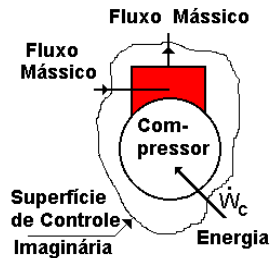
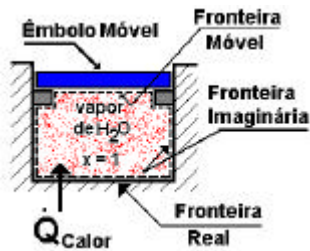
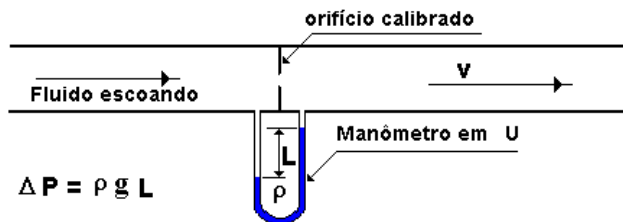
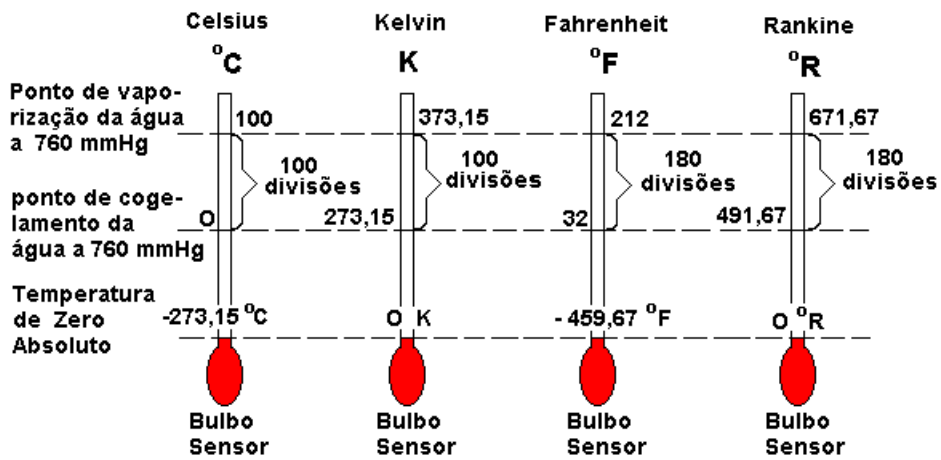


Capítulo -1

CONCEITOS

FUNDAMENTAIS



1 - CONCEITOS FUNDAMENTAIS

1.1 - Sistema Termodinâmico

Sistema termodinâmico consiste em uma quantidade de matéria ou região para a qual nossa atenção está voltada. Demarcamos um sistema termodinâmico em função daquilo que desejamos calcular. Tudo que se situa fora do sistema termodinâmico é chamado MEIO ou VIZINHANÇA.

O sistema termodinâmico a ser estudado é demarcado através de uma **FRONTEIRA** ou **SUPERFÍCIE DE CONTROLE** a qual pode ser móvel, fixa, real ou imaginária.

Sistema Fechado - É o sistema termodinâmico no qual não há fluxo de massa através das fronteiras que definem o sistema.

Volume de Controle - Ao contrário do sistema fechado, é o sistema termodinâmico no qual ocorre fluxo de massa através da superfície de controle que define o sistema.

Assim, dependendo da interação entre o sistema termodinâmico definido para estudo, e a vizinhança, chamaremos a essa região de **Sistema Fechado** (demarcado pela fronteira) ou **Volume de Controle** (demarcado pela superfície de controle) conforme se verifique as definições acima citadas. Exemplos de Sistema Fechado e Volume de Controle

A figura 1.1-1 é um sistema termodinâmico fechado, pois **não** há fluxo de massa através das fronteiras do sistema, embora haja fluxo de calor.

A figura 1.1-2, por sua vez, constitui um volume de controle pois temos fluxo de massa atravessando a superfície de controle do sistema.

