

Aula 06

Propagação de calor, teoria cinética dos gases, primeira lei da termodinâmica, máquinas térmicas e ciclo de Carnot.

Prof. Vinícius Fulconi

Sumário

Apresentação	4
1- Introdução	6
2 – Propagação de calor	6
2.1 – Introdução.....	6
2.2- Condução	6
2.2.1 LEI DE FOURIER	7
2.3- Convecção.....	10
2.4- Radiação	12
3- Gases	13
3.1- Gases Ideais	13
3.2 – Variáveis de Estado dos Gases	13
3.2.1 – Temperatura	13
3.2.2 – Pressão.....	13
3.2 – Transformações gasosas	14
3.2.1 – Transformação Isobárica (Lei de Gay-Lussac)	14
3.2.2 – Transformação isocórica (Lei de Charles).....	15
3.2.3 – Transformação isotérmica (Lei de Boyle).....	17
3.2.4 – Transformação geral de gases	18
3.3- Equação de Clapeyron.....	19
3.3.1 – Mistura de Gases	19
3.4 – Teoria Cinética dos Gases	22
3.4.1 – Velocidade quadrática média	22
3.4.2 – Pressão do gás sobre as paredes internas do recipiente.....	23
3.4.3 – Um outro olhar sobre a velocidade quadrática média	25
3.4.4 – Energia Interna (U).....	26
3.4.5 – Energia cinética de translação média por molécula	29
4- Termodinâmica	30
4.1- Conceitos Básicos	30
4.1.1- Energia Interna	30
4.1.2- Calor	31
4.1.3- Trabalho (τ)	31



4.2 – Primeira Lei da Termodinâmica	32
4.3- Transformações Termodinâmicas.....	33
4.3.1- Transformação Isotérmica	33
4.3.2 – Transformação Isocórica.....	33
4.3.3 – Transformação Isobárica	33
4.3.4 – Transformação adiabática	34
4.4- Análise Gráfica das transformações	36
4.4.1- Transformações Abertas:	36
4.4.2- Transformações cíclicas:.....	39
4.5- Máquinas Térmicas	42
4.6- Segunda Lei da Termodinâmica	43
4.6.1- Segunda Lei da Termodinâmica	43
4.6.2- Enunciado de Kelvin-Planck para a 2ª Lei da Termodinâmica.....	44
4.7- Máquina de Carnot.....	44
Lista de Questões	47
Gabarito.....	72
Lista de Questões Resolvidas e Comentadas.....	72
Considerações Finais.....	118
Referências	119



Apresentação

Querido aluno(a), seja bem-vindo(a) à nossa primeira aula!

Sou o professor **Vinícius Fulconi**, tenho vinte e quatro anos e estou cursando Engenharia Aeroespacial no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Irei contar um pouco sobre minha trajetória pessoal, passando pelo mundo dos vestibulares com minhas principais aprovações, até fazer parte da equipe de física do Estratégia Vestibulares.

No ensino médio, eu me comportava como um aluno mediano. No final do segundo ano do ensino médio, um professor me desafiou com a seguinte declaração: *Você **nunca vai passar no ITA!*** Essa fala do professor poderia ter sido internalizada como algo desestimulador e, assim como muitos, eu poderia ter me apegado apenas ao que negritei anteriormente. Muitos desistiriam! Entretanto, eu preferi negritar e gravar “**Você vai passar no ITA!**”

Querido aluno(a), a primeira lição que desejo te mostrar não é nenhum conteúdo de física. Quero que transforme seu sonho em vontade de vencer. Transforme seus medos e incapacidades em desafios a serem vencidos. Haverá muitos que duvidarão de você. O mais importante é você acreditar! **Nós do Estratégia Militares acreditamos no seu potencial** e ajudaremos você a realizar seu sonho!



Após alguns anos estudando para o ITA, usando muitos livros estrangeiros, estudando sem planejamento e frequentando diversos cursinhos do segmento, realizei meu sonho e entrei em umas das melhores faculdades de engenharia do mundo. 😊 Além de passar no ITA, ao longo da minha preparação, fui aprovado no IME, UNICAMP, Medicina (pelo ENEM) e fui medalhista na Olimpíada Brasileira de Física.

Minha resiliência e grande experiência em física, que obtive estudando por diversas plataformas e livros, fez com que eu me tornasse professor de física do Estratégia Vestibulares. Tenho muito orgulho em fazer parte da família Estratégia e hoje, se você está lendo esse texto, também já é parte dela. Como professor, irei te guiar por toda física, alertando sobre os erros que cometi na minha preparação, mostrando os pontos em que obtive êxito e, assim, conseguirei

identificar quais são seus pontos fortes e fracos, maximizando seu rendimento e te guiando até à faculdade dos seus sonhos.

Você deve estar se perguntando: **O que é necessário para começar esse curso?**



ALERTA!

Esse curso exige do candidato apenas **dedicação, perseverança e vontade de vencer.**

Vamos começar? 😊

1- Introdução

Nessa aula daremos continuidade ao estudo da Termologia mas com o foco voltado aos **gases** e suas **dinâmicas**. Dessa forma, nosso intuito será mergulhar nos conceitos da **Termodinâmica**.

Primeiramente, como já vimos conceitos básicos necessários na aula 05, iremos agora aprender sobre os **tipos de propagação de calor**: condução, convecção e radiação. Logo em seguida, nos aprofundaremos no estudo dos **gases ideais** e suas **transformações**, culminando na **teoria cinética dos gases** e na **primeira Lei da Termodinâmica**. Por fim, veremos sobre as **máquinas térmicas** e o **ciclo de Carnot**.

A primeira vista parece um estudo muito teórico, porém há novamente diversas aplicações cotidianas interessantes sobre os assuntos que iremos abordar.

Vamos começar? 😊

2 – Propagação de calor

2.1 – Introdução

Como visto na aula anterior, a energia térmica movimenta-se do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, mas de que forma isso é feito? Veremos isso nos tópicos a seguir:

2.2- Condução

Imagine a seguinte situação: você, na sua pausa de estudos, decide tomar uma xícara de café. Dessa forma, pega uma xícara de metal, que está na temperatura ambiente, despeja seu café recém feito nela e a esquece por alguns minutos. Ao retornar sua atenção para a xícara, você tenta manuseá-la mas ela está tão quente que até mesmo a alça é impossível de ser tocada. Ali está o fenômeno da condução. Isso porque, o café quente através do meio material da xícara transmitiu sua temperatura para a alça do objeto. Desse contexto intuitivo temos a definição formal de condução:

Condução – É a propagação de calor por vibração de partícula a partícula através de um meio material.

Assim, a energia térmica é propagada pela vibração das partículas as quais, uma a uma, vão transmitindo seus estados de vibração para a vizinhança. No entanto, não há deslocamento do

material, suas moléculas apenas se agitam em suas posições de equilíbrio. Portanto, no nosso exemplo, a vibração das partículas da xícara em contato com o café quente culminam nas partículas da alça do objeto, tornando quase impossível seu manuseio.

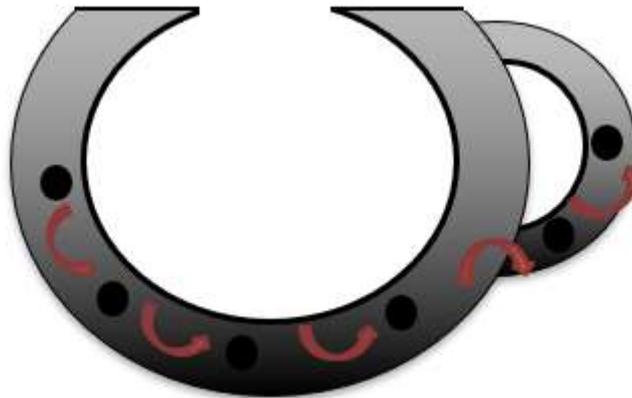


Figura 1: Xícara



O processo de indução só é transmitido através de um meio material, sendo assim impossível de se estabelecer no vácuo.

2.2.1 LEI DE FOURIER

Vamos fazer agora uma análise quantitativa da condução térmica. Para isso, vamos considerar uma barra de secção transversal uniforme A e comprimento L . Em cada uma das pontas dessa barra fixamos fontes térmicas cujas temperaturas T_1 e T_2 são fixas ($T_2 > T_1$).

No início, a temperatura de cada ponto da barra será distinta até que se atinja o **estado estacionário ou regime permanente** no qual cada secção da barra tem temperatura constante, ainda que distinta das demais secções. Nesse período o fluxo de calor em qualquer ponto do objeto é constante e dado por:

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

Onde Q é o calor que percorre uma seção da barra em determinado Δt de tempo, por isso a unidade do fluxo é dada usualmente por: $\frac{cal}{s}$.

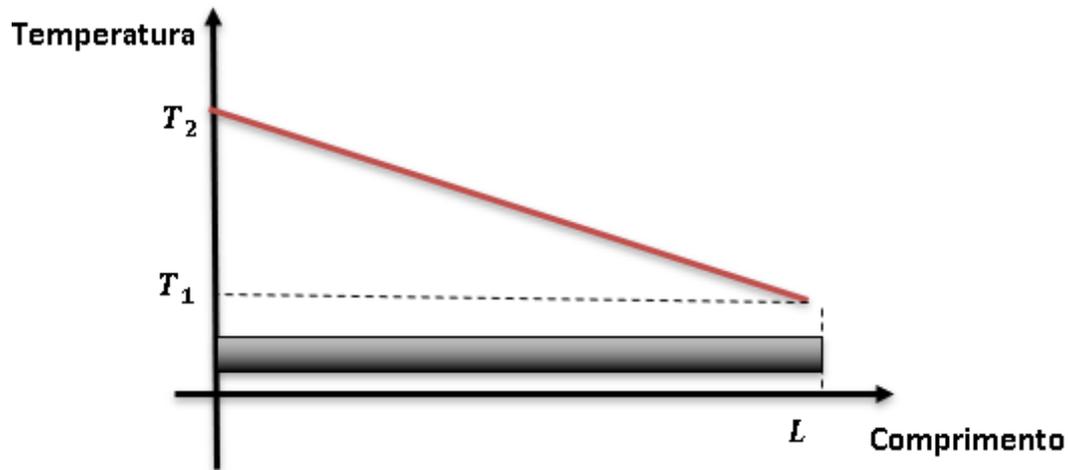


Figura 2: Temperatura da barra.

Dessa forma, no regime permanente, o fluxo de condução depende da área de secção do objeto (A), do comprimento dele (L), da diferença de temperatura entre suas pontas ΔT ($\Delta T = T_2 - T_1$) e também do material do qual é feita a barra. Quantitativamente com esses parâmetros calculamos o fluxo através da **Lei de Fourier** que é dada por:

$$\phi = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L}$$



Material	Coeficiente de condutibilidade térmica em $\frac{\text{cal}}{\text{s} \cdot \text{cm} \cdot ^\circ\text{C}}$
Aço	$1,2 \cdot 10^{-1}$
Cobre	$9,2 \cdot 10^{-1}$
Alumínio	$4,9 \cdot 10^{-1}$
Ar	$5,8 \cdot 10^{-5}$
Madeira	$3 \cdot 10^{-4}$
Vidro	$2 \cdot 10^{-3}$

Onde **k** é o **coeficiente de condutibilidade térmica** que está associado ao material de que é feito o objeto. Dessa forma, materiais que são bons condutores, como os metais, têm altos valores de **k**. No entanto, materiais que são isolantes térmicos tem baixos valores do coeficiente de condutibilidade térmica. Alguns valores dessa constante estão listados na tabela abaixo:

Exemplo 1: Uma barra de cobre de secção transversal constante de $2,5 \text{ cm}^2$ tem em uma de suas pontas um balde de gelo fundente e na outra ponta tem contato com um recipiente com água gasosa na temperatura de 120°C . Se o comprimento total da barra é de 50cm:

a) Qual o fluxo de calor nesse objeto? Dado que $k_{\text{Cu}} = 9,2 \cdot 10^{-1} \frac{\text{cal}}{\text{s} \cdot \text{cm} \cdot ^\circ\text{C}}$

b) Qual a temperatura em uma secção da barra distante de 30cm da fonte fria?

Comentários:

a) Sabendo que o fluxo pode ser calculado por:

$$\phi = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L}$$

$$\phi = \frac{9,2 \cdot 10^{-1} \cdot 2,5 \cdot (120 - 0)}{50} = 5,52 \text{ cal/s}$$

b) Sabendo-se que o fluxo é constante por toda a barra, temos:

$$\phi = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L}$$

$$5,52 = \frac{9,2 \cdot 10^{-1} \cdot 2,5 \cdot (x - 0)}{30}$$

$$x = 72^\circ\text{C}$$



2.3- Convecção

Nesse tópico iremos analisar a convecção que consiste em uma propagação térmica muito comum em nosso cotidiano. Por exemplo, porque será que aparelhos de ar condicionado são instalados na parte superior de ambientes e aparelhos aquecedores são alocados na parte inferior?

Essas instalações assim são feitas pois, no caso do ar condicionado por exemplo, ar frio é liberado na parte superior do local e, como o ar frio é mais denso que o ar quente, ele desce e o ar quente que ocupava a parte inferior do recinto sobe, gerando um ciclo contínuo até que a temperatura desejada seja atingida. Se o aparelho liberasse ar frio na parte de baixo do ambiente em nada seria útil pois a diminuição da temperatura não alcançaria todo o espaço, dado que o ar frio se acomodaria na parte inferior devido à sua densidade. Analogamente ocorre o mesmo com os aquecedores. Nesse contexto, as trocas espaciais das massas de ar recaem na definição de convecção:

Convecção – É a propagação de energia térmica em fluídos através de correntes de deslocamento de matéria.

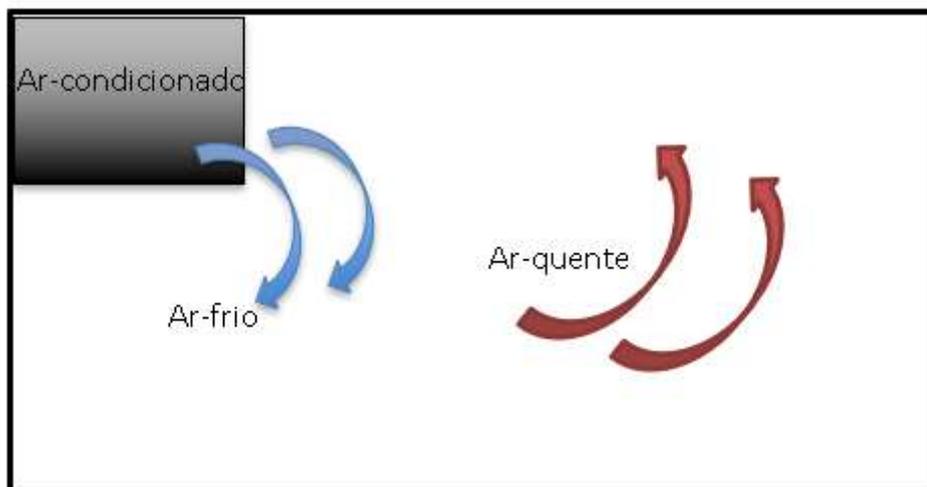


Figura 3: Ar-condicionado em uma sala.



Assim como a condução, a condução só ocorre em meios materiais, especificamente em fluídos, não sendo observada no vácuo também!

Além dos ambientes fechados, a convecção também ocorre em locais abertos. Na praia por exemplo, correntes de convecção sopram vento do mar para a areia no período diurno e em sentido oposto, da areia para o mar, no período noturno. Isso advém do fato de que a areia, com calor específico menor do que o da água, aquece e resfria mais rapidamente que o mar. Dessa forma, de dia, a areia aquecida pelo sol tem sobre si um ar quente que se eleva, devido a menor densidade, e o ar frio que pairava sobre a água se transfere para o continente. Contrariamente, a noite, a água por estar mais aquecida que a areia tem sobre si um ar mais quente (e menos denso) que se eleva e a brisa marítima fria provinda da areia se direciona para o oceano.

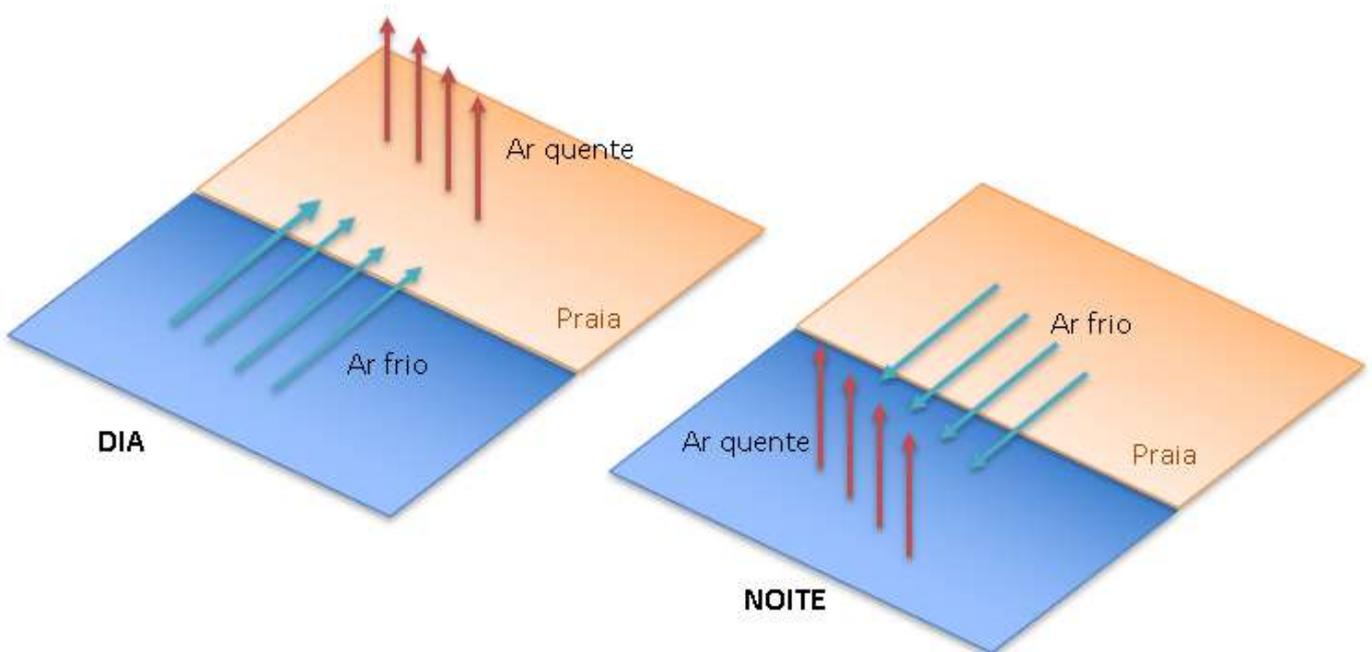


Figura 4: Brisas marítimas



Agora **EXERCITE!** Faça uma explicação, com base no que foi visto nesse tópico, sobre como é o funcionamento de uma geladeira. Porque o refrigerador fica instalado na parte de cima do aparelho? Porque as prateleiras majoritariamente são vazadas?

Bom exercício!! 😊

2.4- Radiação

A vida na Terra só é possível devido a temperatura média agradável ao seres que nela habitam. Dessa forma, o Sol provê o calor necessário para tal sobrevivência. No entanto, é sabido que a separação entre Sol e Terra é preenchida pelo vácuo. Dessa forma, sem meio material, como a propagação de calor entre os dois é feita?

Radiação – É a transferência de energia por meio de ondas eletromagnéticas.

Dessa forma, mesmo não havendo meio material, por ser uma transferência de energia por ondas eletromagnéticas, ondas que se propagam no vácuo, há a concretização da passagem de energia. Tais ondas quando absorvidas, portanto, transformam-se em energia térmica.

Um outro exemplo cotidiano desse tipo de propagação de calor está em **garrafas térmicas**. Muitos desses utensílios têm paredes duplas espelhadas e feitas de vidro. Isso porque, entre as duas paredes faz-se algo próximo ao vácuo para que não se troque energia térmica por condução, sendo esse o mesmo motivo da escolha do vidro como material da garrafa. Concomitantemente, a escolha do espelhamento interno das paredes é para que o calor da radiante seja refletido e, portanto, se reduzam as perdas por radiação.

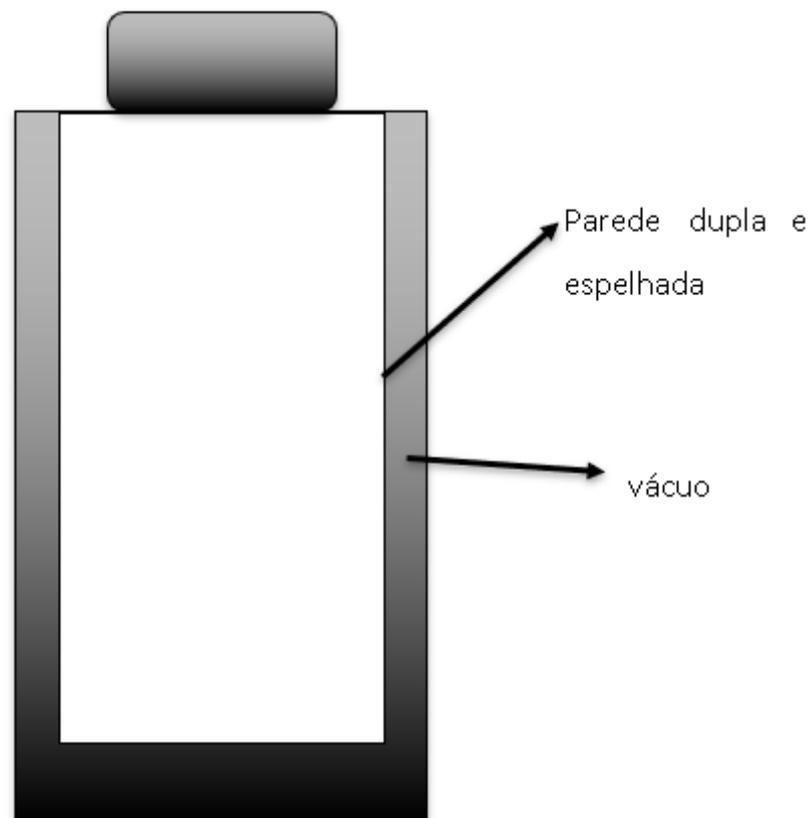


Figura 5: Garrafa térmica

3- Gases

3.1- Gases Ideais

Nesse tópico estudaremos os gases e suas transformações, no entanto, a análise de gases reais é inviável para escopo desse curso. Dessa forma, focaremos no entendimento dos **Gás Ideal**, que é um modelo teórico que se aproxima, em certas condições, dos gases do nosso cotidiano.

Quanto menor a **pressão** e maior a **temperatura** de um gás real, mais ele tende a se aproximar da idealidade.



3.2 – Variáveis de Estado dos Gases

3.2.1 – Temperatura

A temperatura é a variável de estado física que está diretamente ligada com a energia cinética de translação do gás. Usaremos sempre a temperatura na escala absoluta Kelvin.



$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273$$

3.2.2 – Pressão

A pressão é uma grandeza escalar definida pela razão entre a magnitude da força resultante exercida perpendicularmente sobre uma superfície e a área dessa superfície. A pressão de um gás está relacionada com a força total que as partículas exercem nas paredes do recipiente e se mantém praticamente constante caso não sejam alteradas as outras condições do gás.

Lembrando que:

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm} &\cong 10^5 \text{ Pa} \\ 1 \text{ Pa} &= 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

3.2.3 – Volume

Os gases, por sua mobilidade, ocupam a forma e o volume do recipiente em que estão inseridos.



Lembrando que:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ l} &= 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3 \\
 1 \text{ cm}^3 &= 1 \text{ ml} \\
 1 \text{ m}^3 &= 10^3 \text{ l}
 \end{aligned}$$

3.2 – Transformações gasosas

3.2.1 – Transformação Isobárica (Lei de Gay-Lussac)

A transformação isobárica ou Lei de Gay-Lussac é aquela na qual, mantida a **pressão** do gás **constante**, o volume tem uma variação diretamente proporcional à temperatura. Ou seja, dado um gás com T_i e V_i respectivamente temperatura e volume iniciais, ao sofrer uma transformação isobárica, essa amostra apresenta T_f e V_f como temperatura e volume finais. Relacionando essas variáveis temos:

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

Dessa proporcionalidade, portanto, podemos traçar o gráfico de volume em função da temperatura, que é dado por uma reta:

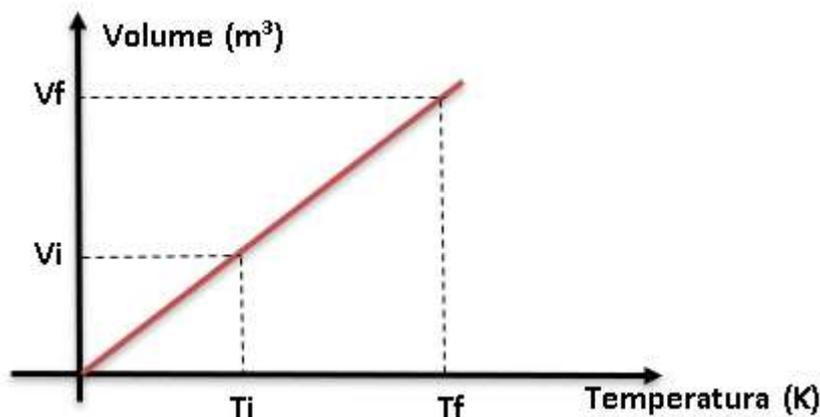


Figura 6: Gráfico de V por T.

