MÓDULO 5

FÍSICA

HIDRODINÂMICA

GASES E TERMODINÂMICA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO - INDE

Conteúdos

Acerca deste Módulo

FÍSICA

Como está estruturado este Módulo

A visão geral do curso

Este curso está dividido por módulos autoinstrucionais, ou seja, que vão ser o seu professor em casa, no trabalho, na machamba, enfim, onde quer que você deseja estudar.

Este curso é apropriado para você que já concluiu a 7ª classe mas vive longe de uma escola onde possa frequentar a 8ª, 9ª e 10ª classes, ou está a trabalhar e à noite não tem uma escola próxima onde possa continuar os seus estudos, ou simplesmente gosta de ser auto didacta e é bom estudar a distância.

Neste curso a distância não fazemos a distinção entre a 8ª, 9ª e 10ª classes. Por isso, logo que terminar os módulos da disciplina estará preparado para realizar o exame nacional da 10ª classe.

O tempo para concluir os módulos vai depender do seu empenho no auto estudo, por isso esperamos que consiga concluir com todos os módulos o mais rápido possível, pois temos a certeza de que não vai necessitar de um ano inteiro para conclui-los.

Ao longo do seu estudo vai encontrar as actividades que resolvemos em conjunto consigo e seguidamente encontrará a avaliação que serve para ver se percebeu bem a matéria que acaba de aprender. Porém, para saber se resolveu ou respondeu correctamente às questões colocadas, temos as resposta no final do seu módulo para que possa avaliar o seu despenho. Mas se após comparar as suas respostas com as que encontrar no final do módulo, tem sempre a possibilidade de consultar o seu tutor no Centro de Apoio e Aprendizagem – CAA e discutir com ele as suas dúvidas.

No Centro de Apoio e Aprendizagem, também poderá contar com a discussão das suas dúvidas com outros colegas de estudo que possam ter as mesmas dúvidas que as suas ou mesmo dúvidas bem diferentes que não tenha achado durante o seu estudo mas que também ainda tem.

Conteúdo do Módulo

Cada Módulo está subdividido em Lições. Cada Lição inclui:

- Título da lição.
- Uma introdução aos conteúdos da lição.
- Objectivos da lição.
- Conteúdo principal da lição com uma variedade de actividades de aprendizagem.
- Resumo da unidade.
- Actividades cujo objectivo é a resolução conjuta consigo estimado aluno, para que veja como deve aplicar os conhecimentos que acaba de adquerir.
- Avaliações cujo objectivo é de avaliar o seu progresso durante o estudo.
- Teste de preparação de Final de Módulo. Esta avaliação serve para você se preparar para realizar o Teste de Final de Módulo no CAA.

Habilidades de aprendizagem

Estudar à distância é muito diferente de ir a escola pois quando vamos a escola temos uma hora certa para assistir as aulas ou seja para estudar. Mas no ensino a distância, nós é que devemos planear o nosso tempo de estudo porque o nosso professor é este módulo e ele está sempre muito bem disposto para nos ensinar a qualquer momento. Lembre-se sempre que “ ***o livro é o melhor amigo do homem***”. Por isso, sempre que achar que a matéria esta a ser difícil de perceber, não desanime, tente parar um pouco, reflectir melhor ou mesmo procurar a ajuda de um tutor ou colega de estudo, que vai ver que irá superar toas as suas dificuldades.

Para estudar a distância é muito importante que planeie o seu tempo de estudo de acordo com a sua ocupação diária e o meio ambiente em que vive.

Necessita de ajuda?

Ajuda

Sempre que tiver dificuldades que mesmo após discutir com colegas ou amigos achar que não está muito claro, não tenha receio de procurar o seu tutor no CAA, que ele vai lhe ajudar a supera-las. No CAA também vai dispor de outros meios como livros, gramáticas, mapas, etc., que lhe vão auxiliar no seu estudo.

Lição 1

Hidrodinâmica – Vazão Volúmica

Introdução

Já aprendemos que a hidrostática ocupa-se dos fluídos praticamente em equilíbrio, particularmente em repouso.

Nesta lição vamos iniciar o estudo dos fluídos em movimento falando da grandeza fundamental para os fluídos em movimento, que é a vazão volúmica.

O estudo da hidrodinâmica é muito importante no nosso dia a dia, por exemplo nas redes de distribuição de água ou mesmo na medicina, porque as nossas veias, artérias e capilares funcionam como autênticos tubo onde circula o sangue.

Ao concluir esta unidade você será capaz de:

Objectivos

- Aplicar o conceito de vazão volúmica na resolução de exercícios concretos.

Vazão Volúmica

Da sua experiência do dia a dia sabe que se quiser encher uma garrafa de água com maior rapidez deve abrir mais a torneira para que saia mais água. Iso acontece porque quanto mais abrimos a torneira maior é a quantidade que sai dela na em cada segundo.

Para caracterizar um maior ou menor fluxo de um fluído, define-se a grandeza física chamada vazão volúmica ou simplesmente vazão, que é o volume de líquido que atravessa a secção transversal de um recipiente na unidade de tempo. Por isso a expressão para o seu cálculo é:

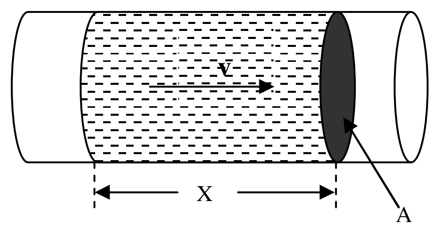
$$\boxed{Q = \frac{V}{\Delta t}}$$

Onde "Q" é a vazão volúmica, "V" é o volume e "Δt" é o intervalo de tempo que o volume de fluído gasta a atravessar a secção transversaldo tubo.

A unidade da vazão volúmica no SI é o metro cúbico por segundo "m^3/ s" porque como já deve saber, o volume no SI mede-se em metros cúbicos "m^3" e o tempo em segundos "s". Mas também se usa o litro por segundo "l/s", o litro por minuto "l/min".

O estudo da vazão é muito importante na nossa vida diária, porque é com base nela que se avalia a quantidade de água que flui num rio, por exemplo, e poder-se prever se a água do rio poderá ou não causar cheias. Outra aplicação importante da vazão volúnica é na medição da descarga das barragens que també é medida em metros cúbicos por segundo, quando se tem que diminuir a água armazenada na barragens para diversos fins como a irrigação das machambas, etc.

A figura representa um tubo no qual escoa um líquido a uma velocidade "v".



O volume "V" de líquido contido no trecho "x" pode ser calculado pela expressão (volume de um cilindro): $V = A \cdot X$,

onde "A" é a área da secção transversal do tubo e "X" representa a altura do cilindro.

Assim, a vazão pode ser dada pela expressão: $Q = \frac{A \cdot X}{\Delta t}$

Mas como a velocidade é dada pela expressão: $v = \frac{X}{\Delta t}$,

Então a vazão pode ser dada pela expressão:

$$\boxed{Q = A \cdot v}$$

Resumo da lição

Resumo

Nesta lição você aprendeu que:

- Vazão volúmica é o volume de líquido que atravessa a secção transversal de um recipiente na unidade de tempo.
- A expressão para o seu cálculo pode ser: $Q = \frac{V}{\Delta t}$ ou $Q = A \cdot v$
- A unidade da vazão volúmica no SI é o metro cúbico por segundo "m^3/ s". Também se usa o litro por segundo "l/s", o litro por minuto "l/min".

Agora vamos realizar conjuntamente as actividades que se seguem para que possa aprender como usar o conhecimento que acaba de adequirir.

Actividades

Actividades

1. Um torneira deita 4 m^3 de água em 4 horas. Calcule a vazão em m^3/s.

2. Um tubo cuja secção transversal é de 0,05 m^2 flui água a uma velocidade de 2 m/s. Calcule a vazão.

Resolução:

1. Para calcular a vazão em m^3/s temos que tirar os dados do exercício e reduzir as horas a segundos (1h = 3600 s).

   - Como 1h = 3600s então 4h = 4.3600 s = 14400s

Dados	Fórmula	Resolução
$V = 4\ m^3$ $\Delta t = 14400\ s$ $Q = ?$	$Q = \frac{V}{\Delta t}$	$Q = \frac{4}{14400}$ $Q = 2,8.10^{-4}\ m^3/s$

Resposta: A vazão é de $2,8.10^{-4}\ m^3/s$

2. Neste exercícios também temos apenas que calcular o pedido tirando os dados e aplicar a fórmula correcta.

Dados	Fórmula	Resolução
$A = 0,05\ m^2$ $v = 2\ m/s$ $Q = ?$	$Q = A \cdot v$	$Q = 0,05 \cdot 2$ $Q = 0,1 m^3/s$

Resposta: A vazão é de $0,1 m^3/s$

Avaliação

Avaliação

Agora resolva no seu caderno as actividades que lhe propomos para que possa avaliar o seu progresso.

1. Um torneira deita 6 m^3 de água em 12 horas.

a) Calcule a vazão em m^3/s.

b) Calcule a vazão em l/s.

c) Calcule a vazão em l/min.

2. Um tubo cuja secção transversal é de 0,04 m^2 flui água a uma velocidade de 4 m/s. Calcule a sua vazão.

3. Na época chuvosa a vazão de um rio é de 10000 l/s.

    a) Calcule o volume de água que escoa em 20 minutos.

    b) Se secção transversal do leito do rio é de 20 m^2, calcule a velocidade de escoamento das águas do rio.

Agora compare as suas soluções com as que lhe apresentamos no final do módulo. Sucessos!

Lição 2

Fluído Ideal – Equação de Continuidade

Introdução

Já sabemos que a vazão é o volume de fluído que escoa na unidade de tempo.

Nesta lição vamos aplicar este conhecimento para explicar fenómenos do nosso dia a dia.

Ao concluir esta unidade você será capaz de:

Objectivos

- Identificar as características de um fluido ideal.
- Aplicar a equação de continuidade na resolução de exercícios concretos.

Fluído Ideal - Viscosidade

Do seu dia a dia sabe que o óleo dificilmente se escoa por um tubo em relação a água. Mas porque é que isto acontece?

Já aprendemos que a força de atrito é a força que se opôe ao movimento dos corpos. Por isso, quando um fluído se desloca no interior de um tubo, por exemplo, há forças de atrito entre o líquido e as paredes do tubo. Ao atrito de um fluído com as paredes do recipiente em que este se escoa, dá-se o nome de **viscosidade**. Por isso é que o óleo se escoa com maior dificuldade em relação a água, por exemplo, porque o óleo é mais viscoso em relação a água, ou seja, o óleo tem mais atrito com as paredes do recipiente que o escoa em relação a água.

