



FACULDADE FINOM DE PATOS DE MINAS

CENTRO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO E CULTURA - CENBEC

DIRETORIA ACADÊMICA

Termodinâmica e Sistemas Térmicos

PROFESSOR: ESP. ENG.CIVIL LUIZ CLAUDIO SILVA PIRES

E-mail: luizfinomaluno@hotmail.com

Termodinâmica e Sistemas Térmicos

- ▶ Matéria Semestral

- ▶ Aulas :

- ▶ Segunda - feira - 3º e 5º

- ▶ Sexta - feira - 1º

Objetivos do Curso

- ▶ Demonstrar varias atribuições dentro da área da engenharia , com teoria aplicada e com o objetivo de facilitar o conhecimento das informações dentro da área de aplicação desses estudos em sala de aula.

Materiais Necessários

Leitura

- Livros/ Biblioteca
- Artigos
- Web
- Outros

Tecnologia/Ferramentas

- Calculadora

Métodos para Instrução

- ▶ Demonstrações
- ▶ Discussões em aula/Discussões virtuais
- ▶ Exercícios individuais/em grupo
- ▶ Aulas

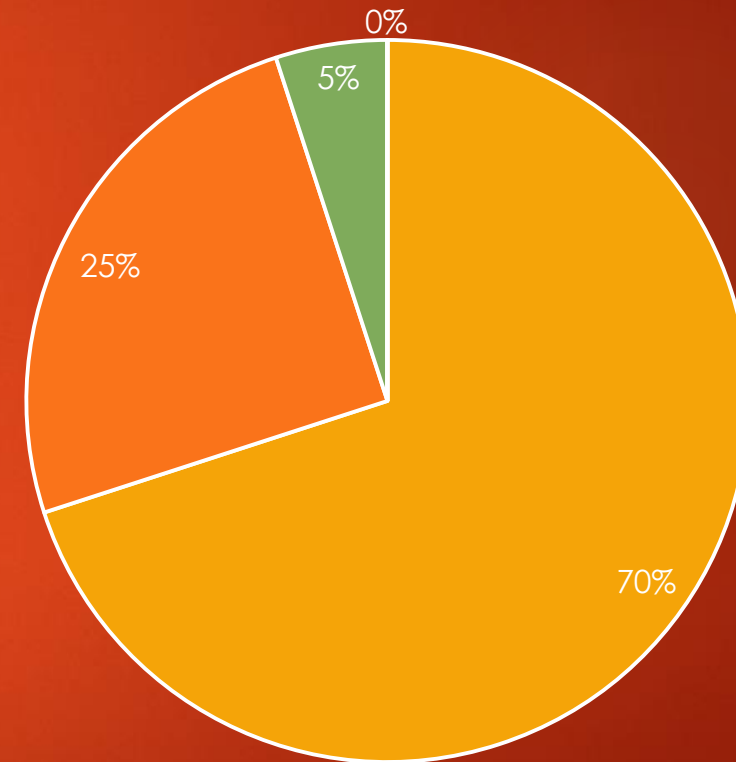
Agenda

Bimestral	Tópico	Atribuição/Projeto	Objetivo
Semana 1	Tópico 1	Descrição resumida	Objetivo
Semana 2	Tópico 2	Descrição resumida	Objetivo
Semana 3	Tópico 3	Descrição resumida	Objetivo
Semana 4	Tópico 4	Descrição resumida	Objetivo
Semana 5	Tópico 5	Descrição resumida	Objetivo

Critérios de avaliação

- ▶ Atribuição Bimestral - 10 pontos :
- ▶ Exercícios avaliativos - 2,5 pontos
- ▶ Prova final - 7,0 pontos
- ▶ Biblioteca - 0,5 ponto
- ▶ Aprovação mínima total - 7,0 pontos
- ▶ Demais formas de avaliação, de acordo com as normas da Instituição.

Percentual avaliativo



■ Provas Bimestrais ■ Exercicios ■ Biblioteca ■


Dúvidas?

INTRODUÇÃO - ENERGIA


Seguindo mais ou menos o mesmo modelo da conservação de massas, em 1842, Julius Robert Mayer apresentou o modelo da conservação de energia. Dizendo que quando uma energia é perdida em uma reação, ela é transformada em uma energia de outro tipo. Assim como na **conservação de massa**, em um sistema completamente fechado a energia permanece a mesma, só que no caso da energia, o sistema também precisa ser isolado termicamente para evitar a perda em forma de calor.

Uma forma de percebermos a mudança de energia de um tipo para outro é exemplificada assim:

Se segurarmos um corpo de testes do alto de um prédio e o mantivermos parado, ele possuirá apenas energia potencial conferida a ele pelo seu peso e a força da gravidade, calculada pela fórmula mgh : Sendo m a massa do corpo, g a aceleração da gravidade e h a altura do corpo. Agora, no momento em que soltamos esse corpo e ele cai por toda a altura do prédio. À medida que sua altura vai diminuindo com a queda ele perde energia potencial que vai se transformando em energia cinética com o aumento da velocidade



expressa por: $mv^2 / 2$, sendo m a massa do corpo e v a velocidade dele em um dado momento. Nesse caso estamos tratando de energia mecânica, uma energia que faz os corpos se moverem. A energia potencial é usada nas usinas hidrelétricas. Aproveita-se a energia potencial da queda d'água para girar pás de turbinas (energia cinética), que por sua vez produzem energia elétrica.



Quando temos uma reação exotérmica acontecendo em um tubo de ensaio, por exemplo, a energia liberada na reação se transforma em energia térmica aquecendo o tubo e o ambiente a volta dele. O mesmo acontece com uma reação endotérmica. Se você toca o tubo onde acontece uma reação endotérmica, você o sente gelado. Já que absorve a energia a sua volta, ela absorve também parte da sua energia térmica quando você toca o tubo. Por isso a sensação de frio

Termodinâmica

Do Grego : THEME - CALOR ramo da Física e da Engenharia;
DYNAMIS - FORÇA

Embora vários aspectos pelos quais a Termodinâmica é conhecida vem desde a Antigüidade, seu estudo formal começou no século XIX, motivado pela utilização do CALOR como força motriz. Atualmente: espectro bastante abrangente, como ciência da ENERGIA e das relações entre as PROPRIEDADES da matéria.



Na Física - interesse em compreender os fundamentos dos comportamentos Físico e Químico da matéria e usar os princípios termodinâmicos para estabelecer relações entre as propriedades da matéria.

Na Engenharia - interesse em estudar sistemas e suas relações com a vizinhança.



