

**3<sup>a</sup>**

**Série**

**Física**

**MATERIAL  
DIGITAL**

# **Modelo microscópico do gás ideal**

## Conteúdos

- Termodinâmica.

## Objetivos

- Investigar as relações entre as variáveis de estado (pressão, volume e temperatura) e o número de mols de um gás ideal;
- Compreender a Lei Geral dos Gases;
- Analisar a Equação de Clapeyron.

## Para começar

VIREM E CONVERSEM



5 minutos

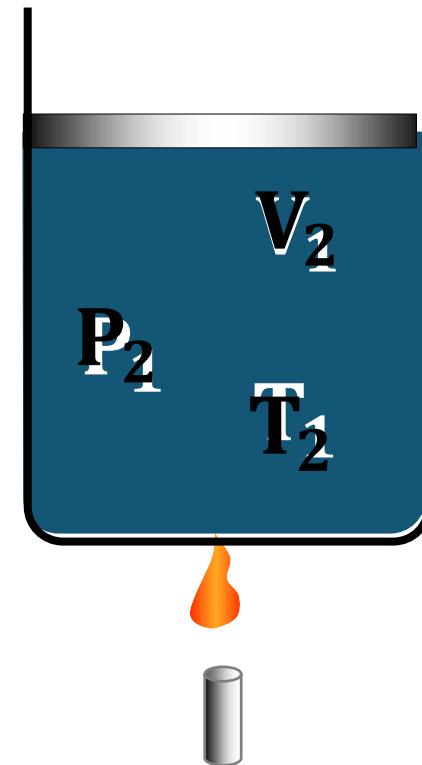
Sabemos que, ao aumentar a temperatura de um gás em um recipiente fechado, a pressão tende a aumentar. Isso ocorre porque as partículas de gás se movem mais rapidamente com o aumento da temperatura, o que aumenta o número de colisões com as paredes do recipiente. Agora, se retirarmos um pouco de ar desse recipiente, o que deve acontecer com a temperatura e a pressão desse gás?



### Lei Geral dos Gases

Quando uma certa massa de gás perfeito passa por uma transformação em que as três variáveis de estado – pressão (p), volume (V) e temperatura absoluta (T) – se alteram, podemos relacionar essas três variáveis por meio da **Lei Geral dos Gases**, dada pela seguinte expressão:

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



Produzido pela SEDUC-SP.

Animação de um gás perfeito, em um recipiente com êmbolo móvel, sofrendo uma transformação em que as três variáveis de estado (pressão, volume e temperatura) se modificam.

# Grandezas macroscópicas

Vimos como as variáveis de estado (pressão, volume e temperatura) se relacionam quando um gás ideal é submetido a certa transformação. Agora, vamos analisar a conexão entre o número de mols e essas três variáveis.

p

**Pressão**

Associada às colisões das partículas.

V

**Volume**

Refere-se ao volume do recipiente que contém o gás.

T

**Temperatura**

Associada à energia cinética de translação das partículas.

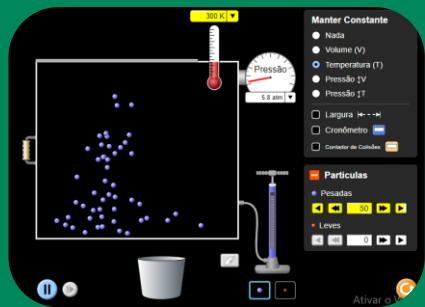
n

**Nº de mol**

Relação entre a massa do gás e sua massa molar.

### Simulação interativa

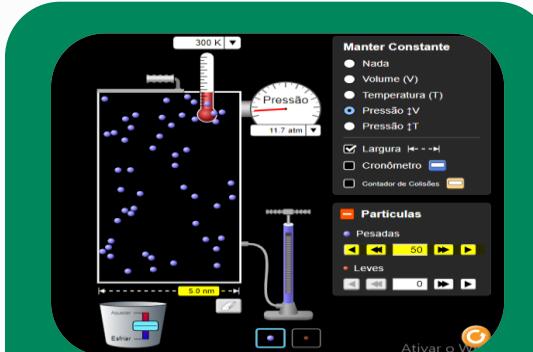
Para analisar a relação entre o número de mol de um gás ideal e as variáveis de estado, vamos utilizar o mesmo simulador da aula anterior. Escolha um dos experimentos para começar, faça a experiência e, em seguida, passe para os outros.