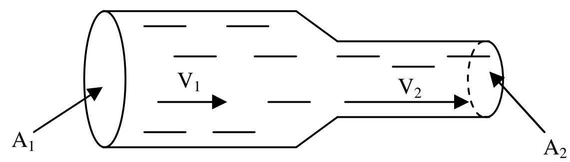
Considera-se um fluído ideal, quando é não viscoso e imcompresível. Certamente que ainda se recorda que a compressibilidade é a propriedade geral da matéria em que um corpo pode alterar o seu volume devido a acção de uma força.

Na realizade um fluído ideal náo existe, ele é apenas um modelo idealizado pelos cientistas para poder fácilmente explicar fenómenos do nosso dia a dia.

Princípio de Continuidade

Da sua experiência do dia a dia já sabe que se apertar uma mangueira da qual jorra água, ou se tentar fechar a saída da água de uma torneira com os dedos, a água espalha-se aumentando a sua velocidade. Ora porque é que isto acontece? É o que vamos ver de seguida.

A figura representa um líquido ideal que flui num tubo tubo o qual sofre um estrangulamento reduzindo o seu diâmetro.



O princípio de continuidade estabelece que durante o escoamento de um fluído ideal (imcompressível e não viscoso) a vazão é constante. (Q = Constante). Isto significa que em qualquer ponto do tubo a vazão é a mesma. Por isso podemos escrever: $Q_1 = Q_2$

Mas como, $Q_1 = A_1 \cdot v_1$ e $Q_2 = A_2 \cdot v_2$, podemos finalmente escrever:

$$\boxed{A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2}$$

Esta relação é consequência do princípo de Continuidade, por isso é também conhecida como equação de continuidade.

Repare que "A_1" é a área maior e "A_2" é área menor. Por isso, para que haja igualdade entre os dois membros da equação, é necessário que a área maior seja multiplicada pela velocidade menor e a área menor seja multiplicada pela velocidade maior. Por isso a velocidade "v_1" é menor do que a velocidade "v_2". Assim podemos concluir a área da secção transversa do recipiente no qual escoa o fluído é inversamente proporcional a velocidade de escoamento. Isto significa que quanto maior é a secção transversal do recipiente por onde escoa o fluído menor é a velocidade de escoamento e quanto menor é a secção transversal do recipiente por onde escoa o fluído maior é a velocidade de escoamento.

Agora já sabe porque é que quando tenta fechar a saída da água de uma torneira com os dedos, a água espalha-se aumentando a sua velocidade? É isso mesmo. Isso deve-se ao facto de ao tentarmos fechar a saída da água diminuirmos a área da secção transversal da torneira, por isso a velociade aumenta.

Resumo da lição

Resumo

Nesta lição você aprendeu que:

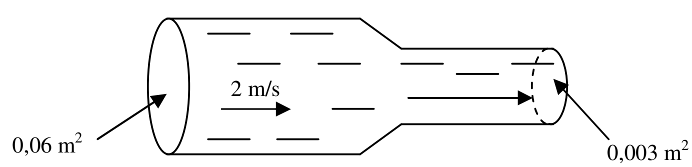
- Viscosidade é o atrito de um fluído com as paredes do recipiente em que este se escoa.
- Um fluído ideal é um líquido ou gás que não é viscoso e é imcompresível.
- O princípio de continuidade estabelece que durante o escoamento de um fluído ideal a vazão é constante. (Q = Constante).
- Como consequência deste princípio é válida a relação: $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$
- A área da secção transversa do recipiente no qual escoa o fluído é inversamente proporcional a velocidade de escoamento.

Agora vamos realizar conjuntamente as actividades que se seguem para que possa aprender como usar o conhecimento que acaba de adequirir.

Actividades

Actividades

A figura representa um fluído ideal que escoa num tubo que sofre um estrangulamento numa parte do seu percurso.



a) Em que parte do tubo a velocidade do fluído é maior? Porquê?

b) Calcule a velociade do fluído na parte mais estreita.

Resolução

a) A velocidade de escoamento do fluído é maior na parte estreita porque a área da secção transversa do recipiente no qual escoa um fluído é inversamente proporcional a velocidade de escoamento.

b) Para calcular a velociade do fluído na parte mais estreita temos que tirar os dados e aplicar a equação de continuidade. Assim,

Dados	Fórmula	Resolução
$A_1 = 0{,}06\ m^2$ $v_1 = 2\ m/s$ $A_2 = 0{,}003\ m^2$ $v_2 = ?$	$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$	$0{,}06 \cdot 2 = 0{,}003 \cdot v_2$ $v_2 = \frac{0{,}12}{0{,}003}$ $v_2 = 40 m/s$

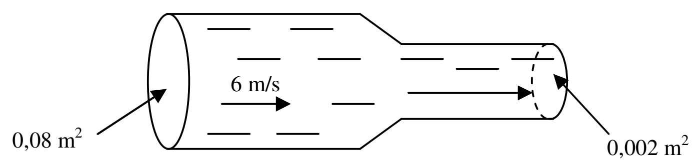
Resposta: A velociade do fluído na parte mais estreita é de 40m/s.

Avaliação

Avaliação

Agora resolva no seu caderno as actividades que lhe propomos para que possa avaliar o seu progresso.

A figura representa um fluído ideal que escoa num tubo que sofre um estrangulamento numa parte do seu percurso.



a) Em que parte do tubo a velocidade do fluído é menor? Porquê?

b) Calcule a velocidade do fluído na parte mais estreita.

Agora compare as suas soluções com as que lhe apresentamos no final do módulo. Sucessos!

Lição 3

Equação de Bernoulli

Introdução

Na lição anterior aprendemos que o escoamento de um fluído ideal ocorre sem mudança da vazão.

Nesta lição vamos aprender outro princípio fundamental da hidrodinâmica – o princípio de Bernoulli, pois é com base neste grande princípo que poderemos explicar porque é que os aviões voam facilitando a nossa comunicação com o mundo.

Ao concluir esta unidade você será capaz de:

Objectivos

- Aplicar a equação de Bernoulli na resolução de exercícios concretos.
- Aplicar a equação de Bernoulli na explicação do funcionamento de aparelhos da tecnologia.

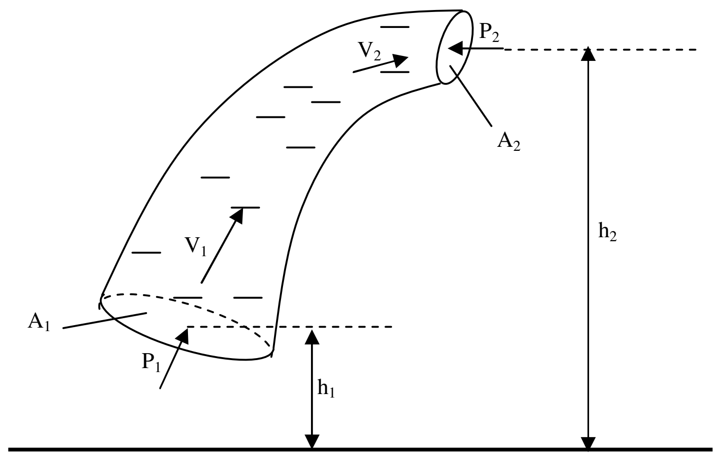
Princípio de Bernoulli

Sabe porque é o avião voa sem ter que bater asas como os pássaros?

Certamente que quando terminarmos esta lição poderá explicar o princípio de funcionamento destes engenhos da tecnologia.

Quando pretendemos bombear água para um ponto mais elevado, necessitamos de exercer uma determinada pressão para que a água se ponha em movimento adquirindo desta forma energia cinética que é a energia de movimento. Porém a medida que a água sobe ela adquire energia potencial que é a energia de posição. Por isso, estas três grandezas físicas serão o nosso ponto de partida para melhor percebermos o princípio de Bernoulli.

Na figura está representado um tubo no qual flui um líquido de baixo para cima.



Para elevar o líquido de uma altura "h_1" para outra "h_2" deve-se exercer uma pressão "P_1" e este adquire uma velocidade "v_1" e chega ao ponto mais elevado com uma velocidade "v_2". A pressão "P_2" pode ser vista como uma contra pressão em relação ao ponto de partida porque se opõe ao movimento do líquido.

Vamos de segui aplicar os conhecimentos que possuimos sobre as grandezas físicas pressão, energia cinética e energia potencial associadas a grandeza que caracteriza os fluídos, a densidade.

A pressão é a força por unidade de superfície. Por isso a expressão para o seu cálculo é: $P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P \cdot A$

Mas como o trabalho é definido pela relação: $W = F \cdot \Delta x$, então podemos substituir "F" por "P.A" e escrever: $W = P \cdot A \cdot \Delta x$

Porém o volume pode ser dado pela expressão: $V = A \cdot \Delta x$.

Isto significa que o trabalho já pode ser calculado pela expressão: $W = P \cdot V$

Finalmente podemos escrever que a pressão pode ser calculada pela expressão:

$$\boxed{P = \frac{W}{V}}$$

Com base na expressão conclui-se que o trabalho por unidade de volume ou trabalho específico é igual a pressão.

Olhemos agora para a energia cinética pode ser calculada pela expressão:

$$E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Mas a densidade pode ser determinada pela expressão:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V$$

Por isso a energia cinética pode ser determinada pela expressão:

$$E_C = \frac{1}{2} \rho \cdot V \cdot v^2$$

O que nos permite finalmente esvrever:

$$\boxed{\frac{E_C}{V} = \frac{1}{2} \rho \cdot v^2}$$

Com base nesta expressão podemos concluir que a energia cinética por unidade de volume ou energia cinética específica pode ser determinada pela equação: $\frac{1}{2} \rho \cdot v^2$

Finalmente podemos escever a expressão que nos permite calcular a energia potencial: $E_P = m \cdot g \cdot h$

Com base na equação da densidade sabemos que é vãlida a relação: $m = \rho \cdot V$

Assim a energia potencial pode ser deerminada pela expressão:
$E_P = \rho \cdot V \cdot g \cdot h$

E finalmente podemos excrever a relação:

$$\boxed{\frac{E_P}{V} = \rho \cdot g \cdot h}$$

Esta equação permite-nos afirmar que a energia potencial por unidade de volume ou energia potencial específica pode se determinada pela expresâo: $\rho \cdot g \cdot h$.

No Módulo 6 vimos que na ausência de forças dissipativas (a força de atrito), a energiaa mecânica de um sistema permanece constante – Lei de Conservação da Energia Mecânica.

