de 27°C , que é aquecido ate uma temperatura de 127°C . Considerando a pressão atmosférica igual 10^5 N/m^2 , determinar (a) qual é o volume final do gás e (b) o trabalho mecânico realizado.

07. Um volume de $0,2\text{m}^3$ ocupado por um gás esta sob pressão de 8N/m^2 , é aquecido até atingir um volume de $0,8\text{m}^3$ a pressão de 24N/m^2 .

Determinar (a) o gráfico $p \times V$ desta transformação e (b) o trabalho realizado.

PRINCÍPIOS DA TERMODINÂMICA

Princípio Zero da Termodinâmica:

Dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro corpo, estarão em equilíbrio térmico entre si.

Primeiro Princípio da Termodinâmica:

Levando o princípio da conservação da energia de Helmholtz, lembrar-se-á que a energia não pode ser criada e nem destruída, mas apenas transformada de um tipo para outro.

Associando isto ao experimento realizado (Atividade 40) percebe-se de imediato que quando se fornece calor a um sistema ha a realização de um trabalho (o embolo da seringa subiu e elevou a posição do peso), pelo fato de ter aumentado a energia interna do gás. Para que a mesma tivesse aumentado foi necessário fornecer-lhe energia externa, que veio em forma de calor.

A expressão analítica deste fato, é que a variação da energia interna (U) do gás corresponde diferença entre a quantidade (Q) de calor recebido e o trabalho realizado (τ), ou seja:

$$U = Q - \tau$$

Segundo Princípio da Termodinâmica:

O segundo princípio da termodinâmica esta diretamente ligado ao conceito de maquinas térmicas, isto é, aquelas cujo funcionamento esta baseado na recepção de calor e a conseqüente realização de trabalho. Este princípio explica como elas funcionam e explicam a impossibilidade do funcionamento do moto-contínuo (uma maquina que, uma vez em funcionamento gera a própria energia necessária para continuar a funcionar e, ainda realizar trabalho).

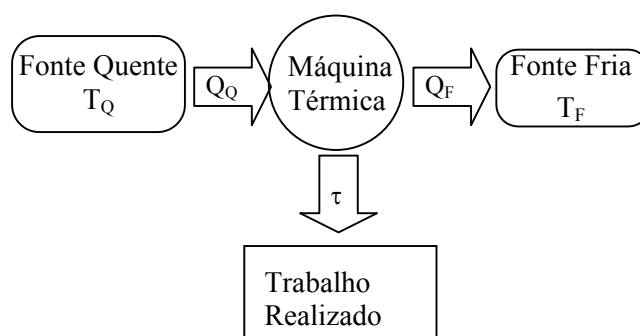
Os vários cientistas que "mexeram" com a termodinâmica expuseram enunciado com o fim de exprimir com o que estavam trabalhando. Assim o fisico francês Nicolau Leonard Sadi Carnot propôs que, para uma maquina térmica produzir trabalho, operando em ciclos, ela necessita de duas fontes térmicas de calor, com temperaturas bastante diferentes (quanto mais, melhor). Propôs também que as maquinas térmicas recebem calor da fonte quente e cedem parte deste calor para a fonte fria. Logo, o trabalho realizado corresponde a diferença entre os calores recebido e cedido.

O fato conhecido e verificado que o calor flui espontaneamente da fonte quente para a fonte fria, levou o fisico alemão, em sua época, Rudolf Clausius que é impossível que uma maquina térmica funcionar em ciclos se segundo uma única fonte de calor, e, ainda que é impossível que uma maquina conduza o calor de um sistema para outra cuja temperatura seja maior, sem o auxilio de um agente externo.

A partir dos trabalhos realizados por estes dois físicos, Max Plank, enuncia que é impossível construir uma maquina térmica que consiga retirar de uma única fonte de calor toda a energia que necessita para funcionar, e ainda transformá-lo em trabalho.