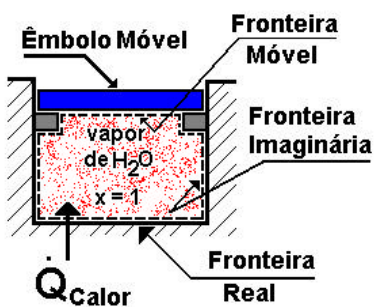


Fig. 1.1-1 - Sistema fechado

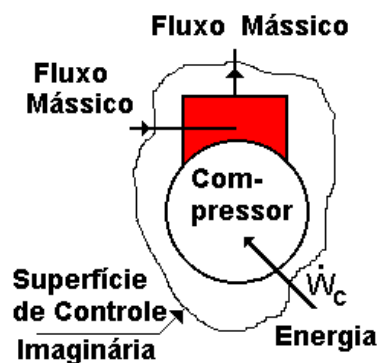


Fig. 1.1-2 - Volume de controle

Sistema Isolado - Dizemos que um sistema termodinâmico é isolado quando não existe qualquer interação entre o sistema termodinâmico e a sua vizinhança. (ou seja, através das fronteiras não ocorre fluxo de calor, massa, trabalho etc.)

1.2 - Estado e Propriedades de uma Substância

Se considerarmos uma massa de água, reconhecemos que ela pode existir sob várias formas. Se é inicialmente líquida pode-se tornar vapor após aquecida ou sólida quando resfriada. Assim nos referimos às diferentes fases de uma substância: uma fase é definida como uma quantidade de matéria totalmente homogênea; quando mais de uma fase está presente, as fases se acham separadas entre si por meio dos contornos das fases. Em cada fase a substância pode existir a várias pressões e temperaturas ou, usando a terminologia da termodinâmica, em vários estados. O estado pode ser identificado ou descrito por certas propriedades macroscópicas observáveis; algumas das mais familiares são: temperatura, pressão, volume, etc. Cada uma das propriedades de uma substância num dado estado tem somente um valor definido e essa propriedade tem sempre o mesmo valor para um dado estado, independente da forma pela qual a substância chegou a ele. De fato, uma propriedade pode ser definida como uma quantidade que depende do estado do sistema e é independente do caminho (isto é, da história) pelo qual o sistema chegou ao estado considerado. Inversamente, o estado é especificado ou descrito pelas propriedades.

Propriedades Termodinâmicas - As propriedades termodinâmicas podem ser divididas em duas classes gerais, as intensivas e as extensivas.

Propriedade Extensiva - Chamamos de propriedade extensiva àquela que depende do tamanho (extensão) do sistema ou volume de controle. Assim, se subdividirmos um sistema em várias partes (reais ou imaginárias) e se o valor de uma dada propriedade for igual à soma das propriedades das partes, esta é uma variável **extensiva**. Por exemplo: Volume, Massa, etc.

Propriedade Intensiva - Ao contrário da propriedade extensiva, a propriedade intensiva, independe do tamanho do sistema. Exemplo: Temperatura, Pressão etc.

Propriedade Específica - Uma propriedade específica de uma dada substância é obtida dividindo-se uma propriedade extensiva pela massa da respectiva substância contida no sistema. Uma propriedade específica é também uma propriedade intensiva do sistema. Exemplo de propriedade específica:

$$\text{Volume específico, } v, \quad v = \frac{V}{M}$$

$$\text{Energia Interna específica, } u, \quad u = \frac{U}{M}$$

onde: **M** é a massa do sistema, **V** o respectivo volume e **U** é a energia interna total do sistema.

1.3 - Mudança de Estado de um Sistema Termodinâmico

Quando qualquer propriedade do sistema é alterada, por exemplo; Pressão, Temperatura, Massa, Volume, etc. dizemos que houve uma mudança de estado no sistema termodinâmico.

Processo - O caminho definido pela sucessão de estados através dos quais o sistema passa é chamado processo.

Exemplos de processos:

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| - Processo Isobárico | (pressão constante) |
| - Processo Isotérmico | (temperatura constante) |
| - Processo Isocórico (isométrico) | (volume constante) |
| - Processo Isoentálpico | (entalpia constante) |
| - Processo Isoentrópico | (entropia constante) |
| - Processo Adiabático | (sem transferência de calor) |

Ciclo Termodinâmico - Quando um sistema (substância), em um dado estado inicial, passa por certo número de mudança de estados ou processos e finalmente retorna ao estado inicial, o sistema executa um ciclo termodinâmico.