A relação seguinte mostra algumas áreas de aplicação da Termodinâmica na Engenharia:

- Motores de automóveis
- Turbinas
- Bombas e Compressores
- Usinas Térmicas (nucleares, combustíveis fósseis, biomassa ou qualquer outra fonte térmica)
- Sistemas de propulsão para aviões e foguetes
- Sistemas de combustão
- Sistemas criogênicos, separação de gases e liquefação
- Aquecimento, ventilação e ar condicionado


1ª Lei da Termodinâmica

A **primeira lei da termodinâmica** nada mais é que o princípio da conservação de energia e, apesar de ser estudado para os gases, pode ser aplicado em quaisquer processos em que a energia de um sistema é trocado com o meio externo na forma de calor e trabalho.



Quando fornecemos a um sistema certa quantidade de energia Q , esta energia pode ser usada de duas maneiras:

1. Uma parte da energia pode ser usada para o sistema realizar um trabalho (τ) ou t , expandindo-se ou contraindo-se, ou também pode acontecer de o sistema não alterar seu volume ($t = 0$);
2. A outra parte pode ser absorvida pelo sistema, virando energia interna, ou seja, essa outra parte de energia é igual à variação de energia (ΔU) do sistema. Se a variação de energia for zero ($\Delta U = 0$) o sistema utilizou toda a energia em forma de trabalho.



Um sistema não pode criar ou consumir energia, mas apenas armazená-la ou transferi-la ao meio onde se encontra, como trabalho, ou ambas as situações simultaneamente, então, ao receber uma quantidade Q de calor, esta poderá realizar um trabalho e aumentar a energia interna do sistema ΔU , ou seja, expressando matematicamente:

$$\Delta U = Q - \tau$$

Assim temos enunciada a primeira lei da termodinâmica: a variação de energia interna ΔU de um sistema é igual a diferença entre o calor Q trocado com o meio externo e o trabalho τ por ele realizado durante uma transformação. Aplicando a lei de conservação da energia, temos:

$$\Delta U = Q - \tau \quad \text{à} \quad Q = \Delta U + \tau$$

* Q à Quantidade de calor trocado com o meio:

$Q > 0$ à o sistema recebe calor;

$Q < 0$ à o sistema perde calor.

* ΔU à Variação da energia interna do gás:

$\Delta U > 0$ à a energia interna aumenta, portanto, sua temperatura aumenta;

$\Delta U < 0$ à a energia interna diminui, portanto, sua temperatura diminui.

* t à Energia que o gás troca com o meio sob a forma de trabalho:

$t > 0$ à o gás fornece energia ao meio, portanto, o volume aumenta;

$t < 0$ à o gás recebe energia do meio, portanto, o volume diminui.

Exercício - 1

Uma máquina térmica ideal opera recebendo 450 J de uma fonte de calor e liberando 300 J no ambiente. Uma segunda máquina térmica ideal opera recebendo 600 J e liberando 450 J. Quanto obteremos se dividirmos o rendimento da segunda máquina pelo rendimento da primeira máquina.

Observemos a 1ª máquina:

Energia recebida \rightarrow 450 J

Energia liberada \rightarrow 300 J

Energia utilizada (ΔU) \rightarrow 450 J – 300 J = 150 J

Rendimento \rightarrow 150 / 450 = 1/3

Observemos a 2ª máquina:

Energia recebida \rightarrow 600 J

Energia liberada \rightarrow 450 J

Energia utilizada (ΔU) \rightarrow 600 J – 450 J = 150 J

Rendimento \rightarrow 150 / 600 = 1 / 4

Rendimento da 2ª máquina = 1 / 4

Rendimento da 1ª máquina = 1/3

Fazendo a divisão \rightarrow 1 / 4 : 1 / 3 = 3 / 4 = 0,75

Exercício – 2

Um sistema gasoso recebe do meio externo 200 cal, em forma de calor. Sabendo que $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$, determinar a variação de energia interna numa transformação isométrica.

Vamos transformar em Joules:

$$Q = 200 \text{ cal} = 200 \cdot 4,2 = 840 \text{ J}$$

Numa transformação isométrica o volume permanece constante, ou seja $\Delta V = 0$ e o trabalho (τ) é nulo, o calor recebido é transformado em variação da energia interna. Logo,

$$Q = \tau + \Delta U \rightarrow 840 = 0 + \Delta U \rightarrow \Delta U = 840 \text{ J}$$

Exercício – 3

Numa transformação isobárica, um gás realiza o trabalho de 400 J, quando recebe do meio externo 500 J. Qual a variação de energia interna do gás nessa transformação ?

Pela lei da conservação de energia, sabemos que : $Q = \tau + \Delta U$

Logo,

$$500 = 400 + \Delta U \rightarrow \Delta U = 500 - 400 = 100 \text{ J}$$

Exercício – 4

Sobre um sistema realiza-se um trabalho de 3000 J e, em consequência ele fornece 500 cal ao meio externo durante o mesmo intervalo de tempo. Se 1 cal = 4,2 J, determine a variação de energia do sistema.

Transformando em Joule:

$$500 \text{ cal} = 500 \cdot 4,2 = 2100 \text{ J}$$

Pela lei de conservação de energia, temos: $Q = \tau + \Delta U$

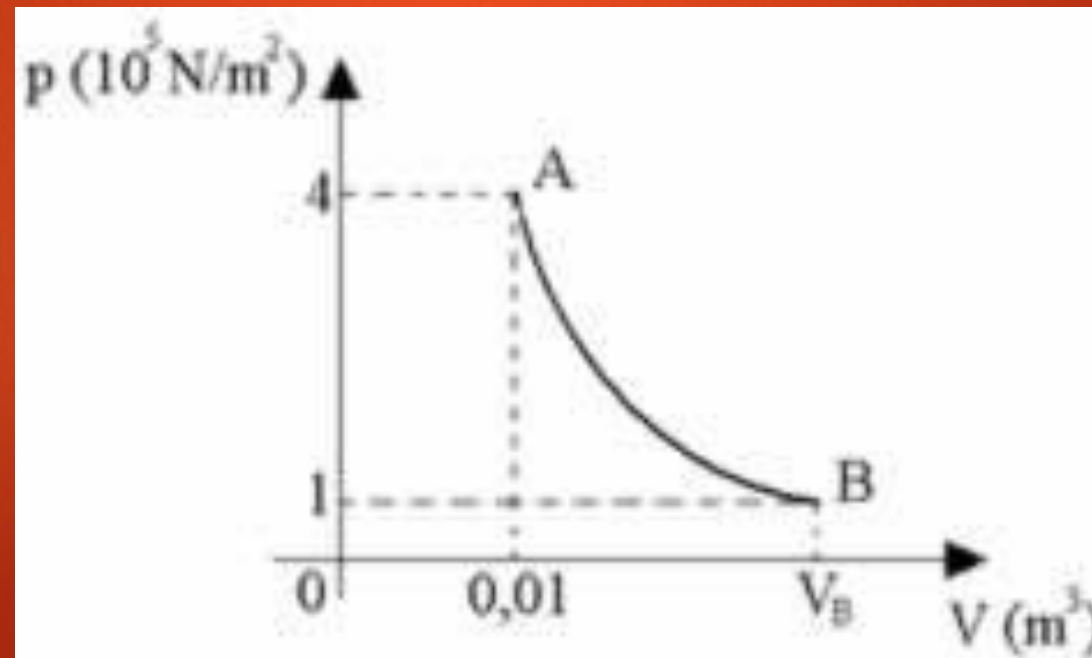
Logo,

$$2100 = 3000 + \Delta U \rightarrow \Delta U = -900$$

Como devemos considerar o módulo, temos que $|\Delta U| = 900 \text{ J}$

Exercício - 5

Uma determinada massa gasosa sofre uma transformação isotérmica, conforme o diagrama, e recebe do meio externo, em forma de calor, 2000 J. Dada a constante universal dos gases $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$, (unidade SI para a quantidade de substancia das moléculas) determine respectivamente o *volume final*, a *variação da energia interna* e o *trabalho realizado pelo gás* e marque a alternativa correta.



