

Plano de Estudos

cesec

Física

Ensino Médio

Módulo III



ESCOLA DE FORMAÇÃO
E DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL
DE EDUCADORES DE MINAS GERAIS

Governador do Estado de Minas Gerais

Romeu Zema Neto

Vice-governador do Estado de Minas Gerais

Mateus Simões de Almeida

Secretário de Estado de Educação

Igor de Alvarenga Oliveira Icassatti Rojas

Secretária Adjunta

Fernanda de Siqueira Neves

Subsecretária de Desenvolvimento da Educação Básica

Kellen Silva Senra

Superintendência de Políticas Pedagógicas

Rosely Lúcia de Lima

Diretoria de Modalidades de ensino e Temáticas Especiais

Fabiana Benchetrit dos Santos

Coordenação da Educação de Jovens e Adultos

Denise Jacqueline Silva Oliveira

Superintendente da Escola de Formação e Desenvolvimento Profissional de Educadores

Graziela Santos Trindade

Diretora da Coordenadoria de Ensino da EFE

Janeth Cilene Betônico da Silva

Elaboração e construção

Professores Formadores da Escola de Formação e Desenvolvimento Profissional de Educadores

Revisão

Equipe Pedagógica e Professores Formadores da Escola de Formação e Desenvolvimento Profissional de Educadores

Supervisão

Juliano Alves Andrade
Silene Gelmini Araújo Veloso

Prezado Estudante,

Você está recebendo o Plano de Estudos de **COMPONENTE CURRICULAR FÍSICA - ENSINO MÉDIO - MÓDULO III**. Nele você encontrará conteúdos e propostas didáticas que o ajudarão a desenvolver habilidades fundamentais para o prosseguimento ou conclusão de seus estudos.

O material foi elaborado considerando o seu perfil, trajetória de vida, interesses, objetivos e necessidades. Neste Plano de Estudos você encontrará uma diversidade de textos, imagens, vídeos, músicas, questões, exercícios e outras propostas pedagógicas que foram elaboradas pensando em favorecer o seu processo de aprendizagem.

Você deverá desenvolver as atividades didáticas aqui propostas a partir dos suportes disponibilizados neste material e no Google Classroom. Porém, para o esclarecimento de qualquer dúvida ou para uma assessoria mais personalizada para a compreensão de conceitos ou realização das questões você pode contar com a orientação de estudos feita pelo professor orientador da aprendizagem do CESEC em que você está matriculado.

Desejamos que seus objetivos possam ser alcançados e que você continue em seu percurso escolar com sucesso.

Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais

SUMÁRIO

TEMA DE ESTUDO: Matéria e Energia; Tecnologia e Linguagens	05
TEMA DE ESTUDO: Matéria e Energia; Tecnologia e Linguagens	18
REFERÊNCIAS	40

MODULO NÚMERO III DE ESTUDO CESEC

Referência: Ensino Médio

Ano Letivo: 2025

Área de Conhecimento: Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Componente Curricular: Física

PLANO DE ESTUDOS

Habilidades:

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

(EM13CNT102XA) Identificar e interpretar sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento.

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Unidade Temática:

- Matéria e Energia; Tecnologia e Linguagens

Objetos de Conhecimento:

- Termodinâmica, gases ideais, transformações termodinâmicas.

Estudante!

Você está iniciando os estudos sobre a termodinâmica e poderá compreender, por exemplo, como a energia mecânica, por meio da realização de trabalho de uma força aplicada na compressão de um sistema gasoso, se transforma em energia térmica, aumentando a temperatura do sistema.

Atenção para a palavra sistema:

Nas ciências e em especial, na Física, o termo SISTEMA é utilizado para especificar um corpo ou um conjunto de corpos escolhidos para estudo e análise. Quando escolhemos um sistema, fixamos nele nosso olhar, elaboramos hipóteses, realizamos observações, experimentos e cálculos, analisamos, fundamentados por conceitos, teorias e leis preestabelecidas, conseguindo assim reafirmá-los ou refutá-los, bem como desenvolver novas teorias e/ou leis.

Portanto, ao longo deste módulo, utilizaremos sistemas gasosos para estudos e análises com a finalidade de compreender as leis da termodinâmica.

Tópicos deste guia de estudo:

- O que é termodinâmica
- gases ideais
- transformações termodinâmicas

O que é termodinâmica?

De acordo com o físico David Halliday, autor da coleção de livros Fundamentos da Física, a termodinâmica é um dos principais ramos da física e da engenharia, tendo como um de seus conceitos fundamentais o conceito de temperatura.

A termodinâmica estuda as trocas de energia entre os sistemas, quando essa energia se manifesta nas formas de trabalho e calor.

Há diversas aplicações da termodinâmica ao nosso redor. Estamos mergulhados na atmosfera terrestre onde atuam suas leis.

Além disso, os conhecimentos da termodinâmica favoreceram o desenvolvimento tecnológico dos motores de automóveis e de aeronaves. Os meteorologistas utilizam esses conhecimentos para analisar fenômenos meteorológicos como o El Niño e o aquecimento global. É utilizada, também, na engenharia de alimentos, na biomedicina, dentre outras áreas.

O gás ideal (ou gás perfeito)

O modelo teórico do gás ideal é utilizado para análise do comportamento de um gás real.

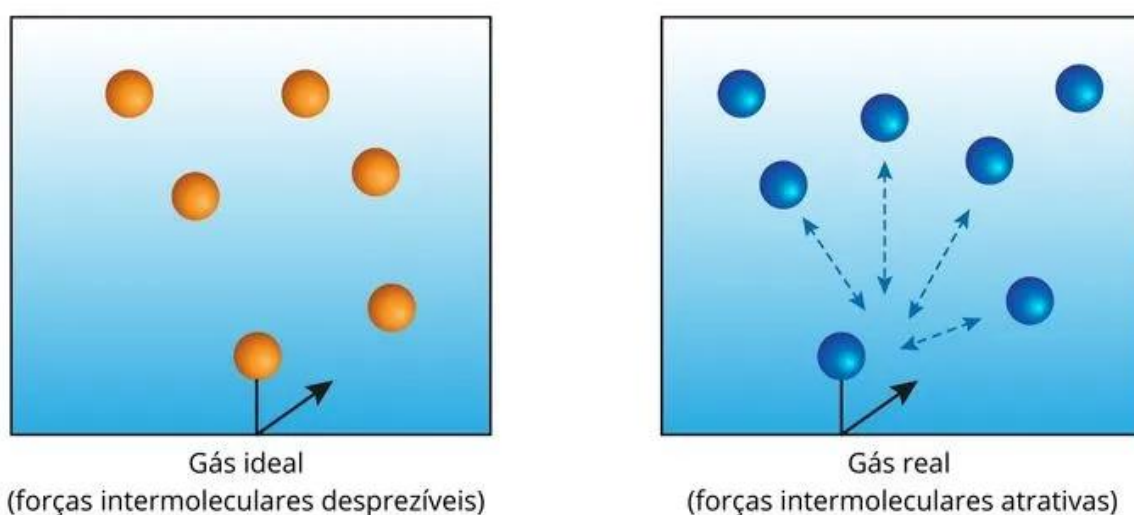
Na termodinâmica estuda-se o comportamento dos gases nas trocas de

calor e de outras formas de energia.

Na verdade, não podemos estudar o comportamento das moléculas de um gás, mas é possível fazer várias análises a partir de experimentos com os gases e, como os resultados, estabelecer um modelo do comportamento desse gás.

Neste modelo, considera-se o gás tendo um grande número de moléculas que movem-se aleatoriamente com diferentes velocidades. Quando suas moléculas se chocam, não há perdas de energia entre elas. Pode-se também desconsiderar outras formas de energia e considerar que suas moléculas possuem apenas energia cinética e que não há interações intermoleculares.

Comparação do modelo do gás ideal com o gás real



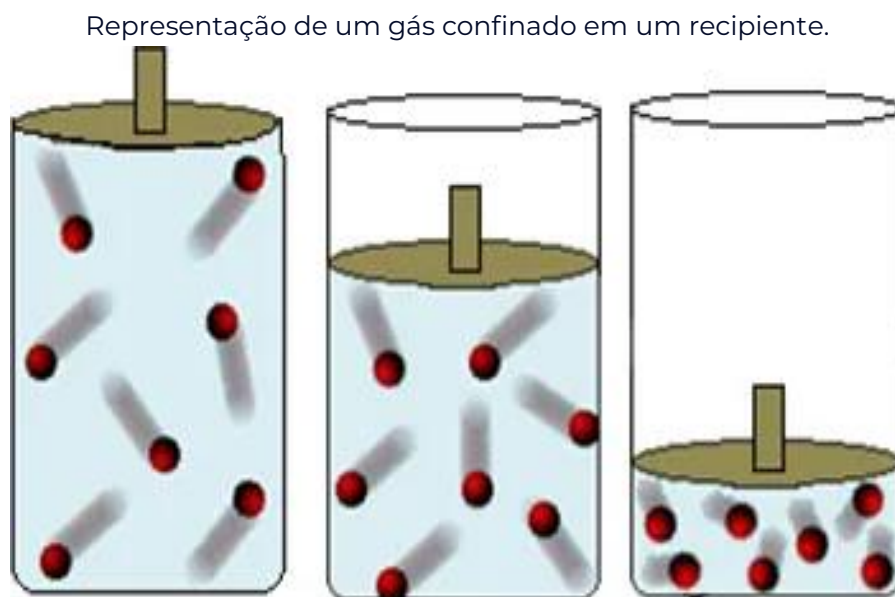
Fonte: (Mundo Educação [2024]).

