

Material Instrucional (Professor)

Professor: Fábio Bartolomeu Santana

Disciplina: Física

Conteúdo Programático: Estudo dos Gases

Tópico: Transformação Isotérmica (Lei de Boyle)

Plano de Aula

Objetivos

- Introduzir a lei das transformações isotérmicas;
- Obter empiricamente a lei de transformações isotérmicas;

Conteúdos Relacionados

Gases ideais; transformação isotérmica; Lei de Boyle para as transformações isotérmicas;

Recursos instrucionais

Quadro; giz; computador; projetor; tela para projeção; simulação Phet Colorado; roteiro de atividades (em anexo);

Metodologia de Ensino e Orientações ao Professor (tempo previsto para duas aulas de 45 min)

Parte 1 (10 min) – Comentar brevemente acerca de alguns dos aspectos históricos relacionados ao estudo dos gases, destacando que tais estudos foram inicialmente realizados empiricamente; descrever brevemente o que é uma lei empírica; mencionar os estudos teóricos posteriores da Teoria Cinética dos Gases, por meio da qual se pode obter teoricamente a mesma lei;

Parte 2 (10 min) – Apresentar a simulação Phet Colorado para os estudantes, projetando-a na lousa, indicando as funcionalidades básicas disponíveis; simular brevemente alguns aspectos da transformação isotérmica, instruindo os estudantes acerca da simulação, ainda que em linhas gerais; salientar que trata-se de uma simulação, o que implica na existência de várias simplificações por trás do modelo matemático que descreve o gás, bem como das limitações do software em reproduzir o comportamento do sistema;

Parte 3 (10 min) – Distribuir o roteiro de atividades e comentar brevemente como a atividade será realizada; o texto apresenta uma estrutura composta por quatro partes: 1) introdução conceitual; 2) coleta de dados a partir da simulação; 3) obtenção empírica da transformação isotérmica, suas implicações e aspectos históricos; 4) lista de atividades; salientar que ao longo do texto há perguntas-chaves que devem ser respondidas antes de seguir adiante; alertar os estudantes que a parte de coleta de dados será feita a partir da simulação e somente após esta etapa deve-se seguir para a parte final do texto; ao término, há uma lista de exercícios introdutórios sobre o tema em estudo, a qual deve ser realizada apenas após a leitura de todo o texto, bem como a realização do experimento simulado;

Parte 4 (60 min) – Realização da atividade; os estudantes devem iniciar a leitura e responder as questões-chaves que se encontram intercaladas com o texto; ao chegarem no tópico referente a simulação deve-se iniciar o experimento simulado para coleta de dados; neste momento, deve-se simular os estados sugeridos na tabela do roteiro (5 estados), utilizando os recursos da simulação como descrito abaixo:

1º Preparar o sistema (executar nesta ordem): adicionar 100 partículas leves; setar a condição de temperatura constante; a temperatura deverá estabilizar-se em 300 K;

2º Marcar a opção “largura”; com o mouse deslocar a parede para a menor posição possível (5nm); esta posição simulará o estado 1 do sistema (ver Figura 1);

3º Anotar a medida da largura indicada e a pressão na tabela do roteiro (observar que a medida da largura do sistema não é necessariamente o volume, mas a variação desta grandeza faz com que o volume varie na mesma proporção, uma vez que o volume depende diretamente desta medida); calcular o produto entre a pressão e o volume para esta medida;

4º) variar o comprimento da caixa (volume) e anotar o novo valor da pressão, simulando assim um estado diferente (estado 2); anotar e calcular novamente o produto entre pressão e volume para este novo estado; repetir este procedimento para simular os cinco estados sugeridos pelo roteiro;

Obs.: deve-se mencionar que a unidade de volume é nm^3 , pois se está assumindo que todas as dimensões da caixa seriam medidas também nesta unidade;

