

## Uso do Simulador Phet para Demonstração das Leis do Gás Ideal

Marcos Aurélio da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal Baiano  
Campus Bom Jesus da Lapa

Maio, 2020

# Simulador Phet Leis dos Gases

The simulation interface displays a rectangular container filled with numerous orange particles. A thermometer at the top indicates a temperature of 396 K. A pressure gauge on the right shows a pressure of 93.8 atm. The width of the container is labeled as 11.5 nm. Below the container is a piston with a blue handle, labeled 'Aquecer' (Heat) and 'Estriar' (Stretch). To the right of the container is a hand pump. The control panels on the right include:

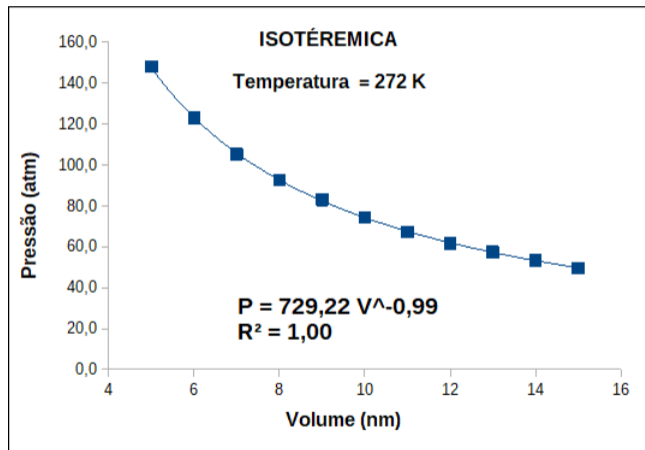
- Manter Constante** (Keep Constant):
  - Nada
  - Volume (V)
  - Temperatura (T)
  - Pressão  $\uparrow$ V
  - Pressão  $\uparrow$ T
- Largura  $\leftarrow$   $\rightarrow$
- Cronômetro
- Contador de Colisões
- Partículas** (Particles):
  - Pesadas (Heavy): 0
  - Leves (Light): 700

At the bottom left are play/pause and stop buttons. At the bottom right are buttons for particle mass selection and a refresh button.

## Tabela - Transformação isotérmica

ISOTÉRMICA – temperatura constante 272 K					
Experimento	Volume (nm)	Pressão (atm)	PV	T	PV/T
1	15	49,7	746	272	2,741
2	14	53,3	746	272	2,743
3	13	57,4	746	272	2,743
4	12	61,6	739	272	2,718
5	11	67,3	740	272	2,722
6	10	74,4	744	272	2,735
7	9	83,0	747	272	2,746
8	8	92,5	740	272	2,721
9	7	105,3	737	272	2,710
10	6	123,1	739	272	2,715
11	5	148,2	741	272	2,724
<b>MÉDIA</b>			<b>742</b>		<b>2,73</b>
<b>DESVIO PADRÃO</b>			<b>3,397</b>		<b>0,012</b>

# Gráfico - Transformação isotérmica



## Equações - Transformação isotérmica

Como se pode observa na tabela o produto  $PV = 742$ , na média

$$P_1 \times V_1 = 746$$

$$P_5 \times V_5 = 740$$

$$P_9 \times V_9 = 737$$

$$P_n \times V_n = 742$$

$$P \times V = k(\text{constante})$$

Da tabela da isotérmica, concluimos que o produto da pressão pelo volume será sempre o mesmo, ou constante; ou

$$P = \frac{k}{V}$$

Pressão e volume são grandezas inversamente proporcionais. Traçando o gráfico  $P \times V$ , obtemos o valor de  $k$ .