No gás real, há outras formas de energia envolvidas no comportamento de suas moléculas, o que dificultaria a análise do comportamento desses gases. Mas, com o modelo teórico do gás ideal, podem ser feitas aproximações sobre o comportamento dos gases reais.

De forma simplificada um gás é definido por um conjunto específico de valores de volume, pressão e temperatura. Na teoria cinética, observamos um conjunto de critérios que os cientistas criaram baseado em experimentos. Resumidamente, todo gás é formado por partículas minúsculas (moléculas) que se movimentam rapidamente, de modo livre e desordenado. Esse movimento é denominado agitação térmica, porque depende diretamente da temperatura do gás. Por causa desse deslocamento as partículas colidem entre si e contra as paredes de um recipiente, ou seja, exercem uma pressão. Essas colisões são consideradas perfeitamente elásticas, ou seja, não há perda de energia. Além disso, existe um afastamento entre as partículas de um gás, e o espaço que elas ocupam

é desprezível em relação ao espaço “vazio” que existe entre elas. Desse modo, não existe atração entre as partículas. Qualquer gás que tem esse conjunto de comportamento é denominado gás ideal.

A figura abaixo é uma ilustração do modelo que representa um gás. Observe que suas moléculas, representadas por pequenas esferas, possuem mobilidade (energia cinética) e ocupam todo o volume do recipiente. Além disso, pode-se observar a compressibilidade, ou seja, os gases podem ser comprimidos, pois suas moléculas são muito afastadas umas das outras.



Fonte: (Manual da Química [2024]).

No primeiro recipiente, o gás ocupa o volume que o chamaremos arbitrariamente de V_1 . No recipiente do meio, o volume do gás é V_2 e, por fim, no último recipiente, o gás ocupa o volume V_3 , de modo que: $V_3 < V_2 < V_1$.

Quando o volume do gás diminui, ocorre uma compressão e, se por outro lado, o volume aumenta, ocorre uma expansão.

Transformações termodinâmicas

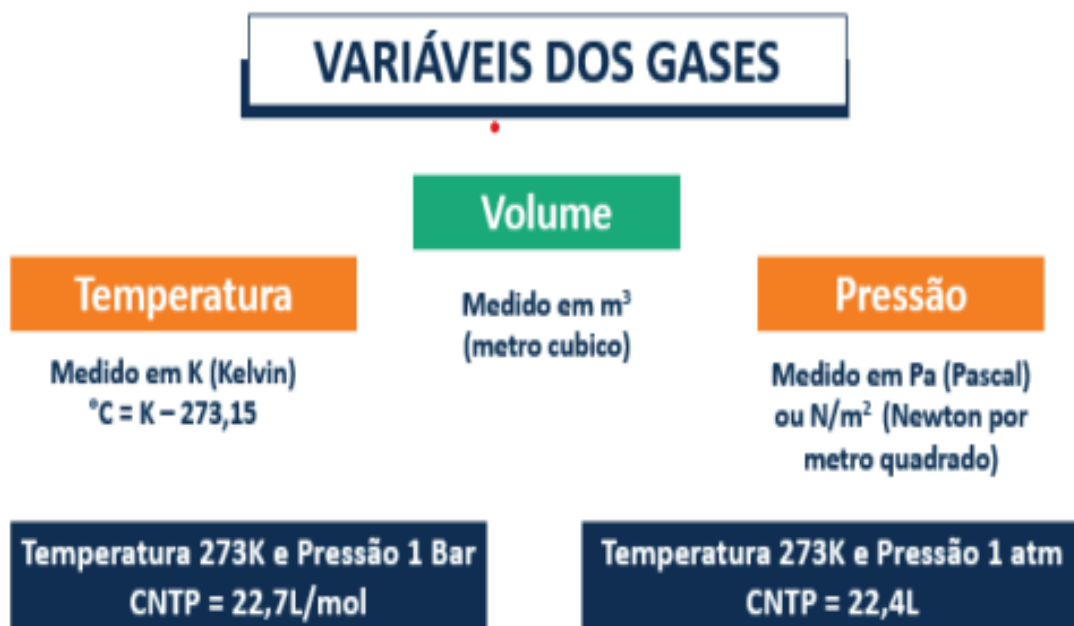
O estado de um gás fica definido quando conhecemos os valores específicos de seu **volume**, de sua **pressão** e de sua **temperatura**. Essas são as propriedades macroscópicas de um gás e podem ser medidas.

Caso haja alteração em uma dessas variáveis, dizemos que o gás sofreu uma transformação.

- ⇒ Volume, pressão e temperatura são as variáveis de estado de um gás.
- ⇒ As variáveis de estado do gás são grandezas e a cada uma delas está associada sua unidade de medida!

Na figura a seguir, é possível observar as unidades de medida das variáveis do gás:

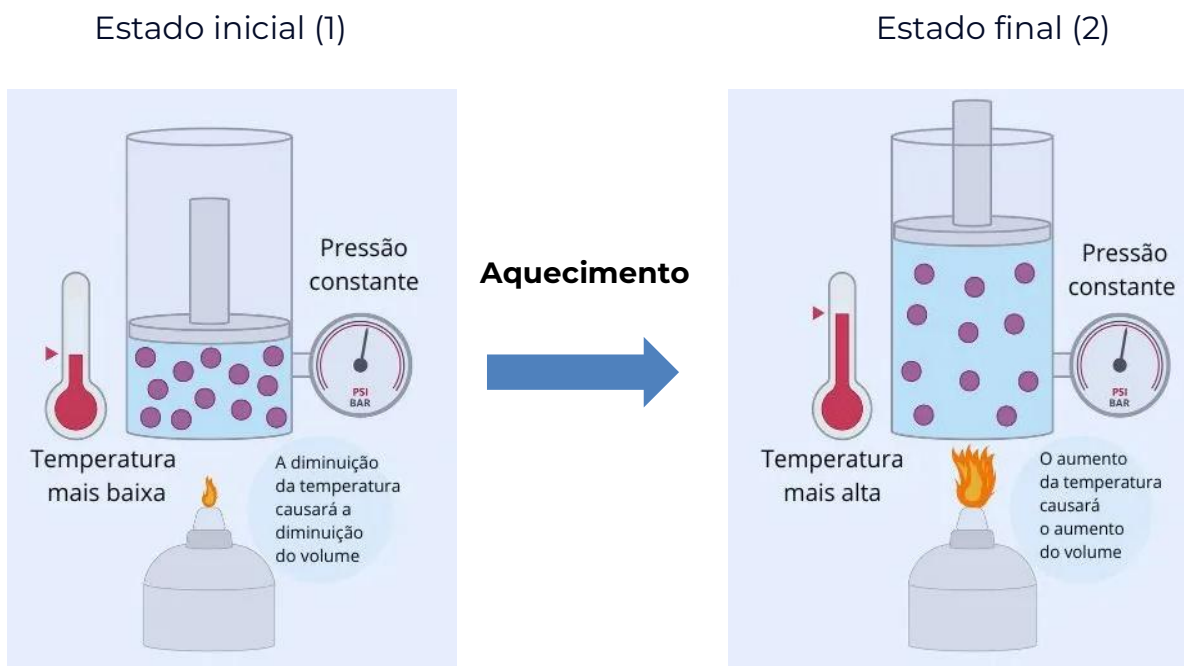
Unidades de medidas das variáveis de um gás.



Fonte: (Silva, 2021).

No esquema ilustrado abaixo, é possível observar uma transformação gasosa:

Transformação termodinâmica



Fonte: (Mundo Educação [2024])

No esquema acima, o gás está confinado em um recipiente provido de um êmbolo que pode se deslocar livremente. Assim, este esquema nos mostra

que:

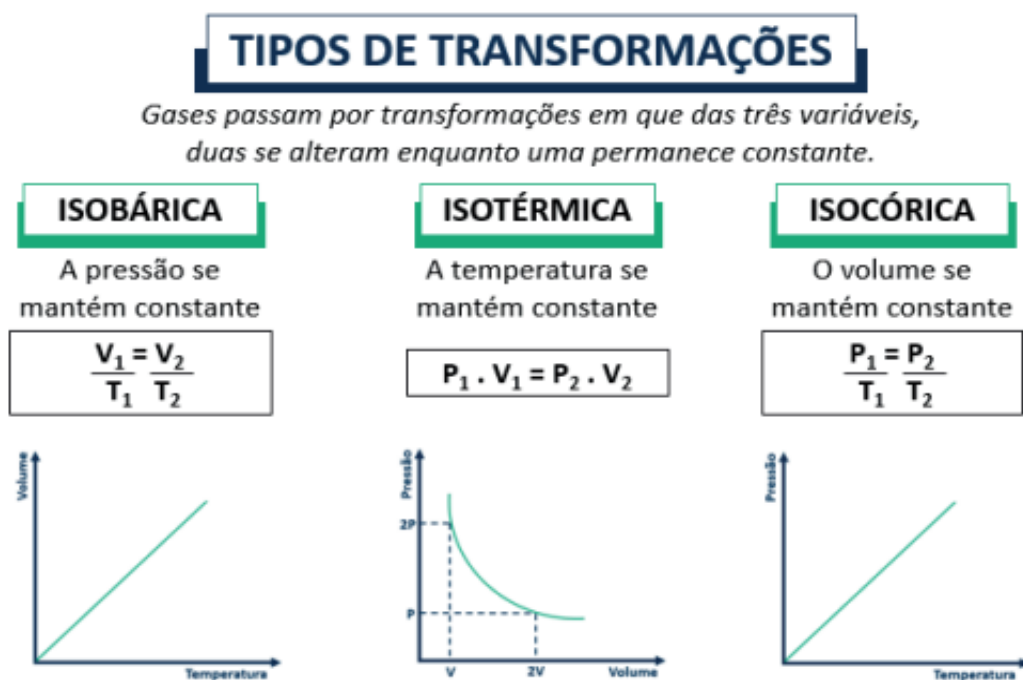
- No estado inicial (1) o gás ocupa um volume V_1 (volume inicial), está a uma temperatura T_1 (temperatura inicial) e à pressão P_1 (pressão inicial).
- O gás passa por aquecimento, expande e sua temperatura aumenta.
- No estado final, o gás passa a ocupar o volume V_2 maior que o V_1 (expansão).
- Sua temperatura aumenta para T_2 , ($T_2 > T_1$ como mostra os termômetros.)
- Mas, sua pressão permanece a mesma, ou seja, pressão constante.

Essa transformação é chamada de transformação isobárica, em que a pressão do gás permanece com o mesmo valor, mas a temperatura e o volume modificam.

Tipos de transformações

As transformações gasosas envolvem as variáveis macroscópicas dos gases. Quando um gás passa de um estado inicial para outro final, em que essas variáveis se alteram, dizemos que o gás sofreu uma transformação. A figura abaixo mostra os tipos de transformações e as leis que regem cada uma. Essas leis são descritas matematicamente por meio das equações que estão em evidência na figura:

Imagem 5: Tipos de transformações



Fonte: (SILVA, 2021).

Nas transformações Isobárica (cuja pressão permanece constante) e Isocórica (o volume constante) observamos experimentalmente que ao dobrar a temperatura o volume e pressão também dobram, por isso observamos no gráfico uma reta. Entretanto o mesmo não ocorre na transformação Isotérmica, nela ao diminuir o volume pela metade a pressão dobra, comparando graficamente vemos que é uma relação inversa. Para realizar cálculos e prever valores usamos as equações que descrevem esse comportamento representado no gráfico. Cada transformação é regida por uma lei específica dentro de um contexto histórico, ou seja, não foi criado por um único cientista e sim pela contribuição de vários, a soma dessas leis nos proporciona a equação geral dos gases:

Imagem 6: Equação geral dos gases

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

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

PRESSÃO N/m^2
 VOLUME m^3
 N° DE MOL mol
 TEMPERATURA K
 CONSTANTE UNIVERSAL DOS GASES J. K/mol

Fonte: (Silva, 2021).

O físico parisiense Benoit Paul-Émile Clapeyron (1799-1864) reescreveu essa equação para prever o comportamento de um gás ideal, relacionando as três variáveis de estado de um gás – pressão, temperatura e volume – para uma quantidade de matéria igual a n de mols de partículas. Essa equação é conhecida como Equação de Clapeyron.

Uma observação quando usarmos essa equação é importante verificar que o valor de R adotado para a resolução de um problema deve estar de acordo com as unidades de pressão e de volume utilizadas.

Transformação adiabática

Existe ainda outro tipo de transformação gasosa, a *transformação adiabática*. Nessa transformação, o gás não troca energia na forma de calor com o meio. Ocorre nos processos em que há expansão ou compressão rápida do gás.

Termodinâmica: aplicações

Qual é o papel da Termodinâmica nos processos industriais

Dentre todos os estudos e ferramentas utilizados para otimizar os mais variados processos industriais, a termodinâmica é um dos artifícios mais importantes.

Afinal, a sua aplicação simplifica o entendimento de diversos processos, os quais serão mencionados, de modo que saibamos coletar alguns dados a partir da sua aplicação, como a eficiência, o trabalho, a potência, entre outras propriedades importantes.

Para que você tenha noção do quão inteligente e eficiente é utilizar a termodinâmica na indústria, apresentaremos alguns exemplos reais do seu uso na indústria.

Motores

A termodinâmica é uma ferramenta essencial para conhecer os eventos que acontecem em um motor, o qual está sujeito a altas temperaturas e pressão.

E sabe o que tiramos de útil disso?

Nos motores a diesel e a gasolina, a termodinâmica permite compreender a eficiência do ciclo de combustão, o desempenho do motor, a dissipação de calor e a taxa de consumo de combustível.

Assim, é possível facilitar o processo de desenvolvimento de tecnologias mais eficientes, como motores híbridos e elétricos.

Sistemas de ar condicionado e refrigeração

Para esses tipos de sistemas, a termodinâmica é aplicada no projeto e nas suas operações de refrigeração ou climatização.

Fazendo o ciclo de ambos, podemos compreender a eficiência energética, controlar a temperatura, analisar o impacto de diferentes fluidos refrigerantes no sistema e encontrar pontos ótimos de uso de compressor para diferentes demandas.

Além disso, contribui para o desenvolvimento de sistemas mais eficientes e sustentáveis.

Geração de eletricidade

Acredite, é possível entender o processo de usinas inteiras apenas utilizando a termodinâmica em conjunto de conceitos e ciclos correspondentes.

Usinas termelétricas, nucleares, solares, entre outras, realizam a conversão de energia térmica em outras energias, o que é perfeito para o uso da termodinâmica.

A conversão de energia térmica em energia mecânica, em turbinas a vapor ou a gás, a eficiência dos ciclos termodinâmicos e a transferência de calor em trocadores de calor são algumas das muitas análises que podem ser feitas com a aplicação deste estudo físico.

Além disso, auxilia fortemente na otimização de recursos energéticos.

Processos industriais

A termodinâmica é uma ferramenta padrão para a análise de comportamento de processos industriais, seja na produção de aço, produtos químicos, refino de petróleo, análise de sistemas (caldeira, compressor, turbina, bombas, bocais), entre outros.

Com isso, é possível entender o processo de separação, reações químicas, transferência de calor entre equipamentos ou durante fases de máquinas (expansão, admissão, compressão, exaustão de motores), otimização energética e controle de temperatura.

Quanta coisa é favorecida pela termodinâmica na indústria, não é mesmo?

Ressaltamos, novamente, que diversos bens que possuímos não existiriam se a termodinâmica não estivesse aplicada, até porque o comportamento termodinâmico dos processos é também um meio de validar ou não um projeto.

Na indústria, a termodinâmica é um dos pontos chave para determinar diversos pontos de otimização de projetos, e por isso é um assunto muito discutido em diversas engenharias, como a mecânica, de energia, de materiais, metalúrgica, entre outras.

Fonte: (Equipe Nepin, 2023).

Para saber mais:

Prezado estudante, para o enriquecimento de seus conhecimentos, apresentamos a seguir, algumas sugestões de vídeos que você poderá acessar.

1- Estudo dos Cases (Transformações Isocórica, Isobárica e Isotérmica). Um vídeo de 8 minutos do canal CienCieiros.

Disponível em: <https://youtu.be/4X4sF87wWJc?si=NLL95-Vc7txxd332>

2- Transformação isobárica. Vídeo de 2 minutos, do canal Física universitária.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=lw_rFjeNOyQ

3- Transformação isovolumétrica. Vídeo de 2 minutos. Canal Física universitária.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=qYVvr8_MIVM

4- Transformação isotérmica. Vídeo de 2 minutos do canal Física universitária.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5AKD44LYVHQ>

ATIVIDADES

1. Qual das situações do cotidiano, listadas abaixo, relaciona-se com a termodinâmica?

- A) Uma moto segue por uma via com velocidade de 70 km/h. Quando avista o semáforo, o motociclista aciona os freios e reduz sua velocidade para 15 km/h.
- B) A temperatura do ar dentro dos pneus de um automóvel aumenta quando o automóvel está em movimento.
- C) Um prego que se encontra próximo a um ímã é atraído pela força magnética e gruda no ímã.
- D) Pedro joga sua bola verticalmente para cima e observa que a velocidade da bola diminui e, ao chegar na altura máxima, a bola cai e sua velocidade aumenta.
- E) Uma moeda afunda na água, mas um pedaço de isopor flutua na superfície.

2. (UFAM-AM) Analise as seguintes afirmativas a respeito dos tipos de transformações ou mudanças de estado de um gás.

- I. Em uma transformação isocórica, o volume do gás permanece constante.
- II. Em uma transformação isobárica, a pressão do gás permanece constante.
- III. Em uma transformação isotérmica, a temperatura do gás permanece constante.
- IV. Em uma transformação adiabática, variam o volume, a pressão e a temperatura.

Com a relação às quatro afirmativas acima, podemos dizer que:

- A) só I e III são verdadeiras.
- B) só II e III são verdadeiras.
- C) I, II, III e IV são verdadeiras.
- D) só I é verdadeira.
- E) todas são falsas.