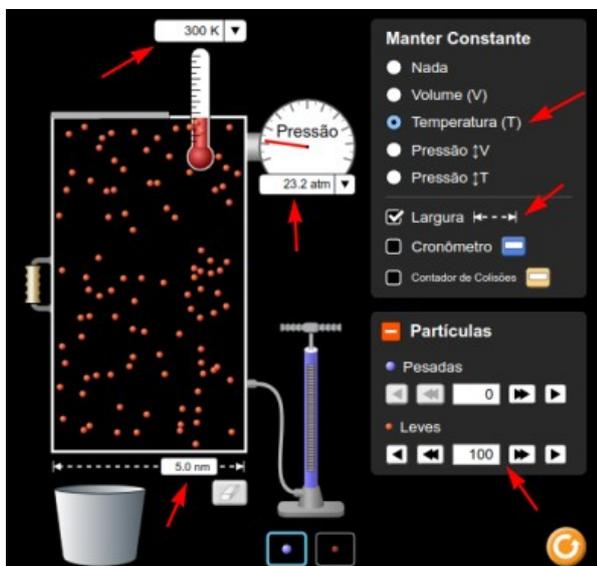


Figura 1: imagem da tela da simulação com indicação do setup inicial da simulação e dos itens a serem manipulados.

Estado	N	T (K)	p (atm)	V (nm^3)	p.V
1	100	300			
2	100	300			
3	100	300			
4	100	300			
5	100	300			

Figura 2: imagem da tabela de dados sugerida no roteiro de atividades.

5º) Representar graficamente os valores da pressão e do volume, obtidos a partir da simulação e organizados na tabela disponível no roteiro, indicada pela Figura 2; utilizar o sistema cartesiano disponível no roteiro da simulação (Figura 3)

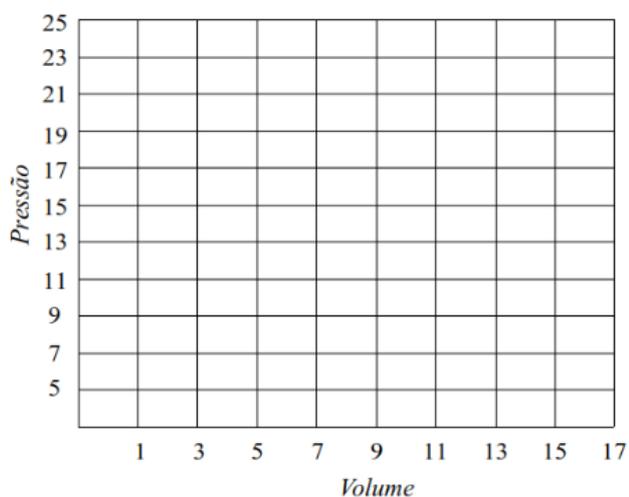


Figura 3: sistema cartesiano disponível no roteiro da simulação

6º) Após a montagem do gráfico os estudantes devem seguir com a leitura do roteiro; ao final, devem resolver os exercícios propostos;

Observações: o professor poderá optar em apresentar aos estudantes a simulação, controlando ele mesmo o desenrolar da atividade, de modo expositivo, enquanto os estudantes realizam a leitura, respondem as questões introdutórias, coletam os dados e resolvem os exercícios; desta forma, os estudantes seguem o

roteiro, todos juntos e no ritmo determinado pelo professor; do contrário, pode-se optar por deixar a execução de toda a atividade pelos estudantes, sendo necessário para isto, que sejam disponibilizados computadores para os estudantes; a atividade pode ser realizada individualmente ou em grupos, de acordo com o perfil de cada turma ou da proposta do professor; também é importante que os resultados obtidos pelos estudantes sejam discutidos, de modo a enfatizar o caráter empírico da Lei de Boyle, bem como para orientá-los em caso de equívocos na coleta de dados ou no entendimento da simulação.

Referências Bibliográficas

ÁLVARES, Beatriz Alvarenga; LUZ, Antônio Máximo Ribeira da. **Coleção Curso de Física: Volume 2.** 6. ed. São Paulo: Scipione, 2005.

REF. **Física 2: Física Térmica / Óptica.** 5. ed. São Paulo: Usp, 2007.

Transformação Isotérmica**Introdução**

De maneira geral, a influência da pressão pode ser desprezada quando tratamos de corpos no estado sólido ou líquido.

