

LEB0200 - Física do Ambiente agrícola

Prof. Tiago Bueno de Moraes

tiago.moraes@usp.br



**ENGENHARIA DE
BIOSSISTEMAS**
USP - ESALQ

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ” – ESALQ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS (LEB)



ESALQ

2023/01

LEB0200 - Física do Ambiente agrícola

Programa:

1. Grandezas Físicas e Sistemas de Unidades;
2. Leis da Termodinâmica;
3. Leis da Radiação Solar;
4. Umidade Relativa do Ar;
5. Física da água no solo.

2023/01

Professores Ministrantes:

Prof. Tiago Bueno de Moraes e-mail: tiago.moraes@usp.br
Prof. Jarbas Honorio de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

Sala Prof. Tiago (ESALQ): 3447-5041
Sala Prof. Jarbas (ESALQ): 3447-5040

Estagiária PAE:

Mestranda Bruna Marques de Queiroz
(Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas – PPGESA)
Email: bruna.marques.queiroz@usp.br

Turma de Segunda e Sexta

Horário:

Segunda-feira e Sexta-Feira: 10:00 às 11:40

Local das aulas: Anfiteatro do Pavilhão de Engenharia (Depto. de Engenharia de Biosistemas)

Período Letivo: 13/03/2023 a 15/07/2023

Avaliação:

Os estudantes serão avaliados por Exercícios e **3 Provas** que ocorrerão nas seguintes datas:

Atividade	Data	Peso
Exercícios		10%
PROVA 1	17/04/2023 (segunda-feira)	30%
PROVA 2	19/05/2023 (sexta-feira)	30%
PROVA 3	30/06/2023 (sexta-feira)	30%
PROVA SUBSTITUTIVA	07/07/2023 (sexta-feira)	(substituirá a menor nota das provas ao longo do semestre)

Turma de Terça e Quinta

Horário:

Terça-feira e Quinta-Feira: 14:00 às 15:40

Local das aulas: Anfiteatro do Pavilhão de Engenharia (Depto. de Engenharia de Biosistemas)

Período Letivo: 13/03/2023 a 15/07/2023

Avaliação:

Os estudantes serão avaliados por Exercícios e **3 Provas** que ocorrerão nas seguintes datas:

Atividade	Data	Peso
Exercícios		10%
PROVA 1	18/04/2023 (terça-feira)	30%
PROVA 2	18/05/2023 (quinta-feira)	30%
PROVA 3	29/06/2023 (quinta-feira)	30%
PROVA SUBSTITUTIVA	06/07/2023 (quinta-feira)	(substituirá a menor nota das provas ao longo do semestre)

3 Provas

- P1 → abril (30%)
- P2 → maio (30%)
- P3 → junho (30%)

+ Lista de exercícios (10%)

Será aprovado se:

Frequência $\geq 70\%$

Nota Final ≥ 5 pontos

LEB0200 - Física do Ambiente agrícola

Mês	Dia	Assunto	Aula
Março	13	Início das Aulas (Apresentação da Disciplina)	Prof. Tiago
	17	Aula 1 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional	Prof. Tiago
	20	Aula 2 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional	Prof. Tiago
	24	Aula 3 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional + Exercícios	Prof. Tiago
	27	Aula 4 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional + Exercícios	Prof. Tiago
	31	Aula 5 – Termodinâmica de Sistemas Gasosos	Prof. Tiago
Abril	03	<i>Semana Santa. Não haverá aula.</i>	-
	07	<i>Semana Santa. Não haverá aula.</i>	-
	10	Aula 6 – Termodinâmica de Sistemas Gasosos	Prof. Tiago
	14	Aula 7 – Termodinâmica de Sistemas Gasosos + Exercícios	Prof. Tiago
	17	Prova P1	Prof. Tiago
	21	<i>Feriado Tiradentes. Não haverá aula.</i>	-
	24	Aula 9 – Termodinâmica - Processo Adiabático	Prof. Tiago
	28	Aula 10 – Termodinâmica - Processo Adiabático	Prof. Tiago
Maio	01	<i>Feriado dia do Trabalho. Não haverá aula.</i>	-
	05	Aula 11 – Termodinâmica - Processo Adiabático (Exercícios)	Prof. Tiago
	08	Aula 12 – Leis da Radiação Térmica	Prof. Jarbas
	12	Aula 13 – Leis da Radiação Térmica	Prof. Jarbas
	15	Aula 14 – Leis da Radiação <u>Térmica</u> + Exercícios	Prof. Jarbas
	19	Prova P2	Prof. Jarbas