3. Explique o que define cada uma das grandezas abaixo:

a. Pressão do gás:

b. Volume do gás:

c. Temperatura do gás:

4. (OSEC-SP) Um carro-tanque transportou gás cloro para uma estação de tratamento de água. Sabe-se que o volume do tanque que continha gás cloro era de 30 m^3 , que a temperatura era mantida a 20°C para a pressão ser de 2 atm e que na estação de tratamento de água esse cloro foi transferido para um reservatório de 50 m^3 mantido a 293K. Ao passar do carro-tanque para o reservatório o gás sofreu uma transformação..... e a pressão do reservatório era.....

As lacunas são completamente preenchidas, respectivamente, com os dados:

- A) isotérmica, 1,2 atm.
- B) isométrica, 117 atm.
- C) isobárica, 2 atm.
- D) isocórica, 2 atm.
- E) isovolumétrica, 1,2 atm.

5. (Fund. Oswaldo Cruz-SP) O volume ocupado por certa massa de um gás é:

- I. Inversamente proporcional à pressão exercida, mantendo-se constante a temperatura, ou seja, $PV = P'V'$.
- II. Inversamente proporcional à temperatura absoluta, mantendo-se constante a pressão.
- III. Inversamente proporcional à temperatura absoluta, mantendo-se constante o volume.

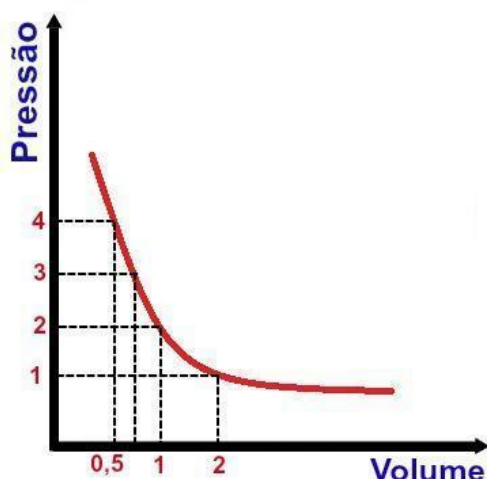
Qual está correto?

- A) II, somente.
- B) I, somente.
- C) III, somente.
- D) II e III, somente.
- E) I, II e III.

6. Certo recipiente de capacidade 8,0 litros contém um gás ideal a 3,0 atm de pressão. Qual será o valor da pressão que esse gás ideal exercerá nas paredes do recipiente, se a temperatura for mantida constante e o volume for reduzido para 2,5 litros?

- A) $P = 9,6$ atm.
- B) $P = 6,9$ atm.
- C) $P = 7,6$ atm.
- D) $P = 8,6$ atm.
- E) $P = 5,6$ atm.

7. Considere o gráfico a seguir:



O gráfico acima indica o comportamento típico de um gás submetido à lei de Boyle, em que o produto entre pressão e volume é sempre uma constante ($P.V = K$). Com relação à curva, pode-se afirmar que:

- A) Indica uma transformação isocórica
- B) Indica uma transformação isotérmica
- C) Indica uma transformação isovolumétrica
- D) Indica uma transformação isobárica

8. Antes de realizar uma viagem de carro, em um dia cuja temperatura era de 30°C , um senhor calibrou os pneus utilizando 3 atm de pressão. Quando chegou ao destino, depois de 5 horas de viagem, mediu novamente a pressão dos pneus e constatou 3,4 atm de pressão. Sabendo que a variação de volume dos pneus é desprezível, marque a alternativa que indica a temperatura em que se encontravam os pneus:

- A) $70,4^{\circ}\text{C}$
- B) $115,2^{\circ}\text{C}$
- C) $125,1^{\circ}\text{C}$
- D) $121,5^{\circ}\text{C}$
- E) $152,1^{\circ}\text{C}$

PLANO DE ESTUDOS

Habilidades:

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

(EM13CNT102XA) Identificar e interpretar sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento.

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Unidade Temática:

- Matéria e Energia; Tecnologia e Linguagens

Objetos de Conhecimento:

- Leis da termodinâmica, Máquinas térmicas.

Caro(a) estudante, Neste momento você vai analisar como a energia mecânica, por meio da realização de trabalho de uma força aplicada em um sistema gasoso, pode ser transformada em energia térmica; identificar os sistemas térmicos e interpretar modelos científicos para compreender as leis da termodinâmica.

Bons estudos!

Tópicos deste plano de estudo:

- O equivalente mecânico do calor
- As leis da termodinâmica
- Máquinas térmicas

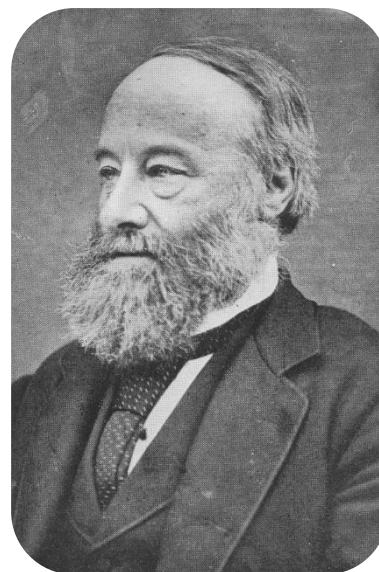
O equivalente mecânico do calor:

▪ Experiência de Joule

James Prescott Joule foi um físico inglês que nasceu no ano de 1818 e que, ao longo de sua vida, realizou vários experimentos, alguns deles com o objetivo de demonstrar que a energia mecânica aplicada a um sistema se transforma em energia térmica, de igual valor, aumentando assim a temperatura de um sistema, sem que haja troca de calor entre o meio externo e o meio interno.

James P. Joule (1818-1889)
Físico britânico

Imagem 7: James P. Joule



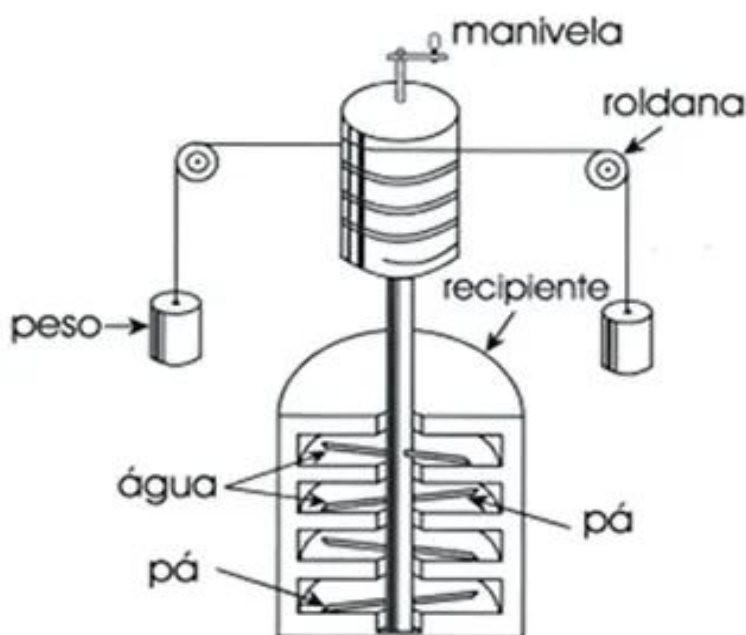
Fonte: Wikipédia, 2023.

▪ O experimento

Joule construiu um sistema no qual prendeu duas massas na extremidade de um fio, conforme mostra a figura. Conforme a massa descia, devido à aceleração da gravidade, as pás dentro de um calorímetro (recipiente que não permite trocas de calor entre o meio interno e o meio externo) giravam.

A figura a seguir ilustra a montagem do experimento realizado por Joule para determinação do equivalente mecânico do calor:

Imagem 8: Montagem do experimento



Fonte: (Mundo Educação [2024]).

A energia potencial gravitacional armazenada nas massas devido à sua altura se converteu em energia cinética nas pás, fazendo com que elas girassem e, posteriormente, a energia cinética se converteu em energia térmica, na água.

Joule observou que, após algum tempo, a água contida no calorímetro se aqueceu, aumentando assim sua energia interna. A variação de temperatura foi observada com o auxílio de um termômetro. Figura 2: Equipamento utilizado por Joule para estabelecer a equivalência entre Joule e Caloria. A energia mecânica devido à força peso se converteu em energia térmica. Como o valor das massas, a altura de queda e a quantidade de água dentro do calorímetro eram conhecidas, Joule conseguiu determinar o equivalente mecânico do calor. Segundo Joule:

$$1,0 \text{ caloria} = 4,186 \text{ joules}$$

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

Trabalho realizado por um gás

Consideremos uma massa de gás ideal confinado em um cilindro com um êmbolo móvel. O gás se encontra em um estado inicial i , com um volume inicial V_i , uma temperatura inicial T_i e uma pressão inicial p . Devido à sua pressão, o gás exerce uma força F sobre o êmbolo móvel de área A , que se desloca da posição inicial i até a posição final f , percorrendo uma distância d . Ocorreu então uma expansão do gás, cujo volume final passou a ser V_f .

Imagem 9: Expansão do gás



Fonte: Física e Vestibular, 2024.