Já sabe que na hidrodinâmica consideramos um fluído ideal aquele que não tem atrito com as paredes do recipiente no qual é escoado (náo tem atrito) e é imcompressível. Como vê, na hidrodnâmica também não consideramos a presença de forças dissipativas, por isso também é válida a Lei de Conservação da Energia Mecânica. Por isso podemos afirmar que, durante o escoamento de um líquido ideal, a soma do trabalho específico, da energia cinética específica e da energia potencial específica é constante. Este é o enunciado do princípio e Bernoulli. Como vê, o princípo de Bernoulli é consequência da Lei de Conservação da Energia Mecânica. Por isso podemos escrever:

$$\frac{W}{V}+\frac{E_C}{V}+\frac{E_P}{V}=\text{constante}$$

Por isso podemos escrever:

$$P+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gh=\text{constante}$$

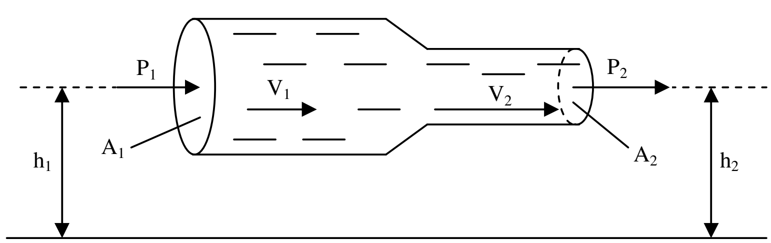
Isto significa que em qualquer pondo durante o escoamento de um fluído ideal a soma do trabalho específico, da energia cinética específica e da energia potencial específica não varia. Assim podemos finalmente escrever:

$$\boxed{P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2+\rho gh_1=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2+\rho gh_2}$$

Esta equação é consequência do princípio de Bernoulli, por isso é conhecida por equação de Bernoulli.

Vamos de seguida aprender a interpretar a equação de Bernoulli para que possamos usa-la para explicar fenómenos muito importantes.

Certamente que se recorda da figura que representa um fluído a ser escoado num tubo que sofre um estrangulamento.



Com base na equação de Bernoulli podemos escrever:

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2+\rho gh_1=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2+\rho gh_2$$

Trocando alguns alguns factores de membro e colocar os factores comuns em evidência podemos obter a equação:

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_2 - \rho g h_1$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right) + \rho g\left(h_2 - h_1\right)$$

Mas como as alturas são iguais "$h_1 = h_2$", então a diferença entre as alturas é nula "$h_1 - h_2 = 0$". Por isso o último termo da equação também é nulo. Por isso podemos escrever:

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right)$$

A diferença entre as pressões P_1 e P_2 pode ser substituída por "Δp".

Assim,

$$\boxed{\Delta P = \frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right)}$$

De acordo com a equação de continuidade sabemos que a velocidade na parte mais estreita é maior do que na parte mais larga "$v_2 > v_1$". Isso significa que a diferença entre os quadrados da velocidade é positiva $v_2^2 - v_1^2 \rangle 0$.

Então podemos escrever: $P_1 - P_2 \rangle 0$

E finalmente, passando "P_2" para o outro membro obtemos a relação:

$$\boxed{P_1 \rangle P_2}$$

Com base na últina relação podemos afirmar que na parte mais larga a pressão é maior. Resultado estranho não acha? Mas é verdadeiro, por isso é que esta cocnlusão é também designada por "paradoxo hidrodinâmico". Podemos resumir o paradoxo hidrodinâmico da seguinte forma:

Durante o escoamento de um fluído o diâmetro do recipiente é inversamente proporcional a velocidade e directamnete proporcional a pressão. Isto significa que:

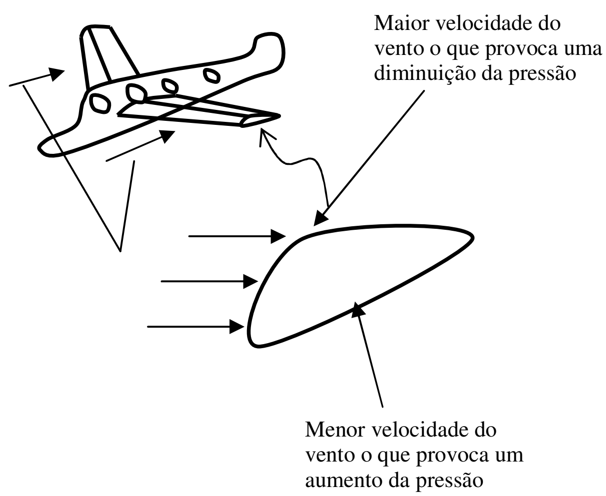
- quando o diâmetro aumenta a velocidade diminui mas a pressão aumenta.

- quando o diâmetro diminui a velocidade aumenta mas a pressão diminui.

Recorda-se ainda da pergunta que fizemos no início da lição sobre os aviões? Veja então proque é que os aviões voam sem necessitarem de bater asas.

Veja então a explicação.

A figura representa o corte da asa de um avião.



Como vê na figura, o vento bate na parte superior da asa e a parte inferior recebe pouco vento devido a ligeira inclinação da asa. Por isso, a velocidade do vento na parte superior da asa é maior do que na parte inferior. De acordo com a conclusão da equação de Bernoulli, maior velocidade significa menor pressão. Por isso a pressão na parte superior da asa diminui e na parte inferior aumenta, Como o ar desloca-se das altas para as baixas pressões, o ar da parte inferior empurra as asas do avião para cima e ele começa a subir.

Resumo da lição

Resumo

Nesta lição você aprendeu que:

- O Princípio de Bernoulli estabelece que durante o escoamento de um líquido ideal, a soma do trabalho específico, da energia cinética específica e da energia potencial específica é constante.

- Como consequência deste princípio é válida a relação:
$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

- Durante o escoamento de um fluído o diâmetro do recipiente é inversamente proporcional a velocidade e directamnete proporcional a pressão.

- A diferença entre as pressões entre dois pontos pode ser determinada pela expressão:

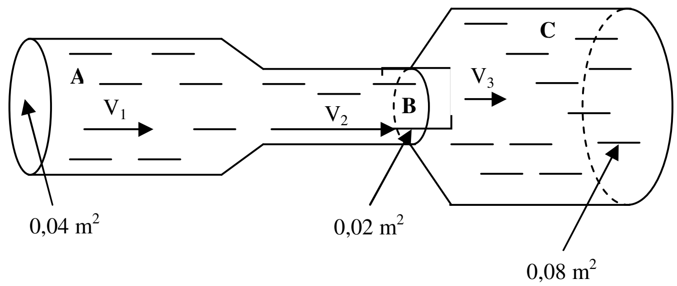
$$\Delta P = \frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right)$$

Agora vamos realizar conjuntamente as actividades que se seguem para que possa aprender como usar o conhecimento que acaba de adequirir.

Actividades

Actividades

A figura representa um líquido que se escoa num tubo que sofre dois estrangulamentos. A densidade do líquido é de 1000 kg/m^3 e a velocidade do líquido em “A” é de 8 m/s.



a) Em que ponto a velocidade é maior?

b) Em que ponto a pressão é maior?

c) Calcule a velocidade do líquido em B.

d) Calcule a diferença de pressão entre os pontos “A” e “B”.

Resolução

a) A velocidade é maior no ponto B, porque é a parte mais estreita do tubo.

b) A pressão é maior no ponto C, porque é aparte mais larga do tubo.

c) Para calcular a velocidade do líquido em B tiramos os dados dos pontos A e B e aplicamos a expressão da cutinuidade. Assim,

Dados	Fórmula	Resolução
$A_1 = 0{,}04\ m^2$ $v_1 = 8\ m/s$ $A_2 = 0{,}02\ m^2$ $v_2 = ?$	$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$	$0{,}04 \cdot 8 = 0{,}02 \cdot v_2$ $v_2 = \dfrac{0{,}32}{0{,}02}$ $v_2 = 16 m/s$

Resposta: A veloc iade do fluído em B é de 16m/s.

d) Para calcular a diferença de pressão entre os pontos “A” e “B temos que tirar os dados dos dois pontos e aplicar a equação de Bernoulli e como sabemos a densidade do líquido é de 1000 kg/m^3. Assim,

Dados	Fórmula	Resolução
$v_1 = 8$ m/s v_2 = 16 m/s ρ = 1000 kg/m^3 Δp = ?	$\Delta P = \frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right)$	$\Delta P = \frac{1}{2}.1000.\left(16^2 - 6^2\right)$ $\Delta P = 500.(220)$ $\Delta P = 110000$ $\Delta P = 1{,}1.10^5\ \text{Pa}$

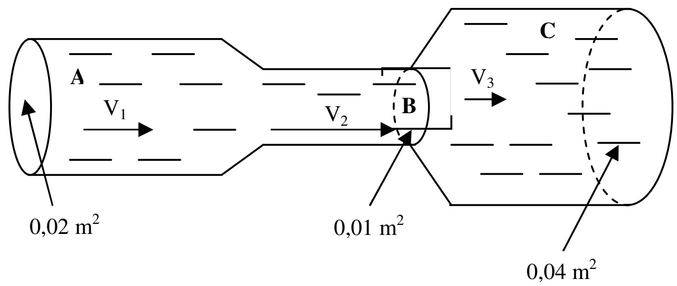
Resposta: A diferença de pressão entre os pontos “A” e “B é de 1,1.10^{5}Pa.

Avaliação

Avaliação

Agora resolva no seu caderno as actividades que lhe propomos para que possa avaliar o seu progresso.

A figura representa um líquido que se escoa num tubo que sofre dois estrangulamentos. A densidade do líquido é de 800 kg/m^3 e a velocidade do líquido em "A" é de 4 m/s.



a) Em que ponto a velocidade é maior?

b) Em que ponto a velocidade é menor?

c) Em que ponto a pressão é maior?

d) Em que ponto a pressão é menor?

e) Calcule a velocidade do líquido em B.

f) Calcule a velocidade do líquido em C.

g) Calcule a diferença de pressão entre os pontos "A" e "B".

Agora compare as suas soluções com as que lhe apresentamos no final do módulo. Sucessos!

Lição 4

Termodinâmica – Equação de Estado do Gás Perfeito

Introdução

A Termodinâmica é o capítulo da Física que se ocupa dos fenómenos térmicos relacionados com os gases que se encontram a uma temperatura muito acima do seu ponto de ebulição.

Nesta lição vamos dar início ao estudo da Termodinâmica aprendendo a relação entre as grandezas físicas que caracterizam o estado de um gás.

Ao concluir esta unidade você será capaz de:

Objectivos

- Aplicar a equação de estado do gás ideal na resolução de exercícios concretos.

Parâmetros de Estado

Para o estudo da Termodinàmica é importante conhecer as grandezas física que caracterizam o estado de um gás, e que são chamadas parâmetros de estado.

