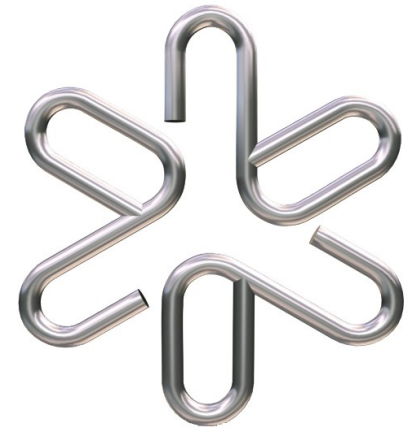
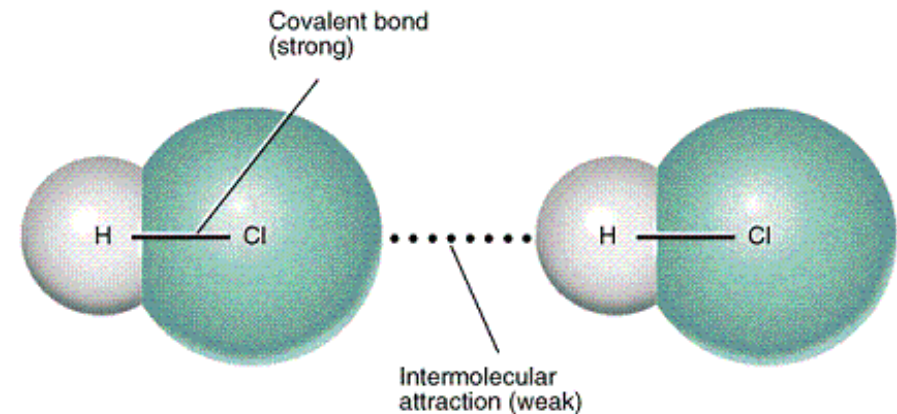


# Física do Calor (4300159)



Prof. Adriano Mesquita Alencar  
Dep. Física Geral  
Instituto de Física da USP

**A06**



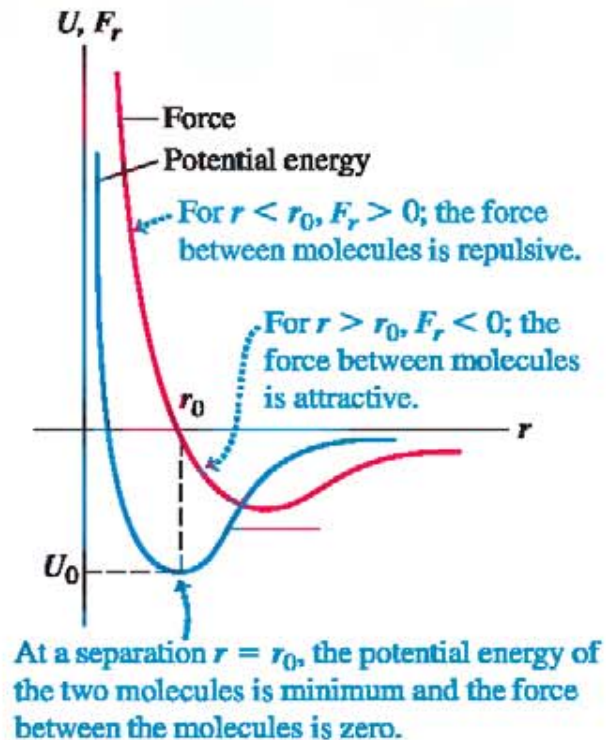
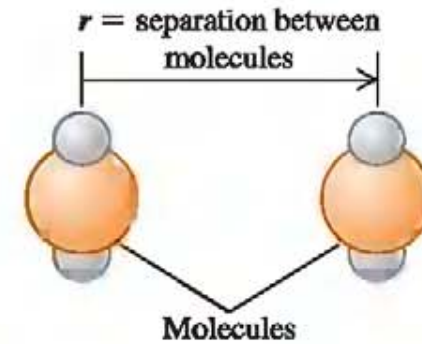
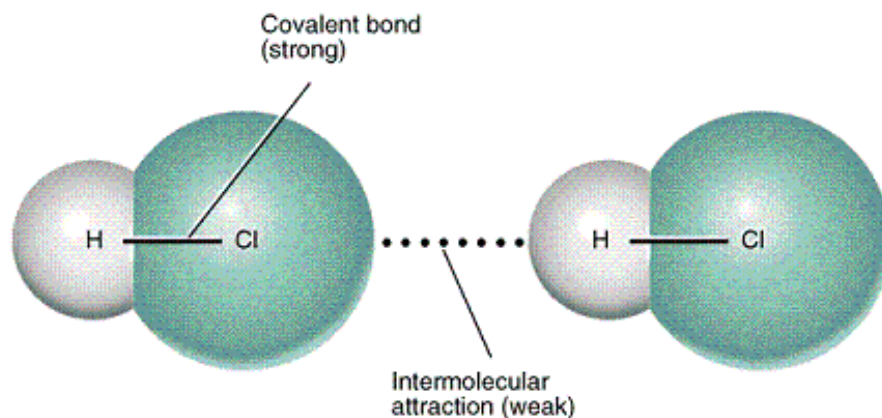
**Propriedades Moleculares e  
Gases**