Retirando os dados:

$$P_A = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2; \quad V_A = 0,01 \text{ m}^3; \quad P_B = 10^5 \text{ N/m}^2; \quad Q = 2000 \text{ J}$$

Numa transformação isotérmica, temos:

$$p_A \cdot V_A = p_B \cdot V_B \quad 4 \cdot 10^5 \cdot 0,01 = 10^5 \cdot V_B \quad V_B = 0,04 \text{ m}^3$$

Na transformação isotérmica não há variação de temperatura, portanto:

$$T_A = T_B$$

$$\Delta T = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta U = 0$$

Calculando o trabalho:

$$Q = \Delta U + \tau$$

$$\tau = Q$$

$$\tau = 2.000 \text{ J}$$

Exercício - 6

Um sistema termodinâmico realiza um trabalho de 40 kcal quando recebe 30 kcal de calor. Nesse processo, a variação de energia interna desse sistema é de:

De acordo com a primeira lei da termodinâmica:

$$Q = \Delta U + T$$

$$\Delta U = Q - T$$

$$\Delta U = 30 \text{ kcal} - 40 \text{ kcal}$$

$$\Delta U = -10 \text{ kcal}$$

Exercício - 7

Sobre um gás confinado em condições ideais podemos afirmar corretamente que:

- a) numa compressão isotérmica o gás cede calor para o ambiente.
- b) aquecendo o gás a volume constante sua energia interna permanece constante.
- c) numa expansão, a temperatura do gás aumenta.
- d) numa expansão isobárica(**pressão constante durante a transformação**) , a temperatura do gás diminui.
- e) quando o gás sofre transformações num ciclo, o trabalho resultante que ele realiza é nulo.

Exercício - 8

Certa máquina térmica recebe 500 J de calor e realiza um trabalho de 125 cal. Sendo $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$, marque a alternativa correta. Justifique a resposta:

- a) Essa máquina contraria a primeira lei da Termodinâmica.
- b) A máquina não contraria a segunda lei da Termodinâmica.
- c) O rendimento dessa máquina é de 25%.
- d) A máquina não contraria a primeira lei da Termodinâmica, que trata sobre a conservação da energia.
- e) Como o rendimento da máquina é de 25%, podemos afirmar que ela não contraria a primeira lei da Termodinâmica.



- **LETRA “B”**

- O gráfico dado na questão é de temperatura versus entropia e mostra um ciclo no sentido horário operado por uma máquina térmica. Sendo assim, podemos analisar cada uma das alternativas:

- B) **CORRETO**: Em um ciclo, o trabalho é dado pela área do gráfico.

Trabalho e calor

A troca e a transformação de energia são fenômenos que ocorrem constantemente na natureza. Basta esfregarmos as nossas mãos para percebermos o aumento da temperatura delas. Nesse caso, temos uma transformação da energia mecânica em calor. Esse é só um dos muitos exemplos que ocorrem frequentemente ao nosso redor.

A **termodinâmica** trata do estudo da relação entre o *calor* e o *trabalho*, ou, de uma maneira mais prática, o estudo de métodos para a transformação de energia térmica em energia de movimento.

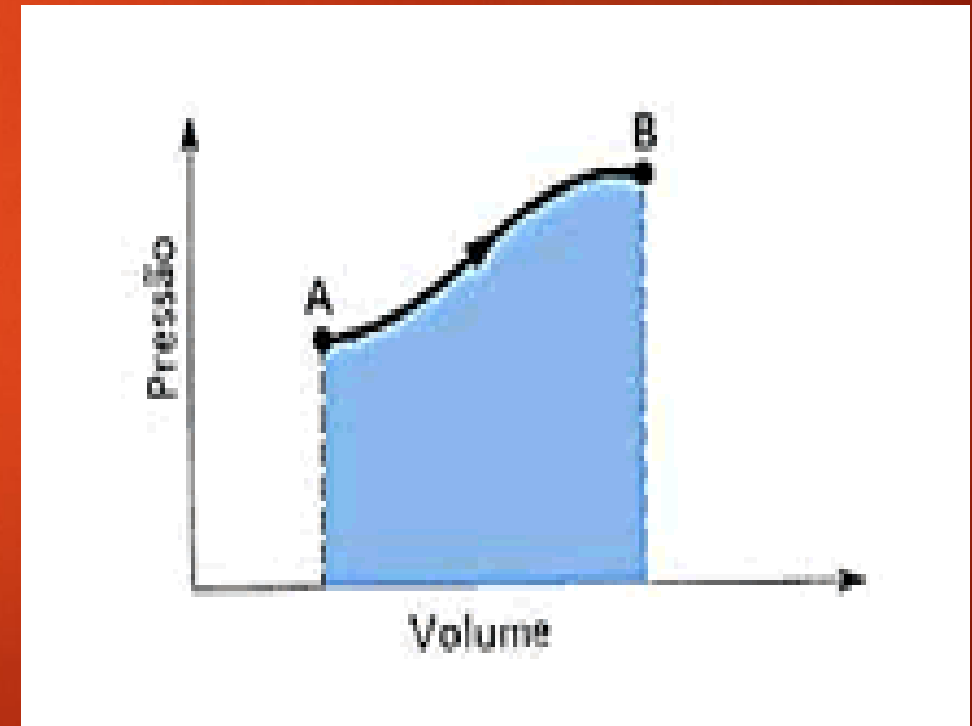
$$\tau = P \cdot \Delta V$$

A unidade do trabalho no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o joule, representado pela letra J.

A *primeira lei da termodinâmica*, que é o princípio da conservação da energia aplicada a sistemas termodinâmicos.

A *segunda lei da termodinâmica*, que nos mostra as limitações impostas pela natureza quando se transforma calor em trabalho.

De modo geral, na termodinâmica, o trabalho pode ser determinado através de um método gráfico. Considere um gráfico de pressão por volume, como mostrado na figura .