#### Experimento 1

Clique na imagem acima para investigar este experimento virtual.

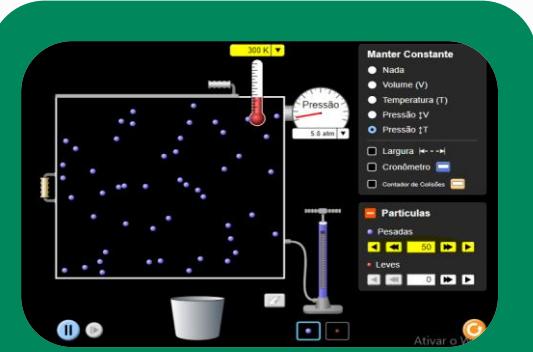
Reprodução – PHET COLORADO, [s.d.].  
Disponível  
[em:\[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\\_all.html?locale=pt\\\_BR\]\(https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\_all.html?locale=pt\_BR\)](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR).  
Acesso em: 5 nov 2024.



#### Experimento 2

Clique na imagem acima para investigar este experimento virtual.

Reprodução – PHET COLORADO, [s.d.].  
Disponível  
[em:\[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\\_all.html?locale=pt\\\_BR\]\(https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\_all.html?locale=pt\_BR\)](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR).  
Acesso em: 5 nov 2024.



#### Experimento 3

Clique na imagem acima para investigar este experimento virtual.

Reprodução – PHET COLORADO, [s.d.].  
Disponível  
[em:\[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\\_all.html?locale=pt\\\_BR\]\(https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\_all.html?locale=pt\_BR\)](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR).  
Acesso em: 5 nov 2024.



Analise os experimentos.

Continua ➔

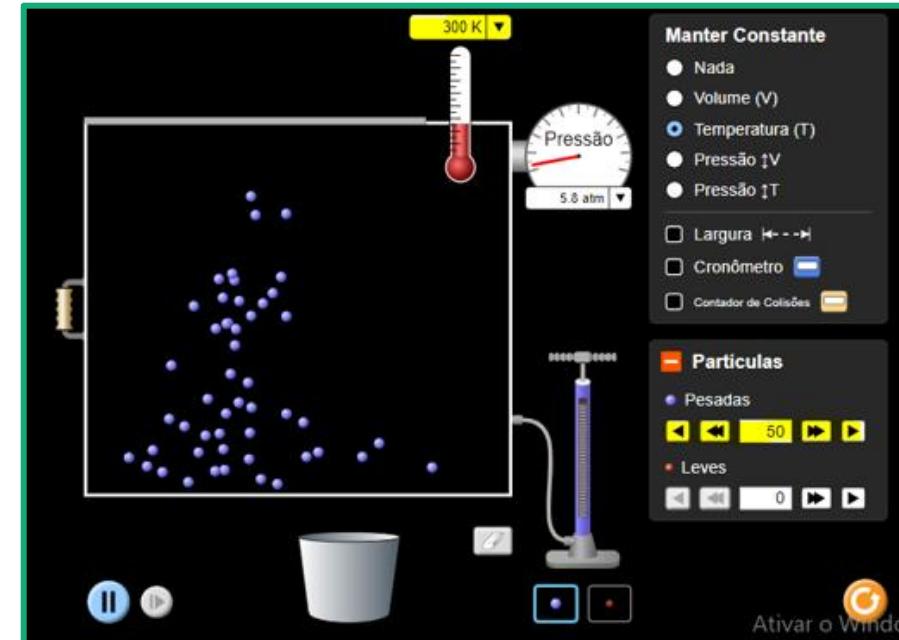
# Experimento 1

Acesse o link:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR)

- Escolha a opção “Leis”;
- Marque a opção “Largura”;
- Clique no ícone “+ Partículas”;
- Para partículas pesadas, aperte uma vez o ícone “Avançar”, adicionando **50 partículas**;
- Marque a opção “Temperatura”, no box “Manter Constante”;
- Anote o valor da **pressão** mostrado no manômetro;
- **Aperte novamente** o ícone “Avançar”, para partículas pesadas, **adicionando 50 partículas**;
- **Anote novamente** o valor da **pressão**.

Continua ➔



Captura de tela obtida por meio da simulação interativa.

Para refletir

O que ocorreu com a **pressão** ao dobrarmos o número de **partículas**?