Se a pressão do gás permanecer constante, teremos então uma transformação isobárica e a força F será constante durante a expansão e tem mesma direção e mesmo sentido que o deslocamento do êmbolo. Sabemos que o trabalho T , realizado pela força F é:

$$T = F \cdot d$$

como: $p = F / A$, então: $F = p \cdot A \Rightarrow$ substituindo, temos: $T = p \cdot A \cdot d$

sendo $A \cdot d$ o volume deslocado ΔV pelo êmbolo devido à força F e
 $\Delta V = V_f - V_i$

então, o trabalho realizado pelo gás ao sofrer uma variação no seu volume, sob pressão constante é determinado por:

$$T = p \cdot (V_f - V_i)$$

A unidade de trabalho no SI (Sistema Internacional de Unidades) é o joule, cujo símbolo é J.

Trabalho em uma variação de volume

- **Expansão isobárica** - Quando o volume do gás aumenta, o volume final é maior que o volume inicial ($V_f > V_i$), a variação de volume é positiva ($\Delta V > 0$), o trabalho é positivo ($T > 0$). Dizemos que o gás realiza trabalho sobre o meio.

- **Compressão isobárica** - Quando o volume do gás diminui, o volume final é menor que o volume inicial ($V_f < V_i$), a variação de volume é negativa ($\Delta V < 0$), o trabalho é negativo ($T < 0$). Dizemos que o meio realiza trabalho sobre o gás.

- Se o volume do sistema se mantém constante (transformação isovolumétrica), volume final é igual ao volume inicial ($V_f = V_i$), não há variação de volume ($\Delta V = 0$), o trabalho será zero ($T = 0$). Não há realização de trabalho.

Exemplo: Considere uma massa gasosa de pressão $p = 5 \text{ atm}$ confinada em um cilindro com êmbolo móvel de área $A = 8 \text{ cm}^2$ e volume 300 cm^3 . O gás ideal sofre uma transformação isobárica e seu volume passa a ser de 700 cm^3 . Sabendo que $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$, $1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$ e que $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$, calcule:

- o trabalho realizado por esse gás (em joules);
- a força, constante, exercida sobre o êmbolo;
- o gás realizou trabalho sobre o meio ou o meio realizou trabalho sobre o gás?

Resolução:

- a. Extraíndo os dados do problema e fazendo as conversões de unidades necessárias:

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

$$N/m^2 \text{ Vi} = 300 \text{ cm}^3 = 300 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ Vf} = 700 \text{ cm}^3 = 700 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$T = p \cdot (V_f - V_i)$$

$$T = 5 \cdot 10^5 \cdot (700 \cdot 10^{-6} - 300 \cdot 10^{-6})$$

$$T = 5 \cdot 10^5 \cdot 400 \cdot 10^{-6}$$

$$T = 2000 \cdot 10^{-1}$$

$$T = 200 \text{ J}$$

- b. Extraíndo os dados do problema e fazendo as conversões de unidades necessárias:

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

$$N/m^2 \text{ A} = 8 \text{ cm}^2 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$p = F / A$$

$$F = p \cdot A$$

$$F = 5 \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 10^{-4}$$

$$F = 40 \cdot 10^1$$

$$F = 400 \text{ N}$$

- c. Como o volume final é maior que o volume inicial, ocorreu uma expansão e o gás realizou trabalho sobre o meio.

Variação da energia interna de um gás

A energia interna (U) de um sistema ou de um corpo está ligada à soma das energias das partículas que constituem esse sistema. Quando um sistema sofre uma transformação indo de um estado inicial i, com uma energia interna U_i , para um estado final f, passa a ter uma energia interna U_f .

A variação da energia interna do sistema é dada por:

$$\Delta U = U_f - U_i$$

A unidade de energia interna no SI é o joule, cujo símbolo é J.

Observações:

- Se a energia interna final é maior que a energia interna inicial ($U_f > U_i$), a variação da energia interna é positiva ($\Delta U > 0$), a temperatura do sistema aumenta.
- Se a energia interna final é menor que a energia interna inicial ($U_f < U_i$), a variação da energia interna é negativa ($\Delta U < 0$), a temperatura do sistema diminui.
- Em uma transformação isotérmica não há variação da energia interna ($\Delta U = 0$).

Leis da Termodinâmica

Caro(a) estudante, agora, você vai conhecer a primeira lei da termodinâmica, compreender a relação entre trabalho, energia interna e troca de calor em um gás ideal.

Bons estudos!

Quantidade de calor

No módulo 2, você foi orientado a compreender como se calcula a quantidade de calor Q trocada entre dois ou mais corpos para que ocorra variação na temperatura (quantidade de calor sensível) ou para que ocorra a mudança de fase (quantidade de calor latente). A unidade de quantidade de calor no SI (Sistema Internacional de Unidades) é o joule, cujo símbolo é J.

Em uma transformação gasosa:

- Se o sistema recebe calor do meio externo, a quantidade de calor é positiva ($Q > 0$).
- Se o sistema cede calor para o meio externo, a quantidade de calor é negativa ($Q < 0$).
- Se o sistema não troca calor com o meio externo, a quantidade de calor é igual a zero ($Q = 0$), ocorrendo assim a transformação adiabática.

1ª Lei da Termodinâmica

A quantidade de energia na forma de calor (Q) trocada entre o sistema e o meio pode ser utilizada para variar a energia interna do sistema (ΔU) e

realizar trabalho (T):

$$Q = \Delta U + T$$

EXEMPLO 1: Um gás ideal recebe 800 J de energia do meio externo, seu volume aumenta e sua energia

interna passa de 7000 J para 7500 J.

- a. Calcule a variação da energia interna do gás.
- b. A temperatura do gás aumentou ou diminuiu?
- c. O gás realizou trabalho sobre o meio ou o meio realizou trabalho sobre o gás? Calcule esse trabalho.

Resolução:

- a. Extraíndo os dados do problema: $U_i = 7000 \text{ J}$ $U_f = 7500 \text{ J}$

$$\Delta U = U_f - U_i$$

$$\Delta U = 7500 - 7000$$

$$\Delta U = 500 \text{ J}$$

- b. Como a energia interna aumentou, a temperatura do gás aumentou.
- c. Extraíndo os dados do problema: $Q = 800 \text{ J}$ $\Delta U = 500 \text{ J}$

$$Q = \Delta U + T$$

$$T = Q - \Delta U$$

$$T = 800 - 500$$

$$T = 300 \text{ J}$$

Como o trabalho é positivo, o volume aumentou, o gás realizou trabalho sobre o meio.

EXEMPLO 2: Um gás ideal absorve 350 J de energia do meio externo e um trabalho de 400 J é realizado sobre ele.

- a. Calcule a variação da energia interna do gás.
- b. A temperatura do gás aumentou ou diminuiu?
- c. O volume do gás aumentou ou diminuiu?

Resolução:

- a. Extraíndo os dados do problema: $Q = 350 \text{ J}$ $T = -400 \text{ J}$ (observe que o trabalho nesse caso é negativo)

$$Q = \Delta U + T$$

$$\Delta U = Q - T$$

$$\Delta U = 350 - (-400)$$

$$\Delta U = 350 + 400$$

$$\Delta U = 750 \text{ J}$$

- b. Como a variação da energia interna é positiva, a energia interna aumentou, portanto a temperatura do gás aumentou.
- c. Como o meio realizou trabalho sobre o gás, o trabalho é negativo, portanto, o volume do gás diminuiu.

Exemplo 3: Em uma transformação adiabática, é realizado 600 J de trabalho sobre um gás ideal.

- a. Calcule a quantidade de calor trocada entre o gás e o meio.
- b. Calcule a variação da energia interna do gás.
- c. A temperatura do gás aumentou ou diminuiu?
- d. O volume do gás aumentou ou diminuiu?
- e. Explique o que acontece nessa transformação gasosa.

Resolução:

- a. Como a transformação é adiabática, não há troca de calor entre o gás e o meio, logo $Q=0$.
- b. Extraíndo os dados do problema: $T = -600 \text{ J}$ $Q = 0$

$$Q = \Delta U + T$$

$$\Delta U = Q - T$$

$$\Delta U = 0 - (-600)$$

$$\Delta U = 600 \text{ J}$$

- c. Como a variação da energia interna é positiva, a energia interna aumentou, portanto, a temperatura do gás aumentou.

- d. Como o meio realizou trabalho sobre o gás, o trabalho é negativo, portanto, o volume do gás diminuiu.
- e. O sistema realizou trabalho sobre o gás, como o gás não perdeu energia na forma de calor para o meio, toda a energia recebida na forma de trabalho foi utilizada para aumentar a energia interna do gás e sua temperatura aumentou.

Primeira lei da Termodinâmica: análise

Caro(a) estudante, neste momento de estudo você será orientado a analisar a primeira lei da termodinâmica, identificar as transformações adiabática, isovolumétrica e isotérmica, reconhecer a conservação da energia e resolver problemas envolvendo calor, trabalho e energia interna de um sistema. Bons estudos!

Análise da Primeira lei da termodinâmica

Segundo essa lei:

$$Q = \Delta U + T$$

Transformação adiabática: (não há troca de calor entre o gás e o ambiente)

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

$$0 = \Delta U + T$$

$$\Delta U = -T$$

Conclusão: Em uma **expansão adiabática**, o gás utiliza sua energia interna para realizar trabalho sobre o meio externo, reduzindo então sua energia interna. O volume do gás aumenta e sua temperatura diminui.