Os parâmetros de estado são a pressão, a temperatura, o volume e a energia interna.

Equação de Estado do Gás Perfeito ou Ideal

Considera-se um gás perfeito ou ideal, quando se podem desprezar a força de atracção entre as partículas que o constituem, que estas estejam muito separadas ums das outras e que o choque entre elas sejam completamente elásticos. Por isso, para que um gás seja considerado perfeito ou ideal, ele deve encontrar-se a uma temperatura muito superior ao seu ponto de ebulição.

Da sua experiência da dia a dia sabe que se taparmos uma panela com água em ebulição (a ferver) a tampa abre-se constantemente para libertar parte do vapor de água. Isto significa que o vapor exerce uma determinada força sobre a tampa. Porém esta força deve-se a pressão exercida pelo gás.

Outra experiência do seu dia a dia é o facto de ao enchermos de ar um balão este ficar duro devido ao aumento da pressão no seu interior mas ao mesmo tempo que o volume do balão aumenta.

Como pode ver, nos exemplos apresentados estão presentes três parâmetros de estado – a temperatura, a pressão e o volume. Por isso, o estado de um gás é sempre caracterizado por estas três grandezas físicas.

A equação de estado do gás perfeito ou ideal, estabelece relação entre estes três parãmetros. Por isso ela se expressa pela relação:

$$\boxed{p \cdot V = n \cdot R \cdot T}$$

Onde "p" é a pressão, "V" é o volume, "T" é a temperatura, "n" é o número de moles e "R" é a constante universal dos gases (R = 8,3 J/mol.K).

Quando um gás sofre transformações de um estado "1" para outro estado "2", mantendo constante o número de moles, podemos descrever os dois estados pelas equações:

$$p_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1 \Rightarrow n.R = \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1}$$

e

$$p_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2 \Rightarrow n.R = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Assim, podemos escrever a relação:

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

Resumo da lição

Resumo

Nesta lição você aprendeu que:

- Os parâmetros de estado são a pressão, a temperatura, o volume e a energia interna.
- A equação de estado do gás perfeito ou ideal, estabelec e relação entre estes três parãmetros.
- A expressão que estabelece esta relação é: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$
- Quando um gás sofre transformações de um estado "1" para outro estado "2", mantendo constante o número de moles, podemos descrever os dois estados pela relação:

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

Agora vamos realizar conjuntamente as actividades que se seguem para que possa aprender como usar o conhecimento que acaba de adequirir.

Actividades

Actividades

1. Qual é o volume ocupado por 2 moles de gás Ideal, sob pressão de 2.10^5 Pa, e temperatura de 300 K?

2. Um mol de gás Ideal, sob pressão de 2 atm, e temperatura de 27ºC, é aquecido até que a pressão e o volume dupliquem. Qual é o valor da temperature final do gás?

Resolução

1. Para resolver este exercício temos apenas que retirar os dados e aplicar a equação que traduz o estado de um gás perfeito ou ideal. Assim,

Dados	Fórmula	Resolução
n = 2 mol $p = 2.10^5 Pa$ T = 300 K R = 8,3 J/mol.K V = ?	$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$	$2.10^5 \cdot V = 2.8,3 \cdot 300$ $V = \frac{4980}{2.10^5}$ $V = 0,0249 m^3$

Resposta: O volume ocupado pelo gás é de 0,0249 m^3.

2. Para resolver este segundo exercício temos que tirar os dados e aplicar a equação que traduz a transformação de um gás pefeito de um estado para outro.

   Também deveremos ter em conta que se considerarmos o volume inicial $V_1 = V$, então o volume final $V_2 = 2V$, porque o volume duplicou.

   Da mesma forma a pressão inicial $p_1 = 2$ atm, a pressão final é $p_2 = 4$ atm, porque também duplica.

Dados	Fórmula	Resolução
$p_1 = 2$ atm $T_1 = 27^oC$ $p_2 = 4$ atm $V_1 = V$ $V_2 = 2V$ $T_2 = ?$	$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$	$\frac{2 \cdot V}{27} = \frac{4 \cdot 2.V}{T_2}$ $T_2 = \frac{216V}{2V}$ $T_2 = 108^o C$

Resposta: A valor da temperature final do gás é de 108^oC.

Avaliação

Avaliação

1. Qual é o volume ocupado por 3 moles de gás Ideal, sob pressão de $1{,}5.10^5$ Pa, e temperatura de 900 K?

2. Um mol de gás Ideal, sob pressão de 5 atm, e temperatura de 80ºC, é aquecido até que a pressão e o volume tripliquem. Qual é o valor da temperature final do gás?

Agora compare as suas soluções com as que lhe apresentamos no final do módulo. Sucessos!

Lição 5

Isoprocessos – Processo isotérmico

Introdução

Já conhecermos a expressão que relaciona as grandezas físicas que expressam o estado de um gás (pressão, volume e temperatura). Também sabemos como aplicar esta relação no estudo das transformações sofridas por um gás de um estado para outro com alteração de todos os parâmetros de estado em simultâneo. Porém, o seu estudo nessas condições é matematicamente complexo. Por isso, para um estudo mais simples das tranformações gasosas, convém manter um dos parâmetros fixo, e verificar a relação entre os outros dois parâmetros.

Nesta lição vamos estudar a relação de proporcionalidade entre a pressão e o volume quando se mantém a temperatura constante, ou seja o chamado processo isotérmico.

Ao concluir esta unidade você será capaz de:

Objectivos

- Aplicar a a relação de proporcionalidade entre a pressão e o volume num processo isotérmico na resolução de exercícios concretos.

Isoprocessos

Atrás referenciamos que o estudo matemático de uma transformação gasosa que ocorra com a variação simultânea da pressão, do volume e da temperatura é bastante complexa. Por isso para um estudo mais simples deve-se manter um dos parâmetros de estado constante.

Os isoprocessos são transformações gasosas que decorrem com um dos parâmetros de estado e o número de moles do gás constantes.

O isoprocesso pode decorrer com a temperatura, com a pressão ou com a temperatura constante.

Processo isotérmico – Equação

Um isoprocesso isotérmico é aquele que decorre com a temperatura do gás constante.

Por exemplo, do nosso dia a dia sabemos que se pisarmos um balão cheio de ar ele diminui de tamanho e pode rebentar. constante.

O facto de o balão diminuir o seu tamanho, significa que o seu volume diminuiu. Por outro lado, o balão pode rebentar porque a pressão do ar no seu interior aumenta.

Como vê, durante um processo irotérmico a pressão é inversamente proporcional ao seu volume.

Observe de seguida a equação de estado de estado do gás ideal e a transformação que foi feita, passando o volume "V" para o outro membro da equação:

$$pV = nRT \Rightarrow p = \frac{nRT}{V},$$

Assim podemos substituir o produto nRT = k, porque o número de moles "n", a constante "R" e a temperatura "T" são constantes. Assim obtemos a relação:

$$\Rightarrow p = \frac{k}{V}$$

Assim chegamos, novamente a conclusão que a pressão é inversamente proporcional ao volume ocupado pelo gás. A esta conclusão chegaram o Filósofo Irlandês Robert Boyle (1627 – 1691) e o cientista e padre Francês Edme Mariotte (1620 – 1684) e por isso é conhecida como – Lei de Boyle – Mariote.

Como consequência da Lei de Lei de Boyle – Mariote podemos estabelecer a relação:

$$\boxed{\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}}$$

Diagramas do processo isotérmico

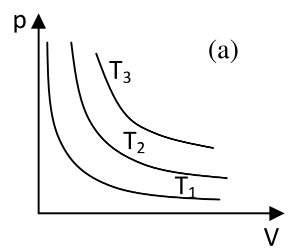
Da Matemática sabe que as relações de proporcionalidade entre duas grandezas pode ser representada através de um gráfico. Os diagramas dos isoprocessos são a representação gráfica da relação de proporcionalidade entre os parâmetros de estado.

Por exemplo, quando o gráfico representa a relação de proporcionalidade entre a pressão e o volume, o diagrama dá-se o nome de Diagrama – pV;

mas se representa a relação entre o volume e a temperatura cham-se Diagrama – VT, etc.

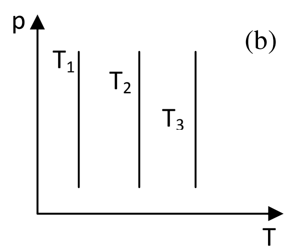
Diagrama – pV

Já sabemos que durante uma transformação isotérmica ou processo isotérmico a pressão é inversamente proporcional ao volume ocupado pelo gás. Por isso, o Diagrama – pV para um processo isotérmico é uma linha curva chamada Hipérbole, veja figura (a).



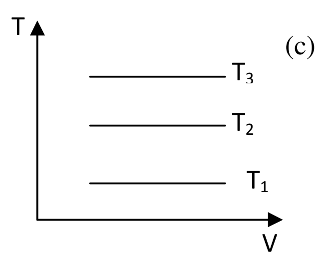
$T_1 < T_2 < T_3$

Por outro lado, o diagrama p –T , é uma linha recta paralela à pressão, veja a figura (b).



$T_1 < T_2 < T_3$

Enquanto que , o diagrama T –V , é uma linha recta paralela ao volume, veja a figura (c).



$T_1 < T_2 < T_3$

Resumo da lição

Resumo

Nesta lição você aprendeu que:

- Os isoprocessos são transformações gasosas que decorrem com um dos parâmetros de estado e o número de moles do gás constantes.

- O isoprocesso pode decorrer com a temperatura, com a pressão ou com a temperatura constante.

- Um isoprocesso isotérmico é aquele que decorre com a temperatura do gás constante. Por isso é válida a relação:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

- Diagrama – pV para um processo isotérmico é uma linha curva chamada Hipérbole.

- O diagrama p –T , é uma linha recta paralela à pressão.

- O diagrama T –V , é uma linha recta paralela ao volume

Agora vamos realizar conjuntamente as actividades que se seguem para que possa aprender como usar o conhecimento que acaba de adquirir.

Actividades

Actividades

Um cilindro contém 16,6 moles de um gás a uma pressão de $16{,}6.10^5$ Pa e a uma temperatura de 400 K.

a) Qual é o volume ocupado pelo gás?

b) gás expande-se a temperatura constante até uma pressão de $8{,}3.10^5$ Pa. Qual é o seu novo volume?

c) Represente esta transformção em um diagrama – PV.

<u>Resolução</u>

a) Para resolver esta alínea temos que retirar os dados e aplicar a equação de estado do gás perfeito ou ideal.