Analisando o comportamento de um gás, entretanto, percebe-se que as variações de pressão podem provocar variações facilmente apreciáveis no volume e na temperatura de um gás. Imagine uma seringa cheia de ar. Bloqueando a extremidade com o dedo e empurrando o êmbolo pode-se facilmente reduzir o volume do ar contido no interior da seringa.

Estudos mostram que é possível expressar o comportamento de um gás por meio de expressões matemáticas simples entre a sua pressão, p , seu volume, V , e sua temperatura T . Uma vez que sejam conhecidos os valores dessas grandezas (massa, pressão, volume e temperatura), a situação em que o gás se encontra fica definida. Em outras palavras, fica definido o *estado termodinâmico* do gás, sendo p , V e T , as suas variáveis de estado.

Provocando-se uma variação em uma dessas grandezas, nota-se que, em geral, as outras também se modificam e os novos valores caracterizam um novo estado termodinâmico para o gás. Dizemos que, ao passar de um estado para outro, o gás sofreu uma *transformação*.

A seguir, você estudará algumas das transformações que um gás pode sofrer. A partir deste estudo serão obtidas algumas leis de transformação. Estas leis serão obtidas dentro de algumas limitações, sendo válidas apenas aproximadamente para os gases que existem na natureza, denominados *gases reais* (O_2 , H_2 , N_2 , etc.). Um gás que se comporte exatamente de acordo com as leis que serão obtidas, será denominado *gás ideal*.

Os gases reais, quando submetidos a baixas pressões e altas temperaturas, comportam-se de forma ideal. Assim, nestas condições, os gases que existem na natureza podem ser estudados através das leis que serão aqui obtidas.

Transformação Isotérmica

Vamos considerar um gás dentro de um recipiente, submetido a determinada pressão, ocupando determinado volume e estando a certa temperatura. Conhecendo os valores de p_1 , V_1 e T_1 , fica definido o estado inicial do gás.

Mantendo a temperatura constante (*transformação isotérmica*), iremos variar a pressão e ver o que ocorre com o volume ocupado pelo gás. Para simplificar a análise, será

mantida constante a massa de gás, ou seja, a quantidade de partículas.

Simulação de um gás ideal

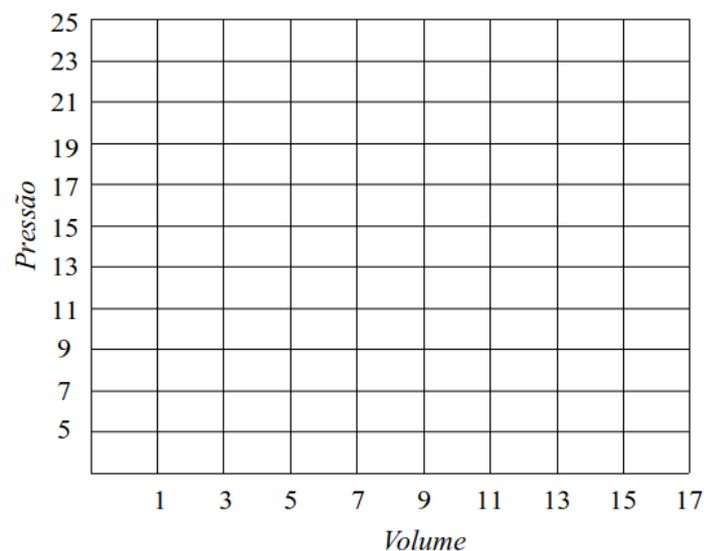
A tabela abaixo sugere uma simulação para o comportamento de um gás ideal, mantido a temperatura constante. Preencha as lacunas abaixo de acordo com os dados utilizados na simulação. Serão analisados 4 estados. Observe e anote as informações:

Estado	N	T (K)	p (atm)	V (nm ³)	p.V
1	100	300			
2	100	300			
3	100	300			
4	100	300			
5	100	300			

Questão 1: Analisando os dados obtidos a partir da simulação, que tipo de relação matemática pode-se observar entre a pressão e o volume?