Deve ser feita uma distinção entre ciclo termodinâmico, descrito acima, e um ciclo mecânico. Um motor de combustão interna de quatro tempos executa um ciclo mecânico a cada duas rotações. Entretanto o fluido de trabalho não percorreu um ciclo termodinâmico dentro do motor, uma vez que o ar e o combustível são queimados e transformados nos produtos de combustão, que são descarregados para a atmosfera.

1.4 - Lei Zero da Termodinâmica

Quando dois corpos tem a mesma temperatura dizemos que estão em equilíbrio térmico entre si. Podemos definir a lei zero da termodinâmica como:

" Se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro eles estão em equilíbrio térmico entre si ".

A lei zero da termodinâmica define os medidores de temperatura, os TERMÔMETROS.

1.5 - Escalas de Temperatura

Para a maior parte das pessoas a temperatura é um conceito intuitivo baseado nas sensações de "quente" e "frio" proveniente do tato. De acordo com a segunda lei da termodinâmica, a temperatura está relacionada com o calor ficando estabelecido que este, na ausência de outros efeitos, flui do corpo de temperatura mais alta para o de temperatura mais baixa espontaneamente.

O funcionamento dos termômetros está baseada na lei zero da termodinâmica pois são colocados em contato com um corpo ou fluido do qual se deseja conhecer a temperatura até que este entre em equilíbrio térmico com o respectivo corpo. A escala do aparelho foi construída comparando-a com um termômetro padrão ou com pontos físicos fixos de determinadas substâncias.

Quatro escalas de temperatura são hoje usadas para se referir à temperatura, duas escalas absolutas e duas escalas relativas; são elas respectivamente: Escala KELVIN (K) e RANKINE ($^{\circ}\text{R}$) e escala Celsius ($^{\circ}\text{C}$) e Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$). A Fig. 1.5-1 mostra as quatro escalas de temperatura e a relação entre elas.