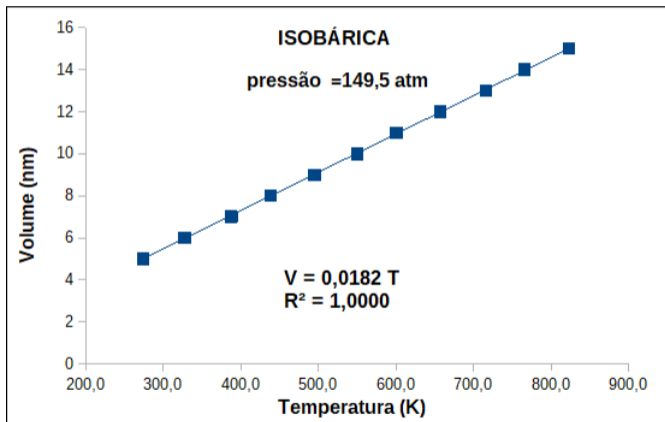
$$P = 729V^{-0,99}$$

$$k_1 = 729 \text{ atm} \cdot \text{nm}$$

# Tabela - Transformação Isobárica

ISOBÁRICA – pressão constante = 149,5 atm					
Experimento	Temperatura (K)	Volume (nm)	V/T	P	PV/T
1	823,0	15	0,0182	149,5	2,72
2	766,0	14	0,0183	149,5	2,73
3	716,0	13	0,0182	149,5	2,71
4	657,0	12	0,0183	149,5	2,73
5	601,0	11	0,0183	149,5	2,74
6	550,0	10	0,0182	149,5	2,72
7	495,0	9	0,0182	149,5	2,72
8	439,0	8	0,0182	149,5	2,72
9	388,0	7	0,0180	149,5	2,70
10	328,0	6	0,0183	149,5	2,73
11	274,0	5	0,0182	149,5	2,73
MÉDIA			0,01822		2,724
DESVIO PADRÃO			0,000072		0,0108

## Gráfico - Transformação Isobárica



## Equações - Transformação isobárica

Como se pode observa na tabela isobárica o razão  $V/T = 0,01822$  na média

$$\frac{V_1}{T_1} = 0,0182$$

$$\frac{V_5}{T_5} = 0,0182$$

$$\frac{V_n}{T_n} = 0,0182$$

$$\frac{V}{T} = k_2$$

Da tabela isobárica, concluimos que a razão do volume pela temperatura será sempre o mesmo, ou constante; ou

$$V = k_2 T$$

Volume e temperatura são grandezas diretamente proporcionais.  
Traçando o gráfico  $T \times V$ , obtemos o valor de  $k$ .

$$V = 0,0182 T$$

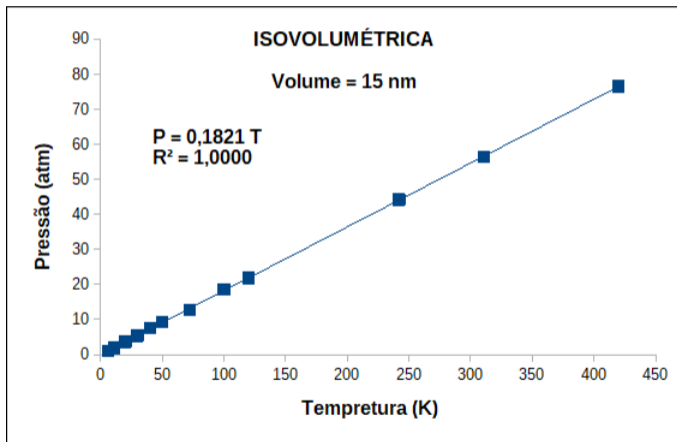
$$k_2 = 0,0182 \frac{nm}{K}$$



# Tabela - transformações isovolumétricas

ISOVOLUMÉTRICA – volume constante = 15 nm					
Experimento	Temperatura (K)	Pressão (atm)	P/T	V (nm)	PV/IT
1	6	1,1	0,183	15	2,75
2	11	1,9	0,173	15	2,59
3	20	3,6	0,180	15	2,70
4	30	5,4	0,180	15	2,70
5	40	7,5	0,188	15	2,81
6	50	9,3	0,186	15	2,79
7	72	12,8	0,178	15	2,67
8	100	18,5	0,185	15	2,78
9	120	21,9	0,183	15	2,74
10	242	44,2	0,183	15	2,74
11	311	56,4	0,181	15	2,72
12	420	76,5	0,182	15	2,73
MÉDIA			0,182		2,72
DESVIO PADRÃO			0,0038		0,0563