Seg-Sex

LEB0200 - Física do Ambiente agrícola

Calendário

Ter-Qui

Mês	Dia	Assunto	Aula
Março	14	Início das Aulas (Apresentação da Disciplina)	Prof. Tiago
	16	Aula 1 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional	Prof. Tiago
	21	Aula 2 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional	Prof. Tiago
	23	Aula 3 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional + Exercícios	Prof. Tiago
	28	Aula 4 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional + Exercícios	Prof. Tiago
	30	Aula 5 – Termodinâmica de Sistemas Gasosos	Prof. Tiago
Abril	04	<i>Semana Santa. Não haverá aula.</i>	-
	06	<i>Semana Santa. Não haverá aula.</i>	-
	11	Aula 6 – Termodinâmica de Sistemas Gasosos	Prof. Tiago
	13	Aula 7 – Termodinâmica de Sistemas Gasosos + Exercícios	Prof. Tiago
	18	Prova P1	Prof. Tiago
	20	Aula 9 – Termodinâmica - Processo Adiabático	Prof. Tiago
	25	Aula 10 – Termodinâmica - Processo Adiabático	Prof. Tiago
	27	Aula 11 – Termodinâmica Proc. Adiabático + Exercícios	Prof. Tiago
	02	Aula 12 – Leis da Radiação Térmica	Prof. Jarbas
	04	Aula 13 – Leis da Radiação Térmica	Prof. Jarbas
	09	Aula 14 – Leis da Radiação Térmica + Exercícios	Prof. Jarbas

LEB0140 – Física (Ciências dos Alimentos)

Calendário

Quarta (noite)

DISTRIBUIÇÃO DOS TÓPICOS DAS AULAS

Mês	Dia	Assunto	Aula
Março	15	Início das Aulas (Apresentação da Disciplina) Aula 1. Sistemas de Unidades e Análise Dimensional	Prof. Tiago
	22	Aula 2 e 3. Sistemas de Unidades e Análise Dimensional	Prof. Tiago
	29	Aula 4 e 5. Sistemas de Unidades e Análise Dimensional + Exercícios	Prof. Tiago
Abril	05	<i>Semana Santa. Não haverá aula.</i>	-
	12	Aula 6 e 7. Termodinâmica de Sistemas Gasosos	Prof. Tiago
	19	Aula 8 e 9. Termodinâmica de Sistemas Gasosos + Exercícios	Prof. Tiago
	26	Prova P1	Prof. Tiago
Maio	03	Aula 10 e 11. Leis da Radiação Térmica	Prof. Jarbas
	10	Aula 12 e 13. Leis da Radiação Térmica	Prof. Jarbas
	17	Aula 14 e 15. Leis da Radiação Térmica + Exercícios	Prof. Jarbas
	24	Aula 16 e 17. Umidade Relativa do Ar	Prof. Jarbas
	31	Prova P2	Prof. Jarbas
Junho	07	Aula 18 e 19. Umidade Relativa do Ar + Exercícios	Prof. Jarbas
	14	Aula 20 e 21. Hidrodinâmica	Prof. Jarbas
	21	Aula 22 e 23. Hidrodinâmica + Exercícios	Prof. Jarbas
	28	Prova P3	Prof. Tiago
Julho	05	Prova Substitutiva	(Matéria do semestre)

Observação importante sobre faltas:

Não há abono de faltas, pois a frequência de alunos é obrigatória (Parágrafo 3º. do Artigo 47º. /Capítulo 4º da LDB da Educação Nacional, Lei no. 9394 de 20/12/1996).

* Serão contabilizadas em função do número de aulas lecionadas e dias de prova (70% de frequência)

Maiores informações:

Com o Docente da Disciplina ou com a Secretaria de Graduação do Depto. de Engenharia de Biosistemas (LEB).