Para três amostras idênticas do mesmo gás, mas com pressões distintas, a comparação de seus gráficos em transformações isobáricas é dada por:

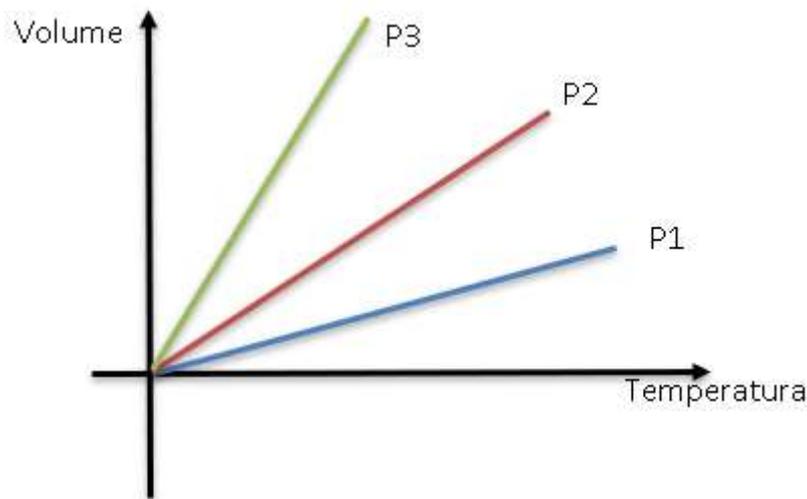


Figura 7: Gráfico de V por T.



Quanto maior a inclinação da reta, menor a pressão.
Logo: $P_1 > P_2 > P_3$

3.2.2 – Transformação isocórica (Lei de Charles)

A transformação isocórica ou também chamada de **isovolumétrica** ou **Lei de Charles** é aquela na qual mantemos o **volume constante** e então a pressão varia diretamente com a temperatura. Assim sendo, em um gás com inicialmente pressão e temperatura iguais a P_i e T_i respectivamente, faz-se uma transformação isovolumétrica resultando em P_f e T_f . Relacionando essas variáveis temos:

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}$$

Dessa proporcionalidade, portanto, podemos traçar o gráfico de pressão em função da temperatura, que é dado por uma reta:

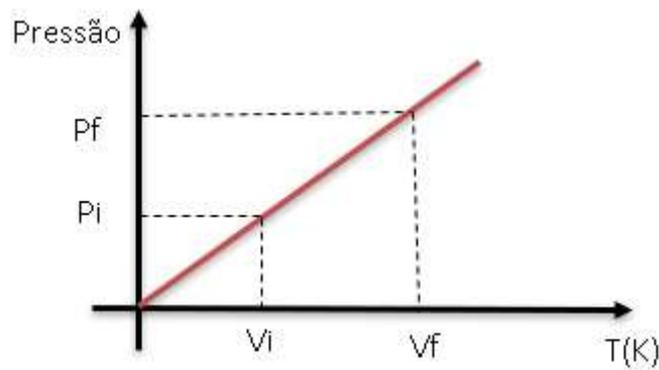


Figura 8: Diagrama de P por T.

Para três amostras idênticas do mesmo gás, mas com volumes distintos, a comparação de seus gráficos em transformações isobáricas é dada por:

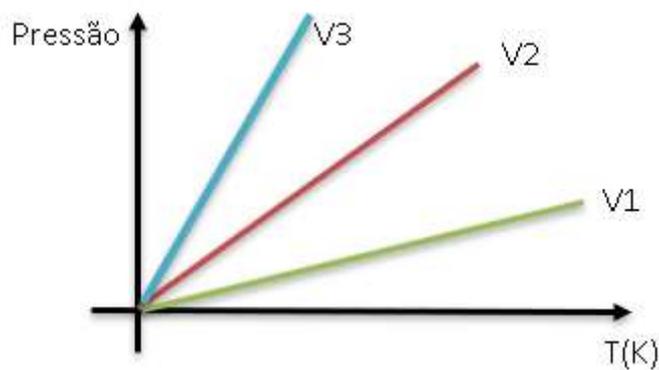


Figura 9: Pressão versus temperatura.



FIQUE ATENTO!

Quanto maior a inclinação da reta, menor a pressão.
Logo: $V_1 > V_2 > V_3$

3.2.3 – Transformação isotérmica (Lei de Boyle)

A transformação isotérmica ou **Lei de Boyle** é aquela na qual, mantida a **temperatura constante**, a pressão do gás varia de forma inversamente proporcional ao volume. Ou seja, em um gás que a priori tem uma pressão P_i e um volume V_i , ao sofrer uma transformação a temperatura constante e adquirir uma pressão P_f e um volume V_f , tem tais dados relacionados da seguinte forma:

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f$$

Dessa proporcionalidade, portanto, podemos traçar o gráfico de pressão em função do volume, que é dado por um ramo de hipérbole:

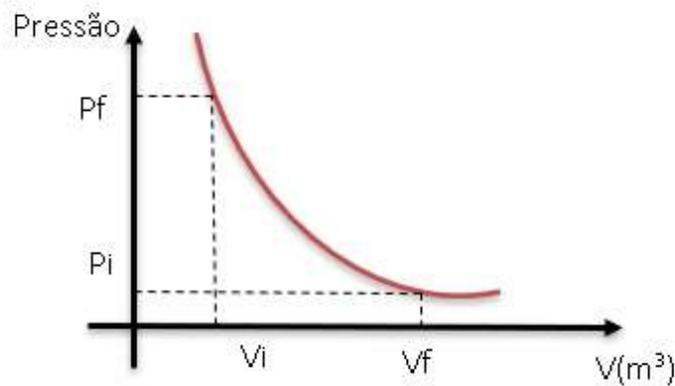
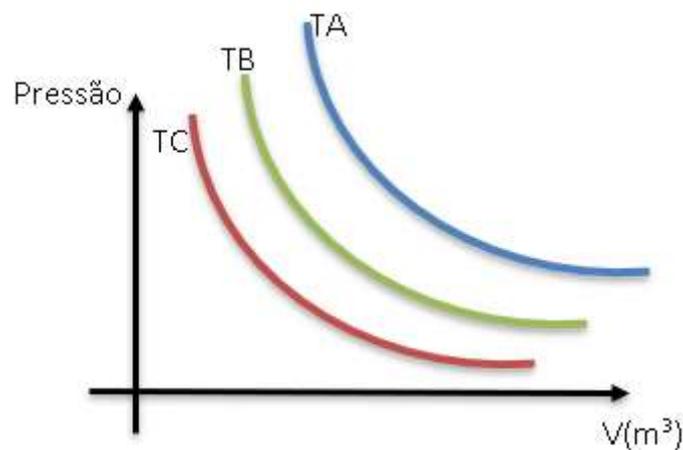


Figura 10: Ramo de hipérbole.

Dadas diferentes temperaturas:



ESCLARECENDO!



Nesse caso, quanto mais longe da origem estiver o ramo de hipérbole, maior a temperatura.

$$\text{Logo: } T_A > T_B > T_C$$

3.2.4 – Transformação geral de gases

É válido ressaltar que para todas as transformações até agora vistas o número de mols de gases não pode variar, caso isso ocorrer a transformação é descaracterizada e, portanto, todas as fórmulas e raciocínios apresentados se tornam inválidos. Nesse sentido, assimilando as três transformações já discutidas podemos analisar uma equação mais genérica na qual qualquer um dos três parâmetros pode variar, inclusive os três concomitantemente. Essa equação é dada por:

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



Exemplo 2: Um gás, confinado em um recipiente de 2L possui, em um momento inicial, uma pressão de 1,5atm. Esse fluido então sofre uma expansão isotérmica e seu recipiente agora totaliza 6L. Qual é sua pressão final em:

- a) Atm?
- b) Pa aproximadamente?

Comentários:

- a) Sabemos que em transformações isotérmicas, é válido que:

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f$$

$$1,5 \cdot 2 = P_f \cdot 6$$

$$P_f = 2 \text{ atm}$$

- b) Para converter atm em Pa temos:

$$1 \text{ atm} = 10^5$$



$$2 \text{ atm} = y$$

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

3.3- Equação de Clapeyron

Em encontro com as transformações já estudadas no tópico anterior, a equação que conecta as variáveis de estado do gás perfeito foi estabelecida pelo físico francês Benoît Clapeyron (1799–1864) e é dada por:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Na qual: **P** = pressão, **V** = volume, **n** = número de mols de gás, **T** = temperatura e **R** = constante universal dos gases perfeitos.



A constante universal dos gases (R) é dependente das unidades utilizadas nas variáveis de estado do gás e, portanto, deve ser ajustada de acordo.

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 8,31 \frac{\text{joules}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 2 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

3.3.1 – Mistura de Gases

Até agora aprendemos como lidar com transformações gasosas nas quais não há variação no número de mols de gás do recipiente. No entanto, há exercícios em que há a mistura física de gases, implicando em uma mudança no número de mols do fluído. Nesses casos a resolução deve ter como base a seguinte manipulação algébrica:

Sabemos que: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$, então: $n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$ (Eq. 1)

Em uma mistura de gases, o número total de mols ao final é a soma do número de mols adicionados, portanto:

$$n_t = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_n \text{ (Eq. 2)}$$



Onde n é a quantidade de gases em condições distintas que foram adicionados. Dessa forma, com a equação 1 aplicada na equação 2 temos:

$$\frac{P_t \cdot V_t}{R \cdot T_t} = \frac{P_1 \cdot V_1}{R \cdot T_1} + \frac{P_2 \cdot V_2}{R \cdot T_2} + \frac{P_3 \cdot V_3}{R \cdot T_3} + \dots + \frac{P_n \cdot V_n}{R \cdot T_n}$$

Portanto, simplificando:

$$\frac{P_t \cdot V_t}{R \cdot T_t} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i \cdot V_i}{R \cdot T_i}$$

Exemplo 3: Um gás X que está confinado em um recipiente A de volume 21L possui pressão igual a 3atm e temperatura igual a 210K . Um outro recipiente B de 8,2L possui em seu interior 2 mols do mesmo gás X a 27°C.

a)Qual a pressão do gás no recipiente B?

b)Se misturarmos o conteúdo dos recipientes A e B em um frasco C com capacidade de 8L de armazenamento e a temperatura de equilíbrio for 127°C, qual será a pressão final dessa mistura?

Comentários:

Transformando a temperatura em graus Celsius para Kelvin do gás no recipiente B, temos:

$$T_B = 27 + 273$$

$$T_B = 300K$$

Agora, utilizando a equação de Clapeyron:

$$P_B \cdot V_B = n_B \cdot R \cdot T_B$$

$$P_B \cdot 8,2 = 0,082 \cdot 2 \cdot 300$$

$$P_B = 6 \text{ atm}$$

b)A temperatura da mistura ao final vai ser de:

$$T_t = 127 + 273$$

$$T_t = 400K$$

Para a mistura temos que:

$$n_t = n_A + n_B$$

$$\frac{P_t \cdot V_t}{R \cdot T_t} = \frac{P_A \cdot V_A}{R \cdot T_A} + n_B$$

$$\frac{P_t \cdot 8}{R \cdot 400} = \frac{3 \cdot 21}{R \cdot 210} + 2$$

$$P_t = 15 + 100R$$

$$P_t = 15 + 8,2$$

$$P_t = 23,2 \text{ atm}$$

Exemplo 4: Uma panela de pressão possui uma certa quantidade de um gás em seu interior de modo que sua pressão inicial é de 1,6 atm a 47°C. Ao ser aquecida até 127°C, a panela libera uma certa massa de gás para que sua pressão continue constante. Qual a porcentagem do gás inicial liberada?

Comentários:

Transformando a temperatura inicial para kelvin:

$$T = 47 + 273$$

$$T = 320 \text{ K}$$

Seja (V) o volume da panela, então:

$$P_i \cdot V = n_i \cdot R \cdot T_i$$

$$1,6 \cdot V = n_i \cdot R \cdot 320$$

$$n_i = \frac{V}{R} \cdot 0,005$$

Transformando a temperatura final para kelvin:

$$T_f = 127 + 273$$

$$T_f = 400 \text{ K}$$

Após o aquecimento temos:

$$P_f \cdot V = n_f \cdot R \cdot T_f$$

$$1,6 \cdot V = n_f \cdot R \cdot 400$$

$$n_f = \frac{V}{R} \cdot 0,004$$

Portanto, a variação do número de mols foi:

$$\Delta n = \frac{V}{R} \cdot 0,005 - \frac{V}{R} \cdot 0,004 = \frac{V}{R} \cdot 0,001$$

Então, a porcentagem do gás inicial liberada foi de:

$$\frac{\Delta n}{n_i} = \frac{\frac{V}{R} \cdot 0,001}{\frac{V}{R} \cdot 0,005} = \frac{1}{5} = 0,2 \rightarrow 20\%$$



3.4 – Teoria Cinética dos Gases

Até agora nos aprofundamos no estudo das características macroscópicas dos gases. Dessa forma, nesse tópico iremos ver um pouco mais da análise microscópica desse assunto.

Primeiramente, para alinharmos as discussões, precisamos esclarecer algumas hipóteses que serão levadas em consideração para a análise da cinética microscópica dos gases:

1. Moléculas são infinitamente pequenas ao ponto de terem dimensões desprezíveis quando comparadas com as distâncias percorridas entre colisões.
2. As colisões entre molécula e recipiente ou molécula e molécula são perfeitamente elásticas
3. Uma amostra de gás é constituída por um grande número de partículas as quais movimentam-se com a mesma probabilidade em todas as direções.
4. Forças gravitacionais intermoleculares são desprezadas a menos do momento da colisão entre molécula e molécula. Logo, as partículas se deslocam em movimento retilíneo e uniforme.

3.4.1 – Velocidade quadrática média

Com base nas hipóteses acima vistas e na mecânica newtoniana, podemos dizer que a energia cinética média das N partículas de uma amostra de gás é dada por:

$$E_{c,m} = \frac{E_{c,1} + E_{c,2} + E_{c,3} + \dots + E_{c,N}}{N}$$

$$E_{c,m} = \frac{\frac{m \cdot v_1^2}{2} + \frac{m \cdot v_2^2}{2} + \frac{m \cdot v_3^2}{2} + \dots + \frac{m \cdot v_N^2}{2}}{N}$$

$$E_{c,m} = \frac{m}{2} \cdot \left(\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_N^2}{N} \right)$$

$$E_{c,m} = \frac{m}{2} \cdot (\bar{v})^2$$

Portanto a velocidade quadrática média é dada por: $\bar{v} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_N^2}{N}}$

Mais à frente iremos ver outra equação que descreve a mesma velocidade.



3.4.2 – Pressão do gás sobre as paredes internas do recipiente

Para facilitar nossa compreensão, iremos usar um modelo teórico de recipiente com formato cúbico onde as arestas medem “a”, como na figura a seguir:

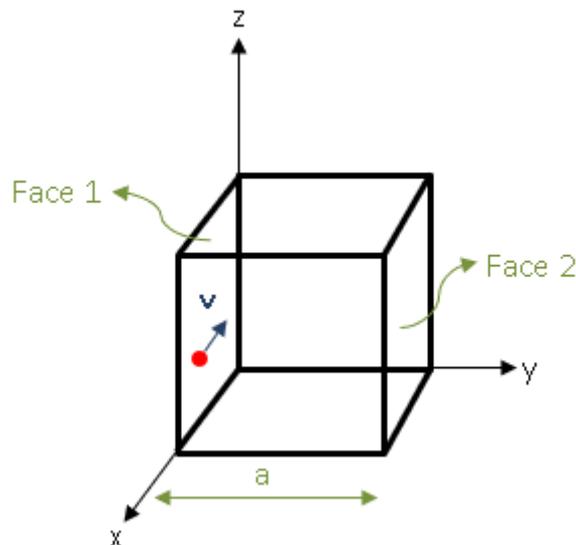


Figura 11: Partícula de gás.

Primeiramente particularizando o estudo para uma das partículas da amostra, teremos que sua velocidade total pode ser decomposta nos eixos coordenados dessa forma:

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$$

Supondo que ela tenha saído da Face 1 e colida com a Face 2 (Figura acima), no eixo y a variação da quantidade de movimento do choque é dada por:

$$\Delta P = P_f - P_i$$

$$\Delta P = m \cdot v_f - m \cdot v_i$$

$$\Delta P = -m \cdot v_y - (m \cdot v_y)$$

$$\Delta P = -2m \cdot v_y \quad (\text{Eq. 1})$$

Em seguida, suponhamos que após colidir com a Face 2, a partícula volte em direção à Face 1 novamente. Portanto, sobre esse caminho podemos descrever que:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$v_y = \frac{2 \cdot a}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{2 \cdot a}{v_y} \quad (\text{Eq. 2})$$

Pelo teorema do impulso, no choque com a Face 2:

$$F \cdot \Delta t = \Delta P$$

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} \quad (\text{Eq. 3})$$

Substituindo as equações 1 e 2 na equação 3 temos:

$$F = \frac{2m \cdot v_y}{\frac{2 \cdot a}{v_y}}$$

$$F = \frac{m \cdot v_y^2}{a}$$

A pressão de uma partícula sobre a Face 2, portanto, será:

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

$$p = \frac{\frac{m \cdot v_y^2}{a}}{a^2}$$

$$p = \frac{m \cdot v_y^2}{a^3} \quad (\text{Eq. 4})$$

Adotemos (k) como o número total de moléculas (N) por volume do recipiente, então:

$$k = \frac{N}{a^3}$$

$$a^3 = \frac{N}{k} \quad (\text{Eq. 5})$$

Com as equações 4 e 5 temos:

$$p = m \cdot k \cdot \frac{v_y^2}{N}$$

Considerando não só uma, mas todas as N partículas do gás, temos que a pressão em uma das faces será:

$$p = m \cdot k \cdot \left(\frac{v_{y,1}^2 + v_{y,2}^2 + v_{y,3}^2 + \dots + v_{y,N}^2}{N} \right)$$

Agregando a fórmula da velocidade quadrática que já vimos temos:

$$p = m \cdot k \cdot (\overline{v_y})^2$$

O produto $m \cdot k$ resulta na densidade volumétrica (μ) do gás, visto que é a multiplicação da massa total da amostra pelo inverso da unidade de volume, então:

$$p = \mu \cdot (\overline{v_y})^2 \quad (\text{Eq. 6})$$

Mas a amostra é composta por um grande número de partículas que têm direções aleatórias e, portanto, equiprováveis nas três direções:

$$(\overline{v_x})^2 = (\overline{v_y})^2 = (\overline{v_z})^2$$

$$(\overline{v})^2 = (\overline{v_x})^2 + (\overline{v_y})^2 + (\overline{v_z})^2 = 3 \cdot (\overline{v_y})^2$$



$$(\overline{v_y})^2 = \frac{(\overline{v})^2}{3} \quad (\text{Eq. 7})$$

Com as equações 6 e 7 temos então:

$$p = \mu \cdot \frac{(\overline{v})^2}{3}$$

Ainda que essa pressão foi calculada somente para uma parede do recipiente, sendo a pressão uniforme dentro deste, ela representa a pressão total do gás.

Atente-se de que a pressão depende somente da densidade linear do gás e da velocidade média quadrática das partículas que o compõem.

3.4.3 – Um outro olhar sobre a velocidade quadrática média

Pelo visto acima temos que:

$$p = \mu \cdot \frac{(\overline{v})^2}{3}$$

No entanto, a densidade volumétrica pode ser representada pela razão entre a massa total do gás (m) e o volume total ocupado por ele (V):

$$\mu = \frac{m}{V}$$

Logo:

$$p = \frac{m}{V} \cdot \frac{(\overline{v})^2}{3}$$

Sendo (n) o número de mols do gás e (M) sua massa molar, temos:

$$p = \frac{n \cdot M}{V} \cdot \frac{(\overline{v})^2}{3}$$

$$p \cdot V = n \cdot M \cdot \frac{(\overline{v})^2}{3}$$

Utilizando a equação de Clapeyron ($P \cdot V = n \cdot R \cdot T$):

$$n \cdot R \cdot T = n \cdot M \cdot \frac{(\overline{v})^2}{3}$$

$$\frac{3 \cdot R \cdot T}{M} = (\overline{v})^2$$

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{M}}$$



Temos agora uma nova expressão para a velocidade quadrática média na qual explicita a relação dessa velocidade somente com a temperatura e a massa molar do gás. Essa expressão é muito mais comum nas provas para as quais estamos nos preparando do que a anterior, sendo então de muita importância o seu conhecimento.

Exemplo 5: Uma certa amostra de dióxido de carbono está a uma temperatura de 27°C . Calcule qual a velocidade média quadrática de suas moléculas.

Comentários:

Para o cálculo da massa molar do dióxido de carbono (CO_2):

$$\text{MM} = 12 + 2 \cdot 16$$

$$\text{MM} = 44 \text{ g/mol}$$

$$\text{MM} = 44 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

Transformando a temperatura para kelvin:

$$T_f = 27 + 273$$

$$T_f = 300\text{K}$$

Para o cálculo da velocidade quadrática média:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{M}}$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 300}{44 \cdot 10^{-3}}}$$

$$\bar{v} \cong 412 \text{ m/s}$$

3.4.4 – Energia Interna (U)

Energia Interna para o gás Ideal

A energia interna de um gás é o resultado da soma de todas as energias associadas a ele. No caso do gás ideal, é de conhecimento que não existem energias potenciais nem energias de rotação, devido a sua idealidade. Dessa forma, sua energia interna é dada somente pela energia cinética de suas partículas:

$$U = E_c$$

$$U = \frac{1}{2} \cdot m(\bar{v})^2$$

De posse da equação vista no último tópico sobre a velocidade média quadrática, tem-se:

$$U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \frac{3 \cdot R \cdot T}{M}$$

$$U = \frac{3}{2} n R T$$

Energia Interna para os gases reais

Nesse tópico abordaremos o cálculo da Energia Interna de gases reais, mas em situações de altas baixas pressões e altas temperaturas, ou seja, bem próximos do comportamento ideal.

GASES MONOATÔMICOS

Para gases monoatômicos, o cálculo da energia interna se iguala ao do gás ideal, haja visto que em certas temperaturas, suas moléculas apenas transladam.

$$U_{\text{monoatômico}} = \frac{3}{2} n R T$$

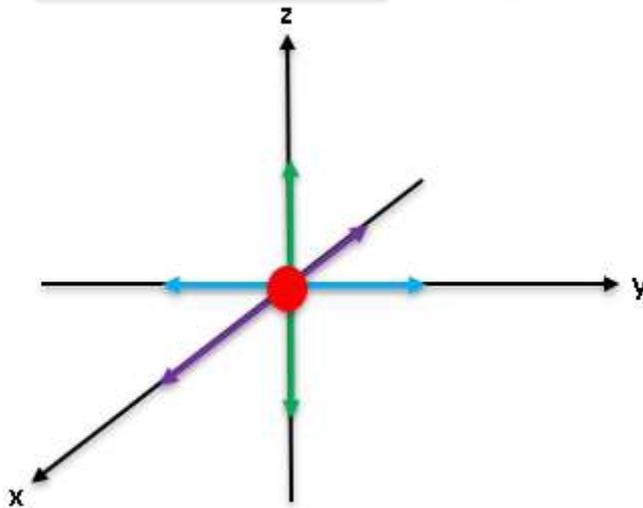


Figura 12: Grau de liberdade.

Por ser um gás composto de apenas um átomo por molécula, os seus **graus de liberdade** estão relacionados apenas com a translação. E como visto na figura acima, esses graus são apenas três: a translação nos eixos x, y e z.