## Tabela - transformações isovolumétricas



## Equações - transformações isovolumétricas

Como se pode observa na tabela isovolumétrica o razão  $P/T = 0,182$  na média

$$\frac{P_1}{T_1} = 0,183$$

$$\frac{P_5}{T_5} = 0,188$$

$$\frac{P_n}{T_n} = 0,182$$

$$\frac{P}{T} = k_3$$

Da tabela isovolumétrica, concluimos que a razão do pressão pela temperatura será sempre o mesmo, ou constante; ou

$$P = k_3 T$$

pressão e temperatura são grandezas diretamente proporcionais. Traçando o gráfico  $T \times P$ , obtemos o valor de  $k_3$ .

$$V = 0,1821 T$$

$$k_3 = 0,1821 \frac{\text{atm}}{\text{K}}$$

## Quadro resumo das três Leis

Lei de Boyle-Mariotte - Isotérmica

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = P_n \times V_n = P \times V = k_1$$

Lei de Charles - Isobárica

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_n}{T_n} = \frac{V}{T} = k_2$$

Lei de Gay-Lussac - Isovolumétrica

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_n}{T_n} = \frac{P}{T} = k_3$$

## Tabelas - para equação geral dos gases 700 e 600 partículas

<b>NÚMERO DE ESFERAS CONSTANTE = 700 esferas</b>				
<b>700</b>	<b>Pressão (atm)</b>	<b>Volume (nm)</b>	<b>Temperatura (K)</b>	<b>PV/T</b>
1	3,6	15	20	2,700
2	149,5	10	550	2,718
3	61,6	12	272	2,718
<b>MÉDIA</b>				<b>2,712</b>
<b>DESVIO PADRÃO</b>				<b>0,010</b>
<b>600</b>	<b>Pressão (atm)</b>	<b>Volume (nm)</b>	<b>Temperatura (K)</b>	<b>PV/T</b>
1	115,7	10	496	2,333
2	91,3	8	312	2,341
3	69,7	12	359	2,330
<b>MÉDIA</b>				<b>2,334</b>
<b>DESVIO PADRÃO</b>				<b>0,006</b>

## Tabelas - para equação geral dos gases 500 e 400 partículas

<b>NÚMERO DE ESFERAS CONSTANTE = 500 esferas</b>				
500	Pressão (atm)	Volume (nm)	Temperatura (K)	PV/T
1	57,6	12	355	1,95
2	84,7	9	394	1,93
3	43,9	11,1	248	1,96
<b>MÉDIA</b>				<b>1,95</b>
<b>DESVIO PADRÃO</b>				<b>0,015</b>
<b>NÚMERO DE ESFERAS CONSTANTE = 400 esferas</b>				
400	Pressão (atm)	Volume (nm)	Temperatura (K)	PV/T
1	35,5	11,1	252	1,56
2	88,5	6,9	390	1,57
3	47,3	10,1	307	1,56
<b>MÉDIA</b>				<b>1,562</b>
<b>DESVIO PADRÃO</b>				<b>0,005</b>

## Tabelas - para equação geral dos gases 300 e 200 partículas

<b>NÚMERO DE ESFERAS CONSTANTE = 300 esferas</b>				
300	<b>Pressão (atm)</b>	<b>Volume (nm)</b>	<b>Temperatura (K)</b>	PV/T
1	37	10,1	320	1,17
2	66,6	12	683	1,17
3	119	6,7	683	1,17
<b>MÉDIA</b>				<b>1,168</b>
<b>DESVIO PADRÃO</b>				<b>0,001</b>
<b>NÚMERO DE ESFERAS CONSTANTE = 200 esferas</b>				
200	<b>Pressão (atm)</b>	<b>Volume (nm)</b>	<b>Temperatura (K)</b>	PV/T
1	76,7	6,7	659	0,78
2	103,1	6,7	885	0,78
3	24,1	13,6	421	0,78
<b>MÉDIA</b>				<b>0,780</b>
<b>DESVIO PADRÃO</b>				<b>0,001</b>