Literatura Recomendada:

- Acervo da Biblioteca Central da ESALQ
- GARCIA, E.A.C. Biofísica. Sarvier, 2002. 387p.
- MOURÃO JÚNIOR, C.A.; ABRANOV, D.M. Curso de Biofísica. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2008.
- OKUNO, E.; I.L. CALDAS & C. CHOW. Física para Ciências Biológicas e Biomédicas. HARPER & ROW do Brasil, São Paulo, 1982. 490 pp.
- SERWAY, R.A. & JEWETT Jr., J.W. Princípios de Física, volumes 1 e 2. Thomson, São Paulo, 2004.
- SERWAY, R.A. & JEWETT Jr., J.W. Física para Cientistas e Engenheiros – v. 2 – Oscilações, Ondas e Termodinâmica. Cengage Learning, 2011.
- Moodle USP: e-Disciplinas (Moodle do Stoa)

Fundamentos de Termodinâmica

Termodinâmica: estudo da **energia térmica**, transferência e transformação da energia na matéria macroscópica. Tem muitos termos e conceitos:

- ❑ Sistema de Unidades, Conversões, Grandezas Físicas;
- ❑ Conceitos fundamentais de Termodinâmica: Lei dos gases; Temperatura, Calor, Trabalho, Calor específico; Capacidade térmica; Sistemas Termodinâmicos; etc ...
- ❑ Leis da Termodinâmica; Processos Termodinâmicos: Isotérmico, Isovolumétrico e Isobárico; (aulas 1 → 7) (Cap. e Lista 1 e 2)