Por maquina térmica deve-se entender um dispositivo que transforme a energia térmica em energia mecânica (ou outra qualquer), que utilize duas fontes de calor a temperaturas diferentes, conforme o esquema ao lado:

Como se vê do esquema acima, uma parte da quantidade de calor passa da fonte A para a fonte B, sendo então o trabalho realizado corres-



pondente a diferença entre as quantidades de calor das fontes A e B:

$$\tau = Q_A - Q_B$$

O rendimento n da máquina térmica é o trabalho realizado em função do total da energia recebida:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_A}$$

EXERCÍCIOS:

01. Uma massa de gás ocupa um volume de $0,5\text{m}^3$ sob pressão de 600N/m^2 . Após receber 800J de calor, mantendo constante a pressão, o volume passa a ser de $1,5\text{m}^3$. Determinar (a) o trabalho realizado pelo gás e (b) a variação de energia interna.

02. Numa transformação isobárica, um gás recebe 200cal e realiza um trabalho de 500J . Qual a variação da energia interna do gás?

03. Um sistema termodinâmico realiza um trabalho de 40Kcal quando recebe 30Kcal de calor. Qual é a variação da energia interna do gás?

04. Uma amostra de gás tem seu volume aumentado de 1m^3 para 3m^3 , sob pressão constante de 60N/m^2 . Se o gás receber durante a transformação 300J qual será a variação da energia interna do gás?

05. Uma máquina retira da fonte quente 200J para realizar um trabalho de 50J . Qual o rendimento desta máquina?

06. Qual o trabalho realizado por uma máquina térmica que recebe 500J de calor da fonte quente e transfere 125J para a fonte fria?

07. O rendimento de uma máquina térmica é de 40% . Se a fonte fria for a atmosfera, cuja temperatura ambiente seja de 27°C , qual será a temperatura da fonte quente?

08. Num ciclo de Carnot, uma máquina térmica opera entre duas fontes cujas temperaturas são 500K e 200K . Qual o rendimento desta máquina? Se esta máquina receber 900cal , que trabalho ela realiza?

09. Numa máquina frigorífica, em cada ciclo do gás, são retirados 120J de calor do congelador. Sendo recebido da atmosfera 150J , determinar:

- o trabalho realizado pelo compressor a cada ciclo;
- o rendimento da máquina.

Atividade 41 - Comprovação do primeiro princípio da termodinâmica

1ª parte: Cálculo do calor liberado por uma fonte

Coloca-se certa massa de água em um vaso metálico de massa conhecida. Anotar estes valores na tabela 1, bem como a respectiva temperatura inicial. Após isso aquecer o conjunto sobre uma fonte dura'ite certo tempo, e então medir a temperatura final, anotando o valor.

Tabela 1

Corpo	Massa	Temperatura inicial	Temperatura final	Variação de temperatura	Calor Específico	Quantidade de Calor Recebida
Água						
Vaso						

em seguida transformar o resultado de calorías para Joules, sendo que $1\text{ cal} = 4,18\text{J}$

2ª parte: Trabalho realizado pelo embolo

Colocar sobre o embolo de uma seringa, um corpo de massa conhecida, estando a seringa com a sua agulha enfiada na borracha de um vidro de remédio. A seguir marcar a posição inicial do embolo, e então mergulhar o vidro na água quente e deixar entrar em equilíbrio térmico. Observar e anotar na tabela 2 a posição final do embolo, estando o conjunto na vertical.

Tabela 2

Massa (kg)	aceleração da gravidade	Alturas			Trabalho (J)
		Inicial	final	Variação	
	$9,8\text{m/s}^2$				

3ª parte: Determinação da variação da energia interna

Esta é determinada tomando-se o calor fornecido ao sistema, que é medido pela variação de temperatura que o sistema água vaso, transformada em calorias e finalmente em Joules, forneceu ao vidro, menos o trabalho realizado.