## Tabelas - para equação geral dos gases 100 partículas

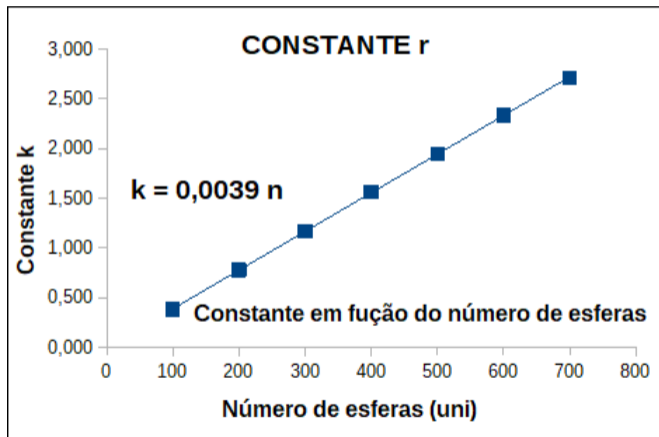
				<b>MÉDIA</b>	<b>0,780</b>
				<b>DESVIO PADRÃO</b>	<b>0,001</b>
<b>NÚMERO DE ESFERAS CONSTANTE = 100 esferas</b>					
100	<b>Pressão (atm)</b>	<b>Volume (nm)</b>	<b>Temperatura (K)</b>	<b>PV/T</b>	
1	13	13,6	469	0,38	
2	33,1	5,5	469	0,39	
3	16,8	15	654	0,39	
				<b>MÉDIA</b>	<b>0,383</b>
				<b>DESVIO PADRÃO</b>	<b>0,006</b>



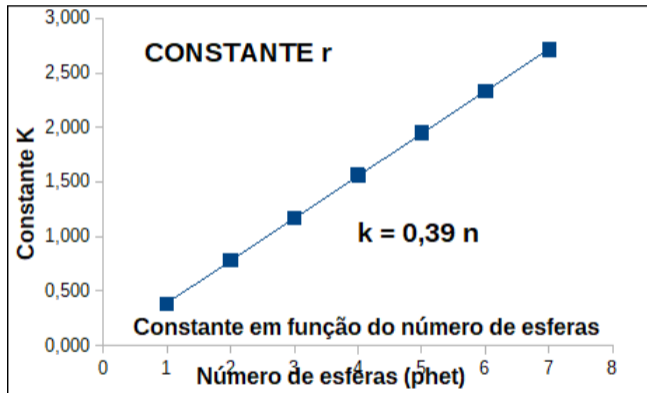
## Tabela para o cálculo da constante

$n \times k$		$\eta \times \rho$	
<b>N</b>	<b>K</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b><math>\rho</math></b>
100	0,383	1	0,383
200	0,780	2	0,780
300	1,168	3	1,168
400	1,562	4	1,562
500	1,949	5	1,949
600	2,334	6	2,334
700	2,712	7	2,712

## Gráfico pdo número de partículas x constante k



## Gráfico número de partículas em phet x constante



## Demonstração da equação geral do gás ideal com 700 partículas

Tomando como bases a as tabelas dos experimentos com 700 partículas, temos que o valor médio = 2,71

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = 2,70$$

$$\frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = 2,72$$

$$\frac{P_n \cdot V_n}{T_n} = 2,71$$

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

Da tabela dos experimentos com 700 partículas, concluímos que a razão da pressão pela temperatura será sempre o mesmo, ou constante;

$$\frac{P \cdot V}{T} = k_4$$

Nas condições do experimento o valor de  $k_4$  é:

$$k_4 = 2,71 \frac{\text{atm} \cdot \text{nm}}{\text{K}}$$

A constante  $k_4$  é válida para qualquer valor de  $T$ ,  $P$  e  $V$  desde que o número de partículas no sistema seja = 700 unidades.