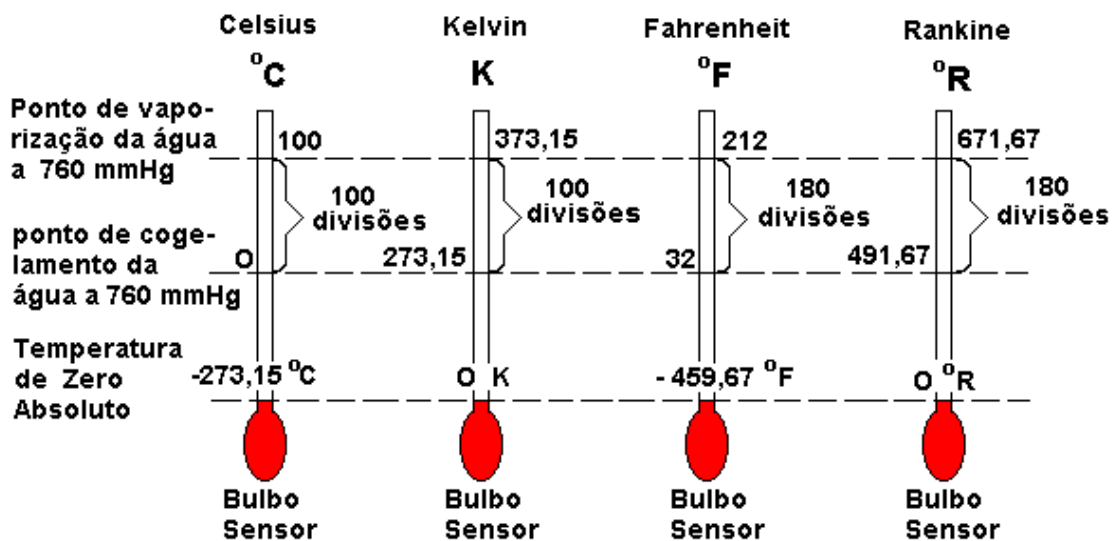


Figura 1.5-1 - As escalas de temperatura e sua inter-relação

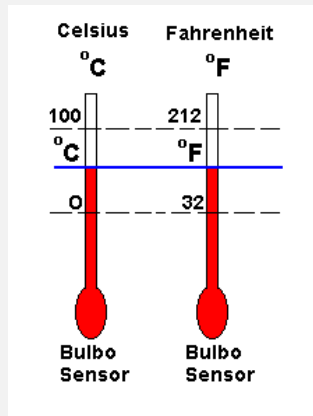
Tipos de Termômetros

- Termômetro de Mercúrio em vidro (expansão volumétrica)
- Termômetro de Alcool em vidro (expansão volumétrica)
- Termômetro de Par Bimetálico (dilatação linear diferenciada)
- Termômetro de Termistores (variação da resistividade)
- Termômetro de Gás Perfeito (expansão volumétrica)
- Termômetro de Termopar (força eletromotriz)
- Pirômetro Ótico (cor da chama)
- etc.

Exemplo 1.5-1

Escreva a relação entre graus Celsius (°C) e Fahrenheit (°F)

Solução - Considere-se a escala dos dois Termômetros, Celsius e Fahrenheit como mostrado na figura



Interpolando linearmente as escalas entre a referência de gelo fundente e a referência de vaporização da água temos:

$$\frac{^{\circ}\text{C} - 0}{100 - 0} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{212 - 32} \rightarrow ^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$$

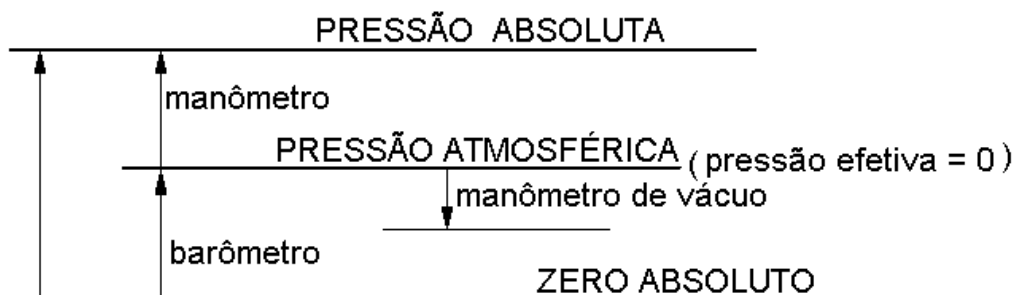
1.6 - Pressão

Pressão, uma propriedade termodinâmica, é definida como sendo a relação entre uma força e a área normal onde está sendo aplicada a força. A Fig. 1.6-1 ilustra a definição dada pela equação 1.6 -1

$$P = \lim_{\delta A \rightarrow \delta A_i} \frac{\delta F_N}{\delta A} \quad (1.6 -1)$$



Figura 1.6-1 - Definição de Pressão



Unidades de Pressão

$$\text{Pascal, Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2},$$

$$\text{Quilograma - força por metro quadrado,} = \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Psig} = \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}, \text{ (manométrica)} \quad \text{Psia} = \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} \text{ (absoluta)}$$

$$\text{bar} = 10^5 \text{ Pascal}$$

As pressões abaixo da pressão atmosférica e ligeiramente acima e as diferenças de pressão (como por exemplo, ao longo de um tubo, medidas através de um orifício calibrado) são obtidas freqüentemente com um manômetro em U que contém como fluido manométrico: água, mercúrio, Alcool, etc. como mostra a Fig. 1.6-2

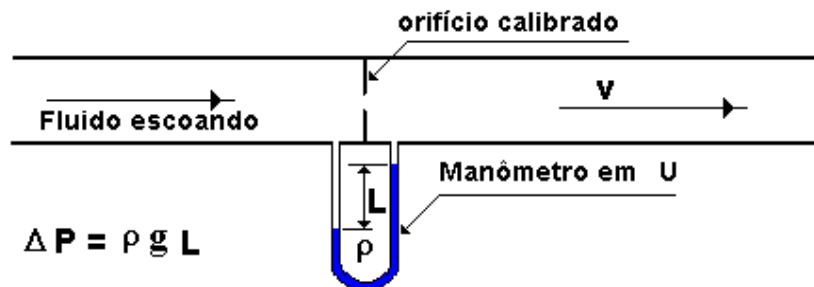


Figura 1.6-2 manômetro em U usado junto com um orifício calibrado

Pelos princípios da hidrostática podemos concluir que, para uma diferença de nível, L em metros, em um manômetro em U, a diferença de pressão em **Pascal** é dada pela relação :

$$\Delta P = \rho g L$$

onde g é a aceleração da gravidade, em m/s^2 , ρ é a densidade do fluido manométrico, em kg/m^3 e L é a altura da coluna de líquido, em m (metros) .