- Em uma **compressão adiabática**, o gás recebe trabalho do meio externo para aumentar sua energia interna. O volume do gás diminui e sua temperatura aumenta.

Um exemplo de transformação adiabática pode ser encontrado em um frasco com desodorante aerossol. Ao apertarmos o frasco para liberar desodorante durante vários segundos, ocorre a expansão rápida do gás que estava no interior do frasco, ou seja, há um aumento rápido do volume e diminuição da pressão. Com isso, a temperatura diminui, e você pode perceber que o frasco transmite a sensação de frio. Este é um dos exemplos mais comuns de transformações adiabáticas!

Fonte: (Albuquerque, 2022).

Uma aplicação da expansão adiabática, foi retirada do texto de uma questão da prova do Enem. de 2020:

“Tanto a conservação de materiais biológicos como o resfriamento de certos fotodetectores exigem baixas temperaturas que não são facilmente atingidas por refrigeradores. Uma prática comum para atingi-las é o uso de nitrogênio líquido, obtido pela expansão adiabática do gás N₂, contido em um recipiente acoplado a um êmbolo, que resulta no resfriamento em temperaturas que chegam até seu ponto de liquefação em -196 °C. A figura exibe o esboço de curvas de pressão em função do volume ocupado por uma quantidade de gás para os processos isotérmico e adiabático. As diferenças entre esses processos podem ser identificadas com base na primeira lei da termodinâmica, que associa a variação de energia interna à diferença entre o calor trocado com o meio exterior e o trabalho realizado no processo.”

Fonte:(Enem, 2020).

Transformação isotérmica: (temperatura do gás permanece constante)

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

$$Q = 0 + T$$

$$Q = T$$

- Em uma expansão isotérmica, o gás utiliza a energia recebida do meio na forma de calor para realizar trabalho. O gás recebe energia e seu volume aumenta.
- Em uma compressão isotérmica, o gás recebe trabalho do meio e libera essa energia na forma de calor. O volume do gás diminui e ele perde energia.

Transformação isovolumétrica:

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

$$Q = \Delta U + 0$$

$$Q = \Delta U$$

Em uma transformação isovolumétrica, o gás utiliza a energia trocada com o meio na forma de calor para variar sua energia interna:

- Quando o gás recebe energia e sua temperatura aumenta e quando o gás libera energia e sua temperatura diminui.

Calor e Movimento

Caro(a) estudante, a partir de agora, você vai entender como o calor -energia térmica - pode ser transformado em trabalho mecânico, utilizado, por exemplo, para movimentar turbinas em usinas termelétricas.

Bons estudos!

Máquinas térmicas- evolução, usos e sociedade

A Máquina de Heron

Ainda que somente no séc. XIX o calor tenha sido concebido definitivamente como forma de energia, desde a Antiguidade ele já era utilizado para produzir o vapor que seria usado na realização de trabalho mecânico.

No séc. I d. C, Heron de Alexandria construiu um dispositivo, como o representado na figura abaixo, que utilizava o vapor produzido no aquecimento da água que, ao escapar pelos orifícios da esfera de metal, colocava essa esfera em rotação.

Esse dispositivo é constituído por uma esfera oca com tubos curvados por onde o vapor é expelido, uma bacia com água e uma fonte de calor.

Imagem 10: Máquina de Heron



Fonte: (Wikipédia, 2020).

Funcionamento:

A água é aquecida na bacia que está ligada à esfera giratória por um par de tubos que também servem como eixo para a esfera. O vapor que sai por ambos os furos tem a mesma pressão, logo, o que a faz mover é justamente a pressão do vapor que sai dos tubos.

Atualmente, sabemos que esse aparelho projetado por Heron é um modelo de máquina térmica, pois esse dispositivo transforma calor em trabalho mecânico.

A partir do séc XVIII, inicia-se a utilização das primeiras máquinas térmicas em escala industrial, mas essas, ainda apresentavam rendimentos muito baixos, pois consumiam grande quantidade de combustível para produzir pouco trabalho.

Por volta de 1770, o inventor escocês James Watt (1736-18190) apresentou um modelo mais eficiente de máquina térmica que utilizava vapor proveniente de uma caldeira onde a água era aquecida. Esse modelo apresentava vantagens e, por isso, substituiu as então existentes. O modelo de máquina de Watt foi inicialmente empregado para movimentar moinhos e, posteriormente, em locomotivas e barcos a vapor.

Na Primeira Revolução Industrial que iniciou na Inglaterra no séc. XVIII, a utilização da máquina a vapor permitiu a automatização do modo de produção industrial que passou do método artesanal para o método de produção por máquinas. Isso alterou completamente o modo de vida das pessoas. Foi uma verdadeira transformação social, pois essas máquinas ocuparam o lugar da força de trabalho majoritariamente feminino e infantil nas fábricas têxteis inglesas.

Os modelos de máquinas térmicas a vapor são pouco utilizados atualmente. Mas, a energia térmica do vapor continua sendo empregada nas usinas termelétricas para movimentar turbinas. Além disso, no decorrer do séc. XX, outros tipos de máquinas térmicas foram desenvolvidos, como o motor a explosão, que utiliza a gasolina como combustível e é parte fundamental para o funcionamento de automóveis.

Rendimento de uma máquina térmica

Analisando o funcionamento das máquinas térmicas, verificamos que todas operam em ciclos. Isto é, retornam periodicamente a condição inicial. A cada ciclo, a máquina retira calor de uma fonte, denominada fonte quente, utiliza parte desse calor para realizar um trabalho e rejeita uma quantidade de calor para uma fonte fria.

A figura a seguir mostra o esquema de uma máquina térmica:

Imagem 11: Máquina térmica



Fonte: (Infoescola, 2006)

Uma fonte quente na parte superior, (Q_1); no centro, a máquina térmica; a parte inferior representa a fonte fria (Q_2). As setas indicam o sentido do fluxo de calor. A máquina térmica ideal seria aquela que conseguisse converter totalmente o calor retirado da fonte quente em trabalho realizado. Uma máquina assim teria 100% de rendimento e eficiência. No entanto, cientistas perceberam que é impossível construir uma máquina que apresente um rendimento de 100%.

Cálculo do rendimento de uma máquina térmica

Denomina-se rendimento R de uma máquina térmica a relação entre o trabalho τ realizado em cada ciclo e o calor Q_1 , absorvido da fonte quente, em cada ciclo. Isto é:

$$R = \frac{\tau}{Q_1}$$

Logo, para determinada quantidade de calor absorvido, quanto maior for o trabalho realizado, maior será o rendimento (a eficiência) dessa máquina térmica!

Máquinas térmicas e conservação da energia

O Princípio da Conservação da Energia aplica-se ao funcionamento das máquinas térmicas e, devido a esse Princípio, teremos que $Q_1 = \tau + Q_2$. Ou τ

$$= Q_1 - Q_2.$$

Então, podemos expressar o rendimento de uma máquina térmica da seguinte maneira:

$$R = \frac{\tau}{Q_1} \Rightarrow R = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \Rightarrow R = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Lembrete: τ = Trabalho Q_1 = Calor absorvido da fonte quente Q_2 = Calor cedido à fonte fria

Como se faz?

Vejamos o exemplo a seguir, em que calcularemos o rendimento de uma máquina térmica:

Um motor a diesel funciona realizando, em cada ciclo, um trabalho de 1000 J. A quantidade de calor, em calorias, que o motor recebe da fonte quente equivale a 625 cal e a quantidade de calor rejeitada equivale 375 cal, a cada ciclo.

Determine o rendimento desse motor:

Resolução

$R = 1 - \frac{375 \text{ cal}}{625 \text{ cal}} = 1 - 0,60$ logo: $R = 0,40$ Portanto, o rendimento desse motor é de 40%

A Segunda lei da termodinâmica

O processo pelo qual uma máquina térmica funciona constitui um processo cíclico. Isto é, inicia-se um ciclo e, após passar por transformações, retorna-se ao seu estado inicial. Vimos que, a cada ciclo, a máquina retira calor da fonte quente, transforma uma parte dele em trabalho e rejeita o restante desse calor para uma fonte fria. Assim, uma máquina térmica teria rendimento de 100% se ela transformasse todo o calor retirado da fonte quente em trabalho. Entretanto, existe na natureza uma Lei que não pode ser violada. A essa lei, os cientistas deram o nome de Segunda Lei da Termodinâmica e ela nos mostra que qualquer dispositivo existente na natureza, ao efetuar um ciclo, não conseguirá transformar totalmente em trabalho o calor retirado da fonte quente. Para completar o ciclo, sempre será necessário rejeitar calor para a fonte fria.

Assim, de acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, conclui-se que é impossível construir uma máquina térmica que apresente 100% de rendimento. Na realidade, os rendimentos das máquinas térmicas mais

utilizadas até a atualidade estão muito abaixo desse limite. As locomotivas a vapor, por exemplo, conhecidas como “Maria Fumaça”, tem rendimento em torno de 10% somente. Já os motores a diesel nunca ultrapassam os 40%.

Máquina de Carnot

Muitos cientistas empenharam-se no estudo do desenvolvimento de máquinas térmicas, com o objetivo de aprimorarem um modelo realmente eficiente. Dentre eles, destacou-se o engenheiro francês Sadi Carnot, que foi quem descreveu e apresentou um modelo de máquina que operava com o máximo rendimento possível. Esse modelo ficou conhecido como Máquina de Carnot.