## Demonstração da equação geral do gás ideal com 600 partículas

Tomando como bases a as tabelas dos experimentos com 600 partículas, temos que o valor médio = 2,334

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = 2,333$$

$$\frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = 2,341$$

$$\frac{P_n \cdot V_n}{T_n} = 2,334$$

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

Da tabela dos experimentos com 600 partículas, concluímos que a razão da pressão x volume pela temperatura será sempre o mesmo, ou constante;

$$\frac{P \cdot V}{T} = k_5$$

Nas condições do experimento o valor de  $k_5$  é:

$$k_5 = 2,334 \frac{\text{atm} \cdot \text{nm}}{\text{K}}$$

A constante  $k_5$  é válida para qualquer valor de T, P e V desde que o número de partículas no sistema seja = 600 unidades.

## Demonstração da equação geral do gás ideal com 500 partículas

Tomando como bases as tabelas dos experimentos com 500 partículas, temos que o valor médio = 1,95

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = 1,95$$

$$\frac{P_3 \cdot V_3}{T_3} = 1,96$$

$$\frac{P_n \cdot V_n}{T_n} = 1,95$$

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

Da tabela dos experimentos com 500 partículas, concluímos que a razão da pressão pela temperatura será sempre o mesmo, ou constante;

$$\frac{P \cdot V}{T} = k_6$$

Nas condições do experimento o valor de  $k_6$  é:

$$k_6 = 1,95 \frac{\text{atm} \cdot \text{nm}}{\text{K}}$$

A constante  $k_6$  é válida para qualquer valor de  $T$ ,  $P$  e  $V$  desde que o número de partículas no sistema seja = 500 unidades.

## Demonstração da equação geral do gás ideal com 400 partículas

Tomando como bases a as tabelas dos experimentos com 400 partículas, temos que o valor médio = 1,562

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = 1,56$$

$$\frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = 1,57$$

$$\frac{P_n \cdot V_n}{T_n} = 1,562$$

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

Da tabela dos experimentos com 400 partículas, concluímos que a razão da pressão pela temperatura será sempre o mesmo, ou constante;

$$\frac{P \cdot V}{T} = k_7$$

Nas condições do experimento o valor de  $k_7$  é:

$$k_7 = 1,562 \frac{\text{atm} \cdot \text{nm}}{\text{K}}$$

A constante  $k_7$  é válida para qualquer valor de  $T$ ,  $P$  e  $V$  desde que o número de partículas no sistema seja = 400 unidades.

## Demonstração da equação geral do gás ideal com 300 partículas

Tomando como bases as tabelas dos experimentos com 300 partículas, temos que o valor médio = 1,168

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = 1,17$$

$$\frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = 1,17$$

$$\frac{P_n \cdot V_n}{T_n} = 1,68$$

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

Da tabela dos experimentos com 300 partículas, concluímos que a razão da pressão pela temperatura será sempre o mesmo, ou constante;

$$\frac{P \cdot V}{T} = k_8$$

Nas condições do experimento o valor de  $k_8$  é:

$$k_8 = 1,168 \frac{\text{atm} \cdot \text{nm}}{\text{K}}$$

A constante  $k_8$  é válida para qualquer valor de  $T$ ,  $P$  e  $V$  desde que o número de partículas no sistema seja = 300 unidades.