Retornar

## Experimento 2

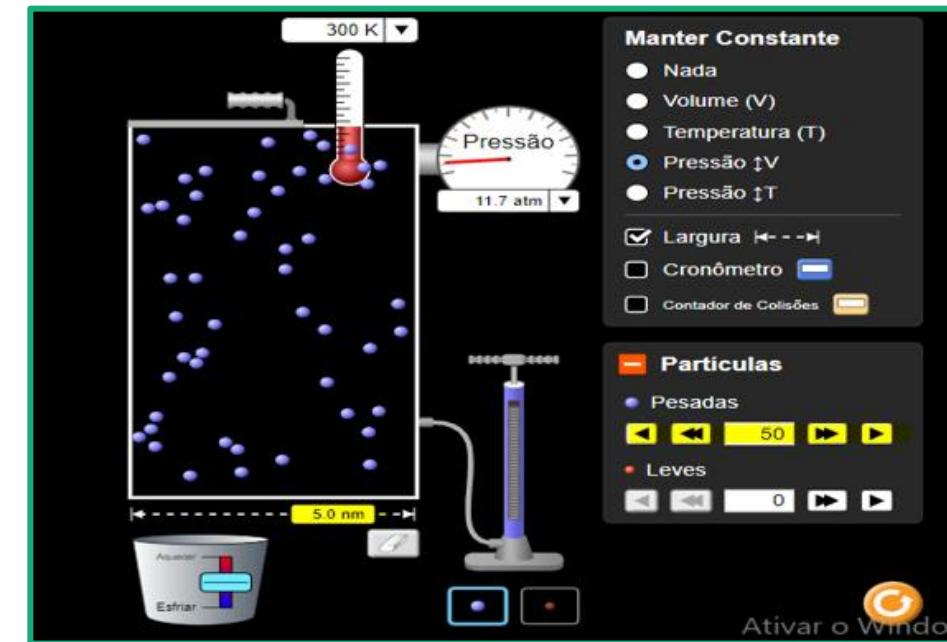
Acesse o link:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR)

- Escolha a opção “**Leis**”;
- Marque a opção “**Largura**”;
- Clique no ícone “**+ Partículas**”;
- Para partículas pesadas, aperte uma vez o ícone “**Avançar**”, **adicionando 50 partículas**;
- **Reduza** a largura do recipiente para **5.0 nm**;
- Marque a opção “**Pressão V**”, no box “**Manter Constante**”;
- **Anote** o valor da **largura do recipiente**;
- **Aperte novamente** o ícone “**Avançar**”, para partículas pesadas, **adicionando 50 partículas**;
- **Anote novamente** o valor da **largura do recipiente**.

Continua ➔

**TODO MUNDO ESCREVE**



Captura de tela obtida por meio da simulação interativa.

Para refletir

O que ocorreu com o **volume** ao **dobrarmos** o número de **partículas**?



Retornar

Reprodução – PHET COLORADO, [s.d.]. Disponível em:  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR).  
 Acesso em: 5 nov 2024.