O trabalho é numericamente igual à área entre a curva do gráfico e o eixo do volume.

U é a energia interna

R é a constante dos gases perfeitos (um valor dado).

T é a temperatura.

n é o numero de mols.

Essa relação matemática mostra que a energia interna e a temperatura estão relacionadas de maneira direta: para que ocorra uma variação de energia interna é necessário que ocorra uma variação de temperatura do sistema. Resumindo:

$$\Delta T = 0 \rightarrow \Delta U = 0$$

$$\Delta T > 0 \rightarrow \Delta U > 0$$

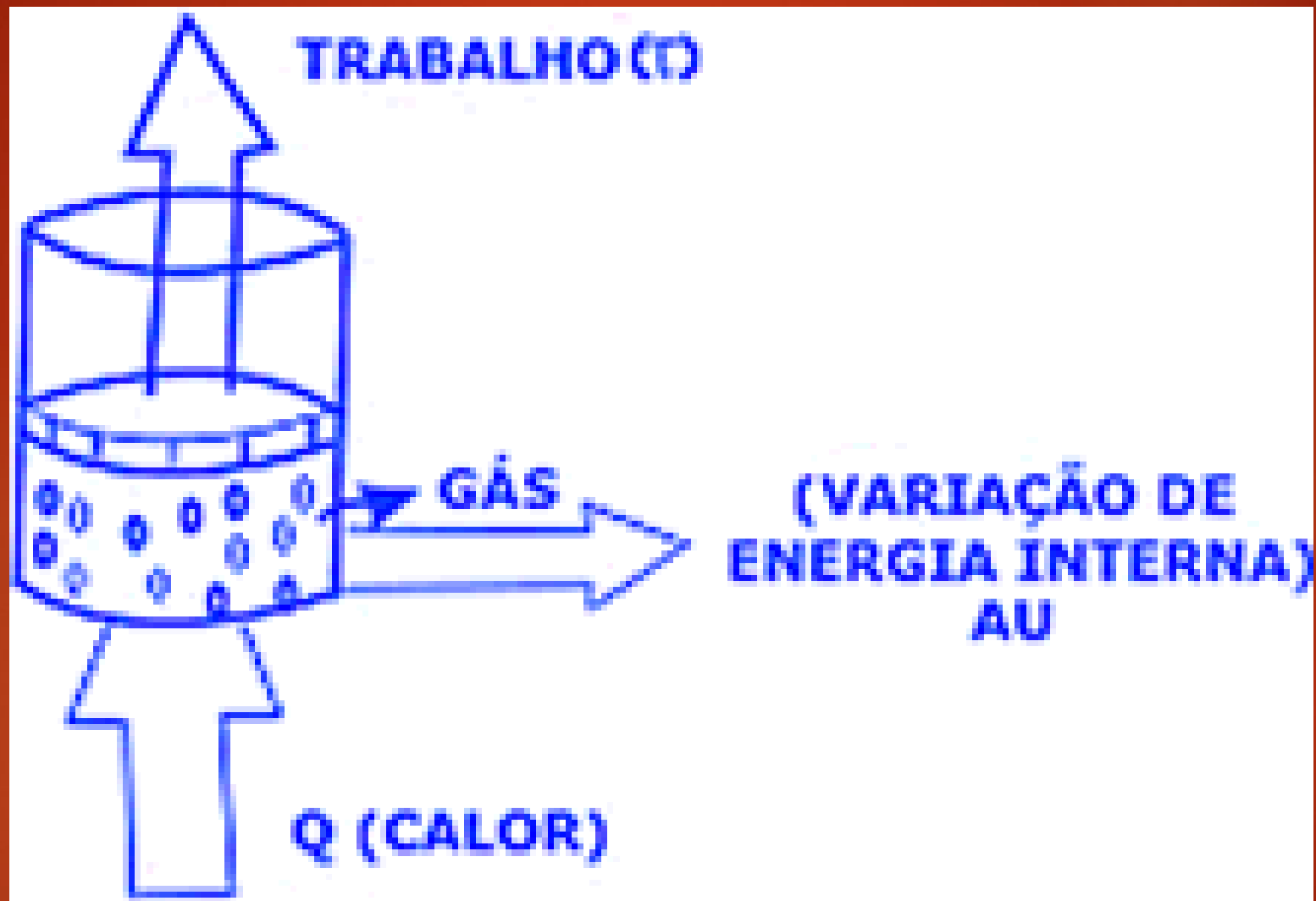
$$\Delta T < 0 \rightarrow \Delta U < 0$$

•No Sistema Internacional, a energia interna é medida em joules e a temperatura, em Kelvin.

A primeira lei da termodinâmica.

•Como foi mencionado anteriormente, a primeira lei da termodinâmica é o princípio da conservação de energia aplicado a sistemas termodinâmicos. O princípio da conservação da energia baseia-se no fato de que a energia não é criada e nem destruída, mas sim transformada.

•Ao se fornecer calor ao sistema, podemos observar a ocorrência de duas situações possíveis. Um aumento de temperatura e uma expansão do gás. O aumento de temperatura representa o aumento de energia interna do sistema e a expansão do gás representa a realização de trabalho.



calor

O calor é uma das duas formas disponíveis para se transferir energia de um sistema a outro e expressa a quantidade de energia transferida através da fronteira comum aos sistemas. Se dá portanto sem a variação dos volumes dos sistemas em interação se presente de forma exclusiva. O calor descreve a energia transferida entre sistemas que não se pode ser associada à execução de um trabalho mecânico, este último correspondendo à segunda entre as duas formas de transferência de energia citadas. O trabalho associa-se à energia transferida em virtude do movimento da fronteira dos sistemas - e não da energia transferida através destas - e portanto ocorre sempre acompanhado de variações nos volumes dos sistemas em interação.

O calor é geralmente simbolizado pela letra Q na física e, por convenção, se um corpo recebe energia sob a forma de calor - o que leva a um aumento de sua energia interna U - o calor Q é positivo, e se um corpo cede energia sob a forma de calor - o que leva a uma redução de sua energia interna - o valor de Q é negativo.

Tipos de calor:

Calor sensível: provoca apenas a variação da temperatura do corpo. A quantidade de calor sensível (Q) que um corpo de massa m recebe é diretamente proporcional ao seu aumento de temperatura. Logo, é possível calcular a quantidade de calor sensível usando a seguinte fórmula:

O **calor sensível**, também chamado por calor específico sensível, é representado pela letra c e depende do tipo de material e do seu estado de agregação. Por exemplo:

Para a água no estado líquido, temos: $c = 1 \text{ cal/ g} \cdot ^\circ\text{C}$. Isso significa que é necessário fornecer 1 cal para que 1g de água aumente sua temperatura em 1° Celsius ou que é necessário retirar 1 cal para que a temperatura diminua em 1° Celsius.