Pelo **Teorema de Equipartição da Energia**, que diz que a Energia total deve ser dividida igualmente para cada grau de liberdade, temos que:

$$U_X = U_Y = U_Z = \frac{U_{\text{monoatômico}}}{3}$$

$$U_X = U_Y = U_Z = \frac{1}{2} n R T$$

Em resumo, para gases monoatômicos:

Graus de Liberdade = 3

$$U = \frac{3}{2} n R T$$

GASES DIATÔMICOS

Gases diatômicos têm suas moléculas figuradas como barras com duas esferas em cada ponta, como se vê na imagem:

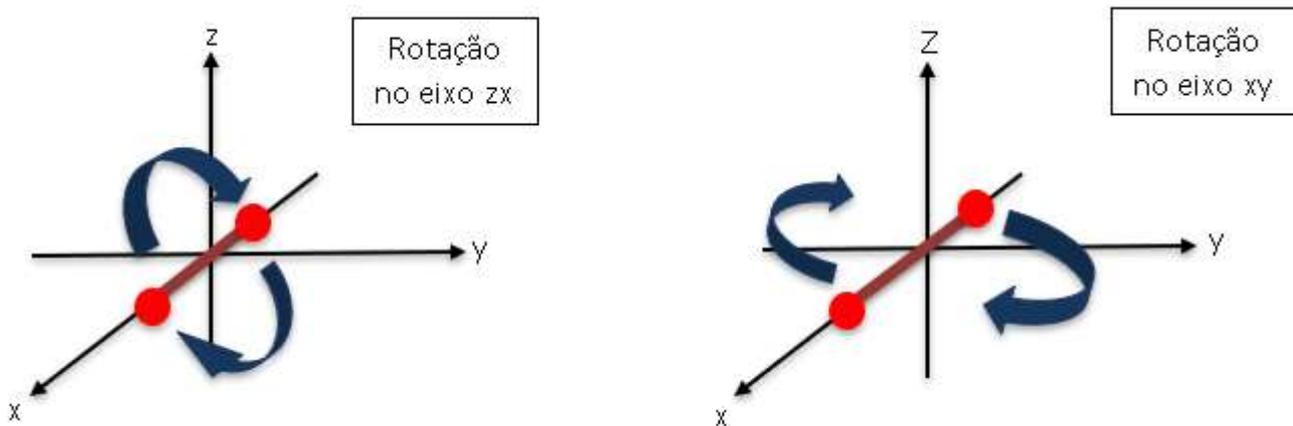


Figura 13: Graus de Liberdade.

Seus graus de liberdade, além dos três referentes a translação nos eixos tridimensionais, são compostos por mais dois graus relacionados a rotação, como é visto na figura acima.

Pelo Teorema de Equipartição da Energia e pelo visto anteriormente, a cada grau de liberdade se acrescenta $\frac{1}{2} n R T$ a energia interna, portanto:

$$U_{diatômico} = 3 \cdot \left(\frac{1}{2} n R T\right) + 2 \cdot \left(\frac{1}{2} n R T\right)$$

$$U_{diatômico} = \frac{5}{2} n R T$$

Em resumo, para gases diatômicos:

Graus de Liberdade = 5

$$U = \frac{5}{2} n R T$$

GASES POLIATÔMICOS

Para gases com moléculas compostas por mais que dois átomos, devido a sua geometria, há o incremento de mais um grau de rotação em relação ao diatômico, contabilizando-se então a energia interna da seguinte maneira:

$$U_{\text{poliatômico}} = 3 \cdot \left(\frac{1}{2} n R T\right) + 3 \cdot \left(\frac{1}{2} n R T\right)$$

$$U_{\text{poliatômico}} = \frac{6}{2} n R T$$

Em resumo, para gases poliatômicos:

Graus de Liberdade = 6

$$U = \frac{6}{2} n R T$$

Logo, para qualquer gás:

Graus de Liberdade = q

$$U = \frac{q}{2} n R T$$

ATENÇÃO
DECORE!



ESCLARECENDO



Observação Importante: Para gases reais que não se aproximam da idealidade as expressões deduzidas não são válidas pois, na temperatura do zero absoluto, a Energia Interna não se anula devido as vibrações das partículas aqui não contabilizadas.

3.4.5 – Energia cinética de translação média por molécula

Para o cálculo dessa energia de cada uma das (N) partícula do gás, sabendo que $N = n \cdot N_{AV}$, onde (n) é o número de mols de gás e N_{AV} é a constante de Avogadro ($N_{AV} = 6,02$ moléculas/mol), temos:

$$E_{C,1} = \frac{E_C}{N}$$

$$E_{C,1} = \frac{\frac{3}{2} n R T}{n \cdot N_{AV}}$$

$$E_{C,1} = \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{N_{AV}} \cdot T$$



Sabendo que $\frac{R}{N_{AV}} = k$, onde (k) é denominada **Constante de Boltzmann** ($k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$)

$$E_{C,1} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T$$

4- Termodinâmica

Nesse tópico iremos estudar a dinâmica das trocas e transformações entre as Energias Térmicas e Mecânicas dos gases, analisando suas causas e consequências. Então, primeiramente veremos:

4.1- Conceitos Básicos

4.1.1- Energia Interna

Como visto no estudo no tópico da cinemática dos gases, a energia interna desses fluídos é a soma de todas as suas Energias. Lá também tivemos a oportunidade de observar o cálculo da energia interna para Gases Ideais e para Gases Reais com comportamento muito próximo da idealidade devido a características externas. Aqui cabe acrescentar que a variação da energia interna é uma **função de estado**, ou seja, só depende dos estados finais e iniciais do gás. Em suma:

$$U = \frac{q}{2} n R T \quad \text{Onde (q) representa o grau de liberdade do gás}$$

Mas, na maioria dos exercícios de vestibular que iremos resolver, será usado $q = 3$, pois o gás tratado será o ideal, logo:

$$U = \frac{3}{2} n R T = \frac{3}{2} P V$$

Lembrando que, para um aumento na temperatura do sistema ($T_f > T_i$), então $\Delta T > 0$, temos que:

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T > 0$$

Analogamente, para uma diminuição na temperatura do sistema ($T_f < T_i$), então $\Delta T < 0$, temos que:

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T < 0$$

4.1.2- Calor

Já vimos que calor é a energia térmica em trânsito e, convencionalmente adotamos que:

Calor recebido pelo sistema: $Q > 0$

Calor perdido pelo sistema: $Q < 0$

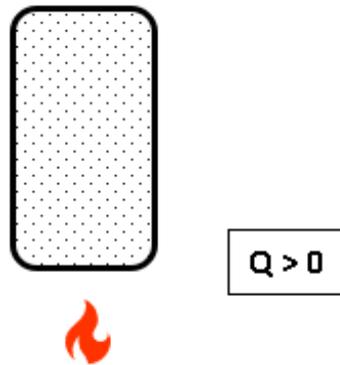


Figura 14: Calor cedido

4.1.3- Trabalho (τ)

Para o cálculo do trabalho aqui adotaremos as forças internas, ou seja, aquelas realizadas pelo gás. Aqui cabe acrescentar que o trabalho **não é uma função de estado**, ou seja, não depende somente dos estados iniciais e finais, mas também dos estados intermediários de sua transformação.

No caso, por exemplo, de uma expansão do gás a força realizada pelas partículas para que haja aumento do volume do sistema tem a mesma direção do deslocamento realizado pelo êmbolo, logo o trabalho é positivo:

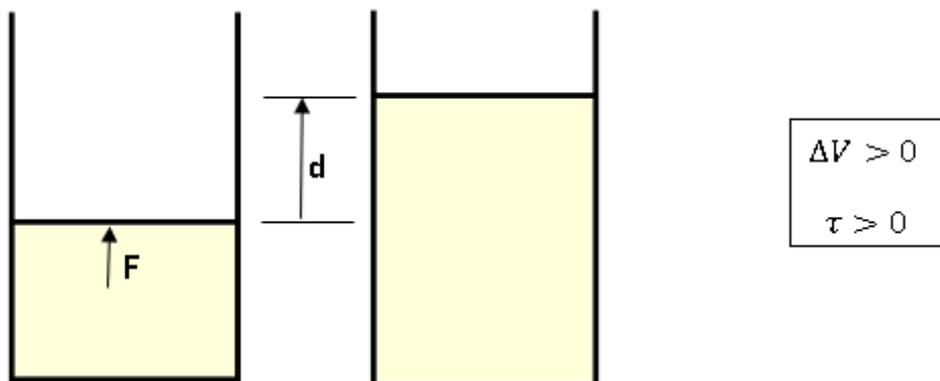


Figura 15: Trabalho realizado.

No caso de uma compressão do gás, a força realizada pelas partículas de gás no êmbolo tem sentido oposto ao deslocamento, portanto o trabalho é negativo:

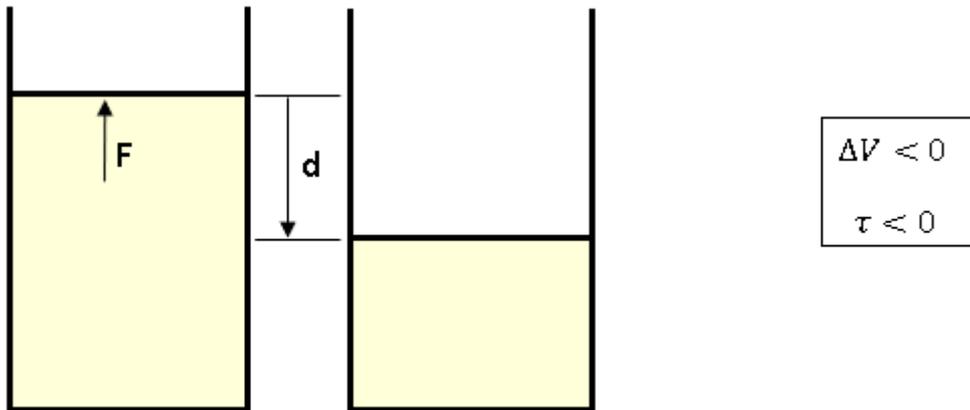


Figura 16: Trabalho recebido.

Nesse sentido, se não houver variação no volume do gás, o trabalho é nulo.

$$\Delta V = 0$$

$$\tau = 0$$

4.2 – Primeira Lei da Termodinâmica

A primeira Lei da Termodinâmica nos mostra a relação matemática entre os conceitos que acabamos de ver. Em outras palavras, a contabilidade entre energias térmicas e mecânicas é nela equacionada. Em resumo, essa equação explicita que todo calor trocado pelo sistema em estudo gera variação da energia interna e/ou do trabalho. Ou seja, há a conservação da energia. Então, a primeira Lei é assim definida:

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

4.3- Transformações Termodinâmicas

4.3.1- Transformação Isotérmica

Na transformação isotérmica a **temperatura** se mantém **constante**. Dessa forma, dado que a variação da energia interna depende da variação da temperatura ($\Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T$), tem-se que nesse contexto $\Delta U = 0$. Utilizando-se a primeira lei da termodinâmica:

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

Mas $\Delta U = 0$, então em isotérmicas:

$$Q = \tau$$

- No caso de absorção de calor ($Q > 0$), como $Q = \tau$, então $\tau > 0$. Portanto há a realização de trabalho pelo sistema.
- No caso de liberação de calor ($Q < 0$), como $Q = \tau$, então $\tau < 0$. Portanto o trabalho é recebido pelo sistema.

4.3.2 – Transformação Isocórica

Na transformação isocórica o **volume** do gás permanece **constante**. Dessa forma, como já vimos, o trabalho está diretamente ligado com a variação de volume de tal forma que se a variação deste é nula aquele também corresponde a zero ($\tau = 0$).

Com a análise da primeira lei da termodinâmica, se o trabalho é nulo, então:

$$Q = \Delta U$$

- No caso de absorção de calor ($Q > 0$), como $Q = \Delta U$, então $\Delta U > 0$. Dessa forma, como $\Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T$, logo $\Delta T > 0$. Portanto, a temperatura aumenta no sistema.
- No caso de liberação de calor ($Q < 0$), como $Q = \Delta U$, então $\Delta U < 0$. Dessa forma, como $\Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T$, logo $\Delta T < 0$. Portanto, a temperatura diminui no sistema.

4.3.3 – Transformação Isobárica

A transformação isobárica é aquela na qual a **pressão** se mantém **constante**. Dessa forma, como já foi visto, o volume irá variar linearmente com a temperatura e então abriremos essa situação em dois casos:



- Quando há um aumento na temperatura ($\Delta T > 0$):

Nesse caso, o aumento na temperatura de um gás ideal incita o aumento da energia interna ($\Delta U > 0$). Além disso, como o volume varia proporcionalmente a temperatura, como se vê na análise da Lei de Clapeyron:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$V = a \cdot T; \quad \text{onde "a" é uma constante}$$

Dessa forma, se a temperatura aumenta, o volume também aumenta, implicando um acréscimo no trabalho ($\tau > 0$).

- Quando há uma diminuição na temperatura ($\Delta T < 0$):

Nesse caso, a diminuição na temperatura de um gás ideal incita o decréscimo de energia interna ($\Delta U < 0$). Pela mesma análise anterior da Lei de Clapeyron, a diminuição da temperatura implica diminuição do volume ($\Delta V < 0$), que por sua vez acarreta decréscimo no trabalho ($\tau < 0$).

4.3.4 – Transformação adiabática

Nessa transformação o sistema se faz isolado, ou seja, não recebe ou libera calor ($Q = 0$). Portanto:

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

$$0 = \Delta U + \tau$$

$$\Delta U = -\tau$$

Nessa situação, o módulo da variação da energia interna é igual ao módulo do trabalho do sistema.

- No caso do trabalho ser positivo ($\tau > 0$):

Ou seja, se o sistema realiza trabalho em uma expansão adiabática, a variação da energia interna é negativa $\Delta U < 0$.

- No caso do trabalho ser negativo ($\tau < 0$):

Ou seja, se o sistema recebe trabalho externo em uma compressão adiabática, a variação da energia interna é positiva $\Delta U > 0$.

Observação Importante:

Em transformações adiabáticas o produto $P^\gamma \cdot V$ é constante!!

Onde (P) é a pressão do gás, (V) o seu volume e (γ) é a **constante de Poisson** do gás. Essa constante é dada pela razão entre seus calores específicos a pressão constante e a volume constante.



Em resumo:

$$P^\gamma \cdot V = \text{constante}$$

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

NOVIDADE!



Exemplo 6: Um gás ideal confinado em um recipiente com êmbolo móvel expande isotermicamente ao receber 500 cal do meio externo. Determine:

- a) A variação da energia interna do gás
- b) O trabalho gerado nessa transformação

Comentários:

- a) Como ocorre uma expansão a temperatura constante, e a variação de energia interna é dada por:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n R \Delta T$$

Logo, nesse caso $\Delta U = 0$

- b) De acordo com a primeira lei da termodinâmica:

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

E como $\Delta U = 0$, então:

$$Q = 0 + \tau$$

$$Q = \tau$$

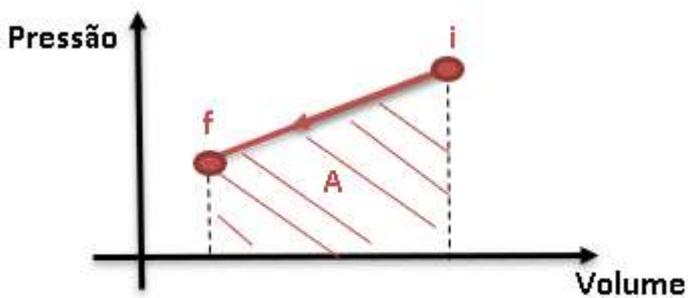
$$\tau = +500 \text{ cal}$$

4.4- Análise Gráfica das transformações

4.4.1- Transformações Abertas:

Em transformações abertas o gás se move de uma situação inicial para uma situação final, ambas bem definidas. Analisando graficamente podemos observar que a área definida pelo gráfico (PxV) é igual ao módulo do trabalho trocado pelo sistema com o meio exterior. Para a análise do sinal desse trabalho temos:

- Se o volume está diminuindo ($V_f < V_i$)

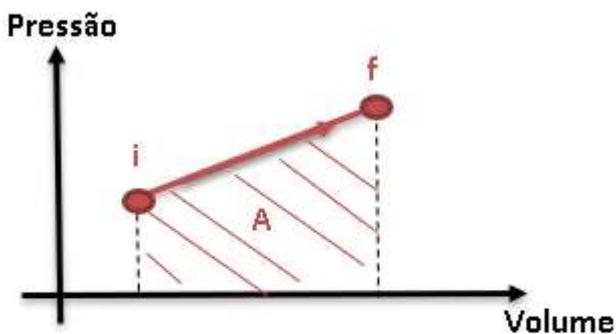


$$|A| = |\tau|$$

$$\tau < 0$$

Figura 17: Diagrama do trabalho.

- Se o volume está aumentando ($V_f > V_i$)



$$|A| = |\tau|$$

$$\tau > 0$$

Figura 18: Diagrama do trabalho.

- Se o volume não se altera $(V_f = V_i)$

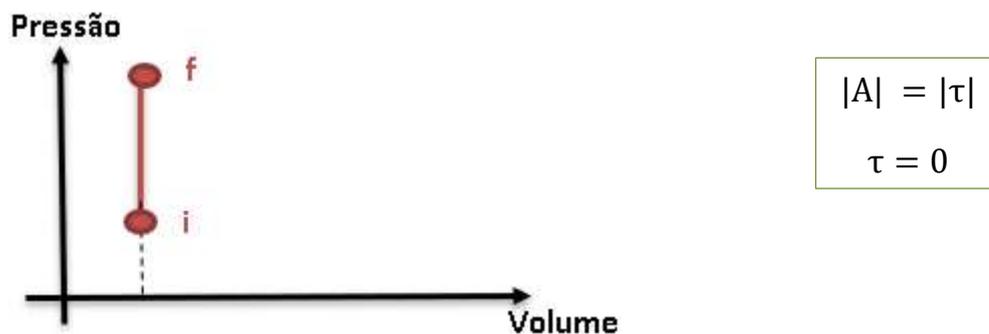


Figura 19: Trabalho nulo.

Repare que este caso é o de uma transformação **isocórica**, pois $\Delta V = 0$.

Nesse contexto, analisando as transformações clássicas vistas:

Transformação Isotérmica: Seu gráfico é dado por um ramo de hipérbole

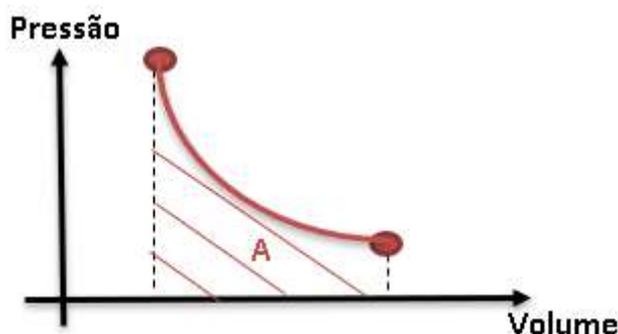


Figura 20: Isoterma e trabalho.

Transformação Isobárica:

Como sua pressão se mantém constante, o cálculo do trabalho pelo gráfico é facilitado pois a área abaixo da linha é dada por um retângulo, logo:

$$|\tau| = |A|$$

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

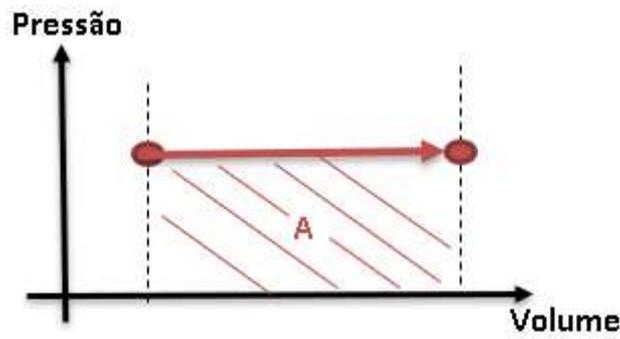


Figura 21: Isobárica.

Transformação Adiabática: Seu gráfico é dado por uma hipérbole degenerada

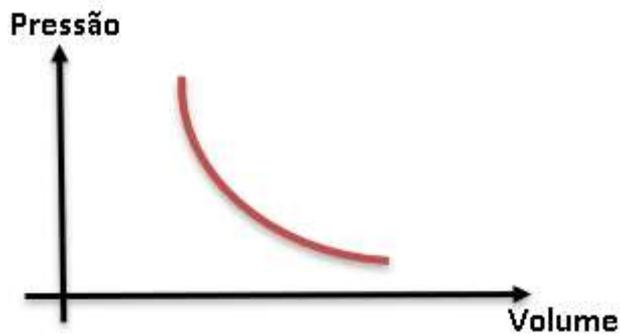
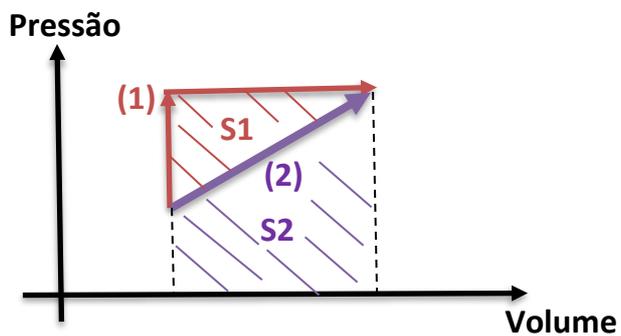


Figura 22: Curva adiabática.



Observação Importante: Como já visto, o trabalho não é uma função de estado, por isso, o caminho feito de um estado para outro interfere no resultado dessa grandeza. Podendo assim dois gráficos que iniciam e terminam nos mesmos pontos terem trabalhos distintos:

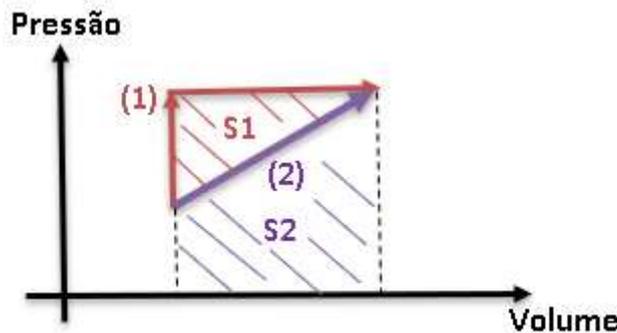


Figura 23: Caminhos distintos.

$$\tau_1 = S_1 + S_2$$

$$\tau_2 = S_2$$

4.4.2- Transformações cíclicas:

Nas análises gráficas das transformações cíclicas devemos levar em consideração não apenas uma transformação, mas todas aquelas que compõem o ciclo. Nesses casos o sinal do trabalho é analisado da seguinte forma:

- Trabalho Positivo ($\tau > 0$): A grandeza do trabalho será positiva se, somados todos os trabalhos realizados por todas as transformações do ciclo, o saldo final for positivo. De forma prática, isso ocorrerá se o **sentido** do ciclo for **horário**. Exemplo:

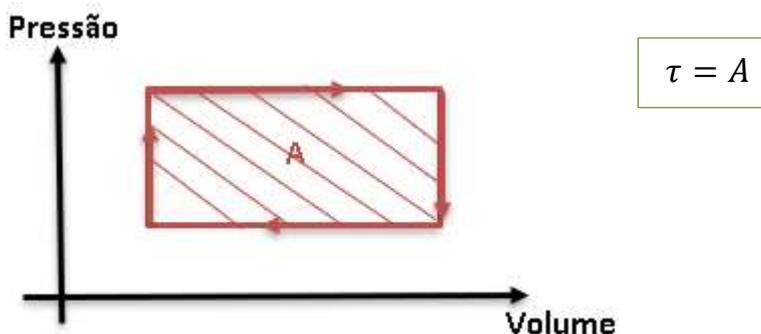


Figura 24: Ciclo horário.

- Trabalho Negativo ($\tau < 0$): A grandeza do trabalho será negativa se, somados todos os trabalhos realizados por todas as transformações do ciclo, o saldo final for menor do que zero. De forma prática, isso ocorrerá se o **sentido** do ciclo for **anti-horário**.

$$\tau = -A$$



Não se esqueça de que a unidade do trabalho calculada através dos gráficos é dada de acordo com as unidades da ordenada e da abscissa da representação gráfica.

Exemplo 7: Um gás sofre uma expansão isobárica na qual sua pressão permanece constante e no valor de 5000 Pa e seu volume varia de $0,7m^3$ para $0,9m^3$. Se o fluido recebeu do meio externo 600J de energia térmica, qual a sua variação de energia interna?

Comentários:

Para uma expansão isobárica, o valor do trabalho pode ser calculado por:

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

$$\tau = 5000 \cdot (0,9 - 0,7)$$

$$\tau = 1000 \text{ J}$$

Pela primeira lei da termodinâmica:

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

$$600 = \Delta U + 1000$$

$$\Delta U = -400\text{J}$$

Portanto, houve uma perda de 400J de energia interna.

Exemplo 8: Um Sistema termodinâmico constituído por um gás ideal troca calor com o meio externo no valor de 650J. Calcule a variação da energia interna no caso de:

a) Resfriamento a volume constante

b) Aquecimento isocórico

c) Expansão isotérmica

Comentários:

a) No caso de volume constante, como já visto, o trabalho é nulo $\tau = 0$

Dessa forma, pela primeira lei da termodinâmica:

$$Q = \Delta U$$

Se houve um resfriamento é porque $Q < 0$, logo:

$$\Delta U = -650\text{J}$$

b) A transformação isocórica representa que o volume esteja constante, portanto, igualmente o trabalho será nulo $\tau = 0$

Dessa forma, pela primeira lei da termodinâmica:

$$Q = \Delta U$$

Se houve um aquecimento é porque $Q > 0$, logo:

$$\Delta U = +650\text{J}$$

c) Quando uma transformação é isotérmica, a variação da energia interna é nula $\Delta U = 0$



4.5- Máquinas Térmicas

As máquinas térmicas foram as grandes inovações tecnológicas da segunda metade do século XIX, impulsionando a Segunda Revolução Industrial. Esse dispositivo tem o objetivo de transformar energia térmica em energia mecânica, ou seja, converter calor em trabalho.