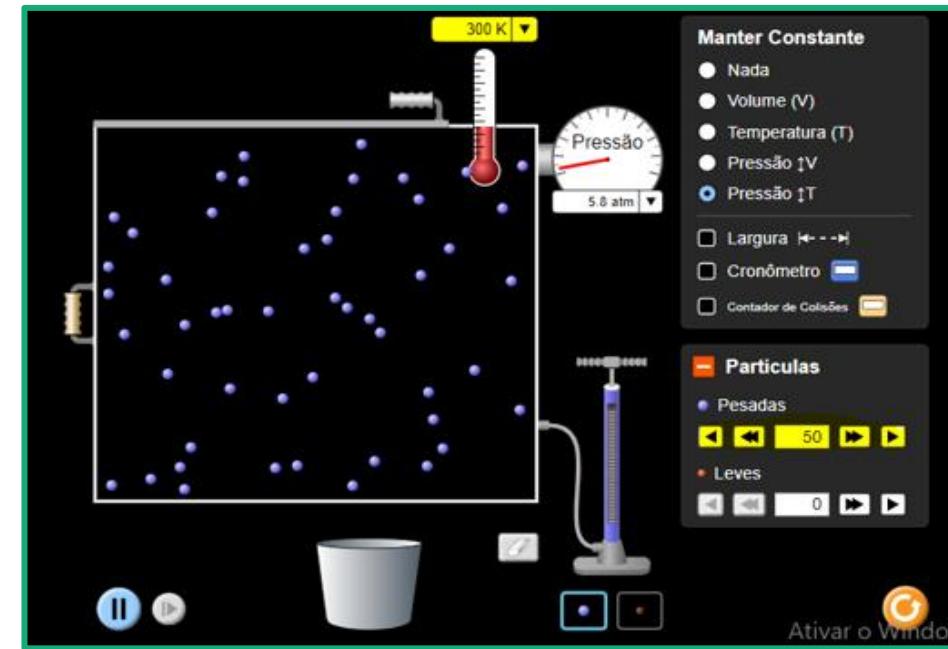
## Experimento 3

Acesse o link:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR)

- Escolha a opção “**Leis**”;
- Marque a opção “**Largura**”;
- Clique no ícone “**+ Partículas**”;
- Para partículas pesadas, aperte uma vez o ícone “**Avançar**”, **adicionando 50 partículas**;
- Marque a opção “**Pressão T**”, no box “**Manter Constante**”;
- Anote o valor da **temperatura**;
- Aperte novamente o ícone “**Avançar**”, para partículas pesadas, **adicionando 50 partículas**;
- Anote novamente o valor da **temperatura**.

Continua ➔



Captura de tela obtida por meio da simulação interativa.

Para refletir

O que ocorreu com a **temperatura** ao **dobrarmos** o número de **partículas**?



Retornar

# Retomando aprendizagens – Experimento 1

Vamos revisar os experimentos para entender melhor a influência do número de mol nas variáveis de estado. No **primeiro experimento**, ao dobrarmos o número de **partículas**, a **pressão** se aproximou do **dobro**, conforme mostrado nas imagens ao lado.

Note que, nessa experiência, a **pressão do gás** é **diretamente proporcional à quantidade de partículas**.



Reprodução – PHET COLORADO, [s.d.]. Disponível em:  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR). Acesso em: 5 nov 2024.

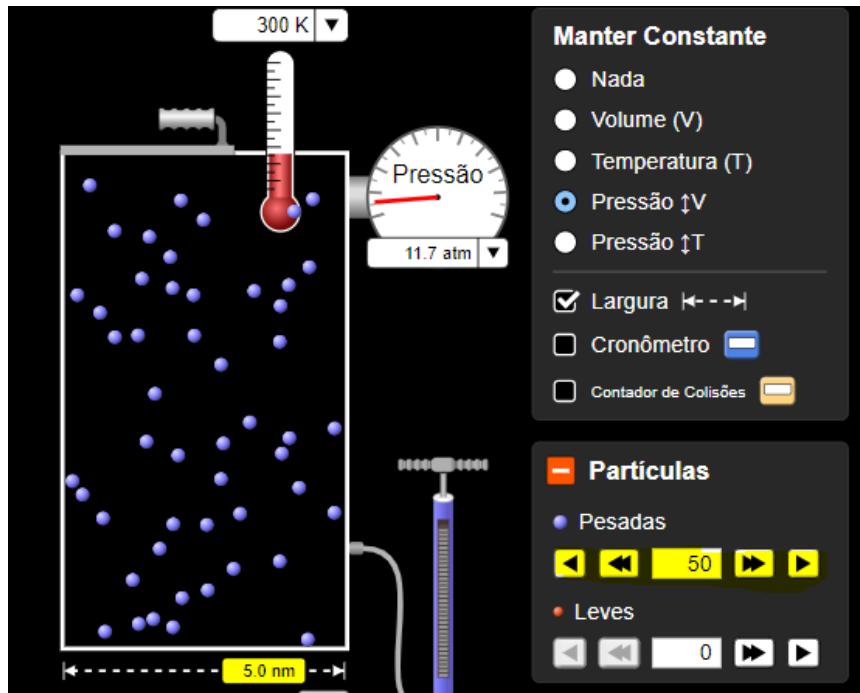


Reprodução – PHET COLORADO, [s.d.]. Disponível em:  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR). Acesso em: 5 nov 2024.