Mas para a água em estado sólido, essa quantidade já é $c = 0,5 \text{ cal/ g} \cdot ^\circ\text{C}$.

A equação utilizada para calcular o calor sensível de um material é:

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

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

Sendo:

Q — quantidade de calor;

m — massa da substância;

c — calor específico da substância;

$\Delta\theta$ — Variação de temperatura.

A definição de **calor sensível** está relacionada também com o conceito de **Capacidade térmica**, que corresponde à quantidade de calor que a massa total de um corpo precisa receber ou perder para que sua temperatura varie 1°C.

A capacidade térmica é dada por:

$$C = m \cdot c$$

C – Capacidade térmica;

m – massa do objeto;


c – calor específico.

Calor latente: provoca algum tipo de alteração na estrutura física do corpo. É a quantidade de calor que a substância troca por grama de massa durante a mudança de estado físico. É representado pela letra L. É medido em caloria por grama (cal/g).

Para calcular o calor latente é necessário utilizar a seguinte expressão:

$$Q = m \cdot L$$

Onde Q é a quantidade de calor recebida ou cedida pelo corpo, m é a massa do corpo e L é o calor latente ou calor de transformação mássico (é a energia necessária fornecer á massa de 1Kg de substância para que mude de estado).



Se a substância recebe calor para alterar seu estado, que é o que ocorre na fusão e na vaporização, então o valor de L é positivo. Mas se a substância perde calor, L é negativo, sendo o que ocorre na solidificação e liquefação.

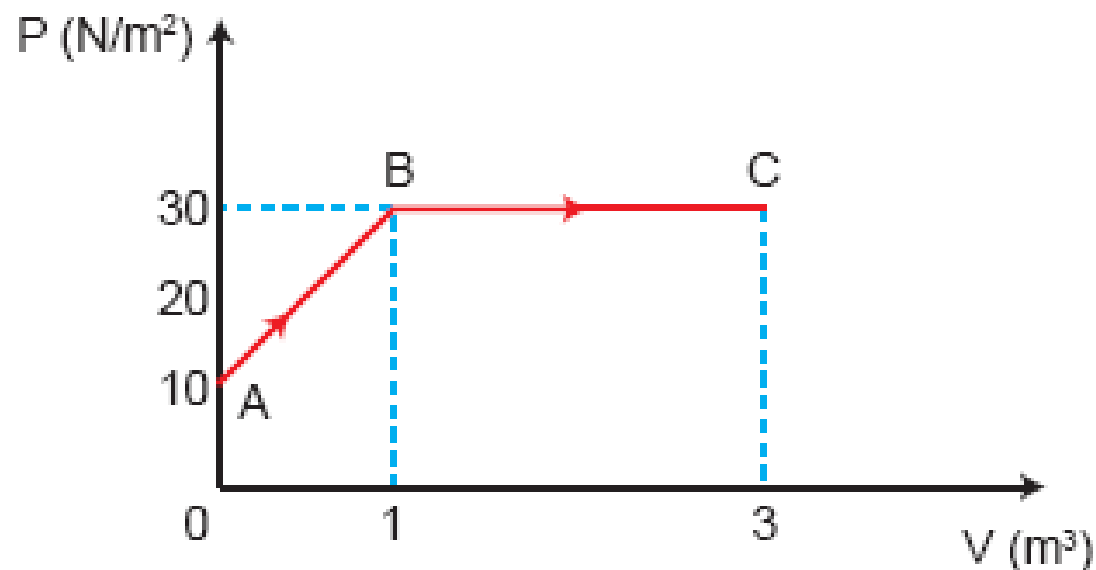
Calor específico: Ao contrário da capacidade térmica, o calor específico não é característica do corpo, mas sim característica da substância. Corresponde à quantidade de calor recebida ou cedida por 1 g da substância que leva a uma variação de 14,5°C para 15,5°C na temperatura do corpo em questão. É dado pela relação da capacidade térmica do corpo pela sua massa. É representado pela letra c (minúscula) e é medido em cal/g.°C ou cal/g.K:

$$c = \frac{C}{m}$$

Onde c é o calor específico, C é a capacidade térmica e m é a massa. Quantidade de Calor ΔQ

Exercício -9

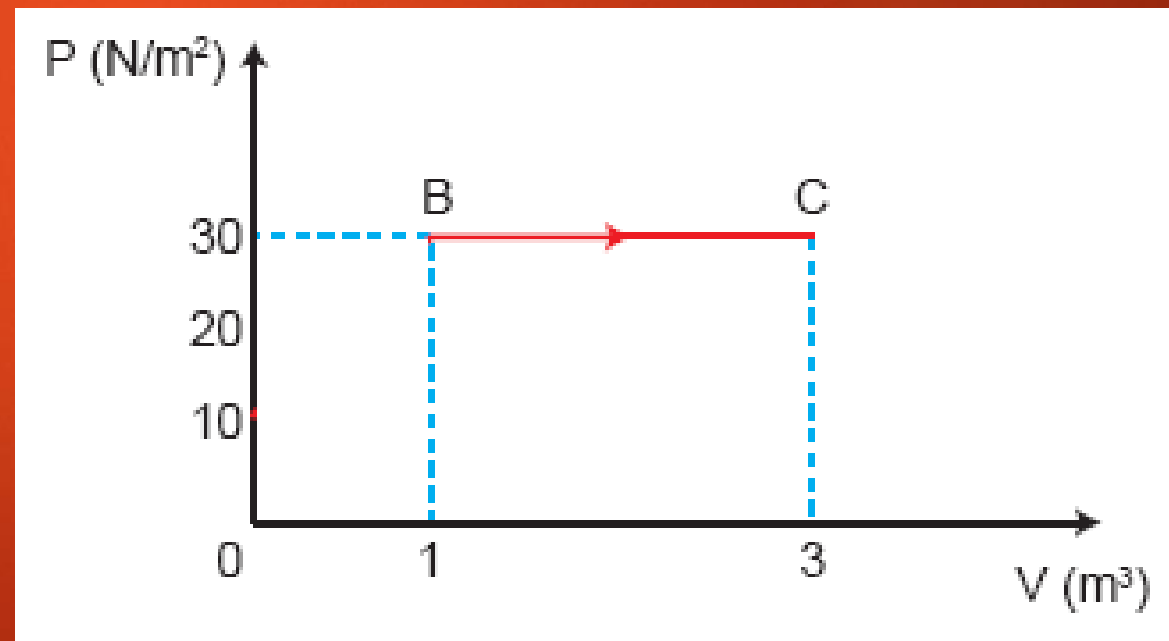
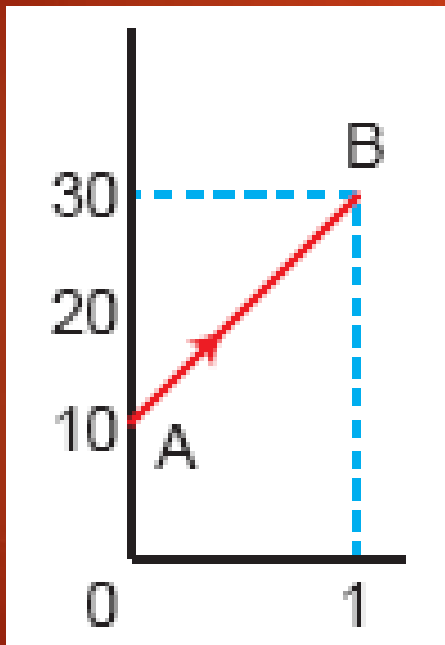
- 3 (PUC-SP)** O gráfico pressão (p) X volume (V) representa as transformações **AB** e **BC** experimentadas por um gás ideal:



Qual o trabalho mecânico realizado pelo gás durante a expansão de **A** até **C**? Dê a resposta em joules.