Dados	Fórmula	Resolução
n = 16,6 mol P = 16,6.105 Pa T = 400 K R = 8,3 J/mol.K V = ?	$pV = nRT$	$16{,}6.10^5.V = 8.8{,}3.400$ $V = \dfrac{8.8{,}3.400}{16{,}6.10^5}$ $\Rightarrow V = 1{,}6.10^{-2}\,m^3$

Resposta: O volume ocupado pelo gás é de $1{,}6.10^{-2}$ m^3.

b) Para resolver esta alínea temos que tirar os dados e aplicar a equação que é cosequência da Lei de Boyle – Mariote.

Dados	Fórmula	Resolução
$p_1 = 16{,}6.10^5$ Pa $p_2 = 8{,}3.\ 10^5$ Pa $V_1 = 1{,}6.10^{-2}$ m^3 V_2 = ?	$\dfrac{p_1}{p_2} = \dfrac{V_2}{V_1}$	$\dfrac{16{,}6\cdot 10^5}{8{,}3\cdot 10^5} = \dfrac{V_2}{1{,}6\cdot 10^{-2}}$ $V_2 = \dfrac{16{,}6\cdot 10^5\cdot 1{,}6\cdot 10^{-2}}{8{,}3\cdot 10^5}$ $V_2 = \dfrac{25{,}56\cdot 10^3}{8{,}3\cdot 10^5}$ $V_2 = 3{,}2\cdot 10^{-2}\,m^3$

Resposta: O novo volume ocupado pelo gás é de $3{,}2.10^{-2}$ m^3.

c) Para representar as tranforamções sofridas pelo gás num diagrama – pV, temos que registar os valores da pressão e do volume do estado do gás, de acordo com os cálculos apresentados anteriormente. Marcamos os pontos correspondentes e em seguida traçamos a linha que une os dois pontos. Deve-se, no entanto, ter em conta que numa tranformação isotérmica a linha que une dois pontos num diagrama – pV, é o ramo de uma hipérbole.

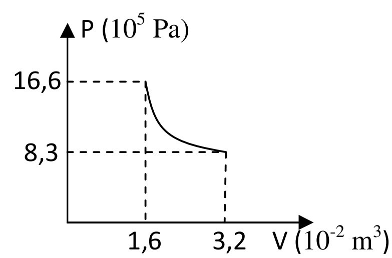
Dos cálculos anteriores temos:

$p_1 = 16{,}6.10^5$ Pa

$p_2 = 8{,}3.\ 10^5$ Pa

$V_1 = 1{,}6.10^{-2}$ m^3

$V_2 = 3{,}2.10^{-2}$ m^3



Avaliação

Avaliação

Agora resolva no seu caderno as actividades que lhe propomos para que possa avaliar o seu progresso.

Um cilindro contém 8,3 moles de um gás a uma pressão de $33{,}2.10^5$ Pa e a uma temperatura de 800 K.

a) Qual é o volume ocupado pelo gás?

b) gás expande-se a temperatura constante até uma pressão de $16{,}6.10^5$ Pa. Qual é o seu novo volume?

c) Represente esta transformção em um diagrama – PV.

Agora compare as suas soluções com as que lhe apresentamos no final do módulo. Sucessos!

Lição 6

Isoprocessos – Processo isovolumétrico

Introdução

Na lição anterior estudamos o isoprocesso em que o parâmetros e estado, Temperatura se mantém constante, ou seja, o processo isotérmico, bem como a relação de proporcionalidae existente entre a pressão e o volume.

Nesta lição vamos estudar a relação de proporcionalidade entre a pressão e a temperatura quando se mantém o volume constante, ou seja o chamado processo isovolumétrico ou isocórico.

Ao concluir esta unidade você será capaz de:

Objectivos

- Aplicar a a relação de proporcionalidade entre a pressão e a temperatura num processo isovolmétrico na resolução de exercícios concretos.

Processo isovolumétrico ou isocórico – Equação

Um isoprocesso isovolumétrico ou isocórico é aquele que decorre com o volume ocupado pelo gás constante.

Por exemplo, do nosso dia a dia sabemos que se colocarmos uma bola vazia ao sol, durante muito tempo, a bola acaba ficando cheia.

O facto da bola ficar cheia, não é porque entrou mais para dentro da mesma. Isto acontece porque, ao colocarmos a bola ao sol, o ar no seu interior aumenta a sua temperatura e expande-se. Porém como o volume da bola não aumenta, isto é , mantém-se o mesmo, ou constante, a pressão no seu interior aumenta.

Como vê, durante um processo isovolumétrico ou isovolumétrico a pressão é directamente proporcional à sua temperatura.

Isto significa que durante um processo isovolumétrico quando a pressão aumenta ou diminui duas, três, quatro vezes, a temperatura também aumenta ou diminui duas , três, quatro vezes, respectivamente.

Observe de seguida a equação de estado de estado do gás ideal e a transformação que foi feita, passando o volume "V" para o outro membro da equação:

$$pV = nRT \Rightarrow p = \frac{nR}{V} \cdot T,$$

Assim podemos substituir o quociente $\frac{nR}{V} = k$, porque o número de moles "n", a constante "R" e o volume "V" são constantes. Assim obtemos a relação:

$$\Rightarrow p = k \cdot T$$

Assim chegamos, novamente a conclusão que a pressão é directamente proporcional à temperatura do gás.

Esta lei foi primeiro publicada por Louis Joseph Gay-Lussac em 1802, mas fazia referencia ao trabalho de Jacques Charles, por volta de 1787. Por isso esta lei é conhecida como – Lei de Charles – Gay Lussac.

Como consequência da Lei de Charles – Gay Lussac podemos estabelecer a relação:

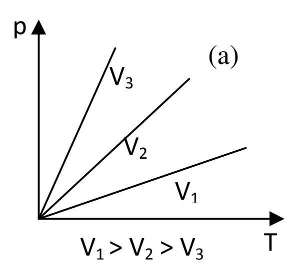
$$\boxed{\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}}$$

Diagramas do processo isovolumétrico

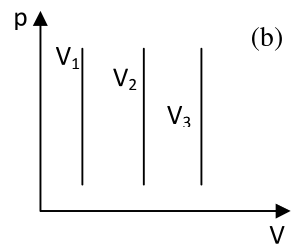
Em seguida vamos ver como representar graficamente uma transformação isovolumétrica num diagrama – pV, ou diagrama – VT, ou diagrama – pT .

Diagrama – pT

Já sabemos que durante uma transformação isovolumétrica ou processo isovolumétrico a pressão é directamente proporcional à temperatura a que se encontra o gás. Por isso, o Diagrama – pT para um processo isovolumétrico é uma linha recta crescente, veja figura (a).

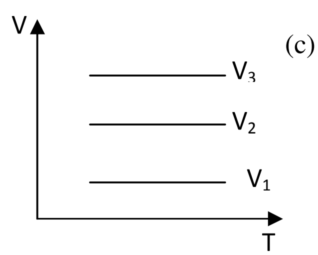


Por outro lado, o diagrama – pV , é uma linha recta paralela à pressão, veja a figura (b).



$V_1 < V_2 < V_3$

Enquanto que , o diagrama – VT, é uma linha recta paralela à temperatura, veja a figura (c).



$V_1 < V_2 < V_3$

Resumo da lição

Resumo

Nesta lição você aprendeu que:

- Um isoprocesso isovolumétrico ou isocórico é aquele que decorre com o volume ocupado pelo gás constante. Por isso é válida a relação:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

- O diagrama – pT, para um processo isotérmico é uma linha recta crescente.
- O diagrama – pV, é uma linha recta paralela à pressão.
- O diagrama – VT, é uma linha recta paralela à temperatura.

Agora vamos realizar conjuntamente as actividades que se seguem para que possa aprender como usar o conhecimento que acaba de adquirir.

Actividades

Actividades

Um cilindro de $8{,}3.10^{-4}$ m^3 contém 3,32 moles de um gás a uma pressão de $6{,}64.10^6$ Pa.

a) A que temperatura se encontra o referido gás?

b) O gás expande-se mantendo-se constante o volume do recipiente até uma pressão de $3{,}32.10^7$ Pa. Qual é a sua nova temperatura?

c) Represente esta transformção em um diagrama – pT.

<u>Resolução</u>

a) Para resolver esta alínea temos que retirar os dados e aplicar a equação de estado do gás perfeito ou ideal.

Dados	Fórmula	Resolução
$V = 8{,}3.10^{-4}\ m^3$ $n = 3{,}32$ mol $p = 6{,}64.10^6$ Pa $R = 8{,}3$ J/mol.K $T = ?$	$pV = nRT$	$6{,}64\cdot10^6\cdot8{,}3.10^{-4} = 3{,}$ $T = \frac{6{,}64\cdot10^6\cdot8{,}3.10^{-4}}{3{,}32\cdot8{,}3}$ $T = 200\,K$

Resposta: A temperatura do gás é de 200 K.

b) Para resolver esta alínea temos que tirar os dados e aplicar a equação que é cosequência da Lei de Charles – Gay Lussac.

Dados	Fórmula	Resolução
$p_1 = 6{,}64.10^6$ Pa $p_2 = 3{,}32.\ 10^7$ Pa $T_1 = 200$ K $T_2 = ?$	$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{6{,}64\cdot10^6}{3{,}32\cdot10^7} = \frac{200}{T_2}$ $T_2 = \frac{200\cdot3{,}32\cdot10^7}{6{,}64\cdot10^6}$ $T_2 = 1000\,K$

Resposta: A nova temperatura do gás é de 1000 K.

c) Para representar as tranforamções sofridas pelo gás num diagrama – pT, temos que registar os valores da pressão e da temperatura do estado do gás, de acordo com os cálculos apresentados anteriormente. Marcamos os pontos correspondentes e em seguida traçamos a linha que une os dois pontos. Deve-se, no entanto, ter em conta que numa tranformação isovolumétrica a linha que une dois pontos num diagrama – pT, é uma linha recta.

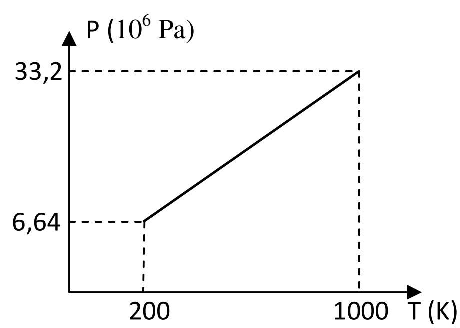
Dos cálculos anteriores temos:

$p_1 = 6{,}64.10^6$ Pa

$p_2 = 3{,}32.\ 10^7$ Pa

$T_1 = 200$ K

$T_2 = 1000$ K



Avaliação

Avaliação

Agora resolva no seu caderno as actividades que lhe propomos para que possa avaliar o seu progresso.