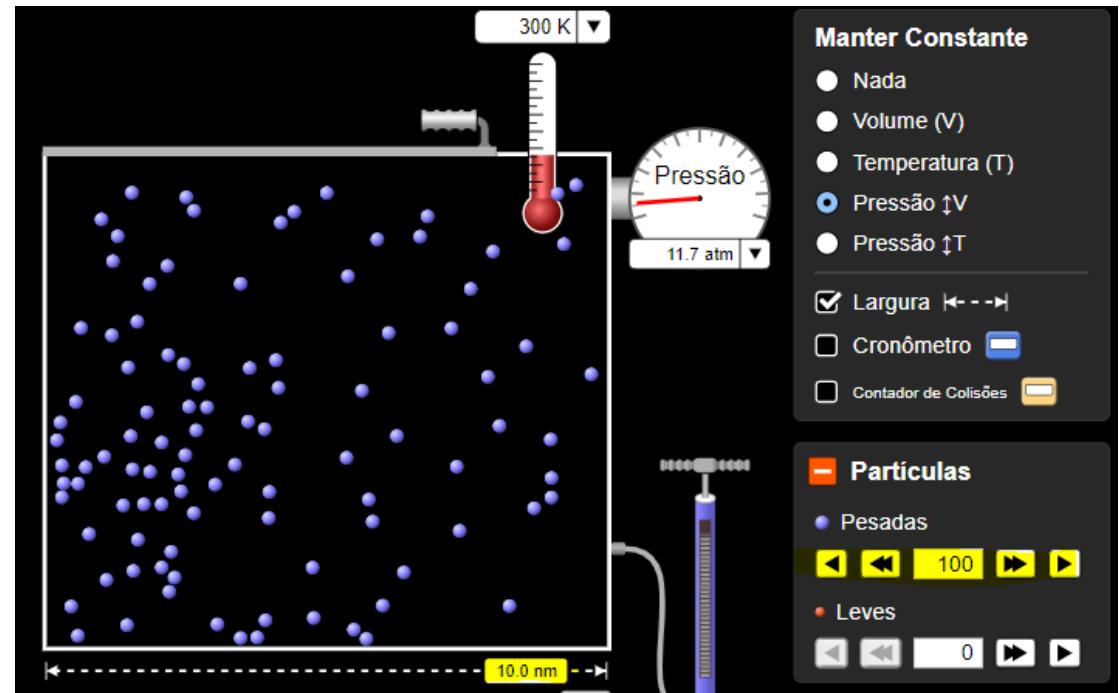
### Retomando aprendizagens – Experimento 2

No **experimento 2**, ao **dobrarmos** o **número de partículas**, a **largura do recipiente** também **dobrou**, conforme mostrado nas imagens abaixo.

Observe que, nessa experiência, o **número de partículas** é **diretamente proporcional ao volume do gás**.



Reprodução – PHET COLORADO, [s.d.]. Disponível em:  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR). Acesso em: 5 nov 2024.

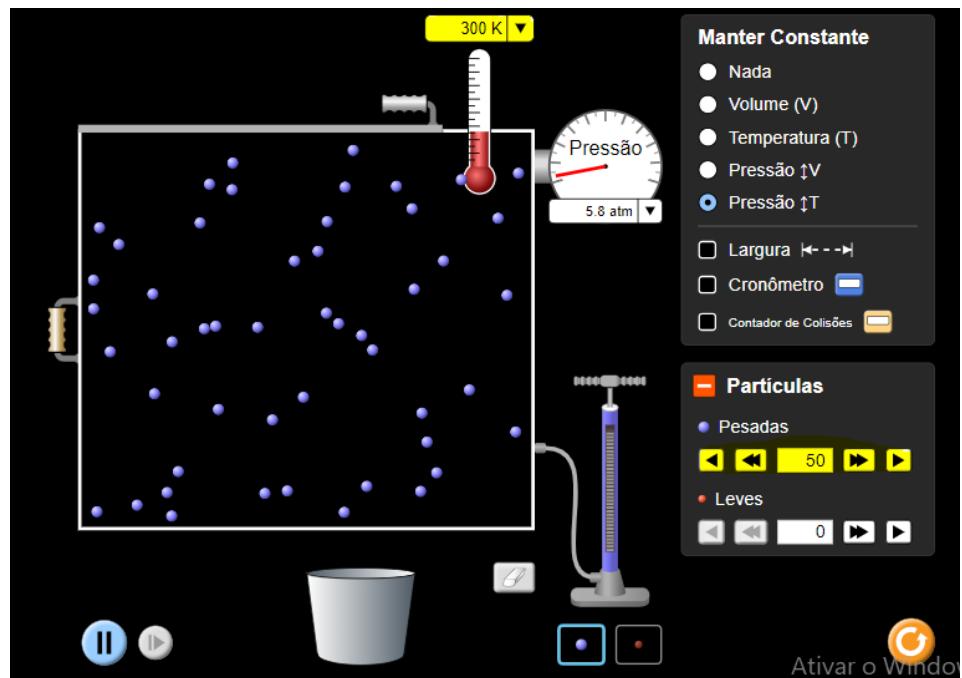


Reprodução – PHET COLORADO, [s.d.]. Disponível em:  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR). Acesso em: 5 nov 2024.