Data	Programa do curso
August 9	Temperatura e escalas
August 12	Expansão Térmica
August 16	Calorimetria
August 19	Condução, convecção Radiação (Corpo Humano)
August 23	Equação de Estado
August 26	Propriedades moleculares da Matéria
August 30	<b>(Aula de Exercícios e Revisão)</b>
September 2	<u>Prova 3 1/4 - Temperatura e Calor</u> - Aula Modelo do Gas Ideal
September 6	Feriado
September 9	Feriado
September 13	Capacidade Térmica
September 16	Velocidade molecular (Corpo Humano)
September 20	<b>(Aula de Exercícios e Revisão)</b>
September 23	<u>Prova 3 2/4 - Propriedades da Matéria</u> - Aula Fases da matéria
September 27	Prova 1: Temperatura, Calor e Propriedades da Matéria
September 30	Calor e trabalho
October 4	A primeira lei da Termodinâmica
October 7	Processos termodinâmicos
October 11	Semana de Ensino (IFUSP)
October 14	Semana de Ensino (IFUSP)
October 18	Termodinâmica do Gas Ideal
October 21	<b>(Aula de Exercícios e Revisão)</b>
October 25	<u>Prova 3 3/4 - Primeira Lei da Termodinâmica</u> - Aula Processos adiabaticos
October 28	Processos reversíveis e irreversíveis (Corpo Humano)
November 1	Maquinas térmicas, Ciclo de Otto e Refrigerador (Corpo Humano)
November 4	Segunda Lei da Termodinâmica
November 8	Ciclo de Carnot
November 11	<b>(Aula de Exercícios e Revisão)</b>
November 15	Feriado
November 18	Entropia Micro estados
November 22	<u>Prova 3 4/4 - Segunda Lei da Termodinâmica</u> - Aula Micro estados
November 25	Prova 2: Primeira e Segunda Lei da Termodinâmica
November 29	Prova Sub

# Forças Intermoleculares

A interação entre duas cargas tem magnitude proporcional a  $1/r^2$ .  
Moléculas são diferentes