Carnot mostrou que o rendimento máximo de uma máquina térmica é sempre menor que 1

(ou seja, nunca 100%) e relaciona-se com as temperaturas T_q (da fonte quente) e T_f (da fonte fria), de acordo com a seguinte expressão:

$$\eta = 1 - \frac{T_f}{T_q}$$

T_f = temperatura da fonte fria (medida em Kelvin).

T_q = temperatura da fonte quente (medida em Kelvin).

η = rendimento) da máquina térmica.

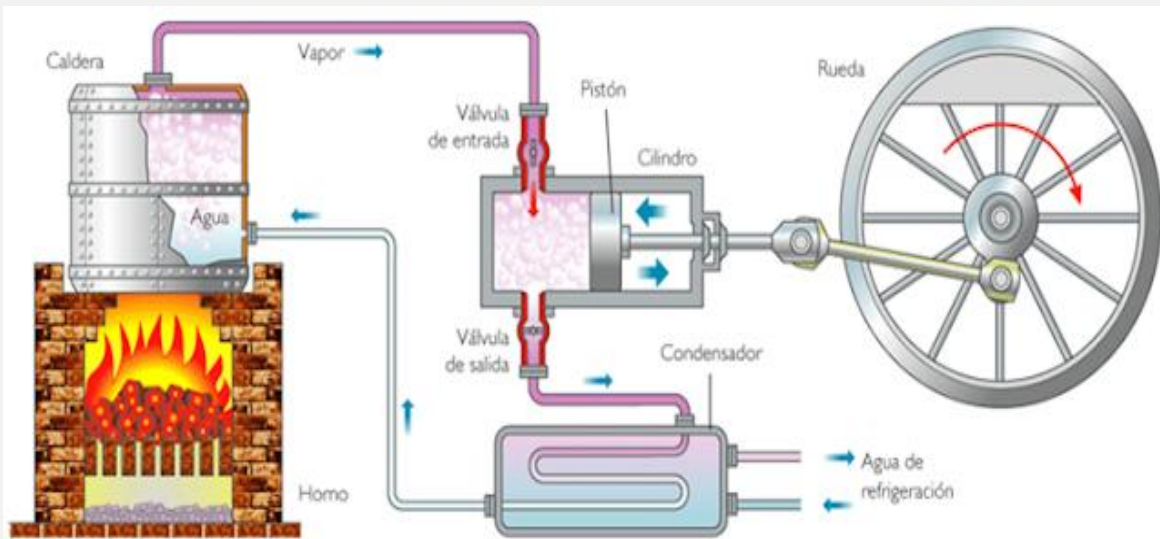
Nessa expressão, para o cálculo do rendimento de uma máquina de Carnot, as temperaturas devem ser expressas na unidade Kelvin.

Termodinâmica e a Tecnologia

Embora possamos pensar que máquinas térmicas se referem a tipos de máquinas antigas, mais simples, o motor de um carro ou um avião são exemplos atuais do desenvolvimento da Termodinâmica nas atividades humanas que nos rodeiam. O emprego dos motores de combustão interna foram tão importantes para a humanidade que, a partir do seu uso em larga escala, ocorreu o que chamamos hoje de Revolução Industrial. Mas por que usamos o termo “Revolução”?

Bom, imagine um mundo sem motores, sem indústrias, a locomoção ocorrendo apenas através de animais de tração, tudo era produzido de forma manual, com o mínimo de tecnologia. Esse mundo, que era a realidade até o século XIX (1800...), deixa de ser realidade quando as máquinas a vapor passaram a ser utilizadas em maior escala, em resultado do desenvolvimento tecnológico que permitiu a criação de máquinas térmicas que tinham maior eficiência.

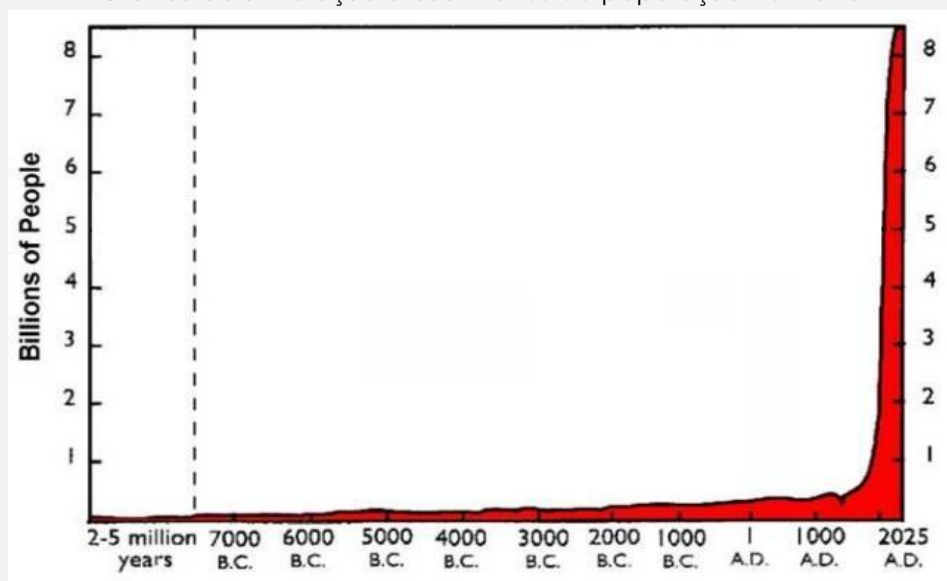
Exemplo de máquina térmica (locomotiva a vapor)



Fonte: (DNA da Física, 2017).

A humanidade agora teria locomotivas, embarcações movidas a vapor e todo o tipo de maquinário para realizar as funções que antes dependiam de trabalho braçal humano. Não apenas pudemos nos locomover de forma mais eficiente, como também passamos a produzir cada vez mais bens de consumo, criando as primeiras indústrias e abrindo caminho para tantas outras formas de tecnologia, incluindo a geração de energia. Por esse motivo chamamos esse momento da nossa história de revolução, já que impactou extraordinariamente nossa forma de viver em sociedade, além de ter resultado em avanços de qualidade e expectativa de vida que fizeram a população humana aumentar. Observe no gráfico a seguir como o crescimento da população humana é nítido a partir do final dos anos 1000, exatamente no período posterior à Revolução Industrial.

Gráfico de simulação crescimento da população humana.



Fonte: (MrAscience, 2015).

*Eixo vertical representa milhões de pessoas.

*No eixo horizontal BC significa “antes de Cristo” e AD “depois de Cristo”.

Mas, ao mesmo tempo que o desenvolvimento das tecnologias ocorreu com o avanço do conhecimento da termodinâmica, as máquinas trouxeram um grande problema para a humanidade. Para que os motores à combustão funcionem, eles precisam de combustível e, atualmente, a matriz energética mundial - o conjunto de fontes utilizadas na geração de energia para atender a diferentes demandas – é dependente do Petróleo para a produção dos combustíveis que mais dependemos.

Além da extração do petróleo, seu beneficiamento e distribuição acarretaram em muitos impactos ambientais e fontes de contaminação, o funcionamento dos motores a combustão resultará a liberação de gases como o CO₂ (gás carbônico). Com tanta tecnologia dependente das máquinas sendo utilizadas em todo o planeta por uma população humana sem precedentes, não é surpresa que produzíssemos impactos ambientais capazes de alterar ciclos importantes que regulam o clima da Terra: desencadeamos o aumento da temperatura do planeta como resultado da intensificação do Efeito Estufa.

Agora a humanidade precisa rever as tecnologias em busca de formas sustentáveis, que mantenham toda a evolução da nossa qualidade de vida sem, no entanto, destruir completamente os recursos naturais e as condições ambientais que a humanidade depende. Não adiantará possuímos um celular de alta tecnologia em mãos, carro e uma casa confortável, se não tivermos as condições mínimas para sobrevivermos no planeta Terra.

Fonte: (Morais, 2024).

Para saber mais:

Sugestão de videoaula: Para enriquecimento de seus conhecimentos, apresentamos sugestões de videoaulas do programa Se Liga na Educação. Os vídeos têm, em média, duração de 20 minutos.

1- Máquinas térmicas - aplicações.

Disponível em: <https://drive.google.com/drive/u/0/shared-with-me>

2- Termodinâmica- aplicações.

Disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1Sjqq4i8rzzS5ukeIGoZMpCqpbQbbwk0F/view>

ATIVIDADES

Caro(a) estudante, chegou o momento de relembrar o que foi estudado neste módulo.

Faça as atividades propostas com atenção. Caso tenha alguma dúvida, procure a orientação dos professores. Faça anotações. Caso você tenha disponibilidade, pode, também, recorrer a ferramentas e recursos de pesquisa.

1. (UEM 2007) No famoso experimento de Joule, de 1843, as pás eram movimentadas por pesos que caíam de uma certa altura. Sobre esse experimento, assinale a alternativa correta.

- A) Os pesos forneciam energia potencial às pás.
- B) A energia potencial gravitacional é transformada em energia térmica.
- C) À medida que os pesos caem, a energia térmica decai, segundo a lei do inverso do quadrado da altura.
- D) A energia potencial gravitacional gera um momento de força nas moléculas de água.
- E) A energia rotacional é sempre igual à energia cinética de movimento.