Esquemáticamente uma máquina térmica fica conectada a duas fontes térmicas (teoricamente fontes que não tem suas temperaturas alteradas). Dentro da máquina há o fluido operante que absorve calor da fonte quente e libera calor para a fonte fria, realizando nesse ínterim trabalho, como vemos a seguir:

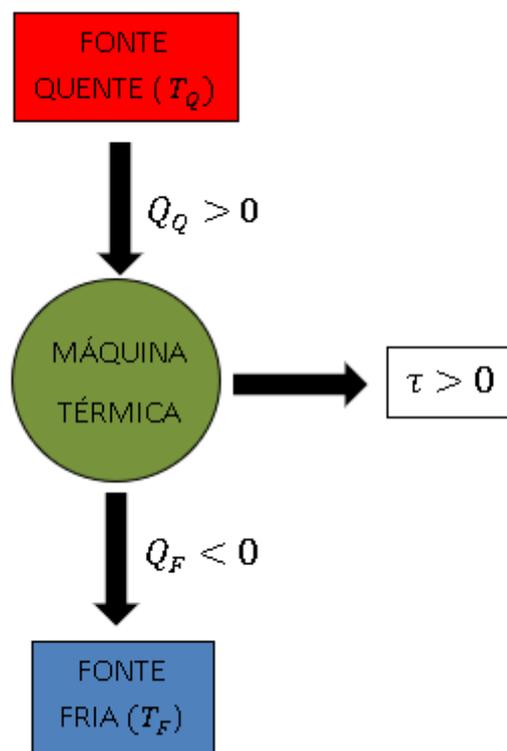


Figura 25: Diagrama de máquina térmica.

Pela conservação da energia temos que:

$$\tau = Q_Q + Q_F$$

Lembrando que como o calor da fonte quente é absorvido pela máquina, então: $Q_Q > 0$ e como o calor da fonte fria é liberado pela máquina, então $Q_F < 0$.

Exemplo 9: Seja A uma máquina térmica que opera em ciclos e, a cada ciclo ela retira um valor de 1000J de energia da fonte quente e entrega 100cal de trabalho. Logo, qual o valor da energia que, a cada ciclo, essa máquina libera para a fonte fria? Dado que: 1cal = 4,2J

Comentários:

Primeiramente, para começarmos os calculos, as unidades de energia têm que ser as mesmas. Vamos então transformar todas as unidades para joule:

$$\begin{aligned} 1\text{cal} & - & 4,2\text{J} \\ 100\text{cal} & - & x \\ \therefore x & = & 420\text{J} \end{aligned}$$

Dessa forma, agora aplicando a equação de máquinas térmicas temos que:

$$\begin{aligned} \tau & = Q_Q + Q_F \\ 420 & = 1000 + Q_Q \\ Q_Q & = 580\text{J} \end{aligned}$$

4.6- Segunda Lei da Termodinâmica

4.6.1- Segunda Lei da Termodinâmica

Essa lei define o rendimento de uma máquina térmica. Nesse sentido, o rendimento (η) é dado pela razão entre a energia útil e a energia necessária para o funcionamento de uma máquina térmica. Assim η é calculado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \eta & = \frac{\tau}{Q_Q} \\ \eta & = \frac{Q_Q + Q_F}{Q_Q} \\ \eta & = 1 + \frac{Q_F}{Q_Q} \end{aligned}$$



Assim sendo, vê-se que o rendimento de 100%, ou seja $\eta = 1$, só seria possível se $Q_F = 0$, o que no mundo real é impossível. Para entender mais sobre essa impossibilidade, adentremos no próximo tópico:

4.6.2- Enunciado de Kelvin-Planck para a 2ª Lei da Termodinâmica

Esse enunciado pode ser assim descrito:

É impossível construir uma máquina térmica que opere em ciclos e que por si só retire calor da fonte quente e transforme integralmente em trabalho.

Partindo desse enunciado podemos analisar que não há possibilidade de parte do calor da fonte quente não passar para a fonte fria pois, já estudamos que a energia térmica sempre transita do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura. Dessa forma concluímos, portanto, que não existe uma máquina térmica real que não gere perdas. Ou seja, o rendimento vai ser sempre $\eta < 1$.

4.7- Máquina de Carnot

Em afirmação com a conclusão do tópico anterior, o engenheiro francês Nicolas Carnot (1796-1832) desenvolveu um modelo teórico de máquina térmica ideal (nomeada de máquina de Carnot) do qual se retirou seu seguinte teorema:

Teorema de Carnot: Nenhuma máquina térmica operando entre duas fontes pode ter rendimento superior ao da máquina de Carnot funcionando entre as mesmas fontes.

Graficamente o ciclo no qual opera a máquina de Carnot é dado por:

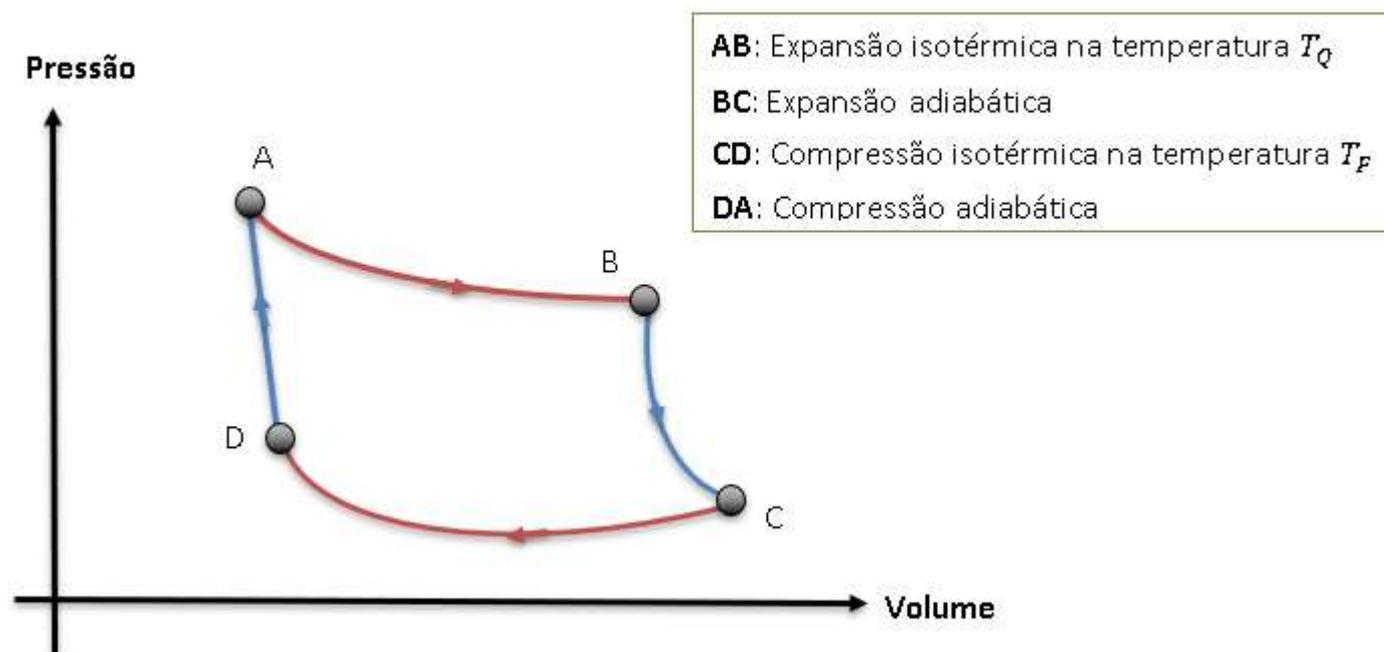


Figura 26: Carnot.

Nesse ciclo, as temperaturas T_Q e T_F são relacionadas com os calores Q_Q e Q_F da seguinte forma:

$$\frac{|Q_F|}{|Q_Q|} = \frac{T_F}{T_Q}$$

Portanto, o rendimento da máquina de Carnot é dado por:

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$



Logo, para que a máquina que tem o maior rendimento possível possa ter o rendimento de 100% é necessário que $T_F = 0K$, o que é impossível de se alcançar. Logo, chegamos a mesma conclusão do tópico anterior.

Exemplo 10: Uma máquina térmica operando em ciclos libera 200J de calor para a fonte fria que opera a uma temperatura de $-53^{\circ}C$ e recebe 300J da fonte quente que opera a $127^{\circ}C$. Qual o valor do rendimento se:

- A máquina térmica é real?
- A máquina térmica opera sobre o ciclo de Carnot?

Comentários:

Para o rendimento de uma máquina real temos que:

$$\eta = 1 + \frac{Q_F}{Q_Q}$$

$$\eta = 1 + \frac{(-200)}{300}$$

$$\eta = 1 - \frac{2}{3}$$

$$\eta = 33,3\%$$

b) Sendo a máquina de Carnot temos que o rendimento é dado por:

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

Mas para usar essa fórmula primeiro devemos converter as temperaturas para a escala absoluta kelvin:

$$T_F = -53 + 273$$

$$T_F = 220K$$

$$T_Q = 127 + 273$$

$$T_Q = 400K$$

Portanto:

$$\eta = 1 - \frac{220}{400}$$

$$\eta = 45\%$$

UFAAAAA !!!

Chegamos ao fim da parte teórica 😊. Se você ficou com alguma dúvida, volte e releia a teoria e os exemplos resolvidos. Faça uma pausa e vá com força total para o exercícios!

Lista de Questões



1. (EEAR 2006)

Se considerarmos que um ciclo ou uma transformação cíclica de uma dada massa gasosa é um conjunto de transformações após as quais o gás volta às mesmas condições que possuía inicialmente, podemos afirmar que quando um ciclo termodinâmico é completado,

- a) o trabalho realizado pela massa gasosa é nulo.
- b) a variação da energia interna da massa gasosa é igual ao calor cedido pela fonte quente.
- c) a massa gasosa realiza um trabalho igual à variação de sua energia interna.
- d) a variação de energia interna da massa gasosa é nula.

2. (EEAR 2006)

“É impossível construir uma máquina operando em ciclos cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e convertê-lo integralmente em trabalho.” Esse enunciado, que se refere à Segunda Lei da Termodinâmica, deve-se a

- a) Clausius.
- b) Ampère.
- c) Clapeyron.
- d) Kelvin.

3. (EEAR 2006)

Muitas pessoas costumam ir à praia para o consagrado “banho de Sol”. Dessa forma, pode-se dizer que tais pessoas “recebem” calor, principalmente, através do processo de

- a) Condução.
- b) Irradiação.
- c) Convecção.
- d) Evaporação.



4. (EEAR 2007)

Numa máquina de Carnot, de rendimento 25%, o trabalho realizado em cada ciclo é de 400 J. O calor, em joules, rejeitado para fonte fria vale:

- a) 400
- b) 600
- c) 1200
- d) 1600

5. (EEAR 2007)

Para diminuir a variação de temperatura devido a _____ de calor, do alimento em uma embalagem descartável de folha de alumínio, a face espelhada da tampa deve estar voltada para _____

Obs: A temperatura do ambiente é maior que a temperatura do alimento.

- a) radiação; dentro
- b) condução; fora
- c) convecção; fora
- d) radiação; fora

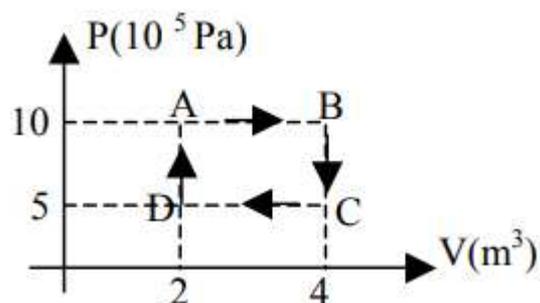
6. (EEAR 2008)

A convecção é um processo de transferência de calor que ocorre

- a) somente nos gases.
- b) somente nos fluidos.
- c) também nos sólidos.
- d) nos sólidos e líquidos.

7. (EEAR 2008)

Um sistema termodinâmico realiza o ciclo indicado no gráfico P x V a seguir



O trabalho resultante e a variação de energia interna do gás, ao completar o ciclo, valem, em joules, respectivamente, _____.

- a) zero e zero
- b) 10×10^5 e zero
- c) zero e 10×10^5
- d) 20×10^5 e zero

8. (EEAR 2009)

Alguns balões de festa foram inflados com ar comprimido, e outros com gás hélio. Assim feito, verificou-se que somente os balões cheios com gás hélio subiram. Qual seria a explicação para este fato?

- a) O gás hélio é menos denso que o ar atmosférico.
- b) O ar comprimido é constituído, na sua maioria, pelo hidrogênio.
- c) O gás hélio foi colocado nos balões a uma pressão menor que a do ar comprimido.
- d) Os balões com gás hélio foram preenchidos a uma pressão maior que a do ar comprimido.

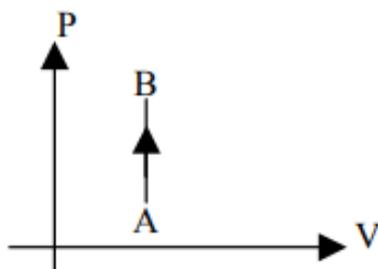
9. (EEAR 2009)

Uma certa massa de um gás ideal ocupa um volume de 3 L, quando está sob uma pressão de 2 atm e à temperatura de 27 °C. A que temperatura, em °C, esse gás deverá ser submetido para que o mesmo passe a ocupar um volume de 3,5 L e fique sujeito a uma pressão de 3 atm?

- a) 47,25
- b) 100,00
- c) 252,00
- d) 525,00

10. (EEAR 2010)

Uma certa amostra de gás ideal recebe 20 J de energia na forma de calor realizando a transformação AB indicada no gráfico Pressão (P) X Volume (V) a seguir. O trabalho realizado pelo gás na transformação AB, em J, vale



- a) 20
- b) 10
- c) 5
- d) 0

11. (EEAR 2010)

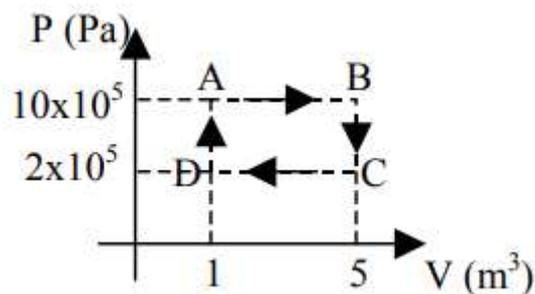
As trocas de energia térmica envolvem processos de transferências de calor. Das alternativas a seguir, assinale a única que não se trata de um processo de transferência de calor.

- a) *ebulição*
- b) *radiação*
- c) *condução*
- d) *convecção*

12. (EEAR 2011)

Uma certa amostra de um gás monoatômico ideal sofre as transformações que são representadas no gráfico Pressão X Volume (PXV), seguindo a sequência ABCDA.





- a) zero e zero.
- b) 4×10^6 e zero.
- c) zero e $3,2 \times 10^6$.
- d) $3,2 \times 10^6$ e zero.

13. (EEAR 2011)

Uma certa amostra de gás monoatômico ideal, sob pressão de 5×10^5 Pa, ocupa um volume de $0,002 \text{ m}^3$. Se o gás realizar um trabalho de 6000 joules, ao sofrer uma transformação isobárica, então irá ocupar o volume de ___ m^3 .

- a) 0,014.
- b) 0,012.
- c) 0,008.
- d) 0,006.

14. (EEAR 2011)

Os satélites artificiais, em geral, utilizam a energia solar para recarregar suas baterias. Porém, a energia solar também produz aquecimento no satélite.

Assinale a alternativa que completa corretamente a frase:

“Considerando um satélite em órbita, acima da atmosfera, o Sol aquece este satélite por meio do processo de transmissão de calor chamado de _____.”

- a) condução
- b) irradiação
- c) convecção
- d) evaporação

15. (EEAR 2008)



O fato de se colocar o aparelho de ar-condicionado na parte superior da parede, ou seja, mais próximo do teto e do congelador ficar localizado na parte superior do refrigerador, referem-se ao processo de transmissão de calor por _____.

- a) condução
- b) irradiação
- c) torrefação
- d) convecção

16. (EEAR 2008)

Numa transformação gasosa, dita isobárica, o volume e a temperatura (em K) do gás ideal, são grandezas

- a) constantes.
- b) diretamente proporcionais.
- c) inversamente proporcionais.
- d) que não se apresentam relacionadas.

17. (EEAR 2010)

A expressão $\Delta U = Q - \tau$; onde ΔU é a variação da energia interna de um gás, Q o calor trocado pelo gás e τ o trabalho realizado pelo ou sobre o gás, refere-se à

- a) Lei zero da Termodinâmica
- b) Lei geral dos gases perfeitos.
- c) Segunda Lei da Termodinâmica.
- d) Primeira Lei da Termodinâmica.

18. (EEAR 2013)

Dentre as alternativas a seguir, assinale a única **incorreta**.

- a) A convecção é um processo de transmissão de calor que ocorre apenas nos sólidos.
- b) Solidificação é o nome dado ao fenômeno da passagem de uma substância da fase líquida para a fase sólida.
- c) Sublimação é o nome dado ao fenômeno da passagem de uma substância da fase sólida para a fase gasosa.
- d) A condução é um processo de transmissão de calor no qual o movimento vibratório se transmite de partícula para partícula.

19. (EEAR 2014)

Uma amostra de um gás ideal sofre uma compressão isotérmica. Essa amostra, portanto,

- a) *ganha calor da vizinhança.*
- b) *perde calor para a vizinhança.*
- c) *está a mesma temperatura da vizinhança.*
- d) *está a uma temperatura menor que a vizinhança.*

20. (EEAR 2014)

Assinale a alternativa que indica corretamente uma situação possível, de acordo com a Termodinâmica.

- a) *Máquina de Carnot com rendimento de 100%.*
- b) *Fonte fria de uma máquina térmica a zero kelvin.*
- c) *Troca de calor entre objetos com temperaturas iguais.*
- d) *Máquina de Carnot com rendimento menor que 100%.*

21. (EAM 2016)

A termologia é a parte da Física que estuda os fenômenos determinados por energia térmica, que é a forma de energia relacionada à agitação das partículas de um corpo.

Com relação à termologia, analise as afirmativas abaixo

- I. Quanto maior a energia cinética média das partículas, menor a temperatura do corpo
- II. Para que haja transferência de calor entre dois corpos, eles devem estar a temperaturas diferentes
- III. Quanto maior o calor específico de um material, menor a quantidade de calor necessária para o material ser aquecido até determinada temperatura.
- IV. No Sistema Internacional de Unidades, a quantidade de calor transferida de um corpo para outro é medida em joules.
- V.

Assinale a opção correta.

- a) *Apenas a afirmativa I é verdadeira.*



- b) Apenas as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
- c) Apenas as afirmativas I e III são verdadeiras.
- d) Apenas as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- e) Apenas as afirmativas I, III e IV são verdadeiras.

22. (EAM 2014)

O calor é uma forma de energia que ocorre devido a uma diferença de temperatura. Assinale a opção que apresenta a forma de propagação de calor que se caracteriza por ocorrer apenas nos fluidos

- a) Convecção.
- b) Irradiação.
- c) Condução.
- d) Equilíbrio Térmico.
- e) Eletrização.

23. (CN 2013)

Observe a tabela a seguir que mostra os mecanismos de perda de calor pelo organismo humano.

Processo	Frequência	Fenômeno
Radiação	40%	Emissão de raios infravermelhos
Convecção	30%	Fluxo de ar quente expirado.

Evaporação	20%	Calor latente de vaporização na superfície da pele.
Respiração	8%	Evaporação da parte da água contida no ar.
	2%	Aquecimento dos gases respiratórios.
Condução	Irrelevante	Contato com objeto mais frio.

Utilizando as informações acima, coloque V (verdadeiro) ou F (falso) nas afirmativas abaixo e, em seguida, assinale a opção que apresenta a sequência correta.

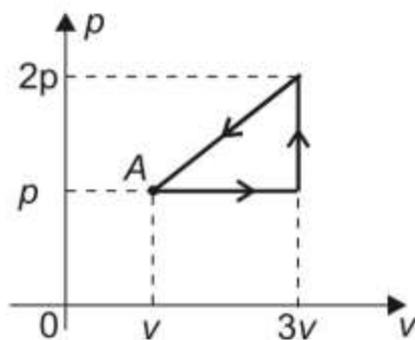
- () Radiação é o processo de transmissão de calor que não necessita de um meio físico para ocorrer.
- () Na convecção o calor é transmitido através da movimentação de massas chamadas correntes de convecção.
- () A evaporação é um tipo de vaporização lenta e representa a passagem do estado sólido para o estado gasoso.
- () Na condução o calor é transmitido, exclusivamente, através da movimentação de massas.
- () Raios infravermelhos são radiações térmicas visíveis aos olhos humanos.
- () Calor latente é a quantidade de calor necessária para que uma substância pura mude de estado físico sem alterar a sua temperatura.

- a) (V) (V) (F) (F) (F) (V)
- b) (V) (V) (F) (F) (F) (F)
- c) (V) (F) (V) (V) (F) (V)
- d) (F) (V) (F) (F) (V) (V)
- e) (F) (V) (V) (V) (F) (F)

24. (AFA 2009)

O diagrama a seguir representa o ciclo percorrido por 3 mols de um gás perfeito.



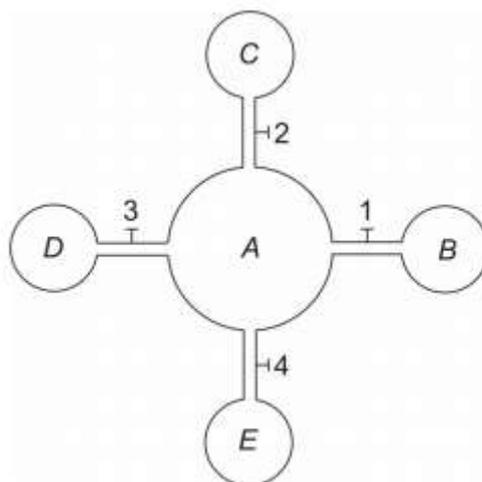


Sabendo-se que no estado A a temperatura é $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ e considerando $R = 8\text{ J/mol} \cdot \text{K}$, o trabalho, em joules, realizado pelo gás no ciclo é

- a) 12000
- b) - 6000
- c) 1104
- d) - 552

25. (AFA 2009)

O gás contido no balão A de volume V e pressão p é suavemente escoado através de dutos rígidos e de volumes desprezíveis, para os balões B, C, D e E, idênticos e inicialmente vazios, após a abertura simultânea das válvulas 1, 2, 3 e 4, como mostra a figura abaixo.



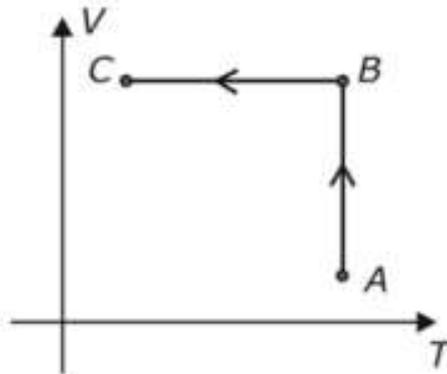
Após atingido o equilíbrio, a pressão no sistema de balões assume o valor $\frac{p}{3}$. Considerando que não ocorre variação de temperatura, o volume de dois dos balões menores é

- a) 0,5 V
- b) 1,0 V
- c) 1,5 V
- d) 2,0 V

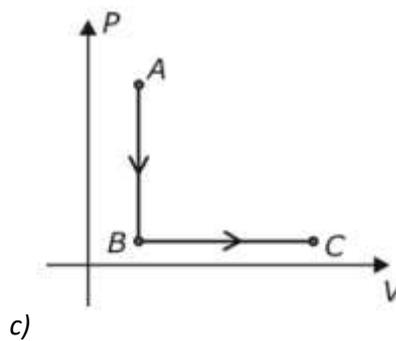
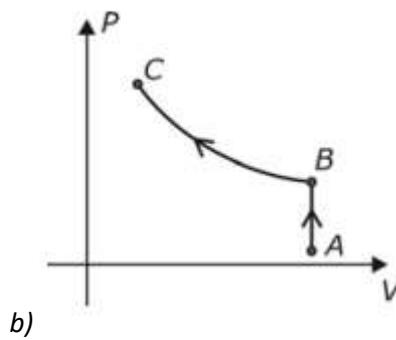
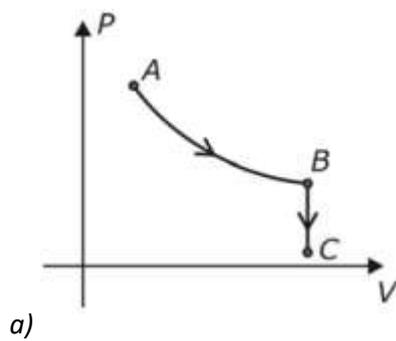


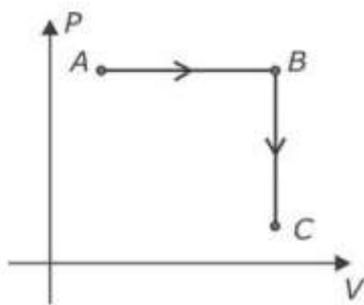
26. (AFA 2010)

No diagrama a seguir, do volume (V) em função da temperatura absoluta (T), estão indicadas as transformações AB e BC sofridas por uma determinada massa de gás ideal.