SOLUÇÃO:

Para o cálculo do trabalho realizado pelo gás em uma transformação em que a pressão varia devemos calcular a área do gráfico, porém deve-se dividir a área do gráfico em duas partes



Veja que de A para B temos um trapézio e de B para C um retângulo:

A para B:

$$\tau = P \cdot \Delta V$$

$$\tau = \frac{(10 + 30) \cdot 1}{2} = 20J$$

B para C:

$$\tau = P \cdot \Delta V$$

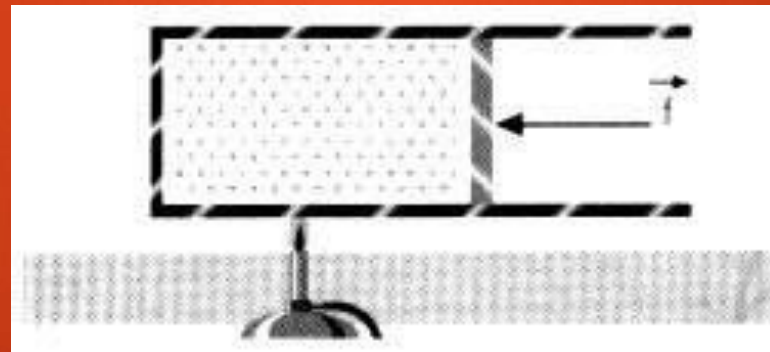
$$\tau = 2 \cdot 30 = 60J$$

Trabalho total:

$$\tau = 20 + 60 = 80J$$

Exercício - 10

Numa montagem, a chama faz o pistão deslocar-se para a direita, mantendo o gás a pressão e temperatura constantes. O volume e a pressão iniciais eram, respectivamente, de 5,00 litros e 5,00 N/m². O volume foi aumentado para 7,50 litros. A fração de energia da chama que o gás converteu em energia mecânica é, em J, igual a:



RESOLUÇÃO:

A pressão está em Pa (N/m^2) e o volume está em litros. Veja que:

$$1\text{L} = 0,001\text{ m}^3$$

$$2,5\text{ L} = 0,0025\text{ m}^3$$

Logo, a variação de volume é $2,5 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$.

O trabalho realizado é:

$$P \cdot \Delta V = 5 \times 2,5 \cdot 10^{-3} = 12,5 \cdot 10^{-3}\text{ J} = 0,0125\text{ J}$$

Exercício -11

- 2** Numa expansão isobárica (pressão constante), o trabalho realizado por um gás é tanto maior quanto:
- a) maior a pressão e maior a variação de volume.
 - b) menor a pressão e maior a variação de volume.
 - c) maior a pressão e maior o volume.
 - d) menor a pressão e menor o volume.
 - e) maior a pressão e menor o volume.

SOLUÇÃO:

Analísado a equação do trabalho $\tau = P.\Delta V$ podemos perceber que trabalho é diretamente proporcional a pressão e a variação do volume, portanto:

Opção A

Exercício - 12

Em um processo a pressão constante de $2,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, um gás aumenta seu volume de $8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ para $13 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$. Calcule o trabalho realizado pelo gás.

$$\tau = p (v_2 - v_1)$$

$$\tau = 2 \cdot 10^5 (13 \cdot 10^{-6} - 8 \cdot 10^{-6})$$

$$\tau = 2 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-6}$$

$$\tau = 10 \cdot 10^{-1}$$

$$\tau = 1 \text{ J}$$

Exercício - 13

Um gás sofre uma transformação isobárica sob pressão de 1 000 N/m². Determine o trabalho realizado sobre o gás, quando o volume passa de 8 000 cm³ para de 3 000 cm³.

Transformando as unidades métricas dadas:

$$p = 1\,000 \text{ N/m}^2$$

$$V_2 = 3\,000 \text{ cm}^3 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_1 = 8\,000 \text{ cm}^3 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Efetuiremos agora os cálculos...

$$\tau = p (V_2 - V_1)$$

$$\tau = 1\,000 (3 \cdot 10^{-3} - 8 \cdot 10^{-3})$$

$$\tau = 1\,000 (-5 \cdot 10^{-3})$$

$$\tau = 1 \cdot 10^3 (-5 \cdot 10^{-3})$$

$$\tau = -5 \text{ J}$$

A termodinâmica

A termodinâmica é uma ciência experimental, pois a partir da observação de alguns fenômenos físico-químicos foram elaboradas leis básicas, conhecidas como a Lei “Zero”, a Primeira, a Segunda e a Terceira Leis da Termodinâmica. Os problemas que a termodinâmica se propõe a resolver normalmente envolvem a determinação do valor do calor e/ou trabalho (formas de energia) necessários ou liberados num processo ou então as mudanças de estado de uma substância ou mistura provocadas pela transferência de calor ou pela realização de trabalho. Os cálculos termodinâmicos, contudo, não permitem a determinação da dinâmica dos processos, ou seja, a determinação de quão rápidos se estabelecem os estados finais de equilíbrio, sendo que esse assunto é o objeto de estudo da cinética e dos fenômenos de transporte.

VARIÁVEIS TERMODINÂMICAS

O sistema termodinâmico é chamado aberto se massa pode transitar para dentro ou para fora do sistema; caso contrário, o sistema é fechado. Exemplos de sistemas abertos são os reatores contínuos, colunas de destilação contínuas, trechos de tubulação . Exemplos de sistemas fechados são os reatores em batelada, coluna de destilação em batelada, extração líquido-líquido em batelada.


Quando um sistema está em contato com as vizinhanças, uma modificação nas vizinhanças produz alterações no sistema. Caso isso não ocorra, o sistema em questão é dito isolado. Um sistema adiabático é um sistema isolado termicamente das vizinhanças.

Temperatura

A Lei “Zero” da Termodinâmica afirma que, se dois corpos apresentam igualdade de temperatura com um terceiro corpo, então eles também apresentam igualdade de temperatura entre si.