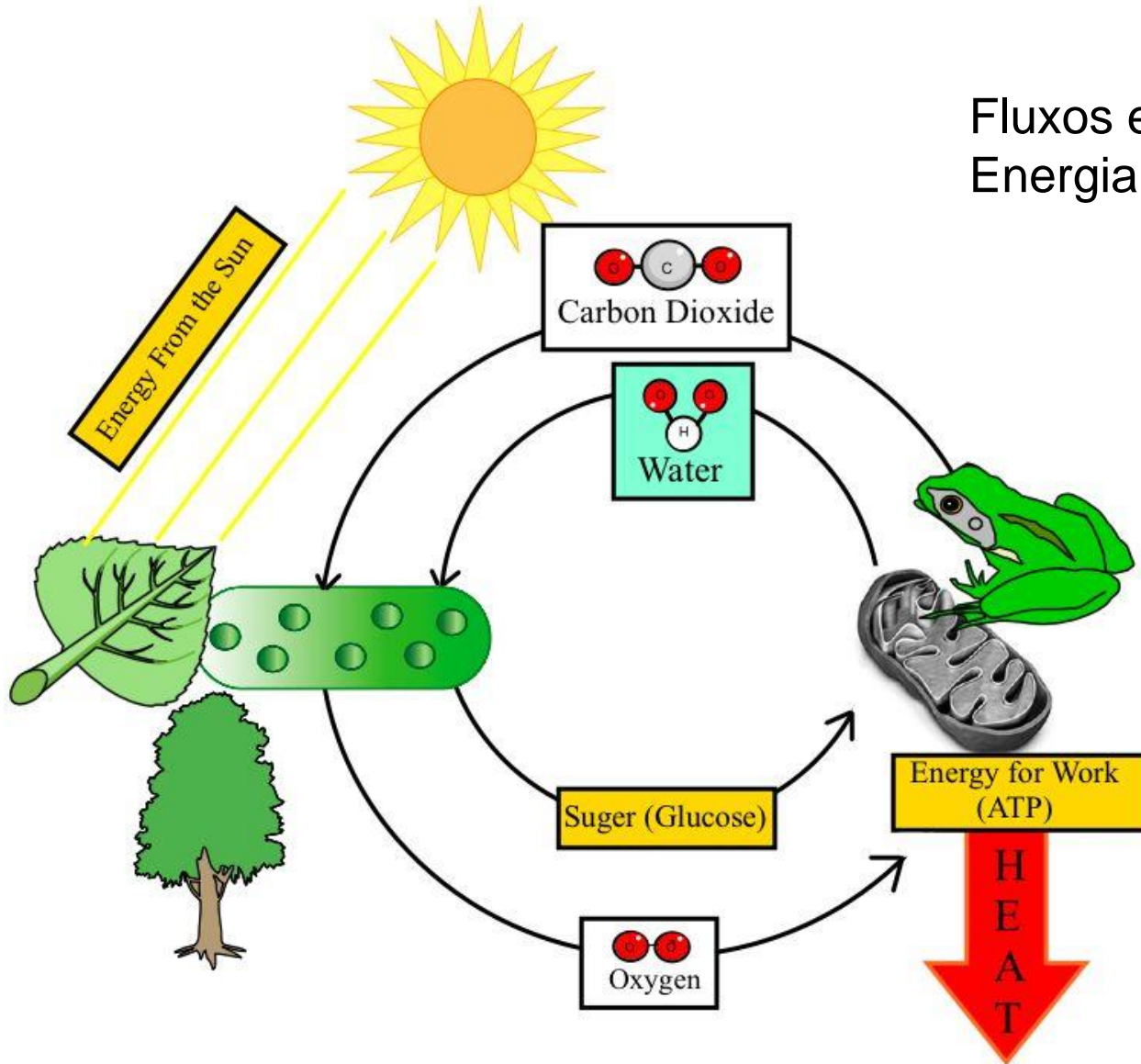
Prova 1

- ❑ Processo Adiabático; Mecanismos de transferência de calor: Condução; Convecção; Radiação; etc... (Aulas 8 → etc..)

Prova 2

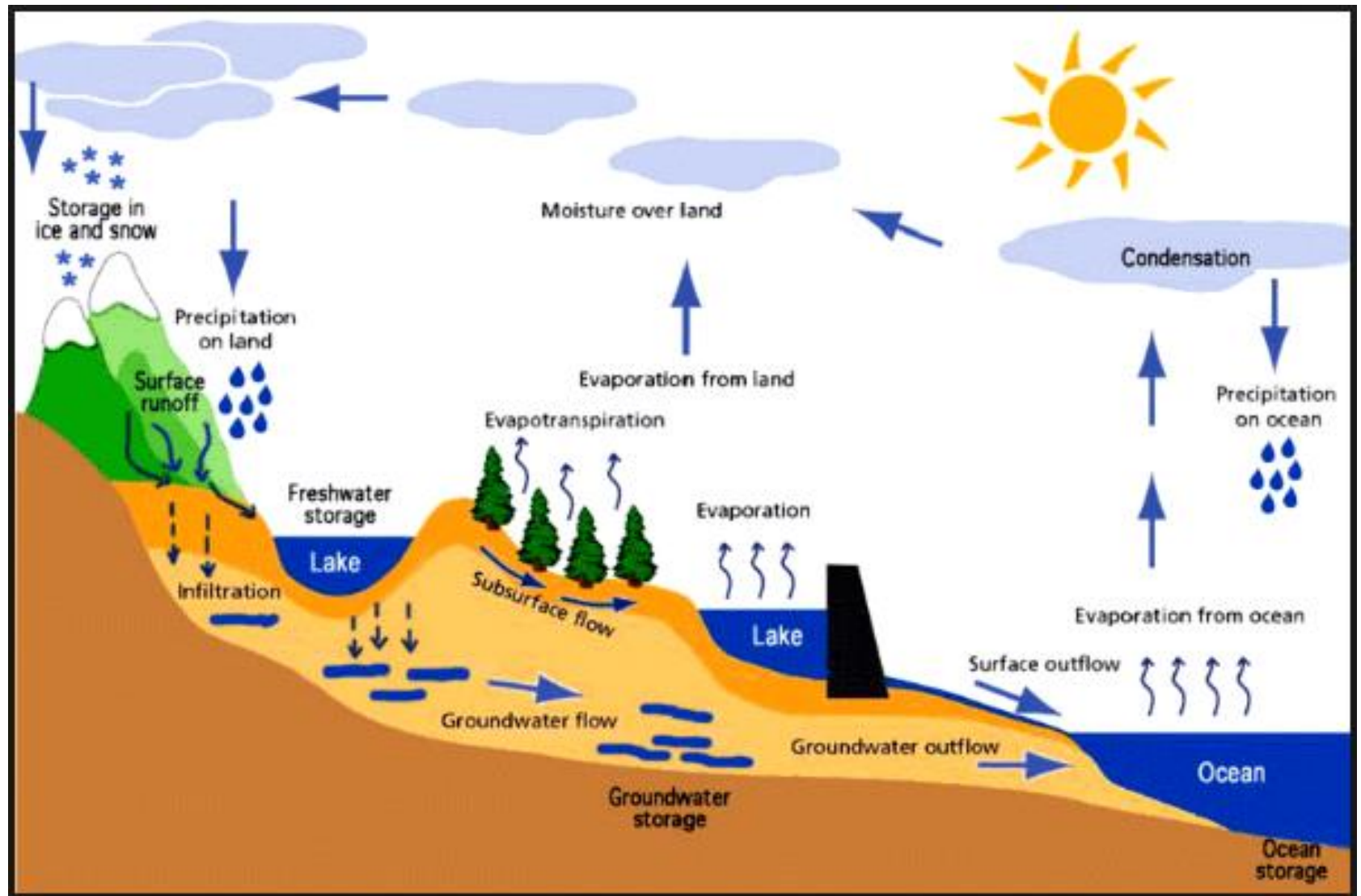
Aula 4
Conceitos Fundamentais de
Termodinâmica