Num diagrama da pressão (P) em função do volume (V), essas transformações deveriam ser indicadas por

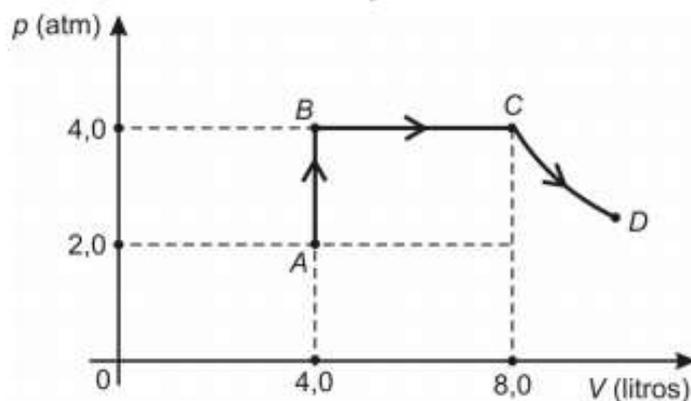




d)

27. (AFA 2015)

Uma amostra de n mols de gás ideal sofre as transformações AB (isovolumétrica), BC (isobárica) e CD (isotérmica) conforme representação no diagrama pressão (p) x volume (V), mostrado a seguir



Sabendo-se que a temperatura do gás no estado A é 27°C , pode-se afirmar que a temperatura dele, em $^\circ\text{C}$, no estado D é

- a) 108
- b) 327
- c) 628
- d) 927

28. (AFA 2014)

Dispõe-se de duas máquinas térmicas de Carnot. A máquina 1 trabalha entre as temperaturas de 227°C e 527°C , enquanto a máquina 2 opera entre 227 K e 527 K . Analise as afirmativas a seguir e responda ao que se pede.

- I. A máquina 2 tem maior rendimento que a máquina 1.
- II. Se a máquina 1 realizar um trabalho de 2000 J terá retirado 6000 J de calor da fonte quente.



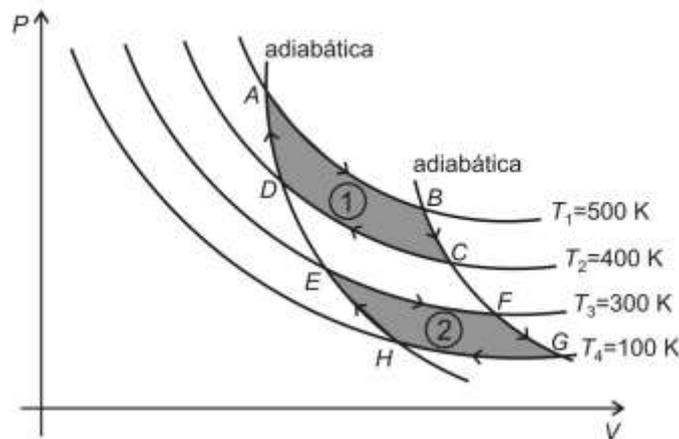
- III. Se a máquina 2 retirar 4000 J de calor da fonte quente irá liberar aproximadamente 1720 J de calor para a fonte fria.
- IV. Para uma mesma quantidade de calor retirada da fonte quente pelas duas máquinas, a máquina 2 rejeita mais calor para a fonte fria.

São corretas apenas

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e IV.
- d) III e IV.

29. (AFA 2014)

Considere um gás ideal que pode ser submetido a duas transformações cíclicas reversíveis e não simultâneas, 1 e 2, como mostrado no diagrama PV abaixo.



Na transformação 1 o gás recebe uma quantidade de calor Q_1 de uma fonte quente à temperatura T_1 e cede a quantidade de calor Q_2 para a fonte fria à temperatura T_2 . Enquanto que, na transformação 2, as quantidades de calor recebida, Q'_1 , e cedida, Q'_2 , são trocadas respectivamente com duas fontes às temperaturas T_3 e T_4 .

Nessas condições, é correto afirmar que

- a) a variação da entropia nas transformações BC, DA, FG e HE é não nula.
- b) nas transformações AB e EF, a variação da entropia é negativa, enquanto que, nas transformações CD e GH, é positiva.
- c) na transformação 1, a variação da entropia é não nula e $Q_1 = \frac{5}{4} \cdot Q_2$
- d) na transformação 2, a variação da entropia é nula e $Q'_1 = 3 \cdot Q'_2$.

30. (AFA 2000)



Uma máquina térmica funcionando segundo o ciclo de Carnot entre as temperaturas $T_1 = 700\text{K}$ e $T_2 = 300\text{K}$ recebe da fonte quente 1250J de calor. O calor rejeitado, em joules, para a fonte fria é aproximadamente

- a) 423
- b) 536
- c) 641
- d) 712

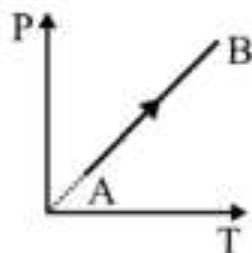
31.(EEAR 2020)

Em regiões mais frias, é usual utilizar o parâmetro “Sensação Térmica” para definir a temperatura percebida pelas pessoas. A exposição da pele ao vento é uma das variáveis que compõem esse parâmetro. Se durante essa exposição, a camada de ar em contato com a pele é constantemente renovada por outra com uma temperatura menor do que a pele, pode-se afirmar corretamente que:

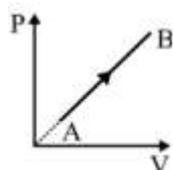
- a) não há troca de calor entre a pele e a camada de ar.
- b) há troca constante de calor da camada de ar para a pele.
- c) há troca constante de calor da pele para a camada de ar.
- d) há troca constante de calor da pele para camada de ar e vice-versa.

32.(EEAR 2020)

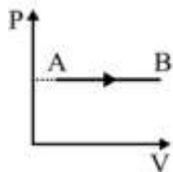
Uma amostra de um gás ideal sofre a transformação termodinâmica do estado A para o estado B representada no gráfico P (pressão) em função de T (temperatura) representada a seguir:



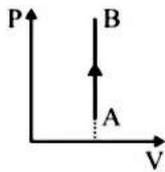
Entre as alternativas, assinale aquela que melhor representa o gráfico P em função de V (volume) correspondente a transformação termodinâmica de A para B.



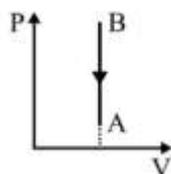
a)



b)



c)



d)

33.(EEAR 2020)

É comum, na Termodinâmica, utilizar a seguinte expressão: $(P_1V_1)/T_1$ é igual a $(P_2V_2)/T_2$. Nessa expressão, P, V e T representam, respectivamente, a pressão, o volume e a temperatura de uma amostra de um gás ideal. Os números representam os estados inicial (1) e final (2). Para utilizar corretamente essa expressão é necessário que o número de mols, ou de partículas, do estado final seja _____ do estado inicial e que a composição dessa amostra seja _____ nos estados final e inicial.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas da frase acima.

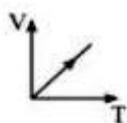
- a) o mesmo – a mesma
- b) diferente – a mesma
- c) o mesmo – diferente
- d) diferente – diferente

34.(EEAR 2018)

O gráfico que melhor representa a expansão de uma amostra de gás ideal a pressão constante é:

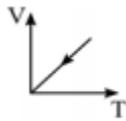
Considere:

- 1) a temperatura (T) dada em kelvin (K) e
- 2) V = volume.

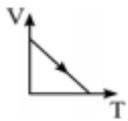


a)

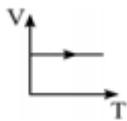




b)



c)



d)

35.(EEAR 2018)

Se um motor recebe 1000 J de energia calorífica para realizar um trabalho de 300 J, pode-se afirmar que a variação de sua energia interna, em joules, e seu rendimento, valem:

- a) $\Delta U = 300$; $r = 70\%$
- b) $\Delta U = 300$; $r = 30\%$
- c) $\Delta U = 1700$; $r = 70\%$
- d) $\Delta U = 1700$; $r = 30\%$

36.(EEAR 2018)

Um balão de borracha preto foi preenchido com ar e exposto ao sol. Após certo tempo tende a se mover para cima se não estiver preso a algo. Uma possível explicação física para tal acontecimento seria:

- a) *O aquecimento do ar dentro do balão causa uma propulsão em seu interior devido à convecção do ar;*
- b) *O aumento da temperatura dentro do balão diminui a densidade do ar, fazendo com que o empuxo tenda a ficar maior do que o peso;*
- c) *A borracha do balão tem a sua composição alterada, tornando-o mais leve;*
- d) *O aquecimento do ar diminui a massa do mesmo dentro do balão, tornando-o mais leve.*

37.(EEAR 2017)

Ao construir uma máquina de Carnot, um engenheiro percebeu que seu rendimento era de 25%. Se a fonte fria trabalha a 25 o C, a temperatura da fonte quente, em o C, de tal motor será aproximadamente:

- a) 12,4
- b) 124
- c) 1240



d) 12400

38.(EEAR 2015)

Ao estudar as transformações termodinâmicas, um aluno lê a seguinte anotação em um livro:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_f V_f}{T_f}$$

Onde P_0 e P_f são as pressões inicial e final, V_0 e V_f são os volumes inicial e final; e T_0 e T_f são as temperaturas inicial e final de uma amostra de gás ideal. O aluno pode afirmar corretamente que, nessa anotação, $\frac{P_0 V_0}{T_0}$ e $\frac{P_f V_f}{T_f}$ se referem :

- a) a amostras diferentes de gás ideal.
- b) a uma mesma amostra de gás ideal.
- c) somente ao número de mols de amostras diferentes.
- d) à variação do número de mols em uma transformação.

39.(EEAR 2015)

A transformação termodinâmica em que o calor cedido ou absorvido se refere ao calor latente é a transformação:

- a) isobárica.
- b) adiabática.
- c) isométrica.
- d) isotérmica.

40.(EEAR 2015)

Uma amostra de um gás ideal sofre uma expansão isobárica. Para que isto ocorra é necessário que essa amostra :

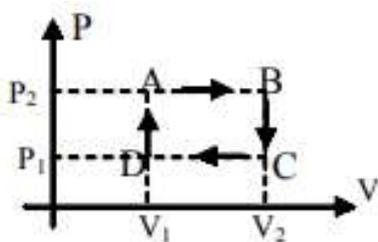
- a) não realize trabalho.
- b) Permaneça com temperatura constante.
- c) Receba calor e cujo valor seja maior que o trabalho realizado.
- d) Receba calor e cujo valor seja menor que o trabalho realizado.



41.(EEAR 2014)

Considere uma máquina térmica que funciona em ciclos, tal como indica o gráfico de pressão e volume apresentado abaixo:

Observação: as linhas pontilhadas que determinam os segmentos AB e DC são paralelas ao eixo V, de maneira análoga, as linhas pontilhadas que determinam os segmentos DA e BC são paralelas ao eixo P.



Neste caso, podemos afirmar, corretamente, que:

- O trabalho resultando é nulo.
- O ciclo é formado por duas transformações isobáricas e duas isocóricas.
- O ciclo é formado por duas transformações isotermas e duas isobáricas.
- Todas as transformações ocorridas no ciclo foram adiabáticas.

42.(EEAR 2012)

Após a tsunami atingir a cidade japonesa de Fukushima, o sistema elétrico que mantinha o resfriamento dos reatores dessa cidade parou de funcionar. Esses reatores são conhecidos como de segunda geração.

Já os geradores de terceira geração, mais modernos, para manter a temperatura do núcleo constante utilizam o movimento, devido a convecção, de um fluido de refrigeração próximo ao núcleo do reator (a uma temperatura T_R) até um reservatório em que este fluido está a uma temperatura T_A .

Entre as alternativas, assinale aquela que indica uma situação em que **não ocorre** o processo de convecção.

- $T_R > T_A$.
- $T_R = T_A$.
- Usar água do mar como fluido, para $T_R > T_A$.
- Usar ar atmosférico como fluido, para $T_R > T_A$.

43.(EAM 2011)

O comportamento do ser humano se transformou no momento em que dominou o fogo e obteve luz para iluminar a escuridão; e calor para aquecer os dias frios e espantar os animais predadores. Sobre o homem na pré-história, sentado à beira de uma fogueira, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. O calor chega até ele por condução.
- II. A fumaça da fogueira sobe por correntes de convecção.
- III. A luz do fogo é uma onda eletromagnética.
- IV. O calor da fogueira tem uma temperatura muito alta.

Assinale a opção que apresenta as afirmativas **INCORRETAS**:

- a) I e III.
- b) II e IV.
- c) III e IV.
- d) I e IV.
- e) II e III.

44.(EEAR 2008)

Dentro de um determinado recipiente fechado existe uma massa de gás ideal ocupando um determinado volume X , à pressão de $0,6 \text{ atm}$ e a temperatura de 300 K . Se todo o conjunto for aquecido até $97 \text{ }^\circ\text{C}$, em uma transformação isocórica, qual será o valor, em atm , da nova pressão do gás?

- a) $0,74$
- b) $1,20$
- c) $4,50$
- d) $6,00$

45.(EEAR 2008)

A Lei zero da Termodinâmica está diretamente ligada:

- a) ao equilíbrio térmico.
- b) ao Princípio da Conservação da Energia.



- c) à impossibilidade de se atingir a temperatura de 0 K.
- d) ao fato de corpos de mesma massa possuírem iguais quantidades de calor.

46.(EEAR 2019)

Considere as seguintes afirmações sobre uma máquina térmica operando segundo o ciclo de Carnot, entre duas fontes de calor, uma a 27°C e a outra a 57°C.

- () O rendimento dessa máquina é de aproximadamente 52% e esse rendimento é máximo, ao menos que a temperatura da fonte fria seja zero.
- () O rendimento dessa máquina é de aproximadamente 10% e, caso essa máquina receba 5000J de calor da fonte quente, rejeitará 1000J para a fonte fria.
- () O rendimento dessa máquina é de aproximadamente 10% e, caso essa máquina receba 5000J da fonte quente, rejeitará 4500J para a fonte fria.
- () O rendimento dessa máquina irá aumentar se houver aumento da diferença de temperatura entre as fontes de calor.

Atribuindo-se verdadeiro (V) ou falso (F) para cada uma das afirmações, assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.

- a) V – F – V – F
- b) V – V – V – F
- c) F – F – V – F
- d) F – F – V – V

47.(CN 2019)

Em relação aos conceitos de mecânica, hidrostática e termologia, assinale a opção correta.

- a) A transferência de calor por condução e convecção é possível através do vácuo.
- b) Quando uma pessoa toca com o dedo em um bloco de gelo, o frio flui do gelo pra pessoa.
- c) Ao tocar em uma porta de madeira e em sua maçaneta de metal uma pessoa nota diferentes sensações térmicas, por exemplo que a maçaneta está mais fria do que a porta.
- d) A energia potencial gravitacional depende da escolha do referencial adotado.
- e) O módulo do empuxo exercido por um líquido sobre um corpo totalmente submerso nesse líquido é sempre igual ao módulo do peso do corpo.

48.(EAM 2019)

Um gás ideal sofre uma transformação isobárica cuja pressão é 10 N/m², alterando seu volume de 2 m³ para 6m³. Sendo assim, assinale a opção que fornece o trabalho, em joules, realizado pelo gás sobre o ambiente.

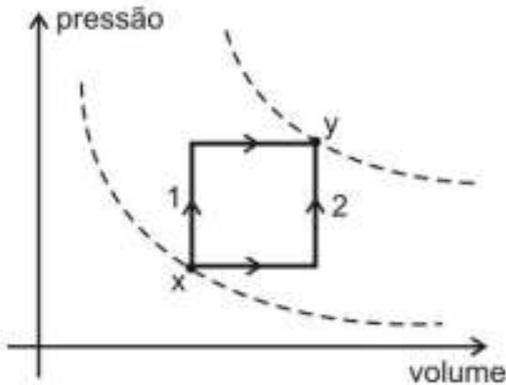
- a) 10



- b) 20
- c) 30
- d) 40
- e) 50

49.(AFA 2018)

Um sistema gasoso constituído por n mols de um gás perfeito passa do estado x para o estado y por meio dos processos distintos 1 e 2 mostrados no esquema a seguir.

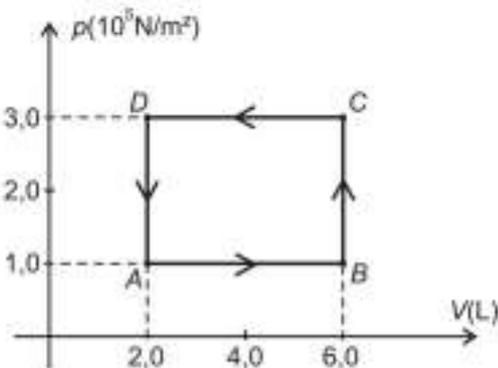


Se no processo 2 o sistema realiza um trabalho de 200 J e absorve uma quantidade de calor de 500 J, é correto afirmar que:

- a) quando o sistema for trazido de volta ao estado inicial x sua energia interna irá diminuir de 700 J.
- b) a variação da energia interna será a mesma tanto no processo 1 quanto no 2.
- c) o trabalho realizado no processo 1 será igual ao trabalho realizado no processo 2.
- d) se no processo 1 o trabalho realizado for de 400 J o calor recebido será de 1000 J.

50.(AFA 2017)

Um sistema termodinâmico constituído de n mols de um gás perfeito monoatômico desenvolve uma transformação cíclica ABCDA representada no diagrama a seguir.



De acordo com o apresentado pode-se afirmar que:

- a) o trabalho em cada ciclo é de 800 J e é realizado pelo sistema.

- b) o sistema termodinâmico não pode representar o ciclo de uma máquina frigorífica uma vez que o mesmo está orientado no sentido anti-horário.
- c) a energia interna do sistema é máxima no ponto D e mínima no ponto B.
- d) em cada ciclo o sistema libera 800 J de calor para o meio ambiente.

51.(EAM 2008)

Em relação aos meios de propagação do calor e suas características, assinale a opção correta.

- a) Condução / É típico dos sólidos / Ocorre deslocamento de matéria.
- b) Condução / É típico dos gases / Ocorre em corpos em contato.
- c) Convecção / É típica dos gases / É onda eletromagnética.
- d) Irradiação / É onda eletromagnética / Ocorre entre o Sol e a Terra.
- e) Irradiação / Ocorre entre o Sol e Terra / Ocorre deslocamento de matéria.

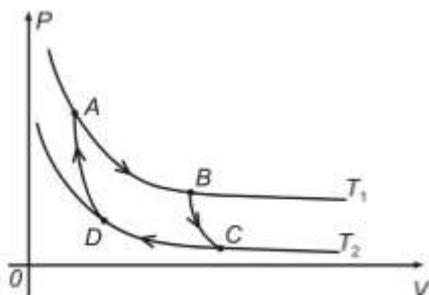
52.(EAM 2010)

No combate a incêndios, os bombeiros vestem roupas que, em alguns casos, possuem uma cobertura aluminizada por fora e um forro com componente isolante térmico (lã de vidro ou asbesto) por dentro. Esses revestimentos (por fora e por dentro) servem para minimizar os efeitos da propagação do calor, respectivamente, por:

- a) Radiação e convecção.
- b) Convecção e condução.
- c) Radiação e condução.
- d) Radiação e radiação.
- e) Condução e condução.

53.(AFA 2008)

A figura a seguir representa o Ciclo de Carnot realizado por um gás ideal que sofre transformações numa máquina térmica. Considerando-se que o trabalho útil fornecido pela máquina, em cada ciclo, é igual a 1500 J e, ainda que, $T_1 = 600$ K e $T_2 = 300$ K, é **INCORRETO** afirmar que:

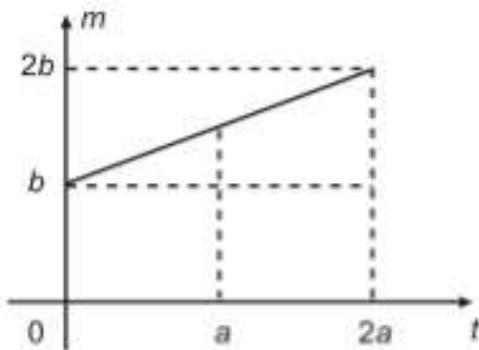


- a) a quantidade de calor retirada da fonte quente é de 3000 J.

- b) de A até B o gás se expande isotermicamente.
- c) de D até A o gás é comprimido sem trocar calor com o meio externo.
- d) de B até C o gás expande devido ao calor recebido do meio externo.

54.(AFA 2008)

Um cilindro de volume constante contém determinado gás ideal à temperatura T_0 e pressão P_0 . Mantém-se constante a temperatura do cilindro e introduz-se, lentamente, a partir do instante $t = 0$, certa massa do mesmo gás. O gráfico abaixo representa a massa m de gás existente no interior do cilindro em função do tempo t .



Nessas condições, a pressão do gás existente no recipiente, para o instante $t = a$, é igual a:

- a) $1,5p_0$.
- b) $2,0p_0$.
- c) $2,5p_0$.
- d) $4,0p_0$.

55.(AFA 2004)

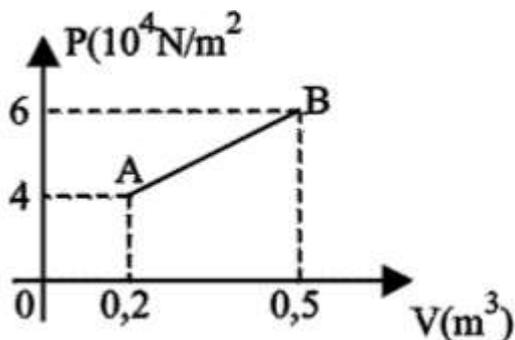
No início do curso de compressão, o cilindro de um motor diesel contém 800 cm^3 de ar, à pressão atmosférica (1 atm) e à temperatura de 27°C . No fim desse curso, o volume de ar foi reduzido para 50 cm^3 e a pressão manométrica aumentada para 40 atm. A variação de temperatura da massa do ar no cilindro foi de:

- a) 450°C
- b) 477°C
- c) 177°C
- d) 750°C

56.(AFA 2011)

Oito mols de um gás ideal monoatômico sofrem o processo termodinâmico AB indicado no gráfico. A quantidade de calor, em kJ, trocada pelo gás na transformação de A para B, é:

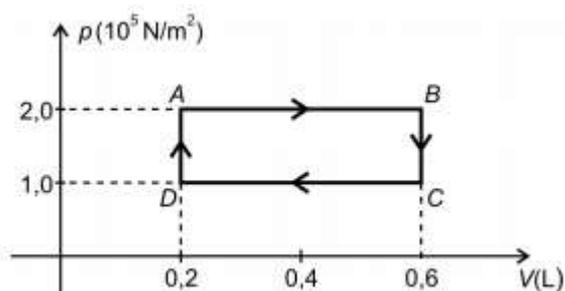
(dado: $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$)



- a) 6
- b) 12
- c) 15
- d) 48

57.(AFA 2011)

O diagrama abaixo representa um ciclo realizado por um sistema termodinâmico constituído por n mols de um gás ideal.



Sabendo-se que em cada segundo o sistema realiza 40 ciclos iguais a este, é correto afirmar que a(o):

- a) potência desse sistema é de 1600 W.
- b) trabalho realizado em cada ciclo é - 40 J.
- c) quantidade de calor trocada pelo gás com o ambiente em cada ciclo é nula.
- d) temperatura do gás é menor no ponto C.