A temperatura é medida por termômetros, sendo os mais comuns os de mercúrio, os termopares e os termômetros de resistência. Os termômetros de resistência são calibrados em dois pontos fixos, por exemplo em um banho de água e gelo e em água em ebulição à pressão atmosférica. A marcação de temperaturas intermediárias é feita, então, por interpolação.

As escalas de temperatura mais utilizadas são a Celsius, Kelvin, Fahrenheit e Rankine. No estudo da termodinâmica é utilizada uma escala absoluta de temperaturas, visando a padronização das medidas. A escala absoluta de temperaturas no Sistema Internacional (SI) é a escala Kelvin



Assim como a força, o conceito de temperatura é originado de nossa percepção sensorial. Conseguimos distinguir que um corpo 1, está mais quente que um corpo 2, e este mais quente que um corpo 3, etc. No entanto por mais sensibilidade que o corpo humano possa ter, ele não consegue medir o valor dessa propriedade. Dessa forma é necessário lançar mão de dispositivos adequados (termômetros) e escalas de temperatura para quantificar adequadamente esta propriedade.

Conversão de	para	Fórmula
grau Celsius	grau Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32$
grau Fahrenheit	grau Celsius	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) / 1,8$
grau Celsius	kelvin	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$
kelvin	grau Celsius	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$
grau celsius	rankine	$^{\circ}\text{R} = (^{\circ}\text{C} + 273,15) \times 1,8$
rankine	grau celsius	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{R} \div 1,8) - 273,15$

Relação entre as escalas de temperatura

K	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$	Ra
2273.16	2000	3632	4091.69
1773.16	1500	2732	3191.69
1273.16	1000	1832	2291.69
773.16	500	932	1391.69
673.16	400	752	1211.69
573.16	300	572	1031.69
473.16	200	392	851.69
373.16	100	212	671.69
273.16	0	32	491.69
233.16	-40	-40	419.69
173.16	-100	-148	311.69

Força e Pressão

A força exercida sobre um corpo equivale ao produto de sua massa pela aceleração por ele sofrida. Um exemplo de força é o peso de um corpo, que é função de sua massa e da aceleração local da gravidade

$$F = m.a$$

$$F = m.v$$

F força [N]

m massa [k g]

a aceleração [m.s E -2]

v velocidade

A unidade do SI para força é o newton (N), igual a 1 kg.m.s⁻² .
A pressão exercida por um fluido ou sólido em uma superfície equivale à força normal exercida por ele por elemento de área.

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{F}{V}$$

P pressão [Pa]

A área [m²]

V volume

Medidores de pressão:

- . manômetro tipo tubo em U
- . Bourdon
- . Piezoelétricos
- . diafragma
- . barômetros (patm.)

A unidade do SI para a pressão é o Pascal (Pa), igual a $1 \text{Kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.
A pressão é medida por instrumentos conhecidos como manômetros (de ponteiro, de tubo em “U” com mercúrio) que indicam a pressão relativa, acima ou abaixo da pressão atmosférica. A pressão atmosférica é medida, por sua vez, pelos barômetros.

Nas aplicações da termodinâmica, é conveniente utilizar a pressão absoluta, equivalente à soma das pressões atmosférica e manométrica, sempre positiva ou, no mínimo, igual a zero para o caso de vácuo absoluto.

No caso dos manômetros com tubo em “U” preenchidos com líquido, pode-se calcular a diferença de pressão ΔP , ou seja, a pressão manométrica, usando a expressão:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$$

g aceleração da gravidade [m.s E-2]

h altura [m]

ρ densidade [kg.m E -3]

A pressão num "ponto" é a mesma qualquer que seja a orientação de A, desde que o fluido esteja em repouso.

Para fluidos em movimento, a pressão corresponde à tensão normal sobre A.

Unidades de pressão: 1 Pa (pascal) = 1 N/m²

Outras Unidades: 1 atm = 101325 N/m²

1 bar = 10⁵ N/m²

Densidade e Volume Específico

O volume molar de uma substância (V) representa o volume ocupado por um mol desta substância, representando o estado de agregação desta substância.

Para os gases ideais, o volume molar pode ser obtido pela equação da Lei dos gases ideais:

$$P.V = R.T$$

Equação de Clapeyron

$$P.V = n.R.T$$

V volume molar

$$[m^3 \cdot mol^{-1}]$$

R constante dos gases

m massa [kg]

M peso molecular [g.mol⁻¹]

n quantidade de matéria do gás, número de mols [mol]

ρ densidade [kg.m⁻³]

QUESTÃO -14

Qual a velocidade média das moléculas de um gás que ocupa um recipiente de capacidade igual a 2 litros, tem massa igual a 20 gramas e pressão equivalente a 2 atmosferas?

DADOS: Grandeza de $\frac{1}{3}$ das pressões

$$P = \frac{1}{3}$$

Lembrando que existe uma relação entre estas grandezas expressa por:

$$P = \frac{1}{3} \cdot \frac{m \cdot v}{V}$$

$$P = \frac{m \cdot v}{3V}$$

Podemos isolar a grandeza que desejamos calcular, ou seja, a velocidade:

$$\frac{3PV}{m} = v$$

Convertendo os dados do problema para grandezas do SI:

$$2\ell = 0,002\text{m}^3$$

$$20\text{g} = 0,02\text{kg}$$

$$2\text{atm} = 2 \cdot 10^5$$

Utilizando os dados na equação:

$$\frac{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,002}{0,02} = v$$

$$v = 60\,000 \text{ m/s}$$

QUESTÃO - 15

Em um tubo com pressão constante de 1 atm ocorre uma transformação. Sendo a temperatura inicial igual a 20°C e a final igual a 0°C , ($^{\circ}\text{C} = \text{K}$) de quantas vezes o volume foi modificado?

Como pressão não pode ser diferente da pressão atmosférica, então a transformação é Isobárica, sendo regida por:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

Neste caso, não é necessário converter as unidades para o SI, pois ambas têm mesma característica:

$$V_f = \frac{T_f}{T_i} V_i$$

Lembrando que é necessário que as temperaturas estejam em escala absoluta:

$$T_i = 273 + 20 = 293\text{K}$$

$$T_f = 273 + 0 = 273\text{K}$$

$$V_f = \frac{T_f}{T_i} V_i$$

$$V_f = \frac{273}{293} V_i$$

$$V_f = 0,93 V_i$$

Então o volume final é menor que o inicial, com a razão de 0,93.

QUESTAO -16

Em um tubo aberto ocorre uma grande compressão em um gás que torna o volume ocupado por ele 10 vezes menor. Sendo a temperatura inicial igual a 20°C , qual será a temperatura final?