2. (ENEM - 2014) As máquinas térmicas foram aprimoradas durante a primeira Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra no século XVIII. O trabalho do engenheiro francês Nicolas Léonard Sadi Carnot, que notou a relação entre a eficiência da máquina a vapor e a diferença de temperatura entre o vapor e o ambiente externo, foi fundamental para esse aprimoramento.

A solução desenvolvida por Carnot para aumentar a eficiência da máquina a vapor foi:

- A) Reduzir o volume do recipiente sob pressão constante.
- B) Aumentar o volume do recipiente e reduzir a pressão proporcionalmente.
- C) Reduzir o volume do recipiente e a pressão proporcionalmente.
- D) Reduzir a pressão dentro do recipiente e manter seu volume.
- E) Aumentar a pressão dentro do recipiente e manter seu volume.

3. (CEFET - PR) O 2º princípio da Termodinâmica pode ser enunciado da seguinte forma: "É impossível construir uma máquina térmica operando em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e convertê-lo integralmente em trabalho." Por extensão, esse princípio nos leva a concluir que:

- A) sempre se pode construir máquinas térmicas cujo rendimento seja 100%;
- B) qualquer máquina térmica necessita apenas de uma fonte quente;
- C) calor e trabalho não são grandezas homogêneas;
- D) qualquer máquina térmica retira calor de uma fonte quente e rejeita parte desse calor para uma fonte fria;
- E) somente com uma fonte fria, mantida sempre a 0°C, seria possível a uma certa máquina térmica converter integralmente calor em trabalho.

4. Algumas esferas de aço são inseridas dentro de um cilindro hermeticamente fechado, feito de um material isolante térmico, que não permite trocas de calor entre o meio interno e o meio externo. O cilindro é virado, provocando uma queda nas esferas. Esse episódio se repete por várias vezes consecutivas.

Após algum tempo verifica-se que a temperatura das esferas _____. Isso se dá porque as esferas _____ energia com o meio na forma de calor e a energia _____ das esferas se transformou em energia _____.

Assinale a alternativa que completa corretamente a afirmativa acima.

- A) aumenta / trocam / mecânica / térmica.
- B) aumenta / não trocam / térmica / mecânica.
- C) aumenta / não trocam / mecânica / térmica.
- D) diminui / trocam / térmica / mecânica.
- E) diminui / não trocam / mecânica / térmica.

5. Segundo a OMS (Organização Mundial de Saúde), um ser humano adulto deve consumir diariamente 2500 kcal para que o seu organismo funcione bem. Sabendo que 1 kcal equivale a 1000 cal e considerando $1,0 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$, calcule a quantidade de energia, em joules, que deve ser ingerida diariamente para que o organismo de um adulto funcione bem.

Resolução:

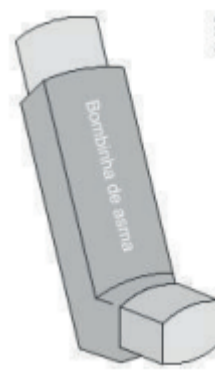
Cálculos:

Resposta:

6. (Acafe 2017) Considere o caso abaixo e responda: Qual é a transformação sofrida pelo gás ao sair do spray?

As pessoas com asma, geralmente, utilizam broncodilatadores em forma de spray ou mais conhecidos como bombinhas de asma. Esses, por sua vez, precisam ser agitados antes da inalação para que a medicação seja diluída nos gases do aerossol, garantindo sua homogeneidade e uniformidade na hora da aplicação.

Podemos considerar o gás que sai do aerossol como sendo um gás ideal, logo, sofre certa transformação em sua saída:



- A) O gás sofre uma compressão adiabática.
- B) O gás sofre uma expansão adiabática.
- C) O gás sofre uma expansão isotérmica.
- D) O gás sofre uma compressão isotérmica.
- E) O gás sofre uma expansão isovolumétrica.

7- Um sistema contendo uma massa de gás ideal recebe 600 cal de energia, na forma de calor, e realiza um trabalho de 420 J. Sabendo-se que $1,0 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$, qual é, em calorias, sua variação da energia interna?

Resolução:

Cálculos:

Resposta:

8. Um sistema adiabático é aquele em que:

- A) a temperatura permanece constante.
- B) a temperatura e o volume permanecem constantes.
- C) não há trocas de calor entre o sistema e o meio.
- D) há trocas de calor entre o sistema e o meio.
- E) não realiza trabalho.

9 - Um gás ideal é submetido a uma compressão extremamente rápida, de tal forma que a troca de calor com o meio externo é insignificante e pode ser desconsiderada. As afirmações seguintes se referem à situação relatada. Assinale a que for correta:

- A) O volume do gás aumenta e a pressão diminui.
- B) O volume e a pressão do gás diminuem.
- C) A temperatura do gás diminui.
- D) A energia interna do gás aumenta.
- E) Há trabalho realizado pelo gás sobre o meio externo.

10- Suponha que um gás, a volume constante, liberasse 480 cal de calor para a sua vizinhança.

A) Qual o trabalho realizado pelo gás?

Cálculos:

B) Qual foi, em calorias, a variação da energia interna do gás?

Cálculos:

C) A temperatura do gás aumentou, diminuiu ou não variou? Justifique.

Resposta:

REFERÊNCIAS

AGITAÇÃO DOS ÁTOMOS E TEMPERATURA. **Brasil Escola**. s. d. Disponível em: <https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/e/quente%20e%20frio%20%20educador.jpg>. Acesso em: 05 jun. 2024.

ALBUQUERQUE, Juan Pablo Ferraz. A transformação adiabática no Enem. Infoenem. s. l. 2022. Disponível em: <https://infoenem.com.br/a-transformacao-adiabatica-no-enem/>. Acesso em: 10 jun. 2024.

A MÁQUINA de Heron. Wikipédia, a enciclopédia livre. s.l.2020. Disponível em:<https://pt.wikipedia.org/wiki/Eolipila> Acesso em: 05 jun.2024.

CONVERSÃO DE ESCALAS TERMOMÉTRICAS. **Infoescola**. s. d. Disponível em: <https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/01/conversao-de-escalas-termometricas-tabela-600x250.jpg>. Acesso em: 18 de maio 2024.

COPO COM ÁGUA. Tharakorn Anutai. Canva. S.l. Disponível em: https://www.canva.com/design/DAGHdqCoKbM/CsKZSuYQ4S51Vekk4W7Lsg/edit?utm_content=DAGHdqCoKbM&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton Acesso em 31 maio 2024.

EQUILÍBRIO TÉRMICO. Só Biologia. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2024. Disponível em https://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/Calor3.php. Acesso em: 23 maio 2024.

EQUIPE Nepin. Qual é o papel da termodinâmica nos processos industriais. São Paulo. 16 de junho de 2023. Disponível em:<https://www.nepin.com.br/blog/industria/qual-e-o-papel-da-termodinamica-nos-processos-industriais/> Acesso em: 02 jun. 2024

EXEMPLO de máquina térmica (locomotiva a vapor). Máquinas Térmicas. [S.l.], [2024]. Disponível em: <http://dnadafisica.blogspot.com/2017/08/maquinas-termicas.html> Acesso em 04 jul. 2024.

EXPANSÃO do gás. Trabalho de um gás. Física e Vestibular. [S.l.], [2024]. Disponível em:<https://fisicaevestibular.com.br/novo/formulario/termologia-07-termodinamica-trabalho-de-um-gas-transformacao-ciclica/> Acesso em: 05 jun. 2024.

GRÁFICO de simulação crescimento da população humana. A population simulation. [s.l.],[2015]. Disponível em: <https://mrscience.com/2015/06/16/a-population-simulation/> Acesso em 04 jul, 2024.

FLUXO DE CALOR. Prepara Enem. s. l. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/equilibrio-termico.htm> Acesso em: 30 maio 2024.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. **Fundamentos da física**. Volume 2: gravitação,

ondas e termodinâmica. Rio de Janeiro. LTC. 2012.

MÁQUINA térmica. Infoescola. s.l. 2006. Disponível em:
<https://www.infoescola.com/fisica/maquina-termica/> Acesso em: 8 jun. 2024.

MINAS GERAIS. Secretaria do Estado de Educação. **Plano de Curso:** EJA. Escola de Formação e Desenvolvimento Profissional de Educadores de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024. Disponível em:
<https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/index.php/plano-de-cursos-crmg> . Acesso em: 15 jun 2024.

MONTAGEM do experimento de Joule. Mundo Educação. s.l. 2024. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/equivalencia-entre-joule-caloria.htm> Acesso em: 05 jun. 2024.

MORAIS, M.M. Termodinâmica e a Tecnologia. Belo Horizonte, 2024.

REPRESENTAÇÃO de um gás confinado em um recipiente. Manual da Química. s.l. 2024. Disponível em:
<https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/caracteristicas-gerais-dos-gases.htm>

SILVA, D.M. Tipos de transformações. Belo Horizonte. 2021. Disponível em:
<https://drive.google.com/file/d/1MANhPs5oHYD5UtpyrfZogpeZC1AOPBXi/view> Acesso em: 03 jun. 2024.

TRANSFORMAÇÃO termodinâmica. Mundo Educação. s.l. 2024. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/transformacoes-gasosas.htm>. Acesso em: 03 jun. 2024.