58.(AFA 1999)

No interior de um cilindro, encontram-se 30 cm^3 de um gás perfeito, sob pressão de 3 atm e temperatura de 50°C . Inicialmente, o gás sofre expansão isotérmica e seu volume passa a ser 70 cm^3 . A seguir, sofre transformação isocórica e a pressão torna-se 2,5 atm. No final, a temperatura do gás, em $^\circ\text{C}$, vale:

- a) 323
- b) 355
- c) 430
- d) 628

59.(AFA 1999)

Uma máquina térmica trabalha entre as temperaturas de 300 K e 600 K. Em cada ciclo, a máquina retira 221 J de calor da fonte quente e rejeita 170 J de calor para a fonte fria. O rendimento da máquina e o rendimento máximo, em porcentagem, que ela poderia ter com as temperaturas entre as quais opera são, respectivamente:

- a) 44 e 56
- b) 23 e 50
- c) 50 e 77
- d) 23 e 77

60.(AFA 1999)

Certa massa de metano, cuja molécula-grama é 16 gramas, ocupa volume de 120 litros sob pressão de 2,5 atm e à temperatura de 427°C . A massa do metano, em gramas, é:

- a) 3,06
- b) 5,22
- c) 19,06
- d) 83,60



Gabarito

Parte I:

1.D	5.D	9.C	13.A	17.D	21.D	25.B	29.D
2.D	6.B	10.D	14.D	18.A	22.A	26.A	30.B
3.B	7.B	11.A	15.B	19.B	23.A	27.D	
4.C	8.A	12.B	16.D	20.D	24.B	28.B	

Parte II:

31.C	35.A	40.C	44.A	48.D	52.A	56.D	60.D
32.C	36.B	41.B	45.A	49.B	53.D	57.A	
33.A	37.B	38.B	42.B	46.D	50.D	54.A	58.B
34.A	39.D	43.D	47.C	51.D	55.B	59.B	

Lista de Questões Resolvidas e Comentadas

1. (EEAR 2006)

Se considerarmos que um ciclo ou uma transformação cíclica de uma dada massa gasosa é um conjunto de transformações após as quais o gás volta às mesmas condições que possuía inicialmente, podemos afirmar que quando um ciclo termodinâmico é completado,

- a) o trabalho realizado pela massa gasosa é nulo.*
- b) a variação da energia interna da massa gasosa é igual ao calor cedido pela fonte quente.*
- c) a massa gasosa realiza um trabalho igual à variação de sua energia interna.*
- d) a variação de energia interna da massa gasosa é nula.*

Comentário:

Analisando as alternativas:

- Falso, pois para que o trabalho seja nulo, a área do gráfico tem que ser zero, o que não é verdade sempre.



- b) Falso, pois a variação de energia interna é nula ($\Delta U = U_f - U_i$ e $U_f = U_i$, logo $\Delta U = 0$) e, com isso, $Q = W$. E da letra a, não podemos afirmar que $W = 0$, portanto, nem sempre $Q = 0$.
- c) Falso, pois da letra B, temos que $\Delta U = 0$ e da letra a, temos que o trabalho não necessariamente é nulo.
- d) Verdadeiro, pois $\Delta U = U_f - U_i$ e $U_f = U_i$, logo $\Delta U = 0$

Gabarito: D

2. (EEAR 2006)

“É impossível construir uma máquina operando em ciclos cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e convertê-lo integralmente em trabalho.”

Esse enunciado, que se refere à Segunda Lei da Termodinâmica, deve-se a

- a) Clausius.
- b) Ampère.
- c) Clapeyron.
- d) Kelvin.

Comentário:

Os enunciados da termodinâmica são dois:

- Clausius: É impossível para uma máquina térmica, sem auxílio de um agente externo, transferir calor de um corpo para outro de maior temperatura
- Kelvin: É impossível que uma máquina térmica trabalhando em ciclo consiga transformar toda energia térmica em trabalho, ou seja, possuir um rendimento de 100%

Logo, a resposta é letra D.

Gabarito: D

3. (EEAR 2006)

Muitas pessoas costumam ir à praia para o consagrado “banho de Sol”. Dessa forma, pode-se dizer que tais pessoas “recebem” calor, principalmente, através do processo de

- a) Condução.
- b) Irradiação.
- c) Convecção.
- d) Evaporação.

Comentário:



O processo de aquecimento solar ocorre, principalmente, pela irradiação. Pois os raios solares passam pelo vácuo e o único método de propagação de calor que ocorre nesse ambiente é a irradiação.

Gabarito: B

4. (EEAR 2007)

Numa máquina de Carnot, de rendimento 25%, o trabalho realizado em cada ciclo é de 400 J. O calor, em joules, rejeitado para fonte fria vale:

- a) 400
- b) 600
- c) 1200
- d) 1600

Comentário:

Como:

$$\eta = \frac{W}{Q_Q}$$

E $\eta = 25\%$ e $W = 400 \text{ J}$

$$\Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{400}{Q_Q}$$

$$Q_Q = 1600 \text{ J}$$

Sabendo que:

$$Q_Q = Q_F + W$$

$$1600 = Q_F + 400$$

$$Q_F = 1200 \text{ J}$$

Gabarito: C

5. (EEAR 2007)

Para diminuir a variação de temperatura devido a _____ de calor, do alimento em uma embalagem descartável de folha de alumínio, a face espelhada da tampa deve estar voltada para _____

Obs: A temperatura do ambiente é maior que a temperatura do alimento.

- a) radiação; dentro
- b) condução; fora



c) convecção; fora

d) radiação; fora

Comentário:

Sabendo que a face espelhada serve para diminuir o impacto de ondas térmicas, temos que a primeira parte do problema é a radiação

E como queremos evitar o aumento de calor na parte de dentro da embalagem, devemos colocar a parte espelhada para fora

Gabarito: D

6. (EEAR 2008)

A convecção é um processo de transferência de calor que ocorre

a) somente nos gases.

b) somente nos fluidos.

c) também nos sólidos.

d) nos sólidos e líquidos.

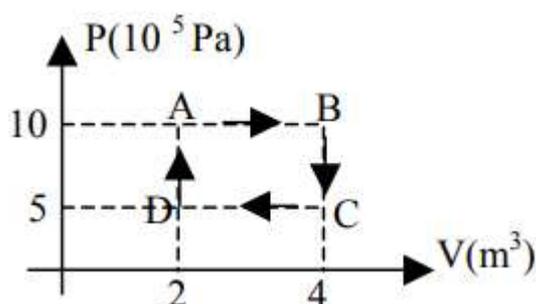
Comentário:

Sabendo que a convecção não ocorre em sólidos e que ela ocorre em líquidos e gases, conseguimos chegar a resposta. E, de fato, a convecção ocorre somente em fluidos de acordo com a letra B

Gabarito: B

7. (EEAR 2008)

Um sistema termodinâmico realiza o ciclo indicado no gráfico P x V a seguir



O trabalho resultante e a variação de energia interna do gás, ao completar o ciclo, valem, em joules, respectivamente, _____.

- a) zero e zero
- b) 10×10^5 e zero
- c) zero e 10×10^5
- d) 20×10^5 e zero

Comentário:

Sabendo que o trabalho resultante é numericamente igual a área do gráfico P x V, temos:

$$W_R = 5 \cdot 10^5 \cdot 2$$

$$W_R = 10 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Como estamos num ciclo:

$$\Delta U = U_f - U_i \text{ e } U_f = U_i$$

$$\Delta U = 0$$

Gabarito: B

8. (EEAR 2009)

Alguns balões de festa foram inflados com ar comprimido, e outros com gás hélio. Assim feito, verificou-se que somente os balões cheios com gás hélio subiram. Qual seria a explicação para este fato?

- a) O gás hélio é menos denso que o ar atmosférico.
- b) O ar comprimido é constituído, na sua maioria, pelo hidrogênio.
- c) O gás hélio foi colocado nos balões a uma pressão menor que a do ar comprimido.
- d) Os balões com gás hélio foram preenchidos a uma pressão maior que a do ar comprimido.

Comentário:

Analisando as alternativas:

- a) Verdade, pois os balões que subiram são aqueles que possuem uma densidade menor se comparada com ambiente externo. Com isso, o gás hélio possui uma densidade menor densidade se comparado com o ar comprimido.
- b) Falso, o ar comprimido possui a mesma composição do ar atmosférico. Logo, possuirá majoritariamente nitrogênio
- c) E d) Falso, pois as pressões dos gases serão iguais entre si e iguais a pressão atmosférica para que o balão não estoure nem murche

Gabarito: A

9. (EEAR 2009)

Uma certa massa de um gás ideal ocupa um volume de 3 L, quando está sob uma pressão de 2 atm e à temperatura de 27 °C. A que temperatura, em °C, esse gás deverá ser submetido para que o mesmo passe a ocupar um volume de 3,5 L e fique sujeito a uma pressão de 3 atm?

- a) 47,25
- b) 100,00
- c) 252,00
- d) 525,00

Comentário:

Sabendo que:

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

Do enunciado:

$$n_1 = n_2$$

$$p_1 = 2 \text{ atm}$$

$$V_1 = 3 \text{ L}$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$p_2 = 3 \text{ atm}$$

$$V_2 = 3,5 \text{ L}$$

Com isso:

$$\frac{2 \cdot 3}{300} = \frac{3 \cdot 3,5}{T_2}$$

$$\Rightarrow T_2 = 525 \text{ K}$$

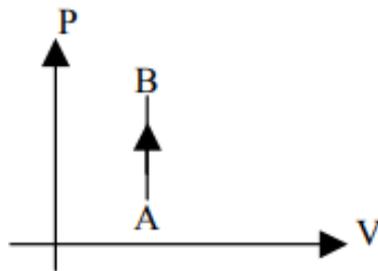
$$T_2 = 252^\circ\text{C}$$

Gabarito: C

10. (EEAR 2010)

Uma certa amostra de gás ideal recebe 20 J de energia na forma de calor realizando a transformação AB indicada no gráfico Pressão (P) X Volume (V) a seguir. O trabalho realizado pelo gás na transformação AB, em J, vale





- a) 20
- b) 10
- c) 5
- d) 0

Comentário:

Do gráfico, temos que o volume da amostra de gás não varia. Logo, o $W = 0$.

Gabarito: D

11. (EEAR 2010)

As trocas de energia térmica envolvem processos de transferências de calor. Das alternativas a seguir, assinale a única que não se trata de um processo de transferência de calor.

- a) ebulição
- b) radiação
- c) condução
- d) convecção

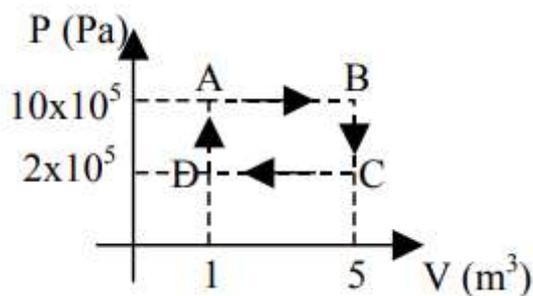
Comentário:

A partir de um conhecimento prévio, temos que a radiação, a convecção e a condução são processos de propagação de calor. Enquanto, ebulição é um processo de mudança de estado físico. Logo, a alternativa correta é a letra A

Gabarito: A

12. (EEAR 2011)

Uma certa amostra de um gás monoatômico ideal sofre as transformações que são representadas no gráfico Pressão X Volume (PXV), seguindo a sequência ABCDA.



- a) zero e zero.
- b) 4×10^6 e zero.
- c) zero e $3,2 \times 10^6$.
- d) $3,2 \times 10^6$ e zero.

Comentário:

Como o trabalho é numericamente igual a área do gráfico:

$$W_{AB} = 10 \cdot 10^5 \cdot 4$$

$$W_{AB} = 4 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Devido ao fato de estarmos trabalhando com um ciclo:

$$\Delta U = U_f - U_i \text{ e } U_f = U_i$$

$$\Delta U = 0$$

Gabarito: B

13. (EEAR 2011)

Uma certa amostra de gás monoatômico ideal, sob pressão de 5×10^5 Pa, ocupa um volume de $0,002 \text{ m}^3$. Se o gás realizar um trabalho de 6000 joules, ao sofrer uma transformação isobárica, então irá ocupar o volume de ___ m^3 .



- a) 0,014.
- b) 0,012.
- c) 0,008.
- d) 0,006.

Comentário:

A transformação isobárica é aquela na qual a pressão do gás é constante no processo. Com isso:

$$W = p \cdot \Delta V$$

$$W = 5 \cdot 10^5 \cdot \Delta V$$

$$6 \cdot 10^3 = 5 \cdot 10^5 \cdot (V_F - 0,002)$$

$$12 \cdot 10^{-3} = V_F - 2 \cdot 10^{-3}$$

$$V_F = 14 \cdot 10^{-3}$$

$$V_F = 0,014 \text{ m}^3$$

Gabarito: A

14. (EEAR 2011)

Os satélites artificiais, em geral, utilizam a energia solar para recarregar suas baterias. Porém, a energia solar também produz aquecimento no satélite.

Assinale a alternativa que completa corretamente a frase:

“Considerando um satélite em órbita, acima da atmosfera, o Sol aquece este satélite por meio do processo de transmissão de calor chamado de _____.”

- a) condução
- b) irradiação
- c) convecção
- d) evaporação

Comentário:

Como na questão é pedido uma forma de propagação de calor que ocorra no vácuo, temos que a alternativa correta é a letra B. Uma vez que a condução e a convecção precisam de um meio material para se propagar e a evaporação é um processo de transformação do estado físico.



Gabarito: B

15. (EEAR 2008)

O fato de se colocar o aparelho de ar-condicionado na parte superior da parede, ou seja, mais próximo do teto e do congelador ficar localizado na parte superior do refrigerador, referem-se ao processo de transmissão de calor por _____.

- a) condução
- b) irradiação
- c) torrefação
- d) convecção

Comentário:

Sabendo que a questão quer saber o método de propagação calor ocorrido devido uma diferença de densidades dos gases do ambiente. Com isso, temos que a resposta correta é a convecção.

Obs: torrefação é a ação de torrar algo por meio do fogo

Gabarito: D

16. (EEAR 2008)

Numa transformação gasosa, dita isobárica, o volume e a temperatura (em K) do gás ideal, são grandezas

- a) constantes.
- b) diretamente proporcionais.
- c) inversamente proporcionais.
- d) que não se apresentam relacionadas.

Comentário:

Pela equação de Clapeyron:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Sabendo que uma transformação isobárica é aquela na qual a pressão permanece constante, temos que:

p , n , R são constantes. Logo:

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

$$V = k \cdot T$$



Portanto, são diretamente proporcionais

Gabarito: B

17. (EEAR 2010)

A expressão $\Delta U = Q - \tau$; onde ΔU é a variação da energia interna de um gás, Q o calor trocado pelo gás e τ o trabalho realizado pelo ou sobre o gás, refere-se à

- a) Lei zero da Termodinâmica
- b) Lei geral dos gases perfeitos.
- c) Segunda Lei da Termodinâmica.
- d) Primeira Lei da Termodinâmica.

Comentário:

Sabendo que:

- ⇒ A lei zero da termodinâmica afirma que se dois corpos A e B estão em equilíbrio térmico. Assim como B e C estão em equilíbrio térmico. Teremos que A e C também estarão em equilíbrio térmico.
- ⇒ A primeira lei da termodinâmica é uma versão da lei da conservação de energia, onde a energia total que entra (Q) pode ser absorvida pelo corpo (ΔU) ou ser gasta (W)
Dessa forma, $Q = \Delta U + W$ ou $\Delta U = Q - W$
- ⇒ A segunda lei da termodinâmica afirma que a entropia de qualquer sistema isolado termodinamicamente tende a aumentar com o tempo, até alcançar um valor máximo.
- ⇒ A lei geral dos gases afirma que:

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

Com isso, temos que a alternativa correta é a letra D

Gabarito: D

18. (EEAR 2013)

Dentre as alternativas a seguir, assinale a única **incorreta**.

- a) A convecção é um processo de transmissão de calor que ocorre apenas nos sólidos.
- b) Solidificação é o nome dado ao fenômeno da passagem de uma substância da fase líquida para a fase sólida.

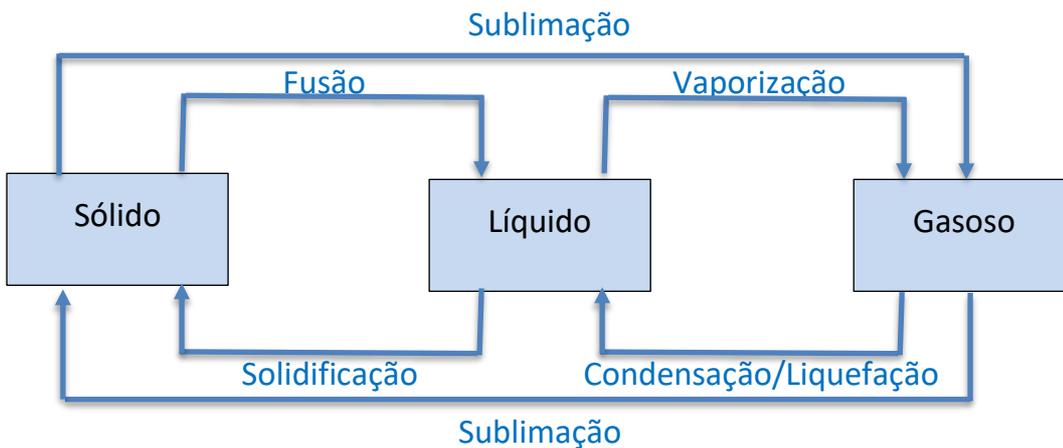


c) *Sublimação é o nome dado ao fenômeno da passagem de uma substância da fase sólida para a fase gasosa.*

d) *A condução é um processo de transmissão de calor no qual o movimento vibratório se transmite de partícula para partícula.*

Comentário:

Sabendo os processos de transformação físico:



Dessa forma, temos que as alternativas b, c estão corretas.

Com isso, basta saber que:

- ⇒ A condução é o tipo de propagação de calor no qual a energia é passada de molécula para molécula da com maior temperatura para a com menor. Com isso, ela só ocorre em meios sólidos e depende de um meio para se propagar.
- ⇒ A convecção é quando partes com diferentes temperaturas de um fluido movimentam-se em seu interior devido à diferença de densidade das partes quentes e frias do fluido. Portanto, também necessita de um meio material para se propagar e o meio não pode ser sólido.

Sendo assim, temos que a alternativa d está correta e a alternativa incorreta é a letra A.

Gabarito: A

19. (EEAR 2014)

Uma amostra de um gás ideal sofre uma compressão isotérmica. Essa amostra, portanto,

- a) *ganha calor da vizinhança.*
- b) *perde calor para a vizinhança.*
- c) *está a mesma temperatura da vizinhança.*
- d) *está a uma temperatura menor que a vizinhança.*

Comentário:

Como o processo é uma compressão isotérmica, temos que:

$$\Delta U = 0$$

Da primeira lei da termodinâmica:

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Rightarrow Q = W$$

Como é uma compressão:

$$V_F < V_I \Rightarrow W < 0$$

$$\Rightarrow Q < 0$$

Dessa forma, a amostra perde calor para a vizinhança.

Gabarito: B

20. (EEAR 2014)

Assinale a alternativa que indica corretamente uma situação possível, de acordo com a Termodinâmica.

- a) Máquina de Carnot com rendimento de 100%.
- b) Fonte fria de uma máquina térmica a zero kelvin.
- c) Troca de calor entre objetos com temperaturas iguais.
- d) Máquina de Carnot com rendimento menor que 100%.

Comentário:

Analisando, o a temperatura da fonte fria da máquina de Carnot para o rendimento de 100%:

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q} = 1$$

$$\frac{T_F}{T_Q} = 0$$

$\Rightarrow T_F = 0 \text{ K}$ (o que é fisicamente impossível de ser alcançado)

Com isso, uma máquina térmica, mesmo de Carnot, não pode possuir rendimento de 100% nem possuir temperatura da fonte igual a zero kelvin. Dessa forma, a letra a, b estão erradas.



Da lei zero da termodinâmica, temos que dois corpos a uma mesma temperatura estão em equilíbrio térmico e, portanto, não há a troca de calor entre eles. Sendo assim, a letra c está errada.

E, de fato, o rendimento de uma Máquina de Carnot pode ter o rendimento menor que 100% o que confirma que a letra d está correta.

Gabarito: D

21. (EAM 2016)

A termologia é a parte da Física que estuda os fenômenos determinados por energia térmica, que é a forma de energia relacionada à agitação das partículas de um corpo.

Com relação à termologia, analise as afirmativas abaixo

- I. Quanto maior a energia cinética média das partículas, menor a temperatura do corpo
- II. Para que haja transferência de calor entre dois corpos, eles devem estar a temperaturas diferentes
- III. Quanto maior o calor específico de um material, menor a quantidade de calor necessária para o material ser aquecido até determinada temperatura.
- IV. No Sistema Internacional de Unidades, a quantidade de calor transferida de um corpo para outro é medida em joules.

Assinale a opção correta.

- a) Apenas a afirmativa I é verdadeira.
- b) Apenas as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
- c) Apenas as afirmativas I e III são verdadeiras.
- d) Apenas as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- e) Apenas as afirmativas I, III e IV são verdadeiras.

Comentário:

Analisando as alternativas:

- I. Falso. Pois quanto maior a energia cinética média das partículas maior o grau de agitação e, conseqüentemente, maior a sua temperatura.
- II. Verdadeiro. Pois se ambos estiverem a mesma temperatura, segundo a lei zero da termodinâmica, eles estarão em equilíbrio térmico. Logo, não haverá transferência de calor.
- III. Da equação do calor específico:

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



Da equação temos que:

Quanto maior o calor específico do material, maior o calor necessário para aumentar até determinada temperatura.

Logo, a alternativa é falsa.

- IV. Verdadeiro. Pois calor é a energia térmica em movimento e, assim como qualquer energia, possui o joule como unidade de medida.

Gabarito: D

22. (EAM 2014)

O calor é uma forma de energia que ocorre devido a uma diferença de temperatura. Assinale a opção que apresenta a forma de propagação de calor que se caracteriza por ocorrer apenas nos fluidos

- a) Convecção.
- b) Irradiação.
- c) Condução.
- d) Equilíbrio Térmico.
- e) Eletrização.

Comentário:

Analisando as alternativas, temos que:

Equilíbrio térmico e eletrização não são formas de propagação de calor. Com isso, as letras d, e estão erradas.

E sabendo que:

- ⇒ A condução é o tipo de propagação de calor no qual a energia é passada de molécula para molécula da com maior temperatura para a com menor. Com isso, ela só ocorre em **meios sólidos** e depende de um meio para se propagar.
- ⇒ A convecção é quando partes com diferentes temperaturas de um fluido movimentam-se em seu interior devido à diferença de densidade das partes quentes e frias do **fluido**. Portanto, também necessita de um meio material para se propagar.
- ⇒ A indução é a propagação de energia por meio de ondas eletromagnéticas. Dessa forma, não precisa de meio material (**ocorrem no vácuo**) para se propagar.

Desse modo, a forma de propagação de calor que ocorre apenas em fluidos é a convecção. Sendo assim, a alternativa correta é a letra A



Gabarito: A**23. (CN 2013)**

Observe a tabela a seguir que mostra os mecanismos de perda de calor pelo organismo humano.

Processo	Frequência	Fenômeno
Radiação	40%	Emissão de raios infravermelhos
Convecção	30%	Fluxo de ar quente expirado.
Evaporação	20%	Calor latente de vaporização na superfície da pele.
Respiração	8%	Evaporação da parte da água contida no ar.
	2%	Aquecimento dos gases respiratórios.
Condução	Irrelevante	Contato com objeto mais frio.

Utilizando as informações acima, coloque V (verdadeiro) ou F (falso) nas afirmativas abaixo e, em seguida, assinale a opção que apresenta a sequência correta.

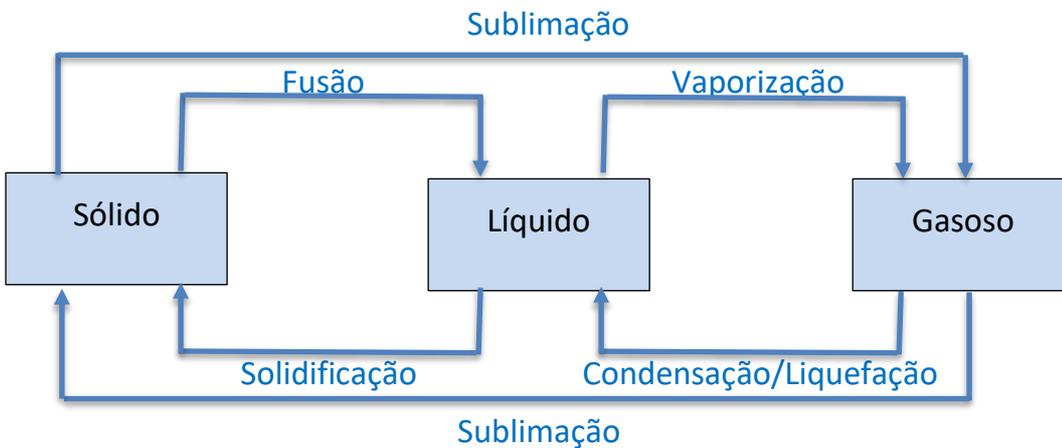
- () Radiação é o processo de transmissão de calor que não necessita de um meio físico para ocorrer.
- () Na convecção o calor é transmitido através da movimentação de massas chamadas correntes de convecção.
- () A evaporação é um tipo de vaporização lenta e representa a passagem do estado sólido para o estado gasoso.
- () Na condução o calor é transmitido, exclusivamente, através da movimentação de massas.
- () Raios infravermelhos são radiações térmicas visíveis aos olhos humanos.
- () Calor latente é a quantidade de calor necessária para que uma substância pura mude de estado físico sem alterar a sua temperatura.