Um cilindro de $16{,}6.10^{-4}$ m^3 contém 6,64 moles de um gás a uma pressão de $3{,}32.10^6$ Pa.

a) A que temperatura se encontra o referido gás?

b) O gás expande-se mantendo-se constante o volume do recipiente até uma pressão de $6{,}64.10^7$ Pa. Qual é a sua nova temperatura?

c) Represente esta transformção em um diagrama – pT.

Agora compare as suas soluções com as que lhe apresentamos no final do módulo. Sucessos!

Lição 7

Isoprocessos – Processo isobárico

Introdução

Na lição anterior estudamos o isoprocesso em que o parâmetro e estado, volume se mantém constante, ou seja, o processo isovolumétrico, bem como a relação de proporcionalidae existente entre a pressão e a tempertatura.

Nesta lição vamos estudar a relação de proporcionalidade entre o volume e a temperatura quando se mantém a pressão do gás constante, ou seja o chamado processo isobárico.

Ao concluir esta unidade você será capaz de:

Objectivos

- Aplicar a a relação de proporcionalidade entre o volume e a temperatura num processo isobárico na resolução de exercícios concretos.

Processo isobárico – Equação

Um isoprocesso isobárico é aquele que decorre com a pressão exercida pelo gás constante.

Por exemplo, se aquecermos uma garrafa vazia aberta (cheia de ar), parte do ar que se encontra no seu interior sai da garrafa.

Este fenómeno deve-se ao facto de ao aquecermos o ar dentro da garrafa, a sua temperatura aumenta e o volume por ele também aumenta. Como a garrafa não aumenta de volume, o ar sai desta, porque a garrafa está aberta. Se a garrafa estivesse fechada a pressão do ar no seu interior iria aumentar. Mas como a garrafa está aberta, o ara sai e a pressão dentro da garrafa mantém-se a mesma.

Como vê, durante um processo isobárico o volume é directamente proporcional à sua temperatura.

Isto significa que durante um processo isobárico, quando o volume aumenta ou diminui duas, três, quatro vezes, a temperatura também aumenta ou diminui duas , três, quatro vezes, respectivamente.

Observe de seguida a equação de estado de estado do gás ideal e a transformação que foi feita, passando a pressão “p” para o outro membro da equação:

$$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nR}{p} \cdot T,$$

Assim podemos substituir o quociente $\frac{nR}{p} = k$, porque o número de moles “n”, a constante “R” e a pressão “p” são constantes. Assim obtemos a relação:

$$\Rightarrow V = k \cdot T$$

Assim chegamos, novamente a conclusão que o volume é directamente proporcional à temperatura do gás.

Esta lei é também conhecida como – Lei Charles – Gay Lussac.

Como consequência da Lei de Charles – Gay Lussac podemos estabelecer a relação:

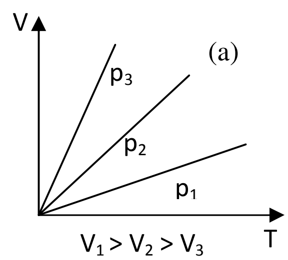
$$\boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}}$$

Diagramas do processo isobárico

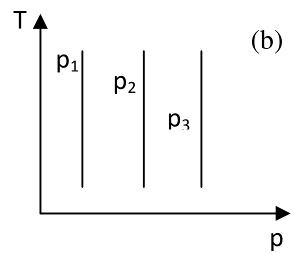
Em seguida vamos ver como representar graficamente uma transformação isobárica num diagrama – VT, ou diagrama – Tp, ou diagrama – pV .

Diagrama – VT

Já sabemos que durante uma transformação isobárica ou processo isobárico, o volume é directamente proporcional à temperatura a que se encontra o gás. Por isso, o Diagrama – VT para um processo isobárico é uma linha recta crescente, veja figura (a).

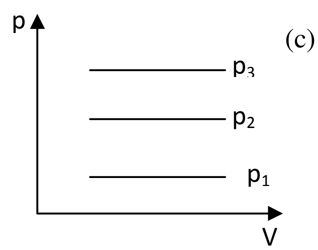


Por outro lado, o diagrama – Tp , é uma linha recta paralela à temperatura, veja a figura (b).



$p_1 < p_2 < p_3$

Enquanto que , o diagrama – pV, é uma linha recta paralela à temperatura, veja a figura (c).



$p_1 < p_2 < p_3$

Resumo da lição

Resumo

Nesta lição você aprendeu que:

- Um isoprocesso isobárico é aquele que decorre com a pressão exercida pelo gás é constante. Por isso é válida a relação:

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

- Diagrama – VT para um processo isobárico é uma linha recta crescente.

- O diagrama – Tp , é uma linha recta paralela à temperatura.

- O diagrama – pV, é uma linha recta paralela à temperatura.

Agora vamos realizar conjuntamente as actividades que se seguem para que possa aprender como usar o conhecimento que acaba de adquirir.

Actividades

Actividades

Um cilindro de $8{,}3.10^{-2}$ m^3 contém 10,0 moles de um gás a uma temperatura de 600 K.

a) Calcule a pressão exercida pelo gás sobre as paredes do cilindro.

b) O gás expande-se mantendo-se constante a pressão até uma temperatura de 1200 K. Qual é o novo volume ocupado pelo gás?

c) Represente esta transformção em um diagrama – VT.

Resolução

a) Para resolver esta alínea temos que retirar os dados e aplicar a equação de estado do gás perfeito ou ideal.

Dados	Fórmula	Resolução
$V = 8{,}3.10^{-2}\ m^3$ $n = 10{,}0$ mol $T = 600$ K $R = 8{,}3$ J/mol.K $p = ?$	$pV = nRT$	$p \cdot 8{,}3 \cdot 10^{-2} = 10 \cdot 8{,}3 \cdot 6$ $p = \frac{10 \cdot 8{,}3 \cdot 600}{8{,}3 \cdot 10^{-2}}$ $p = 6.10^{5}$ Pa

Resposta: A pressão do gás é de 6.10^5 Pa.

b) Para resolver esta alínea temos que tirar os dados e aplicar a equação que é consequência da Lei de Charles – Gay Lussac.

Dados	Fórmula	Resolução
$T_1 = 600$ K $T_2 = 1200$ K $V_1 = 8{,}3.10^{-2}\ m^3$ $V_2 = ?$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{8{,}3 \cdot 10^{-2}}{V_2} = \frac{600}{1200}$ $V_2 = \frac{1200 \cdot 8{,}3 \cdot 10^{-2}}{600}$ $V_2 = 16{,}6 \cdot 10^{-2}\ m^3$

Resposta: O novo volume ocupado pelo gás é de $16{,}3.10^{-2}$ m^3.

c) Para representar as tranforamções sofridas pelo gás num diagrama – VT, temos que registar os valores do volume e da temperatura do estado do gás, de acordo com os cálculos apresentados anteriormente. Marcamos os pontos correspondentes e em seguida traçamos a linha que une os dois pontos. Deve-se, no entanto, ter em conta que numa tranformação isobárica a linha que une dois pontos num diagrama – VT, é uma linha recta.

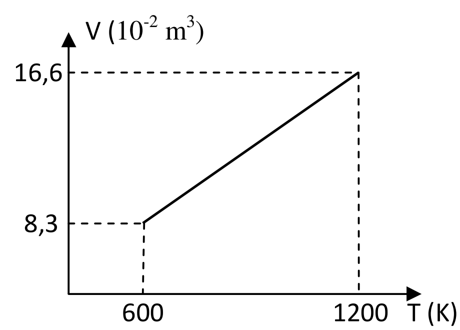
Dos cálculos anteriores temos:

$T_1 = 600$ K

$T_2 = 1200$ K

$V_1 = 8,3.10^{-2}$ m^3

$V_2 = 16,6.10^{-2}$ m^3



Avaliação

Avaliação

Agora resolva no seu caderno as actividades que lhe propomos para que possa avaliar o seu progresso.

Um cilindro de $1{,}66.10^{-3}$ m^3 contém 8,0 moles de um gás a uma temperatura de 400 K.

a) Calcule a pressão exercida pelo gás sobre as paredes do cilindro.

b) O gás expande-se mantendo-se constante a pressão até uma temperatura de 1600 K. Qual é o novo volume ocupado pelo gás?

c) Represente esta transformção em um diagrama – VT.

Agora compare as suas soluções com as que lhe apresentamos no final do módulo. Sucessos!

Lição 8

Leis da Termodinâmica

Introdução

A Termodinâmica é a área da física que estuda a transformação de energia térmica em energia mecânica ou vice-versa. Um facto muito importante a ser abordado nesse capítulo da Física, é o que está ligado ao trabalho de uma força, bem como a temperatura, volume e energia interna de um gás perfeito.

Nesta lição iremos estudar as leis em que se assentam a termodinâmica.

Ao concluir esta unidade você será capaz de:

Objectivos

- Aplicar as Leis da Termodinâmica na explicação de fenómenos naturais.
- Aplicar as Leis da Termodinâmica na explicação do princípio de funcionamento das máquinas térmicas.

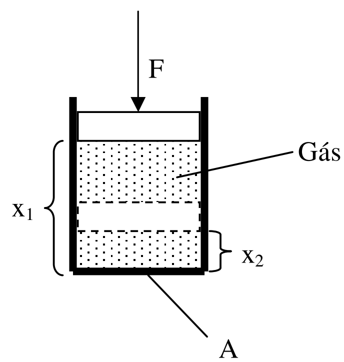
Termodinâmica

A **Termodinâmica** (do grego θερμη, *therme*, significa "calor" e δυναμις, *dynamis,* significa "potência") é o ramo da Física que estuda os efeitos da mudança em temperatura, pressão e volume em sistemas físicos na escala macroscópica. Grosso modo, calor significa "energia" em trânsito, e dinâmica se relaciona com "movimento". Por isso, em essência, a Termodinâmica estuda o movimento da energia e como a energia cria movimento. Historicamente, a Termodinâmica se desenvolveu pela necessidade de aumentar a eficiência das primeiras máquinas a vapor.

A breve história da termodinâmica começa com Guericke, que em 1650 projectou e construiu a primeira bomba de vácuo do mundo, e o primeiro vácuo artificial do mundo, através das hemisférios de Magdeburgo. Ele foi incentivado pela busca em provar a invalidade da antiga percepção de que "a natureza tem horror ao vácuo" e de que não poderia haver vazio ou vácuo, "pois no vácuo todos os corpos cairiam com a mesma velocidade" tal como descreveu em ambos os casos Aristóteles.