Como o tubo é aberto, a pressão não pode ser diferente da pressão atmosférica, então a transformação é Isobérica, sendo regida por:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

Neste caso não é necessário converter as unidades para o SI pois ambas têm mesma característica:

$$T_f = \frac{V_f}{V_i} \cdot T_i$$

Mas o volume inicial é igual a 10 vezes o volume final:

$$T_f = \frac{V_f}{10V_f} \cdot T_i$$

$$T_f = \frac{1}{10} \cdot 20$$

$$T_f = 2^\circ\text{C}$$

Mas o volume inicial é igual a 10 vezes o volume final:

$$T_f = \frac{V_f}{10V_f} \cdot T_i$$

$$T_f = \frac{1}{10} \cdot 20$$

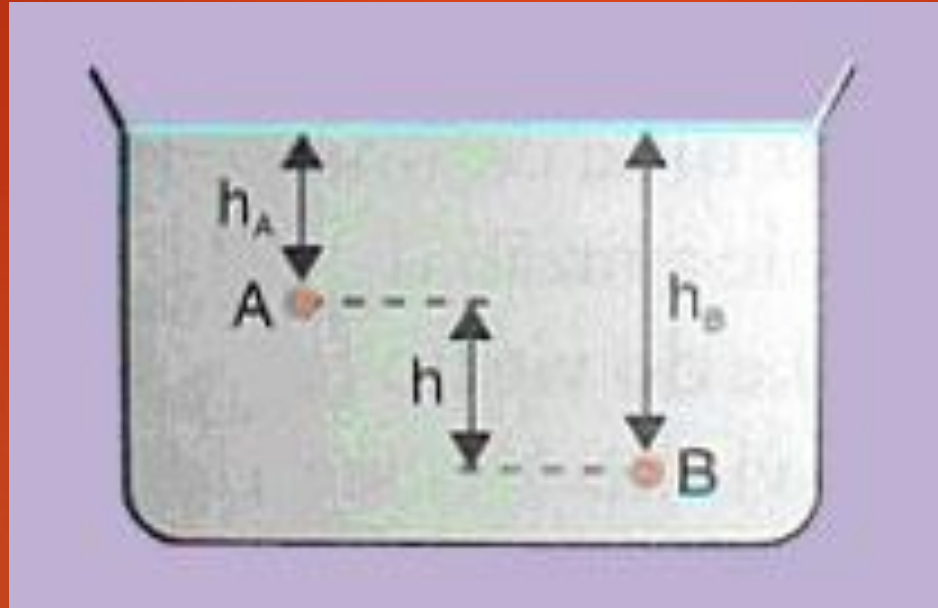
$$T_f = 2^\circ\text{C}$$

Lei de Stevin: Teoria e aplicações.

Simon Stevin foi um físico e matemático belga que concentrou suas pesquisas nos campos da estática e da hidrostática, no final do século 16, e desenvolveu estudos também no campo da geometria vetorial. Entre outras coisas, ele demonstrou, experimentalmente, que a pressão exercida por um fluido depende exclusivamente da sua altura.

A lei de Stevin está relacionada com verificações que podemos fazer sobre a pressão atmosférica e a pressão nos líquidos. Como sabemos, dos estudos no campo da hidrostática, quando consideramos um líquido qualquer que está em equilíbrio, temos grandezas importantes a observar, tais como: massa específica (densidade), aceleração gravitacional local (g) e altura da coluna de líquido (h).

É possível escrever a pressão para dois pontos distintos da seguinte forma.



$$P_A = d g h_A$$

$$P_B = d g h_B$$

Nesse caso, podemos observar que a pressão do ponto B é certamente superior à pressão no ponto A. Isso ocorre porque o ponto B está numa profundidade maior e, portanto, deve suportar uma coluna maior de líquido.

$$P_{(N)} = d \cdot g \cdot h$$

$$P = P_0 + d \cdot g \cdot h$$

QUESTÃO -17

Imagine que você esteja diante de uma piscina de 4 metros de profundidade. Calcule a pressão no fundo dessa piscina em Pa (pascal) e atm. Efetuado o cálculo, marque a alternativa

CORRETA:

- a) 140 atm
- b) 4,1 atm
- c) 14,1 atm
- d) 1,4 atm
- e) 4 atm

Como sabemos que a densidade da água é igual a $d = 1.000 \text{ kg/m}^3$ e a pressão atmosférica na superfície da água $P_0 = 1 \text{ atm}$ fica fácil determinar a pressão no fundo da piscina.

Primeiramente, expressemos a pressão P_0 em unidades do SI.

$$P_0 = 1 \text{ atm} = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

A pressão no fundo da piscina ($h = 4 \text{ m}$) vale:

A pressão no fundo da piscina ($h = 4 \text{ m}$) vale:

$$P = P_o + d \cdot g \cdot h$$

$$P = 1 \cdot 10^5 + (1000 \cdot 10 \cdot 4)$$

$$P = 140\,000 \text{ Pa}$$

Ou

$$P = \frac{140\,000}{100\,000} \Rightarrow P = 1,4 \text{ atm}$$

Alternativa D

QUESTÃO - 18

Suponha que uma caixa d'água de 10 metros esteja cheia de água cuja densidade é igual a 1 g/cm^3 . A pressão atmosférica na região vale 10^5 Pa e g é igual a 10 m/s^2 . Calcule a pressão, em Pa, no fundo da caixa d'água e marque a opção correta.

- a) $5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- b) $4,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- c) $12 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- d) $3,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- e) $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

De acordo com o teorema de Stevin, a pressão no fundo da caixa d'água vale:

$$P = P_o + d.g.h$$

Mas como $P_o = 10^5 \text{ Pa}$; $d = 1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$ e $h = 10 \text{ m}$, temos:

$$P = 10^5 + (10^3 \cdot 10 \cdot 10)$$

$$P = 10^5 + 10^5$$

$$P = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Alternativa E

Extra -QUESTAO - 19 - Um gás perfeito à temperatura de 0°C e sob pressão de uma atmosfera ocupa um volume igual a 22,4 litros. Qual seria o volume ocupado por 5 mols deste gás a 100°C, sob a pressão de 1 atm?

$$(1) p_1 \cdot V_1 = n_1 \cdot R \cdot T_1 \rightarrow R = \frac{p_1 \cdot V_1}{n_1 \cdot T_1}$$

$$(2) p_2 \cdot V_2 = n_2 \cdot R \cdot T_2 \rightarrow R = \frac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2}$$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{n_1 \cdot T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2}$$

$$\frac{1 \text{ atm} \cdot 22,4 \ell}{1 \text{ mol} \cdot 273 \text{ K}} = \frac{1 \text{ atm} \cdot V_2}{5 \text{ mol} \cdot 373 \text{ K}}$$

$$V_2 = \frac{22,4 \ell \cdot 5 \text{ mol} \cdot 373 \text{ K}}{273 \text{ K}}$$

$$V_2 = 153 \ell$$