Gráfico $p \times V$

Elabore um gráfico no diagrama abaixo, utilizando os dados coletados que foram organizados na tabela acima (valores da pressão no eixo vertical e valores do volume no eixo horizontal).



Robert Boyle (1627 - 1691)

Químico e físico inglês, ficou conhecido por suas experiências pioneiras sobre as propriedades dos gases. Adepto da teoria corpuscular da matéria, que deu origem a moderna teoria química dos elementos, criticava duramente as ideias de aristotélicas e dos alquimistas sobre a composição das substâncias.

Em 1660 obteve resultados experimentais que lhe permitiram relacionar a pressão e o volume de um gás mantido a uma temperatura constante.

Se a temperatura T de uma dada massa gasosa for mantida constante, o volume V desse gás será inversamente proporcional à pressão p exercida sobre ele, ou seja, $pV = \text{constante}$.

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Este resultado é conhecido como *lei de Boyle*, e somente pode ser aplicado nas transformações isotérmicas, ou seja, nas transformações onde a temperatura do gás seja mantida constante.

Influência da pressão na densidade

A densidade de um corpo é dada por $d = m/V$. Para corpos sólidos e líquidos, uma variação na pressão exercida sobre eles praticamente não altera o volume V , de modo que a densidade desses corpos é muito pouco influenciada pela pressão.

Para os gases, como vimos, alterações de pressão podem produzir alterações apreciáveis de volume, afetando a densidade do gás.

Na transformação isotérmica, além da temperatura, a massa do gás também foi mantida constante.

É fácil encontrar a relação entre a pressão e a densidade. Verifique abaixo a relação destas grandezas com o volume:

$$p \propto \frac{1}{V} \qquad d \propto \frac{1}{V}$$

Questão 2: Observando as duas relações de proporção acima, indique qual é a relação de proporção entre a densidade e a pressão.

Exercícios

1. a) Quais as grandezas que determinam o estado de um gás? b) O que significa dizer que um gás sofreu uma transformação?

2. a) O que são gases reais? b) O que se entende por um *gás ideal*? c) Em que condições um gás real se comporta como um gás ideal?

3. Considere um gás durante uma transformação isotérmica. a) Quais das grandezas, p , V , m , T permanecem constantes? b) Quais estão variando?

4. Um recipiente, contendo O_2 , é provido de um pistão que permite variar a pressão e o volume do gás. Verifica-se que, quando está submetido a uma pressão de 2,0 atm, o gás ocupa um volume de 20 litros. Comprime-se lentamente o gás, de modo que sua temperatura não varie, até que a pressão aumente 5 vezes. a) Qual o volume ocupado pelo O_2 ao final do processo? b) Supondo que a densidade do O_2 seja, inicialmente de 1,2 g/L, determine sua densidade no estado final. c) A densidade aumentou ou diminuiu? Tornou-se quantas vezes maior (ou menor)?

5. Certa massa de gás ideal sofre uma transformação isotérmica, passando pelos estados indicados na tabela abaixo:

Estado	p (atm)	V(litro)	p.V	d (g/L)
1	0,50	6,0		2,0
2	1,00 (dobro)			
3	1,50 (tríplo)			
4	2,00 (quádruplo)			

a) Aplique a lei de Boyle para preencher na tabela os valores da coluna V e do produto pV para o estado 1. b) Lembrando que o gás sofre processos isotérmicos, qual deverá ser o volume ocupado pelo gás no estado 2, para o qual a pressão é o dobro do estado 1? c) Seguindo o mesmo raciocínio, determine o volume dos estados 3 e 4 e calcule o valor de $p.V$ para estes estados. d) Que tipo de relação matemática existe entre as grandezas pressão e volume, para um gás submetido a uma transformação isotérmica? e) Se você construísse um gráfico relacionando a pressão e o volume para os dados da tabela acima, qual tipo de curva seria obtida? f) Considerado que no estado 1 o gás tenha uma densidade de 2,0 g/L, determine as densidades nos estados 2, 3 e 4. (informar na tabela)