Trabalho Termodinâmico

No estudo da termodinâmica temos que, para um determinado gás, podemos calcular o trabalho da força exercida por ele. Para isso, vamos imaginar um vaso com um êmbolo móvel na parte superior (uma seringa, por exemplo), de forma que este possa se mover sempre que necessário, conforme a figura a seguir:



Quando aplicamos uma força F sobre o embolo esta pode ser expressa pela equação F = P . A, onde P é a pressão exercida sobre a área de contacto (A). Sobre o trabalho de uma força, sabemos que ele é descrito pelo produto entre a força e a variação do espaço promovida pelo mesmo, logo temos que,

$$W = F \cdot \Delta x$$
$$\Rightarrow W = P \cdot A \cdot \Delta x$$

Porém temos que

$$A \cdot \Delta x = \Delta V$$

Portanto:

$$\boxed{W = P \cdot \Delta V}$$

Processos

Sempre que uma ou mais propriedades de um sistema varia, diz-se que ocorreu uma mudança de estado. O caminho através de sucessivos estados pelo qual passa o sistema é definido como processo. Um processo de quase - equilíbrio (quase - estático) é aquele em que o desvio do equilíbrio termodinâmico é infinitesimal, e todos os estados pelo qual o sistema passa pode ser considerado como estados de equilíbrio. Muitos processos reais podem ser aproximados com precisão pelo processo de quase - equilíbrio.

Princípios da Termodinâmica

De acordo com o princípio da Conservação da Energia, a energia não pode ser criada nem destruída, mas somente transformada de uma espécie em outra. O primeiro princípio da Termodinâmica estabelece uma equivalência entre o trabalho e o calor trocados entre um sistema e seu meio exterior.

Consideremos um sistema recebendo uma certa quantidade de calor Q. Parte desse calor foi utilizado para realizar um trabalho W e o restante provocou um aumento na sua energia interna U.

A expressão

$$\boxed{Q = \Delta U + W}$$

representa analiticamente o primeiro princípio da termodinâmica cujo enunciado pode ser:

A variação da energia interna de um sistema é igual à diferença entre o calor e o trabalho trocados pelo sistema com o meio exterior.

Aproximando para um gás com apenas movimentos de translação (isso é, monoatómico), a variação de energia interna também pode ser representada pela fórmula

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR \left(T_f - T_i \right)$$

onde n é o número de moles do gás, R é a constante dos gases, T_f, a temperatura final e T_i a temperatura inicial do gás.

Para a aplicação do primeiro princípio de Termodinâmica devem-se respeitar as seguintes convenções:

Q > 0: calor recebido pelo sistema.

Q < 0: calor cedido pelo sistema.

W > 0: volume do sistema aumenta; o sistema realiza trabalho.

W < 0: volume do sistema diminui; o sistema recebe trabalho.

$\Delta U > 0$: temperatura do sistema aumenta.

$\Delta U < 0$: temperatura do sistema diminui.

Uma forma fácil de saber o sinal sem ter que decorar essa tabela é usar as fórmulas. Por exemplo, na fórmula do trabalho

$W = p(V_2 - V_1)$, se $V_2 > V_1$, o sinal do trabalho será positivo.

Logo, quando o gás realiza trabalho sobre o meio (expansão), o sinal é positivo (volume aumenta). Podemos dizer que a energia interna do sistema é uma função de estado pois ela depende unicamente da temperatura do sistema. Se não há variação de temperatura a variação da energia interna é nula.

$$T_2 - T_1 = 0 \Rightarrow U_2 - U_1 = 0$$

Aplicação da Lei da Termodinâmica aos isoprocessos

Transformação isotérmica

Como a temperatura do sistema se mantém constante, a variação da energia interna é nula.

Transformação isovolumétrica

Como o volume do sistema se mantém constante, não há realização de trabalho.

Todo o calor trocado com o meio externo é transformado em variação da energia interna.

Se o sistema recebe calor:

$Q > 0 \Rightarrow U > 0$: temperatura aumenta se o sistema recebe calor.

$Q < 0 \Rightarrow U < 0$: temperatura diminui se o sistema cede calor.

Transformação isobárica

Numa transformação onde a pressão permanece constante, a temperatura e o volume são inversamente proporcionais, ou seja, quando a temperatura aumenta o volume diminui, pois ao expandir um gás necessita receber calor do meio para manter sua temperatura.

$U > 0 \Rightarrow$ temperatura aumenta.

$T < 0 \Rightarrow$ volume diminui.

Parte do calor que o sistema troca com o meio externo está relacionado com o trabalho realizado e o restante com a variação da energia interna do sistema.

Enunciado Geral das Leis da Termodinâmica

A *Lei Zero da Termodinâmica* determina que, quando dois corpos têm igualdade de temperatura com um terceiro corpo, eles têm igualdade de *temperatura* entre si. Esta lei é a base para a medição de temperatura.

A *Primeira Lei da Termodinâmica* fornece o aspecto quantitativo de processos de conversão de energia. É o princípio da conservação da energia e da conservação da massa, agora familiar: "A energia do Universo é constante"

A *Segunda Lei da Termodinâmica* determina o aspecto qualitativo de processos em sistemas físicos, isto é, os processos ocorrem numa certa direcção mas não podem ocorrer na direcção oposta. Enunciada por *Clausius* da seguinte maneira: "A *entropia do Universo* tende a um máximo".

Resumo da lição

Resumo

Nesta lição você aprendeu que:

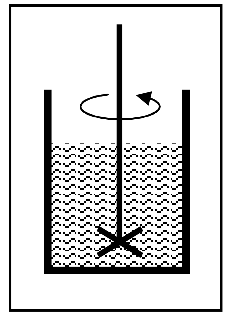
- O Trabalho termodinâmico pode ser determinado pela expressão: $W = P \cdot \Delta V$.
- A primeira lei da Termodinâmica estabelece que, a variação da energia interna de um sistema é igual à diferença entre o calor e o trabalho trocados pelo sistema com o meio exterior.
- A primeira lei da Termodinâmica pode ser expressa pela equação: $Q = \Delta U + W$.
- Para a aplicação do primeiro princípio de Termodinâmica devem-se respeitar as seguintes convenções:
  - $Q > 0$: calor recebido pelo sistema.
  - $Q < 0$: calor cedido pelo sistema.
  - $W > 0$: volume do sistema aumenta; o sistema realiza trabalho.
  - $W < 0$: volume do sistema diminui; o sistema recebe trabalho.
  - $\Delta U > 0$: temperatura do sistema aumenta.
  - $\Delta U < 0$: temperatura do sistema diminui.

Agora vamos realizar conjuntamente as actividades que se seguem para que possa aprender como usar o conhecimento que acaba de adquirir.

Avaliação

Avaliação

1. Observa-se, ao girar um misturador no interior de um líquido contido em um recipiente isolado termicamente das vizinhanças, que a sua temperatura aumenta.



Afirmamos que:

I - A energia interna do líquido aumenta.

II - Ao girar o misturador no sentido contrário, a sua temperatura diminui.

III - Ao girar o misturador em qualquer sentido, o calor do líquido aumenta.

Assinale a alternativa correta:

A. apenas II e III são verdadeiras

B. apenas I e III são verdadeiras

C. apenas I é verdadeira

D. todas são verdadeiras

E. apenas I e II são verdadeiras

2. Um recipiente de volume V contém um gás perfeito. Fornece-se ao gás uma certa quantidade de calor, sem variar o volume. Nestas condições:

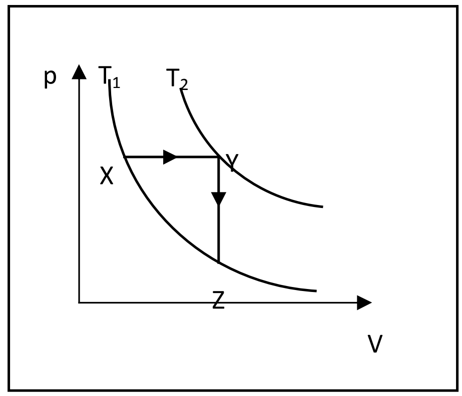
A. a quantidade de calor recebida pelo gás servirá apenas para aumentar a energia interna dele.

B. gás realizará trabalho e a energia interna dele permanecerá constante.

C. gás realizará trabalho e a energia interna dele diminuirá.

D. gás realizará trabalho equivalente à quantidade de calor recebida.

3. Considere as afirmativas abaixo, relacionadas às transformações de um gás ideal mostradas na figura:



I - Na transformação XZ, o sistema realiza trabalho e recebe calor.

II - As transformações XZ e YZ têm a mesma variação de energia interna..

III - Na transformação YZ, o trabalho é nulo e o sistema cede calor à vizinhança.

A. Entre as alternativas seguintes, a opção correcta é:

B. apenas I e III são verdadeiras

C. apenas II e III são verdadeiras

D. todas são verdadeiras

E. apenas I e II são verdadeiras

F. todas são falsas

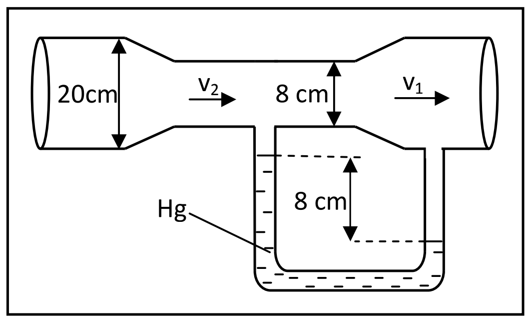
Agora compare as suas soluções com as que lhe apresentamos no final do módulo. Sucessos!

Teste de Preparação de Final de Módulo 5

1. A figura representa o chamado tubo de Venturi. De acordo com as condições da figura (ρHg=13600 kg/m3; g = 10 m/s2) determine:

a) A diferença de pressão entre os pontos “1” e “2”.

b) A velocidade do fluído nos dois pontos sabendo que a densidade do mesmo é de 1000 kg/m3.



2. Um cilindro contém 16,6 moles de um gás a uma pressão de 16,6.105 Pa e a uma temperatura de 400 K.

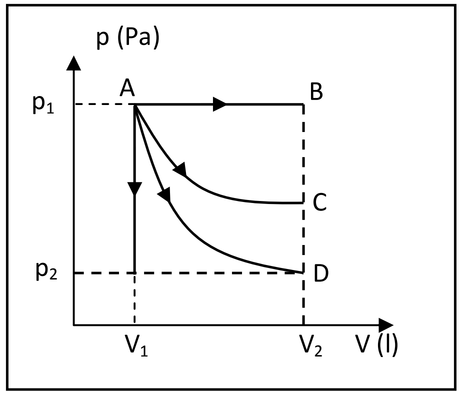
a) Qual é o volume ocupado pelo gás?

b) gás expande-se a temperatura constante até uma pressão de 8,3. 105 Pa. Qual é o seu novo volume?

c) gás é arrefecido a pressão constante até que ocupe o seu volume inicial. Qual é a sua temperatura final?

d) Finalmente o gás é aquecido com volume constante até que atinja a sua pressão inicial. Represente as transformações sofridas pelo gás num único diagrama P-V.