## Demonstração da equação geral do gás ideal com 200 partículas

Tomando como bases a as tabelas dos experimentos com 200 partículas, temos que o valor médio = 0,780

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = 0,78$$

$$\frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = 0,78$$

$$\frac{P_n \cdot V_n}{T_n} = 0,780$$

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

Da tabela dos experimentos com 200 partículas, concluímos que a razão da pressão pela temperatura será sempre o mesmo, ou constante;

$$\frac{P \cdot V}{T} = k_9$$

Nas condições do experimento o valor de  $k_9$  é:

$$k_9 = 0,780 \frac{\text{atm} \cdot \text{nm}}{\text{K}}$$

A constante  $k_4$  é válida para qualquer valor de  $T$ ,  $P$  e  $V$  desde que o número de partículas no sistema seja = 200 unidades.

## Demonstração da equação geral do gás ideal com 100 partículas

Tomando como bases as tabelas dos experimentos com 100 partículas, temos que o valor médio = 0,780

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = 0,78$$

$$\frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = 0,78$$

$$\frac{P_n \cdot V_n}{T_n} = 0,780$$

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

Da tabela dos experimentos com 100 partículas, concluímos que a razão da pressão pela temperatura será sempre o mesmo, ou constante;

$$\frac{P \cdot V}{T} = k_{10}$$

Nas condições do experimento o valor de  $k_{10}$  é:

$$k_{10} = 0,383 \frac{\text{atm} \cdot \text{nm}}{\text{K}}$$

A constante  $k_{10}$  é válida para qualquer valor de  $T$ ,  $P$  e  $V$  desde que o número de partículas no sistema seja = 100 unidades.

## Determinação Gráfica da constante $r$

$$\frac{P \cdot V}{T} = k$$

$$k = 0,0039n$$

$$\frac{P \cdot V}{T} = 0,0039n$$

$$P \cdot V = 0,0039 \cdot n \cdot T$$

$$r = 0,0039 \frac{nm \cdot atm}{np \cdot K}$$

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

Válida para qualquer número de partículas.

Equação de Calpeyron Substituindo  $k$  pelo valor encontrado no gráfico.

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

Constante dos Gases

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

Temos uma equação análoga a Equação de Clapeyron, válida para o ambiente Phet. Sendo  $np$  o número de partículas no sistema.

## Representando número de partículas em unidades phet

Definindo que 100 partículas sejam igual a uma unidade phet,

$$n = 100 \text{ partículas} = 1 \text{ phet}$$

Do gráfico temos:

$$k = 0,39\eta$$

$\eta$  = é número de partículas em phet

Substituiundo em:

$$\frac{P \cdot V}{T} = k$$

Obtemos a equação:

$$\frac{P \cdot V}{T} = 0,39\eta$$

$$P \cdot V = 0,39 \cdot \eta \cdot T$$

Fazendo  $0,39 = \rho$  Temos:

$$P \cdot V = \eta \cdot \rho \cdot T$$

$$\rho = 0,39 \frac{nm \cdot atm}{phet \cdot K}$$

Análoga a Clapeyro dentro do Phet.

## Estado padrão Phet - CN-Phet

$$n = 1\text{phet} = 100 \text{ partículas}$$

$$T = 100^{\circ}\text{C} = 373\text{K}$$

$$P = 1500\text{kPa} = 14,8\text{atm}$$

$$r = 0,39 \frac{\text{nm} \cdot \text{atm}}{\text{phet} \cdot \text{K}}$$

$$V = \frac{0,39\text{nm} \cdot \text{atm}}{\text{phet} \cdot \text{K}} \times \frac{373\text{K}}{1} \times \frac{1}{14,8\text{atm}} = 9,83 \frac{\text{nm}}{\text{phet}}$$

# CONCLUSÕES - Simulação no ambiente Phet - Gás Ideal

- 1 Leis dos gases
  - 1 Lei de Boyle-Mariote - ISOTERMA
  - 2 Lei de Charles - ISOBÁRICA
  - 3 Lei de Gay-Lussac - ISOVOLUMÉTRICA
- 2 Equação geral dos gases
- 3 Equação de Clapeyron
- 4 Constante dos gases em unidades phet
- 5 Definição de um estado padrão no ambiente phet.