$$F_r(r) = -\frac{dU}{dr}$$



$$U = \frac{1}{2}K(\Delta x)^2$$

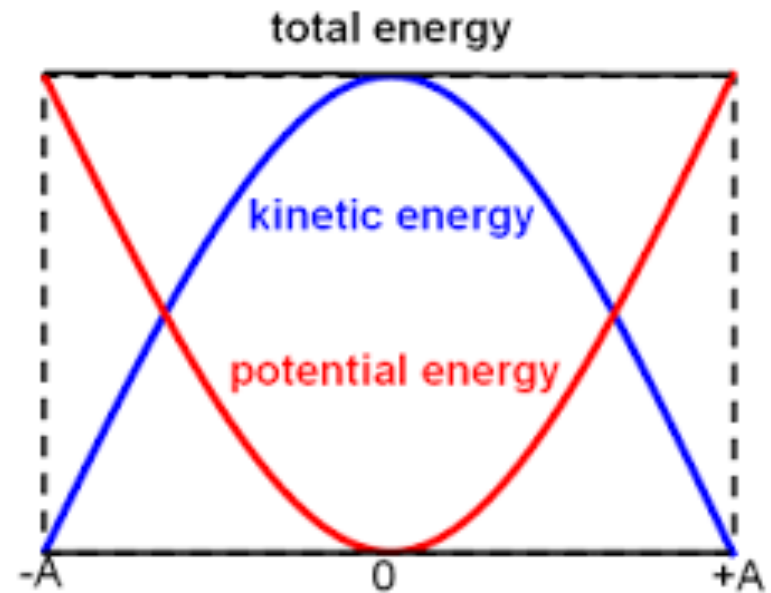
$$F_r(r) = -\frac{dU}{dr}$$

$$\frac{dU}{dx} = \frac{1}{2}K \frac{d}{dx}(\Delta x)^2$$




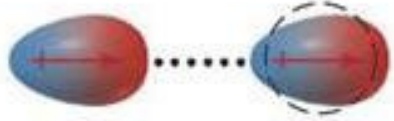

$$\frac{dU}{dx} = \frac{1}{2}K 2(\Delta x)$$

$$\frac{dU}{dx} = K\Delta x$$

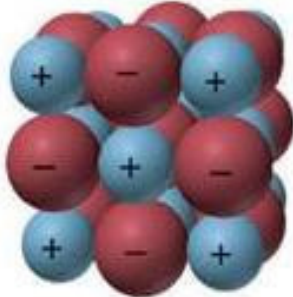

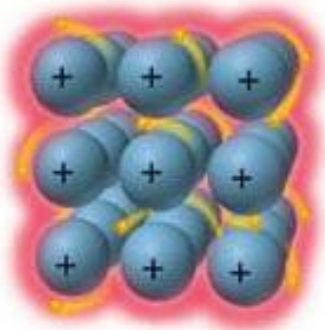
$$F = -K\Delta x$$



# Forças Intermoleculares

Force	Model	Energy (kJ/mol)	Example
Ion-dipole		40–600	$\text{Na}^+ \cdots \text{O} \begin{array}{l} \text{H} \\ \text{H} \end{array}$
H bond	$\begin{array}{c} \delta^- \quad \delta^+ \quad \delta^- \\ -\text{A}-\text{H} \cdots \cdots \text{:B}- \end{array}$	10–40	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}-\text{H} \cdots \cdots \text{:}\ddot{\text{O}}-\text{H} \\   \qquad \qquad   \\ \text{H} \qquad \qquad \text{H} \end{array}$
Dipole-dipole		5–25	$\text{I}-\text{Cl} \cdots \cdots \text{I}-\text{Cl}$
Ion-induced dipole		3–15	$\text{Fe}^{2+} \cdots \cdots \text{O}_2$
Dipole-induced dipole		2–10	$\text{H}-\text{Cl} \cdots \cdots \text{Cl}-\text{Cl}$
Dispersion (London)		0.05–40	$\text{F}-\text{F} \cdots \cdots \text{F}-\text{F}$

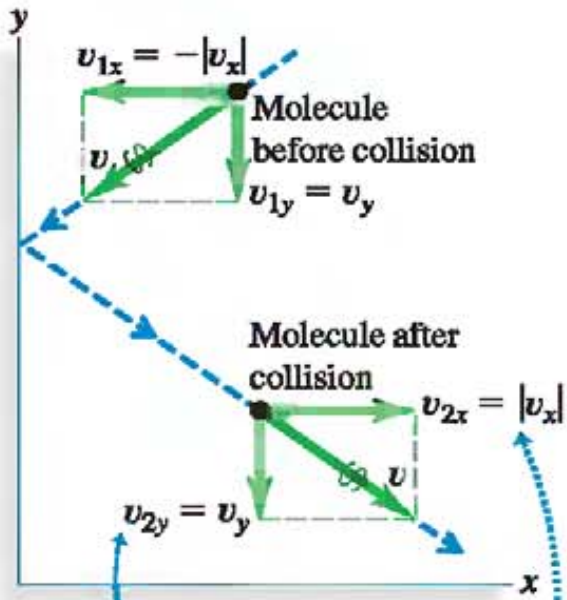
# Forças de ligação Intermoleculares

Force	Model	Basis of Attraction	Energy (kJ/mol)	Example
<b>Bonding</b>				
Ionic		Cation–anion	400–4000	NaCl
Covalent		Nuclei–shared $e^-$ pair	150–1100	H–H
Metallic		Cations–delocalized electrons	75–1000	Fe