- a) (V) (V) (F) (F) (F) (V)
- b) (V) (V) (F) (F) (F) (F)
- c) (V) (F) (V) (V) (F) (V)
- d) (F) (V) (F) (F) (V) (V)
- e) (F) (V) (V) (V) (F) (F)

Comentário:

Analisando as alternativas na ordem dada:

- 1- Verdadeiro. A radiação não precisa de um meio material para se propagar e, portanto, pode ocorrer no vácuo.
- 2- Verdadeiro. Pois convecção ocorre devido à diferença de densidade gerada pelas diferentes temperaturas do fluido e essa diferença de densidade concebe correntes de convecção.
- 3- Da tabela:



Temos que a vaporização é a mudança de estado líquido para estado gasoso. Enquanto, o processo de mudança do estado sólido para o estado gasoso é a sublimação.

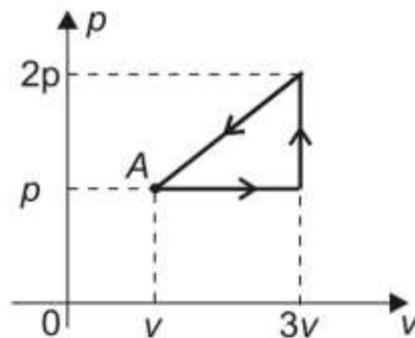
- 4- Falso. Pois na condução o calor é transferido de partícula para partícula. E na convecção que temos movimentação de massas.
- 5- Falso. Pois os raios infravermelhos não são visíveis pelos olhos humanos.
- 6- Verdadeiro. Pois calor latente é o responsável pela mudança de estado físico e para uma substancia pura ocorre a temperatura constante. Enquanto, o calor sensível é o responsável pela mudança de temperatura.

Dessa forma, temos que a alternativa correta é a letra A

Gabarito: A

24. (AFA 2009)

O diagrama a seguir representa o ciclo percorrido por 3 mols de um gás perfeito.



Sabendo-se que no estado A a temperatura é $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ e considerando $R = 8\text{ J/mol} \cdot \text{K}$, o trabalho, em joules, realizado pelo gás no ciclo é

- a) 12000
- b) -6000
- c) 1104
- d) -552

Comentário:

Utilizando a Equação de Clapeyron no ponto A:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T_A \quad (1)$$

Sabendo que o trabalho realizado pelo gás no ciclo é numericamente igual a área:

$$W = - \frac{(2p - p) \cdot (3V - V)}{2}$$

$$W = - \frac{p \cdot 2V}{2}$$

$$W = -p \cdot V$$

De (1):

$$W = -n \cdot R \cdot T_A$$

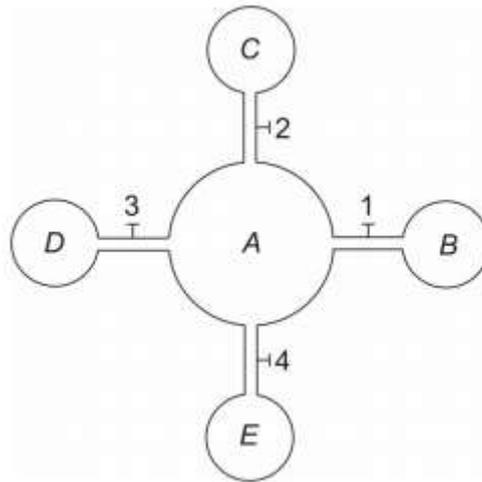
$$W = -3 \cdot 8 \cdot (273 - 23)$$

$$W = -6000\text{ J}$$

Gabarito: B

25. (AFA 2009)

O gás contido no balão A de volume V e pressão p é suavemente escoado através de dutos rígidos e de volumes desprezíveis, para os balões B, C, D e E, idênticos e inicialmente vazios, após a abertura simultânea das válvulas 1, 2, 3 e 4, como mostra a figura abaixo.



Após atingido o equilíbrio, a pressão no sistema de balões assume o valor $\frac{p}{3}$. Considerando que não ocorre variação de temperatura, o volume de dois dos balões menores é

- a) $0,5 V$
- b) $1,0 V$
- c) $1,5 V$
- d) $2,0 V$

Comentário:

Pela lei geral dos gases:

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

Do enunciado:

$$V_1 = V$$

$$p_1 = p$$

$$p_2 = \frac{p}{3}$$

$$V_2 = V + 4 \cdot v$$

$$T_1 = T_2$$

Com isso:

$$\frac{p \cdot V}{T_1} = \frac{p \cdot (V + 4 \cdot v)}{3 \cdot T_1}$$

$$3 \cdot V = V + 4 \cdot v$$

$$v = 0,5 \cdot V$$



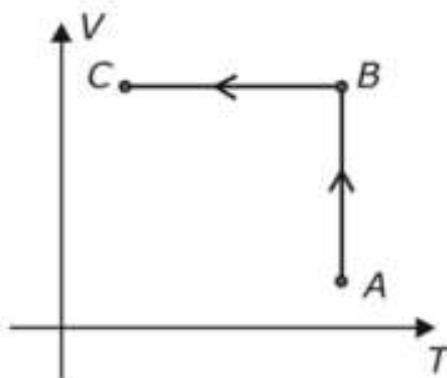
Contudo, queremos 2.v:

$$2.v = 1,0.V$$

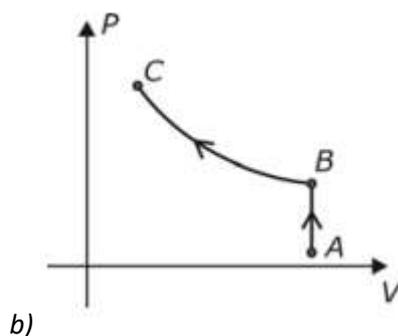
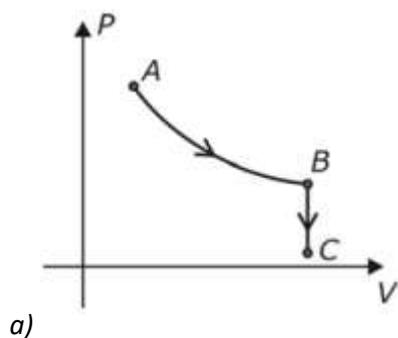
Gabarito: B

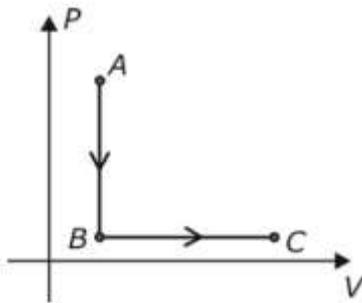
26. (AFA 2010)

No diagrama a seguir, do volume (V) em função da temperatura absoluta (T), estão indicadas as transformações AB e BC sofridas por uma determinada massa de gás ideal.

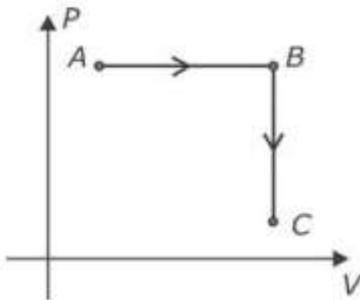


Num diagrama da pressão (P) em função do volume (V), essas transformações deveriam ser indicadas por





c)



d)

Comentário:

Do gráfico do enunciado, temos que:

- ⇒ O processo AB é uma expansão isotérmica
- ⇒ O processo BC é um processo isocórico com diminuição de temperatura

Sendo assim, no gráfico $p \times V$, pedido:

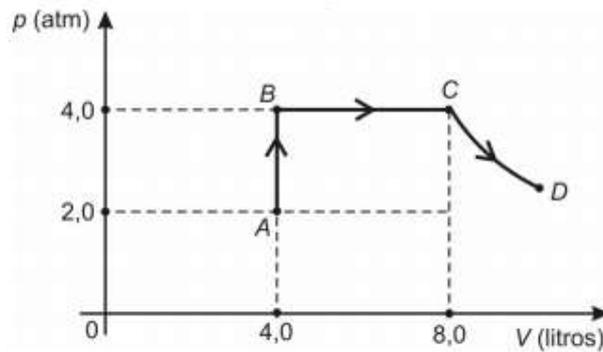
- ⇒ O processo AB será um ramo de hipérbole com aumento de volume
- ⇒ O processo BC será uma reta com diminuição (observamos isso, devido a equação de clapeyron) de pressão

Logo, a resposta correta é a letra A.

Gabarito: A

27. (AFA 2015)

Uma amostra de n mols de gás ideal sofre as transformações AB (isovolumétrica), BC (isobárica) e CD (isotérmica) conforme representação no diagrama pressão (p) x volume (V), mostrado a seguir



Sabendo-se que a temperatura do gás no estado A é 27°C , pode-se afirmar que a temperatura dele, em $^{\circ}\text{C}$, no estado D é

- a) 108
- b) 327
- c) 628
- d) 927

Comentário:

Pela lei geral dos gases:

⇒ Entre A e B:

$$\frac{p_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{p_B \cdot V_B}{T_B}$$

⇒ Entre B e C:

$$\frac{p_B \cdot V_B}{T_B} = \frac{p_C \cdot V_C}{T_C}$$

Como CD é uma isotérmica:

$$T_C = T_D$$

Com isso e os dados do gráfico, temos:

$$\frac{p_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{p_C \cdot V_C}{T_D}$$

$$\frac{2 \cdot 4}{(273 + 27)} = \frac{4 \cdot 8}{T_D}$$

$$T_D = 1200 \text{ K}$$

Para celsius:

$$T_D = 1200 - 273$$

$$T_D = 927^{\circ}\text{C}$$

Gabarito: D



28. (AFA 2014)

Dispõe-se de duas máquinas térmicas de Carnot. A máquina 1 trabalha entre as temperaturas de 227 °C e 527 °C, enquanto a máquina 2 opera entre 227 K e 527 K. Analise as afirmativas a seguir e responda ao que se pede.

- V. A máquina 2 tem maior rendimento que a máquina 1.
- VI. Se a máquina 1 realizar um trabalho de 2000 J terá retirado 6000 J de calor da fonte quente.
- VII. Se a máquina 2 retirar 4000 J de calor da fonte quente irá liberar aproximadamente 1720 J de calor para a fonte fria.
- VIII. Para uma mesma quantidade de calor retirada da fonte quente pelas duas máquinas, a máquina 2 rejeita mais calor para a fonte fria.

São corretas apenas

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) II e IV.
- d) III e IV.

Comentário:

I. Analisando o rendimento das máquinas

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

Com isso:

$$\eta_1 = 1 - \frac{(227 + 273)}{(527 + 273)}$$

$$\eta_1 = 37,5\%$$

E

$$\eta_2 = 1 - \frac{227}{527}$$

$$\eta_2 = 56,9\%$$

Com isso, $\eta_2 > \eta_1$

Logo, a afirmativa está verdadeira.

II. Analisando o rendimento da máquina 1

$$\eta = \frac{W}{Q_Q}$$



Dos dados do problema:

$$\eta_1 = 37,5 \% = \frac{2000}{Q_Q}$$

$$Q_Q = \frac{16000}{3} J$$

Logo, a alternativa é falsa.

III. Do rendimento da máquina 2

$$1 - \frac{227}{527} = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q}$$

Do enunciado:

$$\frac{227}{527} = \frac{Q_F}{4000}$$

$$Q_F = 1722,96 J$$

Com isso, é verdadeira.

IV. Sabendo que:

$$1 - \frac{T_F}{T_Q} = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q}$$

$$\frac{T_F}{T_Q} = \frac{Q_F}{Q_Q}$$

$$Q_Q = \frac{T_Q \cdot Q_F}{T_F}$$

Como do enunciado:

$$Q_{Q,1} = Q_{Q,2}$$

$$\frac{800 \cdot Q_{F,1}}{500} = \frac{527 \cdot Q_{F,2}}{227}$$

$$Q_{F,2} = \frac{1816 \cdot Q_{F,1}}{2635}$$

Com isso

$$Q_{F,2} < Q_{F,1}$$

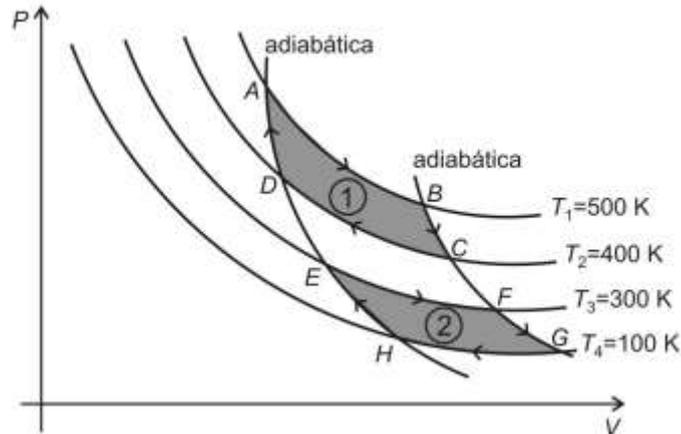
Logo, a alternativa é falsa.

Gabarito: B



29. (AFA 2014)

Considere um gás ideal que pode ser submetido a duas transformações cíclicas reversíveis e não simultâneas, 1 e 2, como mostrado no diagrama PV abaixo.



Na transformação 1 o gás recebe uma quantidade de calor Q_1 de uma fonte quente à temperatura T_1 e cede a quantidade de calor Q_2 para a fonte fria à temperatura T_2 . Enquanto que, na transformação 2, as quantidades de calor recebida, Q'_1 , e cedida, Q'_2 , são trocadas respectivamente com duas fontes às temperaturas T_3 e T_4 .

Nessas condições, é correto afirmar que

- a) a variação da entropia nas transformações BC, DA, FG e HE é não nula.
- b) nas transformações AB e EF, a variação da entropia é negativa, enquanto que, nas transformações CD e GH, é positiva.
- c) na transformação 1, a variação da entropia é não nula e $Q_1 = \frac{5}{4} \cdot Q_2$
- d) na transformação 2, a variação da entropia é nula e $Q'_1 = 3 \cdot Q'_2$.

Comentário:

Analisando as alternativas:

a) Falso. Pois como BC, DA, FG e HE são adiabáticas:

$$dQ = 0$$

Na fórmula de entropia:

$$dS = \int \frac{dQ}{T}$$

Logo: $dS = 0$

b) Do gráfico:

$Q_{AB} > 0$ e $Q_{EF} > 0 \rightarrow$ Recebem calor

$Q_{CD} > 0$ e $Q_{GH} > 0 \rightarrow$ Cedem calor

Como os processos são isotérmicas:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

Como $T > 0$, temos que a variação da entropia possui o mesmo sinal do calor. Logo, a alternativa está incorreta.

c) Falso. Pois como a entropia é uma função de estado:

$$\Delta S = S_F - S_I \text{ e do ciclo } S_F = S_I$$

$$\text{Logo, } \Delta S = S_I - S_I = 0$$

d) Da letra c, temos que:

$$\Delta S = 0$$

Com isso:

$$\Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 = 0$$

Como nas adiabáticas $\Delta S_{\text{adiabática}} = 0$

$$\Delta S_1 + \Delta S_3 = 0$$

$$\frac{Q_Q}{T_Q} + \frac{(-Q_F)}{T_F} = 0$$

Disso, temos que:

$$\frac{T_F}{T_Q} = \frac{Q_F}{Q_Q}$$

Portanto:

$$\frac{Q_1'}{Q_2'} = \frac{100}{300}$$

$$Q_1' = 3 \cdot Q_2'$$

Logo, a afirmativa está correta.

Gabarito: D

30. (AFA 2000)

Uma máquina térmica funcionando segundo o ciclo de Carnot entre as temperaturas $T_1 = 700\text{K}$ e $T_2 = 300\text{K}$ recebe da fonte quente 1250J de calor. O calor rejeitado, em joules, para a fonte fria é aproximadamente

a) 423

b) 536

c) 641



d) 712

Comentário:

Sabendo que:

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q} = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q}$$

$$\frac{T_F}{T_Q} = \frac{Q_F}{Q_Q}$$

$$\frac{300}{700} = \frac{Q_F}{1250}$$

$$Q_F = 535,71 \text{ J}$$

$$Q_F \approx 536 \text{ J}$$

Gabarito: B

31.(EEAR 2020)

Em regiões mais frias, é usual utilizar o parâmetro “Sensação Térmica” para definir a temperatura percebida pelas pessoas. A exposição da pele ao vento é uma das variáveis que compõem esse parâmetro. Se durante essa exposição, a camada de ar em contato com a pele é constantemente renovada por outra com uma temperatura menor do que a pele, pode-se afirmar corretamente que:

- a) não há troca de calor entre a pele e a camada de ar.
- b) há troca constante de calor da camada de ar para a pele.
- c) há troca constante de calor da pele para a camada de ar.
- d) há troca constante de calor da pele para camada de ar e vice-versa.

Comentário:

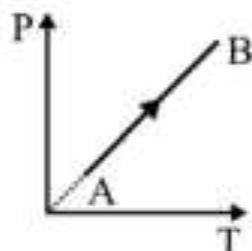
A camada de ar em contato com a pele “recebe” calor da pele para posteriormente ser renovada por uma de temperatura menor, ou seja, a camada anterior é aquecida e então substituída por uma camada nova e mais fria.

Gabarito: C

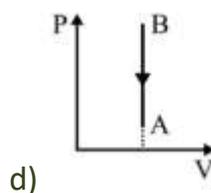
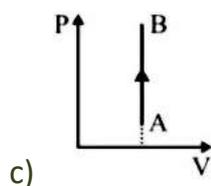
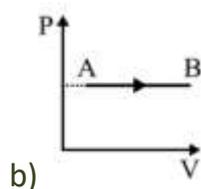
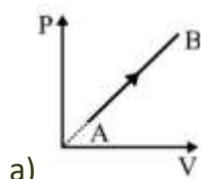


32.(EEAR 2020)

Uma amostra de um gás ideal sofre a transformação termodinâmica do estado A para o estado B representada no gráfico P (pressão) em função de T (temperatura) representada a seguir:



Entre as alternativas, assinale aquela que melhor representa o gráfico P em função de V (volume) correspondente a transformação termodinâmica de A para B.

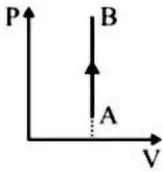
**Comentário:**

Da equação $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$, temos:

$$P = \frac{n \cdot R}{V} \cdot T$$

do gráfico, obtemos que o coeficiente angular da função P(T) (pressão em função da temperatura), é **constante**, portanto:

$\frac{n.R}{V} = cte.$ → como “n” e “R” são constantes, temos que “V” também é constante. Logo o gráfico que mais se adequa a tal afirmação é:



Gabarito: C

33.(EEAR 2020)

É comum, na Termodinâmica, utilizar a seguinte expressão: $\frac{(P_1V_1)}{T_1}$ é igual a $\frac{(P_2V_2)}{T_2}$. Nessa expressão, P, V e T representam, respectivamente, a pressão, o volume e a temperatura de uma amostra de um gás ideal. Os números representam os estados inicial (1) e final (2). Para utilizar corretamente essa expressão é necessário que o número de mols, ou de partículas, do estado final seja _____ do estado inicial e que a composição dessa amostra seja _____ nos estados final e inicial.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas da frase acima.

- a) o mesmo – a mesma
- b) diferente – a mesma
- c) o mesmo – diferente
- d) diferente – diferente

Comentário:

A equação consiste em isolar a constante real dos gases “R”, da seguinte forma:

$$P.V = n.R.T \rightarrow R = \frac{P.V}{n.T}$$

Desta forma, temos que para dois estados diferentes (1) e (2);

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2}$$

Para a equação acima ser idêntica à do enunciado, temos que $n_1 = n_2$, e para a equação de Clapeyron ($P.V = n.R.T$) ser válida, a composição da matéria analisada deve ser a mesma nos dois estados, caso contrário os sistemas (1) e (2) não podem ser comparados.

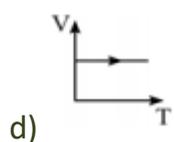
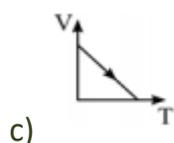
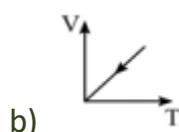
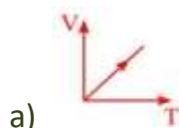
Gabarito: A

34.(EEAR 2018)

O gráfico que melhor representa a expansão de uma amostra de gás ideal a pressão constante é:

Considere:

- 1) a temperatura (T) dada em kelvin (K) e
- 2) V = volume.

**Comentário:**

Da equação de clapeyron ($P \cdot V = n \cdot R \cdot T$), temos :

$$V = \frac{n \cdot R}{P} \cdot T$$

Como “n” e “R” são constantes no sistema analisado, temos que para uma expansão à pressão constante, temos que o gráfico VxT deva ser uma reta.

OBS: como se trata de uma expansão, devemos analisar o gráfico no qual o volume aumenta. Assim eliminamos as letras “b”, “c” e “d”, matando a questão de forma bem rápida!!

**Gabarito: A****35.(EEAR 2018)**

Se um motor recebe 1000 J de energia calorífica para realizar um trabalho de 700 J, pode-se afirmar que a variação de sua energia interna, em joules, e seu rendimento, valem:

- a) $\Delta U = 300$; $r = 70\%$
- b) $\Delta U = 300$; $r = 30\%$



c) $\Delta U = 1700; r = 70\%$

d) $\Delta U = 1700; r = 30\%$

Comentário:

Da 1ª Lei da Termodinâmica, temos:

$\Delta U = Q - W$; assim como $Q = 1000$ J e $W = 700$ J, temos:

$$\Delta U = 1000 - 700 = \mathbf{300\ J}$$

Num motor térmico, temos que o rendimento é da forma: $\eta = \frac{W}{Q}$;

Portanto: $\eta = \frac{700}{1000} = \mathbf{70\%}$

Obs:No vestibular, a questão foi anulada por erro de digitação. No lugar de 300 J eram para ser 700 J.

Gabarito: A**36.(EEAR 2018)**

Um balão de borracha preto foi preenchido com ar e exposto ao sol. Após certo tempo tende a se mover para cima se não estiver preso a algo. Uma possível explicação física para tal acontecimento seria:

- a) *O aquecimento do ar dentro do balão causa uma propulsão em seu interior devido à convecção do ar;*
- b) *O aumento da temperatura dentro do balão diminui a densidade do ar, fazendo com que o empuxo tenda a ficar maior do que o peso;*
- c) *A borracha do balão tem a sua composição alterada, tornando-o mais leve;*
- d) *O aquecimento do ar diminui a massa do mesmo dentro do balão, tornando-o mais leve.*

Comentário:

Da equação de Clapeyron: $P.V = n.R.T \rightarrow \rho = \frac{P.MM}{R.T}$

Assim, ao aumentarmos a temperatura, diminuimos a densidade do gás, logo:

$F = \text{Empuxo} - \text{Peso} = (\rho_1 - \rho_2).V.g$, dessa forma, ao diminuirmos a densidade do gás, o mesmo tende a subir.

Gabarito: B**37.(EEAR 2017)**

Ao construir uma máquina de Carnot, um engenheiro percebeu que seu rendimento era de 25%. Se a fonte fria trabalha a 25 °C, a temperatura da fonte quente, em °C, de tal motor será aproximadamente:

- a) 12,4
- b) 124
- c) 1240



d) 12400

Comentário:

Sabendo que : $\eta = \frac{T_q - T_f}{T_q}$; Onde “Tq” é a temperatura da fonte quente e Tf a temperatura da fonte fria .

$$\text{Temos : } \eta = \frac{T_q - 298K}{T_q} = 1/4 \rightarrow 4T_q - 4.298 = T_q \rightarrow 3T_q = 4.298$$

$$\rightarrow T_q = 397,33 \dots K \rightarrow T_q \cong 124^\circ C$$

Obs: Lembrando que as temperaturas utilizadas são na escala **Kelvin!!**

Gabarito: B**38.(EEAR 2015)**

Ao estudar as transformações termodinâmicas, um aluno lê a seguinte anotação em um livro:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_f V_f}{T_f}$$

Onde P_0 e P_f são as pressões inicial e final, V_0 e V_f são os volumes inicial e final; e T_0 e T_f são as temperaturas inicial e final de uma amostra de gás ideal. O aluno pode afirmar corretamente que, nessa anotação, $\frac{P_0 V_0}{T_0}$ e $\frac{P_f V_f}{T_f}$ se referem:

- a) a amostras diferentes de gás ideal.
- b) a uma mesma amostra de gás ideal.
- c) somente ao número de mols de amostras diferentes.
- d) à variação do número de mols em uma transformação.

Comentário:

A equação consiste em isolar a constante real dos gases “R”, da seguinte forma:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow R = \frac{P \cdot V}{n \cdot T}$$

Desta forma, temos que para dois estados diferentes (1) e (2);

$$\frac{P_0 V_0}{n_0 T_0} = \frac{P_f V_f}{n_f T_f}$$

Para a equação de Clapeyron ($P \cdot V = n \cdot R \cdot T$) ser válida , a composição da matéria analisada deve ser a mesma nos dois estados , caso contrário os sistemas inicial e final não podem ser comparados. Logo, estamos tratando de uma mesma amostra de um gás.