3. Um gás é submetido às seguintes transformações mostradas no diagrama. Assinale a alternativa correcta.



a) A expansão isobárica AB o gás cede calor (Q<0)

b) Na expansão isotérmica AC não existe troca de calor (Q=0)

c) Na expansão AD o gás não realiza trabalho (W=0)

d) No esfriamento isométrico AE o gás recebe calor. (Q>0)

e) No esfriamento AE do gás, o trabalho realizado é nulo.

4. Um folheto explicativo sobre uma máquina térmica afirma que ela, ao receber 1000 cal de uma fonte quente, realiza 4186 J de trabalho. Sabendo que 1 cal equivale a 4,186 J e com base nos dados fornecidos, pode-se afirmar que esta máquina:

a) viola a 1a. Lei da termodinâmica.

b) possui um rendimento nulo.

c) viola a 2a. Lei da termodinâmica.

d) possui um rendimento de 10%.

e) funciona de acordo com o ciclo de Carnot.

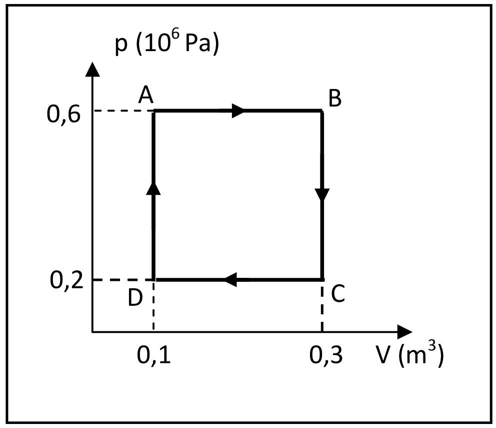
5. Um inventor afirma que construiu uma máquina que extrai Q1 = 25x106 cal de uma fonte à temperatura de 600K e que rejeita Q2 = 10x106 cal para uma fonte à temperatura de 300K.

a) Determine o rendimento dessa máquina com base nos valores de Q1 e Q2.

b) Determine o rendimento dessa máquina com base no princípio de Carnot (2a. lei da termodinâmica).

c) Explique se é viável investir na construção dessa máquina.

6. Uma certa massa de um gás ideal sofre as transformações representadas na figura abaixo, sendo a temperatura, em A, igual a 300K. Dado R=8,31 J/mol K.



a) Qual é o número de moles contidos nessa massa gasosa?

b) Calcule a temperatura correspondente ao ponto B.

c) Como se denomina a transformação correspondente à passagem de B a C?

d) Calcule o trabalho total realizado contra o meio externo?

e) Na transformação C a D, a energia interna aumenta ou diminui? Por quê?

Soluções Módulo 5

Lição 1

1.

a) $Q = \frac{V}{t} \Rightarrow Q = \frac{6}{1.036.80} = 9.64 \cdot 10^{-7} m^3 / s$

b) $Q = \frac{V}{t} \Rightarrow Q = \frac{6000}{1.036.80} = 9.64 \cdot 10^{-4} 1/s$

c) $Q = \frac{V}{t} \Rightarrow Q = \frac{6000}{720} = 8.33\ 1/\min$

2. $Q = A \cdot v \Rightarrow Q = 0.04 \cdot 4 = 0.16 m/s$

3.

a)

$$Q = \frac{V}{t} \Rightarrow V = Q \cdot t$$
$$\Rightarrow V = 10000 \cdot 1200 = 1.2 \cdot 10^7 1/s$$

b)

$$Q = A \cdot v \Rightarrow v = \frac{Q}{A}$$
$$\Rightarrow v = \frac{1.2 \cdot 10^7}{20000} = 600 m/s$$

Lição 2

a) Na parte mais larga.

b)

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \Rightarrow 0.08 \cdot 6 = 0.02 \cdot v_2$$
$$\Rightarrow v_2 = \frac{0.48}{0.02} = 240 m/s$$

Lição 3

a) B

b) C

c) C

d) B

e)

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \Rightarrow 0.02 \cdot 4 = 0.01 \cdot v_2$$
$$\Rightarrow v_2 = \frac{0.08}{0.01} = 8 m/s$$

f)

$$A_1 \cdot v_1 = A_3 \cdot v_3 \Rightarrow 0.02 \cdot 4 = 0.04 \cdot v_2$$
$$\Rightarrow v_2 = \frac{0.08}{0.04} = 2 m/s$$

g)

$$\Delta p = \frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right) \Rightarrow \Delta p = \frac{1}{2} \cdot 800 \cdot \left(8^2 - 4^2\right)$$
$$\Rightarrow \Delta p = 400 \cdot 48 = 19200 Pa$$

Lição 4

1.

$$p \cdot V = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p}$$

$$\Rightarrow V = \frac{3 \cdot 8.3 \cdot 900}{1.5 \cdot 10^5} = 0.15\,m^3$$

2.

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

$$\Rightarrow \frac{p_1 \cdot V_1}{80} = \frac{3 \cdot p_1 \cdot 3 \cdot V_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = 480°C$$

Lição 5

a)

$$p \cdot V = nRT \Rightarrow V_1 = \frac{nRT_1}{p_1}$$

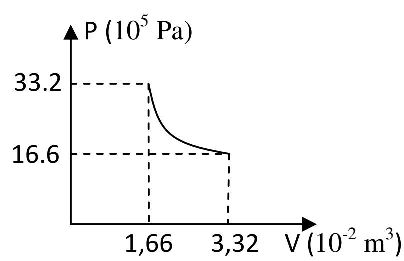
$$\Rightarrow V_1 = \frac{8.3 \cdot 8.3 \cdot 800}{33.2 \cdot 10^5} = 1.66 \cdot 10^{-2}\,m^3$$

b)

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{33.2 \cdot 10^5 \cdot 1.66 \cdot 10^{-2}}{16.6 \cdot 10^5} = 3.32 \cdot 10^{-2}\,m^3$$

c)



Lição 6

a)

$$p \cdot V = nRT \Rightarrow T_1 = \frac{p_1 \cdot V_1}{nR}$$

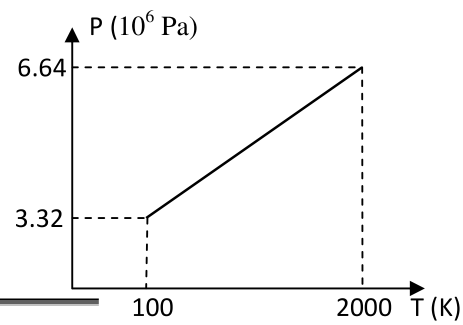
$$\Rightarrow T_1 = \frac{3.32 \cdot 10^6 \cdot 16.6 \cdot 10^{-4}}{6.64 \cdot 8.3} = 100\,K$$

b)

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{100 \cdot 6.64 \cdot 10^7}{3.32 \cdot 10^6} = 2000\,K$$

c)



Lição 7

a)

$$p \cdot V = nRT \Rightarrow P_1 = \frac{nRT_1}{V_1}$$

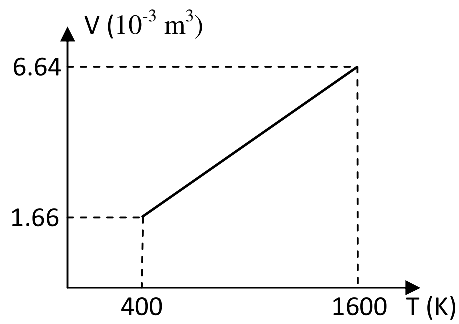
$$\Rightarrow P_1 = \frac{8 \cdot 8.3 \cdot 400}{1.66 \cdot 10^{-3}} = 1.6 \cdot 10^7\,Pa$$

b)

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

$$\Rightarrow V_2 = \frac{1.66 \cdot 10^{-3} \cdot 1600}{400} = 6.64 \cdot 10^{-3}\,m^3$$

c)



Lição 8

1. B
2. A
3. B

Soluções do Teste de Preparação de Final de Módulo

1.

a) A diferença de pressão é igual ao desnível da altura da coluna de mercúrio.

$$\Delta p = \rho.g.h \Rightarrow \Delta p = 13600.10.0,08 \Rightarrow \Delta p = 10880\,Pa$$

b) Neste caso temos que resolver um sistema de duas equações:

$$\Rightarrow \begin{cases} A_1.v_1 = A_2.v_2 \\ p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \pi.0,05^2.v_1 = \pi.0,04^2.v_2 \\ 10880 = \frac{1}{2}.1000.\left(v_2^2 - v_1^2\right) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_2 = 1,6v_1 \\ - \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_2 = 1,6v_1 \\ 10880 = \frac{1}{2}.1000.\left(1,6^2.v_1^2 - v_1^2\right) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_2 = 1,6v_1 \\ v_1 = 3,7\,m/s \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_2 = 6\,m/s \\ v_1 = 3,7\,m/s \end{cases}$$

2.

A.

$$pV = nRT \Rightarrow 16,6.10^5.V = 8.8,3.400 \Rightarrow V = 1,6.10^{-2}\,m^3$$

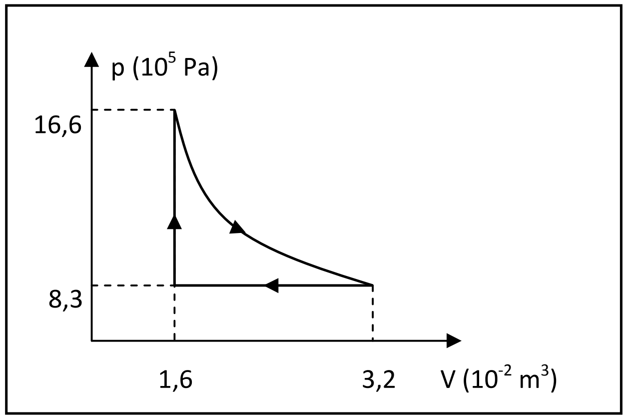
B.

$$\frac{16,6.10^5}{8,3.10^5} = \frac{V_2}{1,6.10^{-2}} \Rightarrow V_2 = 3,2.10^{-2}\,m^3$$

C.

$$\frac{3,2.10^{-2}}{1,6.10^{-2}} = \frac{400}{T_2} \Rightarrow T_2 = 200\,K$$

D.



PERGUNTA			
3	**4**	**5**	**6**
e	c	a) 60% b) 50% c) Não, pois o rendimento mencionado é maior do que o máximo	a) 24,1mol b) isométrica c) 8 x 10^4J d) decresce. V decresce, e por isso T e U também.