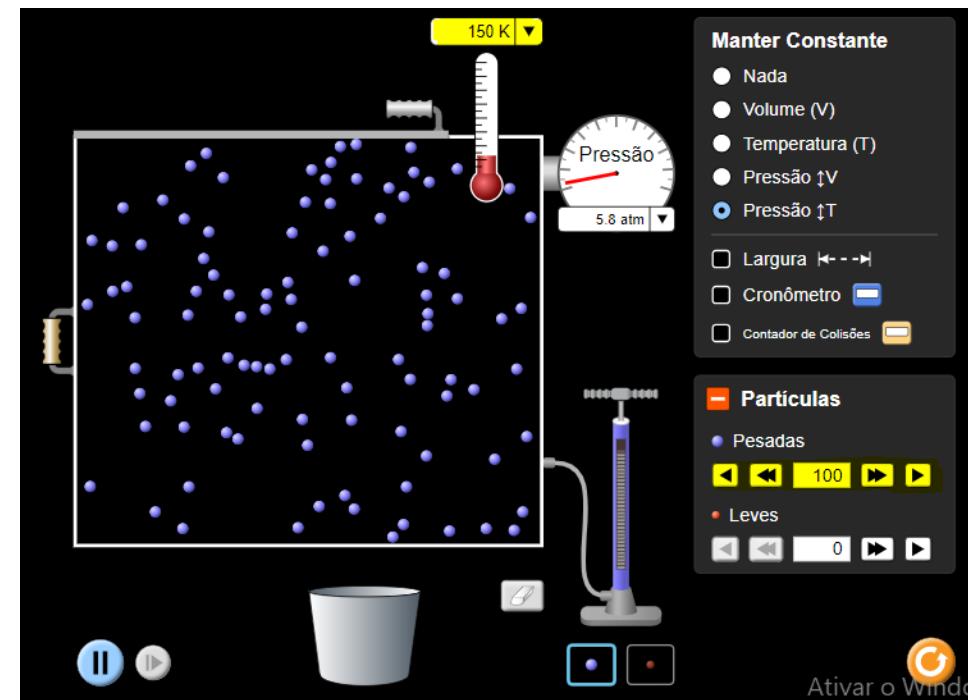
### Retomando aprendizagens – Experimento 3

Por fim, no **experimento 3**, ao **dobrarmos o número de partículas**, a **temperatura do gás caiu pela metade**, conforme mostrado nas imagens abaixo.

Perceba que, nessa experiência, a **temperatura absoluta é inversamente proporcional ao número de partículas**.



Reprodução – PHET COLORADO, [s.d.]. Disponível em:  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR). Acesso em: 5 nov 2024.



Reprodução – PHET COLORADO, [s.d.]. Disponível em:  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR). Acesso em: 5 nov 2024.

## Número de mol (n)

Determinada massa de um gás tem milhares de moléculas (da ordem de  $10^{20}$  para cada  $\text{cm}^3$ ). Pelo fato desse valor ser muito grande, é mais conveniente quantificar uma porção de gás pelo seu número de mol.

Um mol de gás é constituído por  $6,02 \cdot 10^{23}$  moléculas. Tal valor foi determinado pelo físico italiano Amadeo Avogadro.

O número de mol é obtido dividindo-se a massa do gás ( $m$ ) pela sua massa molar ( $M$ ).

$$n = \frac{m}{M}$$

massa do gás

número de mol

massa molar



Busto em homenagem a Amadeo Avogadro.

Reprodução – OUR SCIENTISTS/WIKIMEDIA COMMONS, 2019. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%D0%91%D1%8E%D1%81%D1%82\\_%D0%90%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BE\\_%D0%90%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%B4%D1%80%D0%BE.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%D0%91%D1%8E%D1%81%D1%82_%D0%90%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BE_%D0%90%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%B4%D1%80%D0%BE.png). Acesso em: 5 nov 2024.