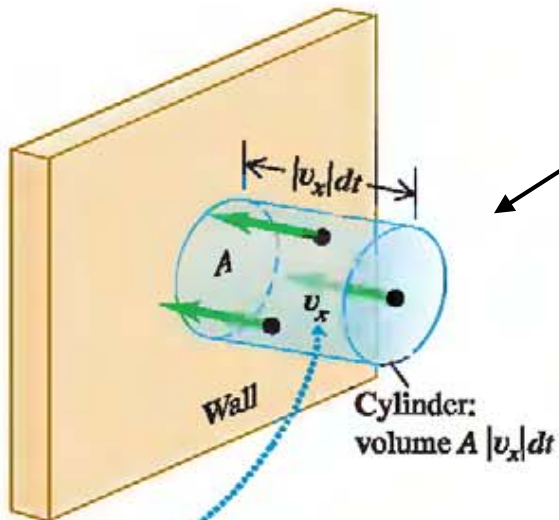
# Teoria Cinética dos Gases

Esse modelo assume:

- 1) em um container com volume  $V$ , existe um numero  $N$  grande de moléculas de massa  $m$ .
- 2) As moléculas se comportam como partículas (pequenas comparado com o sistema e com a distância entre elas)
- 3) As moléculas estão em contante movimento, e ocasionalmente colidem com a parede do recipiente ou entre si (colisões perfeitamente elásticas)
- 4) O recipiente é perfeitamente rígido e infinitamente massudo.



- Velocity component parallel to the wall (y-component) does not change.
- Velocity component perpendicular to the wall (x-component) reverses direction.
- Speed  $v$  does not change.



All molecules are assumed to have the same magnitude  $|v_x|$  of x-velocity.

## Mudança de momentum

$$m|v_x| - (-m|v_x|) = 2m|v_x|$$

Em um intervalo  $dt$  todas as moléculas dentro desse cilindro colidem com a parede A

Volume do cilindro:  $A|v_x|dt$

Molecular por V:  $N/V$

Metade move para outro lado lado

$$\frac{1}{2} \frac{N}{V} A|v_x|dt$$

moléculas batendo



Momentum total em um intervalo  $dt$

$$dP_x = \left[ \frac{1}{2} \frac{N}{V} A |v_x| dt \right] (2m|v_x|) = \frac{N A m v_x^2 dt}{V}$$

$$\frac{dP_x}{dt} = \frac{N A m v_x^2}{V}$$

De acordo com a Segunda lei de Newton, a taxa de mudança de momentum é igual a força exercida pela parede no gas. A que o gas exerce é o negativo (Terceira lei)

$$p = \frac{F}{A} = \frac{N m v_x^2}{V}$$

$|v_x|$  não é o mesmo para todas as moléculas...  
podemos trabalhar com médias.

$$p = \frac{F}{A} = \frac{Nmv_x^2}{V}$$

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

Médias:  $\langle v^2 \rangle = \langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle$

$$\langle v^2 \rangle = 3\langle v_x^2 \rangle$$

$$\langle v_x^2 \rangle = \frac{1}{3}\langle v^2 \rangle \longrightarrow pV = \frac{1}{3}Nm\langle v^2 \rangle$$

$$pV = \frac{2}{3}K_{\text{tr}}$$

$$pV = \frac{2}{3}N \left[ \frac{1}{2}m\langle v^2 \rangle \right]$$

Energia cinética molecular

$$pV = \frac{2}{3}N \left[ \frac{1}{2}m\langle v^2 \rangle \right]$$

Energia cinética molecular

$$pV = \frac{2}{3}K_{\text{tr}}$$

$$pV = nRT$$

$$K_{\text{tr}} = \frac{3}{2}nRT$$