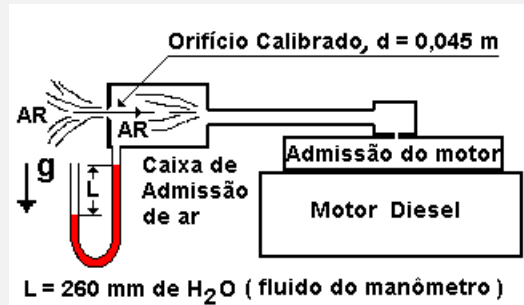
OBS.

A pressão atmosférica padrão é definida como a pressão produzida por uma coluna de mercúrio exatamente igual a 760 mm sendo a densidade do mercúrio de $13,5951 \text{ kg/cm}^3$ sob a aceleração da gravidade padrão de $9,80665 \text{ m/s}^2$

$$\text{uma atmosfera padrão} = 760 \text{ mmHg} = 101325 \text{ Pascal} = 14,6959 \text{ lbf/in}^2$$

Exemplo 1.6-1

Em uma análise para se obter o balanço térmico de um motor diesel é necessário medir-se a vazão de ar admitido pelo motor. Um orifício calibrado é montado em uma caixa de entrada junto com um manômetro em U na admissão do motor, como mostrado, esquematicamente na figura. A vazão mássica do fluido escoando, \dot{m} , em kg/m^3 está relacionada, em um orifício calibrado, pela seguinte expressão, $\dot{m} = A C_D \sqrt{2\rho \Delta P}$, onde ΔP é a diferença de pressão no manômetro em U, em Pascal, A é a área do orifício calibrado, em metros quadrados, C_D é o coeficiente de descarga do orifício, cujo valor particular, para este caso é 0,59, ρ é a densidade do fluido em escoamento. Determinar a vazão de ar para os dados mostrados na figura. (Considere a aceleração gravitacional local igual a $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$, a densidade do ar como sendo, $\rho = 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ e a densidade da água do manômetro igual a $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$)



Solução

- Cálculo da diferença de Pressão indicada no manômetro em U:

$$\Delta P = \rho g L = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,260 = 2550,6 \text{ Pa}$$

- Cálculo da área do orifício calibrado. Dos dados da figura temos

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14159 \cdot (0,045)^2}{4} = 0,00159 \text{ m}^2$$

- A vazão em massa de ar admitida pelo motor diesel, pela expressão será

$$\dot{m}_{AR} = 0,00159 \cdot 0,59 \sqrt{2 \cdot 1,2 \cdot 2550,6} = 0,0734 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Exercícios

1-1) Um manômetro montado em um recipiente indica uma pressão de 1,25MPa e um barômetro local indica 96kPa. Determinar a pressão interna absoluta do recipiente em: a) MPa , b) kgf/cm^2 , c) Psia e d) em milímetros de coluna de mercúrio.

OBS.: Adote para o mercúrio a densidade de $13,6\text{gm/cm}^3$

1-2) Um termômetro, de líquido em vidro, indica uma temperatura de 30°C . Determine a respectiva temperatura nas seguintes escalas: a) em graus Fahrenheit ($^\circ\text{F}$) , b) em graus Rankine ($^\circ\text{R}$) e c) em Kelvin (K).

1-3) Um manômetro contém um fluido com densidade de 816 kg/m^3 . A diferença de altura entre as duas colunas é 50 cm. Que diferença de pressão é indicada em kgf/cm^2 ? Qual seria a diferença de altura se a mesma diferença de pressão fosse medida por um manômetro contendo mercúrio (adote densidade do mercúrio de $13,60\text{ gm/cm}^3$)

1-4) Um manômetro de mercúrio, usado para medir um vácuo, registra 731 mm Hg e o barômetro local registra 750 mm Hg. Determinar a pressão em kgf/cm^2 e em microns.