### Equação de Clapeyron

Os resultados encontrados nas experiências podem ser explicados pela Equação de Clapeyron, que descreve a relação entre **pressão, volume, número de mol e temperatura**, de um gás ideal.

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

p

PRESSÃO

V

VOLUME

T

TEMPERATURA

n

Nº DE MOL

# Constante universal dos gases (R)

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

**Temperatura**

à temperatura  
absoluta  
de 273 K...

**Pressão**

submetido a  
uma pressão de  
1,0 atm...

$$R = 8,31 \frac{\text{joules}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

**Mol**

1 mol de  
qualquer gás...

**Volume**

ocupa um volume  
de 22,4 litros.

**CNTP**



## Foco no conteúdo

### UM PASSO DE CADA VEZ



Nas CNTp:  
 $p = 1,0 \text{ atm}$   
 $T = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$   
1 mol de qualquer gás  
ocupa um volume de  
22,4 l.

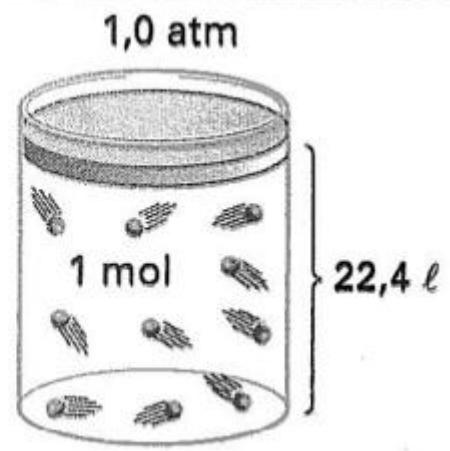


Imagen ilustrativa, mostrando 1 mol de gás nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP).

Reprodução – VILLAS BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2012.

## Constante universal dos gases

Vamos calcular o valor da constante universal dos gases pela Equação de Clapeyron. Assim, temos:

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

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

$$R = \frac{1,0 \text{ atm} \cdot 22,4 \text{ L}}{1,0 \text{ mol} \cdot 273 \text{ K}}$$

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

ou

$$R = 8,31 \frac{\text{joules}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

### Modelo microscópico de um gás ideal

Na figura ao lado temos uma representação do movimento translacional de partículas de um gás ideal.

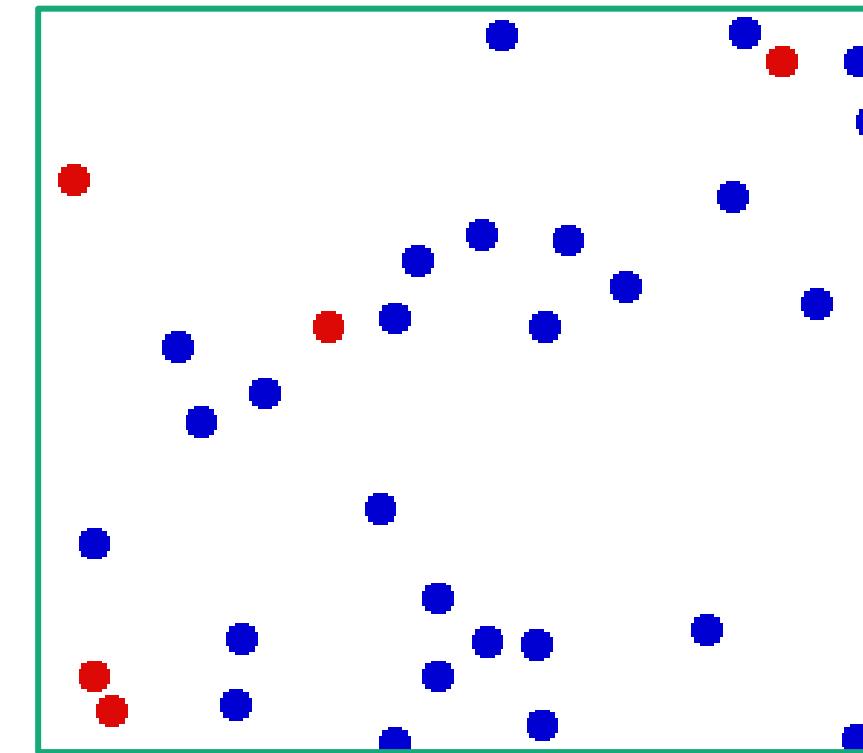
Com base nos conhecimentos adquiridos na aula de hoje, respondam as seguintes perguntas com suas palavras.