Gabarito: B

39.(EEAR 2015)

A transformação termodinâmica em que o calor cedido ou absorvido se refere ao calor latente é a transformação:

- a) *isobárica.*
- b) *adiabática.*
- c) *isométrica.*
- d) *isotérmica.*

Comentário:

Transformações onde utilizamos o calor latente são as de **mudança de estado físico**. Desta forma, em mudanças de estado físico, a temperatura se mantém constante. Logo, trata-se de uma transformação **isotérmica**.

Gabarito: D

40.(EEAR 2015)

Uma amostra de um gás ideal sofre uma expansão isobárica. Para que isto ocorra é necessário que essa amostra :

- a) *não realize trabalho.*
- b) *Permaneça com temperatura constante.*
- c) *Receba calor e cujo valor seja maior que o trabalho realizado.*
- d) *Receba calor e cujo valor seja menor que o trabalho realizado.*

Comentário:

Uma expansão **isobárica** é a qual **não** temos variação de **pressão**. Desta forma, quando o gás receber uma quantidade definida de calor , tenderá a realizar trabalho. Se **não realizar trabalho**, trata-se de uma transformação **isocórica(isovolumétrica)**. Se o valor do calor recebido for **maior que o trabalho** realizado , a variação da energia interna do gás (Pela 1ª Lei da Termodinâmica) será positiva e portanto o sistema absorverá o calor **sem que a pressão varie**.

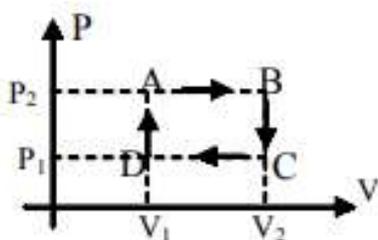
Gabarito: C



41.(EEAR 2014)

Considere uma máquina térmica que funciona em ciclos, tal como indica o gráfico de pressão e volume apresentado abaixo:

Observação: as linhas pontilhadas que determinam os segmentos AB e DC são paralelas ao eixo V, de maneira análoga, as linhas pontilhadas que determinam os segmentos DA e BC são paralelas ao eixo P.



Neste caso, podemos afirmar, corretamente, que:

- O trabalho resultando é nulo.
- O ciclo é formado por duas transformações isobáricas e duas isocóricas.
- O ciclo é formado por duas transformações isotermas e duas isobáricas.
- Todas as transformações ocorridas no ciclo foram adiabáticas.

Comentário:

Num ciclo termodinâmico temos que a variação de energia interna (ΔU) é nula e não o trabalho.

Analisando o gráfico, podemos observar que as transformações **AB e CD são isobáricas** (Pressão constante). Da mesma forma, podemos observar que as transformações **BC e DA são isocóricas** (volume constante).

Gabarito: B

42.(EEAR 2012)

Após a tsunami atingir a cidade japonesa de Fukushima, o sistema elétrico que mantinha o resfriamento dos reatores dessa cidade parou de funcionar. Esses reatores são conhecidos como de segunda geração.

Já os geradores de terceira geração, mais modernos, para manter a temperatura do núcleo constante utilizam o movimento, devido a convecção, de um fluido de refrigeração próximo ao núcleo do reator (a uma temperatura T_R) até um reservatório em que este fluido está a uma temperatura T_A .

Entre as alternativas, assinale aquela que indica uma situação em que **não ocorre** o processo de convecção.

- a) $T_R > T_A$.
- b) $T_R = T_A$.
- c) Usar água do mar como fluido, para $T_R > T_A$.
- d) Usar ar atmosférico como fluido, para $T_R > T_A$.

Comentário:

Para ocorrer o processo de convecção, o sistema deve apresentar uma diferença de temperatura. Dessa forma, para que o processo se encerre, temos que: $T_R = T_A$.

Gabarito: B

43.(EAM 2011)

O comportamento do ser humano se transformou no momento em que dominou o fogo e obteve luz para iluminar a escuridão; e calor para aquecer os dias frios e espantar os animais predadores. Sobre o homem na pré-história, sentado à beira de uma fogueira, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. O calor chega até ele por condução.
- II. A fumaça da fogueira sobe por correntes de convecção.
- III. A luz do fogo é uma onda eletromagnética.
- IV. O calor da fogueira tem uma temperatura muito alta.

Assinale a opção que apresenta as afirmativas **INCORRETAS**:

- a) I e III.
- b) II e IV.
- c) III e IV.
- d) I e IV.
- e) II e III.

Comentário:

- I. **Falso!** A propagação de calor por condução necessita de matéria para a realização, o que não ocorre com a chama.
- II. **Correto!** A fumaça da fogueira sobe por corrente de convecção devido a diferença de temperatura. O ar a uma maior temperatura tende a ficar em cima, enquanto o ar frio tende a descer.
- III. **Correto!** A luz por si só é uma onda eletromagnética, seja do fogo ou de qualquer outra fonte.
- IV. **Falso!** O calor da fogueira está a uma temperatura alta, porém não justifica a sensação de calor do ser humano.



Gabarito: D

44.(EEAR 2008)

Dentro de um determinado recipiente fechado existe uma massa de gás ideal ocupando um determinado volume X, à pressão de 0,6 atm e a temperatura de 300 K. Se todo o conjunto for aquecido até 97 °C, em uma transformação isocórica, qual será o valor, em atm, da nova pressão do gás?

- a) 0,74
- b) 1,20
- c) 4,50
- d) 6,00

Comentário:

Transformação isocórica é aquela em qual o volume é constante. Portanto:

$$\frac{P_0 V_0}{n_0 T_0} = \frac{P_f V_f}{n_f T_f} \rightarrow \frac{(0,6) \cdot X}{300} = \frac{P \cdot X}{(97^\circ\text{C} + 273)} \rightarrow P = \frac{(0,6) \cdot 300}{300} = \mathbf{0,74}$$

Gabarito: A

45.(EEAR 2008)

A Lei zero da Termodinâmica está diretamente ligada:

- a) ao equilíbrio térmico.
- b) ao Princípio da Conservação da Energia.
- c) à impossibilidade de se atingir a temperatura de 0 K.
- d) ao fato de corpos de mesma massa possuírem iguais quantidades de calor.

Comentário:

A lei zero consiste em analisar três corpos X, Y e Z. “Se os corpos X e Y estão em equilíbrio térmico com o corpo Z, então eles estão em equilíbrio térmico entre si”. Portanto, está diretamente ligada ao **Equilíbrio Térmico**.

Gabarito: A



46.(EEAR 2019)

Considere as seguintes afirmações sobre uma máquina térmica operando segundo o ciclo de Carnot, entre duas fontes de calor, uma a 27°C e a outra a 57°C.

- () O rendimento dessa máquina é de aproximadamente 52% e esse rendimento é máximo, ao menos que a temperatura da fonte fria seja zero.
- () O rendimento dessa máquina é de aproximadamente 10% e, caso essa máquina receba 5000J de calor da fonte quente, rejeitará 1000J para a fonte fria.
- () O rendimento dessa máquina é de aproximadamente 10% e, caso essa máquina receba 5000J da fonte quente, rejeitará 4500J para a fonte fria.
- () O rendimento dessa máquina irá aumentar se houver aumento da diferença de temperatura entre as fontes de calor.

Atribuindo-se verdadeiro (V) ou falso (F) para cada uma das afirmações, assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.

- a) V – F – V – F
- b) V – V – V – F
- c) F – F – V – F
- d) F – F – V – V

Comentário:

Primeiramente analisaremos o rendimento máximo teórico (Carnot): $\eta_{Carnot} = \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{\Delta Q}{Q_1}$

Dessa forma, o rendimento máximo possível é : $\eta_{carnot} = \frac{30}{330} \cong 10\%$

Assim: $0,10 = \frac{W}{5000} \rightarrow W = 500J \rightarrow Q_1 = W + Q_2 \rightarrow Q_2 = 4500J$

Caso a diferença de temperatura aumente, temos que: $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

$$\frac{T_2}{T_1} \downarrow \rightarrow \eta \uparrow$$

Gabarito: D**47.(CN 2019)**

Em relação aos conceitos de mecânica, hidrostática e termologia, assinale a opção correta.

- a) A transferência de calor por condução e convecção é possível através do vácuo.
- b) Quando uma pessoa toca com o dedo em um bloco de gelo, o frio flui do gelo pra pessoa.
- c) Ao tocar em uma porta de madeira e em sua maçaneta de metal uma pessoa nota diferentes sensações térmicas, por exemplo que a maçaneta está mais fria do que a porta.
- d) A energia potencial gravitacional depende da escolha do referencial adotado.



- e) O módulo do empuxo exercido por um líquido sobre um corpo totalmente submerso nesse líquido é sempre igual ao módulo do peso do corpo.

Comentário:

- a) A transmissão de calor por condução e convecção exige um meio de propagação.
 b) O calor flui da pessoa para o gelo e não o contrário.
 c) Devido a diferença de condutibilidade térmica, a madeira e o metal possuem temperaturas diferentes.
 d) A energia potencial gravitacional não depende do referencial, pois já está definido como o centro da Terra.
 e) O módulo do empuxo só é igual ao peso se o corpo e o líquido possuírem a mesma densidade (Caso o corpo esteja totalmente submerso).

Gabarito: C

48.(EAM 2019)

Um gás ideal sofre uma transformação isobárica cuja pressão é 10 N/m^2 , alterando seu volume de 2 m^3 para 6 m^3 . Sendo assim, assinale a opção que fornece o trabalho, em joules, realizado pelo gás sobre o ambiente.

- a) 10
 b) 20
 c) 30
 d) 40
 e) 50

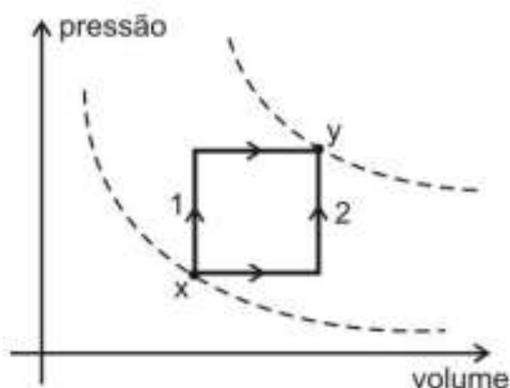
Comentário:

$$W = p \cdot \Delta V \rightarrow 10 \cdot 4 = 40J$$

Gabarito: D

49.(AFA 2018)

Um sistema gasoso constituído por n mols de um gás perfeito passa do estado x para o estado y por meio dos processos distintos 1 e 2 mostrados no esquema a seguir.



Se no processo 2 o sistema realiza um trabalho de 200 J e absorve uma quantidade de calor de 500 J, é correto afirmar que:

- quando o sistema for trazido de volta ao estado inicial x sua energia interna irá diminuir de 700 J.
- a variação da energia interna será a mesma tanto no processo 1 quanto no 2.
- o trabalho realizado no processo 1 será igual ao trabalho realizado no processo 2.
- se no processo 1 o trabalho realizado for de 400 J o calor recebido será de 1000 J.

Comentário:

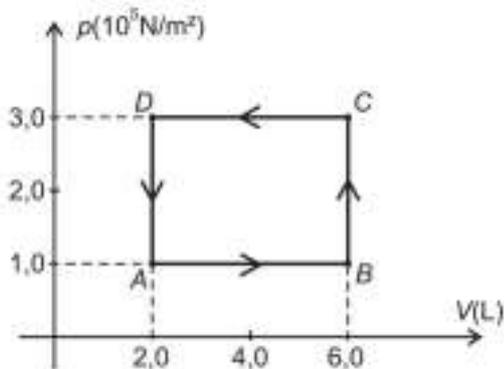
Pela 1ª Lei da termodinâmica, temos: $\Delta U = Q - W \rightarrow \Delta U = 500 - 200 = 300J$

A **variação da energia interna** é uma **função de estado**, ou seja, só depende do estado inicial e final do sistema. Assim, seja pelo caminho 1 ou pelo caminho 2 a variação de energia interna será a mesma pois o estado final é o mesmo (Y).

Gabarito: B

50.(AFA 2017)

Um sistema termodinâmico constituído de n mols de um gás perfeito monoatômico desenvolve uma transformação cíclica ABCDA representada no diagrama a seguir.



De acordo com o apresentado pode-se afirmar que:

- o trabalho em cada ciclo é de 800 J e é realizado pelo sistema.
- o sistema termodinâmico não pode representar o ciclo de uma máquina frigorífica uma vez que o mesmo está orientado no sentido anti-horário.
- a energia interna do sistema é máxima no ponto D e mínima no ponto B.
- em cada ciclo o sistema libera 800 J de calor para o meio ambiente.

Comentário:

Como se trata de um ciclo, temos que $\Delta U = 0$ e $|W| = |\text{Área do ciclo}|$

Assim, a área do ciclo é $W = -800J$

Pela primeira lei da termodinâmica: $\Delta U = Q - W \rightarrow Q = W \rightarrow Q = -800J$

A cada ciclo, a máquina libera 800 J para o ambiente!

Gabarito: D

51.(EAM 2008)

Em relação aos meios de propagação do calor e suas características, assinale a opção correta.

- a) Condução / É típico dos sólidos / Ocorre deslocamento de matéria.
- b) Condução / É típico dos gases / Ocorre em corpos em contato.
- c) Convecção / É típica dos gases / É onda eletromagnética.
- d) Irradiação / É onda eletromagnética / Ocorre entre o Sol e a Terra.
- e) Irradiação / Ocorre entre o Sol e Terra / Ocorre deslocamento de matéria.

Comentário:

Condução necessita de um meio sólido de propagação, porém não ocorre deslocamento de matéria.

Convecção necessita de um meio fluido de propagação e ocorre deslocamento de matéria.

Irradiação propaga-se no vácuo e pode ser por uma onda eletromagnética(LUZ).Não ocorre deslocamento de matéria. Ocorre entre o sol e a terra.

Gabarito: D

52.(EAM 2010)

No combate a incêndios, os bombeiros vestem roupas que, em alguns casos, possuem uma cobertura aluminizada por fora e um forro com componente isolante térmico (lã de vidro ou asbesto) por dentro. Esses revestimentos (por fora e por dentro) servem para minimizar os efeitos da propagação do calor, respectivamente, por:

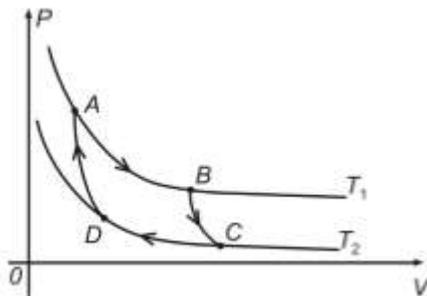
- a) Radiação e convecção.
- b) Convecção e condução.
- c) Radiação e condução.
- d) Radiação e radiação.
- e) Condução e condução.

Comentário:

O isolante térmico serve para minimizar os efeitos da propagação por convecção (ar quente em contato com o corpo do bombeiro). Já o forro de alumínio serve para minimizar a propagação por irradiação (onda eletromagnética).

Gabarito: A**53.(AFA 2008)**

A figura a seguir representa o Ciclo de Carnot realizado por um gás ideal que sofre transformações numa máquina térmica. Considerando-se que o trabalho útil fornecido pela máquina, em cada ciclo, é igual a 1500 J e, ainda que, $T_1 = 600$ K e $T_2 = 300$ K, é **INCORRETO** afirmar que:



- a) a quantidade de calor retirada da fonte quente é de 3000 J.
- b) de A até B o gás se expande isotermicamente.
- c) de D até A o gás é comprimido sem trocar calor com o meio externo.
- d) de B até C o gás expande devido ao calor recebido do meio externo.

Comentário:

Sabendo que: $\eta_{Carnot} = \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{\Delta Q}{Q_1} = \frac{W}{Q_1}$

Temos do enunciado que $W=1500$ J. Portanto:

$$\eta_{Carnot} = \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{300}{600} = 50\%$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1500}{Q_1} \rightarrow Q_1 = 3000J$$

Q_1 é o calor retirado da fonte quente !

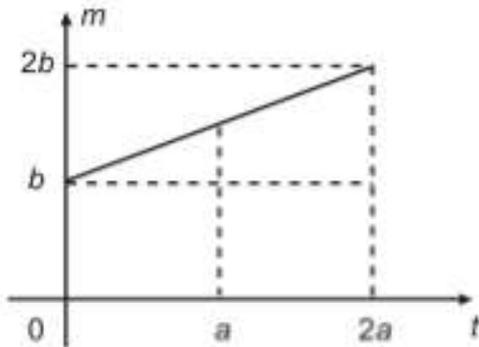
Do gráfico temos que o processo **AB** é uma **expansão isotérmica**, o processo **BC** uma **expansão adiabática**, o processo **CD** uma **compressão isotérmica** e por fim, o processo **DA** uma **compressão adiabática** (o que condiz com o ciclo de Carnot).

Ao receber calor, o gás se expande isotermicamente. Após tal expansão o gás realiza uma nova expansão, porém sem trocar calor com o meio externo.

Gabarito: D

54.(AFA 2008)

Um cilindro de volume constante contém determinado gás ideal à temperatura T_0 e pressão P_0 . Mantém-se constante a temperatura do cilindro e introduz-se, lentamente, a partir do instante $t = 0$, certa massa do mesmo gás. O gráfico abaixo representa a massa m de gás existente no interior do cilindro em função do tempo t .



Nessas condições, a pressão do gás existente no recipiente, para o instante $t = a$, é igual a:

- a) $1,5p_0$.
- b) $2,0p_0$.
- c) $2,5p_0$.
- d) $4,0p_0$.

Comentário:

Como o gráfico é linear, temos: $\frac{b}{2a} = \frac{x-b}{a} \rightarrow x = \frac{3b}{2}$

Sabendo que, para uma mesma amostra do gás: $\frac{P_0V_0}{n_0T_0} = \frac{P_fV_f}{n_fT_f}$

Como a temperatura e o volume são constantes, temos:

$$\frac{P_0}{n_0} = \frac{P_f}{n_f} \rightarrow \frac{P_0}{b/MM} = \frac{P}{1,5b/MM} \rightarrow P = 1,5P_0$$

Gabarito: A**55.(AFA 2004)**

No início do curso de compressão, o cilindro de um motor diesel contém 800 cm^3 de ar, à pressão atmosférica (1 atm) e à temperatura de 27°C . No fim desse curso, o volume de ar foi reduzido para 50 cm^3 e a pressão manométrica aumentada para 40 atm. A variação de temperatura da massa do ar no cilindro foi de:

- a) 450°C
- b) 477°C
- c) 177°C

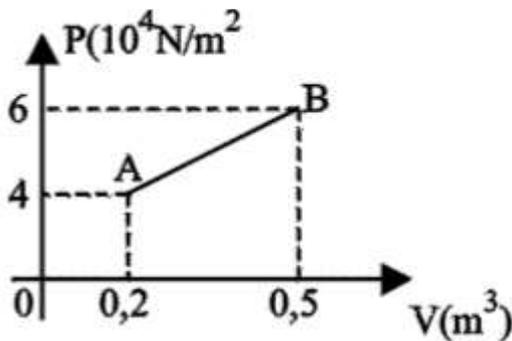
d) 750°C

Comentário:Sabendo que: $\frac{P_0 V_0}{n_0 T_0} = \frac{P_f V_f}{n_f T_f}$

$$\frac{1.800}{300} = \frac{40.50}{T} \rightarrow T = 750K \rightarrow T = 477^\circ C$$

Gabarito: B**56.(AFA 1999)**

Oito mols de um gás ideal monoatômico sofrem o processo termodinâmico AB indicado no gráfico. A quantidade de calor, em kJ, trocada pelo gás na transformação de A para B, é:

(dado: $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$)

- a) 6
- b) 12
- c) 15
- d) 48

Comentário:Sabendo que: $|W| = |\text{Área abaixo do processo}|;$

$$W = -15000J$$

Da equação de Clapeyron: $P.V = n.R.T \rightarrow T_A = 120,33K$ e $T_B = 451,26K$ Assim, $\Delta T = 330,93K$ Como o gás é monoatômico, temos que: $\Delta U = \frac{3}{2}n.R.\Delta T$, logo:

$$\Delta U = 33000,33J$$

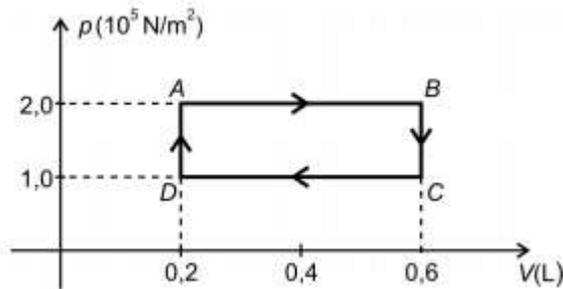
Da 1ª Lei da Termodinâmica temos: $\Delta U = Q - W \rightarrow Q = 33000,33 - (-15000) = 48000J$

$$Q \cong 48 \text{ KJ}$$



Gabarito: D**57.(AFA 2011)**

O diagrama abaixo representa um ciclo realizado por um sistema termodinâmico constituído por n mols de um gás ideal.



Sabendo-se que em cada segundo o sistema realiza 40 ciclos iguais a este, é correto afirmar que a(o):

- potência desse sistema é de 1600 W.
- trabalho realizado em cada ciclo é - 40 J.
- quantidade de calor trocada pelo gás com o ambiente em cada ciclo é nula.
- temperatura do gás é menor no ponto C.

Comentário:

Sabendo que: $|W| = |\text{Área do ciclo}|$, podemos concluir:

$$W = 40J$$

$$P = \frac{W}{\Delta t} = 40 \cdot 40 = 1600 J/s = 1600W$$

Gabarito: A**58.(AFA 1999)**

No interior de um cilindro, encontram-se 30 cm^3 de um gás perfeito, sob pressão de 3 atm e temperatura de 50°C . Inicialmente, o gás sofre expansão isotérmica e seu volume passa a ser 70 cm^3 . A seguir, sofre transformação isocórica e a pressão torna-se 2,5 atm. No final, a temperatura do gás, em $^\circ\text{C}$, vale:

- 323
- 355
- 430
- 628

Comentário:

Sabendo que, para uma mesma amostra de um gás ideal: $\frac{P_0V_0}{n_0T_0} = \frac{P_fV_f}{n_fT_f}$

Expansão isotérmica: $3 \cdot 30 = 70 \cdot P \rightarrow P = 1,28 \text{ atm}$

Transformação isocórica: $\frac{1,28}{323} = \frac{2,5}{T} \rightarrow T \cong 628K \rightarrow T \cong 355^\circ C$

Gabarito: B**59.(AFA 1999)**

Uma máquina térmica trabalha entre as temperaturas de 300 K e 600 K. Em cada ciclo, a máquina retira 221 J de calor da fonte quente e rejeita 170 J de calor para a fonte fria. O rendimento da máquina e o rendimento máximo, em porcentagem, que ela poderia ter com as temperaturas entre as quais opera são, respectivamente:

- a) 44 e 56
- b) 23 e 50
- c) 50 e 77
- d) 23 e 77

Comentário:

Numa máquina térmica temos: $Q_{\text{quente}} = Q_{\text{frio}} + W$

Do enunciado: $W = 221 - 170 = 51J$

O rendimento máximo é o rendimento de Carnot, o qual é calculado da forma: $\eta_{\text{Carnot}} = \frac{\Delta T}{T_1}$

Assim: $\eta_{\text{Carnot}} = \frac{300}{600} = 0,5 = 50\%$

O rendimento da máquina é calculado da forma: $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{51}{221} = 23\%$

Gabarito: B**60.(AFA 1999)**

Certa massa de metano, cuja molécula-grama é 16 gramas, ocupa volume de 120 litros sob pressão de 2,5 atm e à temperatura de 427 °C. A massa do metano, em gramas, é:

(dado: $R = 0,082 \text{ atm.l/mol.K}$)

- a) 3,06
- b) 5,22
- c) 19,06



d) 83,60

Comentário:

Da equação de Clapeyron: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow P \cdot V = \frac{m}{MM} \cdot R \cdot T \rightarrow 2,5 \cdot 120 = \frac{m}{16} \cdot 0,082 \cdot 700$

$m = 83,62 \text{ g}$

Gabarito: D



Considerações Finais

Querido aluno(a),

Essa aula foi extremamente importante para o pleno entendimento da terminologia. Se você está com certo receio em algum tópico, reveja toda a teoria e depois refaça os exercícios propostos. Uma valiosa dica é fazer a lista inteira e só depois olhar o gabarito com a resolução. Com isso, você se forçará a ter uma maior atenção na feitura de questões e, portanto, aumentará sua concentração no momento de prova.

Se as dúvidas persistirem, não se esqueça de acessar o Fórum de Dúvidas! Responderei suas dúvidas o mais rápido possível!



Você também pode me encontrar nas redes sociais! 😊

Conte comigo,

Vinícius Fulconi



@viniciusfulconi



vinicius.fulconi

Referências

[1] Tópicos da física 2: Volume 2 - Ricardo Helou Doca, Gualter José Biscuola, Newton Villas Boas - 21. Ed - São Paulo : Saraiva, 2012.

[2] IIT JEE Problems: Cengage.