**Este GIF pode ser considerado uma representação fiel do movimento das partículas? Por quê?**

**Como estas partículas se comportariam se agora aquecêssemos o recipiente em que se encontram?**

COM SUAS PALAVRAS

5 minutos



Animação do movimento translacional de moléculas de um gás.

Reprodução – A. GREG/WIKIMEDIA COMMONS, 2008. Disponível em:  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Translational\\_motion.gif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Translational_motion.gif). Acesso em: 5 nov 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)**, 2023. Prova de Linguagem, Códigos e suas Tecnologias e Redação; Prova de Ciências Humanas e suas Tecnologias, 1º dia, Caderno 1 - Azul. Disponível em: [https://arquivos.qconcursos.com/prova/arquivo\\_prova/101194/inep-2023-enem-exame-nacional-do-ensino-medio-primeiro-e-segundo-dia-edital-2023-prova.pdf](https://arquivos.qconcursos.com/prova/arquivo_prova/101194/inep-2023-enem-exame-nacional-do-ensino-medio-primeiro-e-segundo-dia-edital-2023-prova.pdf).

Acesso em: 5 nov. 2024.

LEMOV, D. **Aula nota 10**: 49 técnicas para ser um professor campeão de audiência. São Paulo: Da Boa Prosa/Fundação Lemann, 2011.

PHYSICS EDUCATION TECHNOLOGY – UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER (PHET COLORADO). **Gases**: Introdução, [s.d.]. Disponível em:  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR).

Acesso em: 5 nov. 2024.

PIETROCOLA, M. et al. **Física**: conceitos e contextos, v. 3. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Curriculum Paulista**: etapa Ensino Médio, 2020. Disponível em: [https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2023/02/CURR%C3%8DCULO-PAULISTA-etapa-Ensino-M%C3%A9dio\\_ISBN.pdf](https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2023/02/CURR%C3%8DCULO-PAULISTA-etapa-Ensino-M%C3%A9dio_ISBN.pdf). Acesso em: 5 nov. 2024.

## Referências

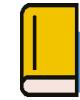
VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. **Tópicos de Física**, v. 2. São Paulo: Saraiva, 2012.

YAMAMOTO, K.; FUKE, L. F. **Física para o Ensino Médio**, v. 2. São Paulo: Saraiva, 2016.

Identidade visual: imagens © Getty Images.

# Aprofundando

**A seguir, você encontra uma seleção de exercícios extras, que ampliam as possibilidades de prática, de retomada e aprofundamento do conteúdo estudado.**



**(ENEM 2023)** De acordo com a Constituição Federal, é competência dos municípios o gerenciamento dos serviços de limpeza e de coleta dos resíduos urbanos (lixo). No entanto, há relatos de que parte desse lixo acaba sendo incinerada, liberando substâncias tóxicas no meio ambiente e causando acidentes por explosões – principalmente quando ocorre a incineração de frascos de aerossóis (por exemplo: desodorantes, inseticidas e repelentes). A temperatura elevada provoca a vaporização de todo o conteúdo dentro desse tipo de frasco, aumentando a pressão em seu interior até culminar na explosão da embalagem.

ZVEIBIL, V. Z. et al. **Cartilha de limpeza urbana**. Disponível em: [www.ibam.org.br](http://www.ibam.org.br). Acesso em: 6 jul. 2015 (adaptado).

Suponha que um frasco metálico de um aerossol tivesse capacidade igual a 100 mL, contendo 0,1 mol de produtos gasosos à temperatura de 650 °C, no momento da explosão. Considere:  $R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot \text{K}$

## Aprofundando

A pressão, em atm, dentro do frasco, no momento da explosão, é mais próxima de:

- A 756.
- B 533.
- C 76.
- D 53.
- E 13.

## Aprofundando

A pressão, em atm, dentro do frasco, no momento da explosão, é mais próxima de:

- A 756. ✗
- B 533. ✗
- C 76. ✓
- D 53. ✗
- E 13. ✗

### Correção:

Aplicando a equação de Clapeyron com a temperatura em Kelvin e o volume em litros (L), obtemos:

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

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

$$P = \frac{0,1 \cdot 0,082 \cdot 923}{0,1}$$

$$P \cong 76 \text{ atm}$$

Secretaria da  
Educação  SÃO PAULO  
GOVERNO DO ESTADO