Termodinâmica está em tudo na Biologia!



Fluxos e transformações da Energia...

Ciclo Hidrológico



Descrever clima e processos

Clima

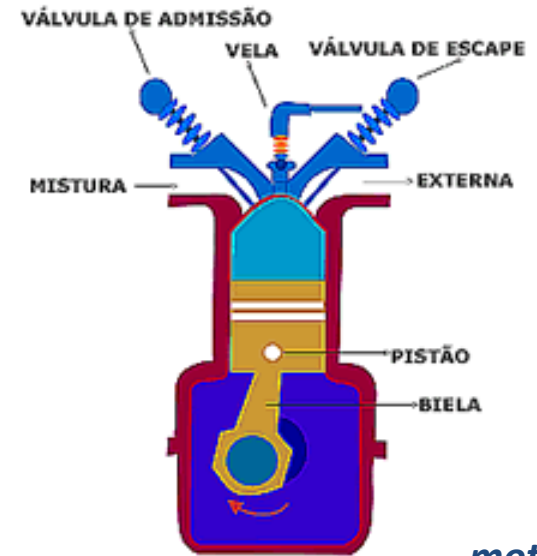
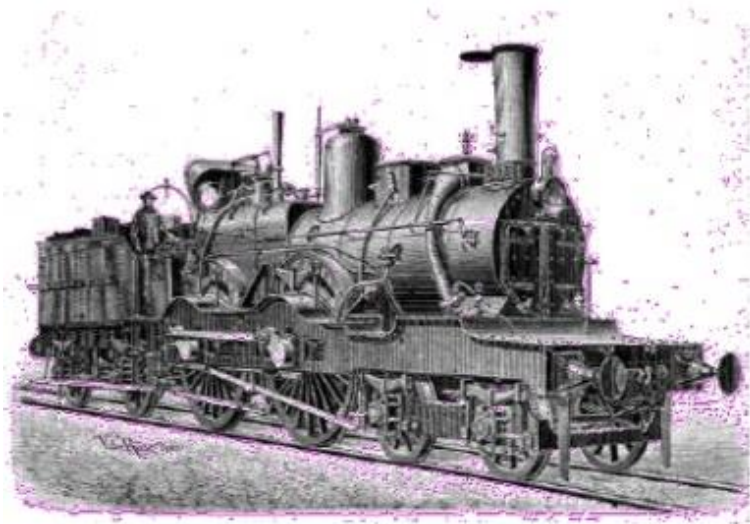


Engenharia de Água e Solo



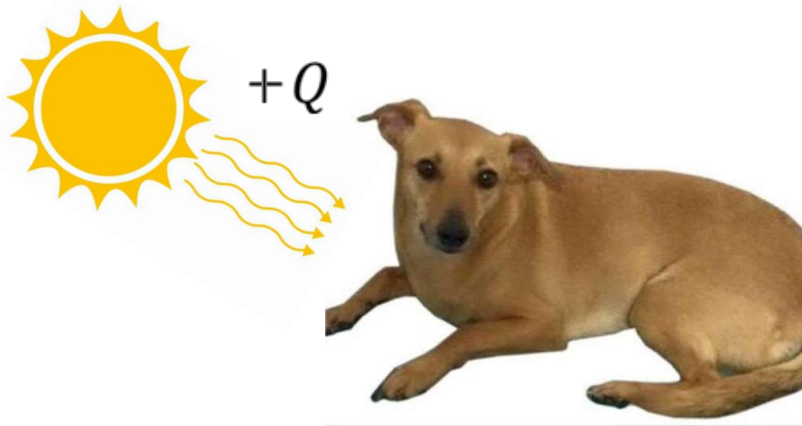
Termodinâmica clássica

Século XVII



motores

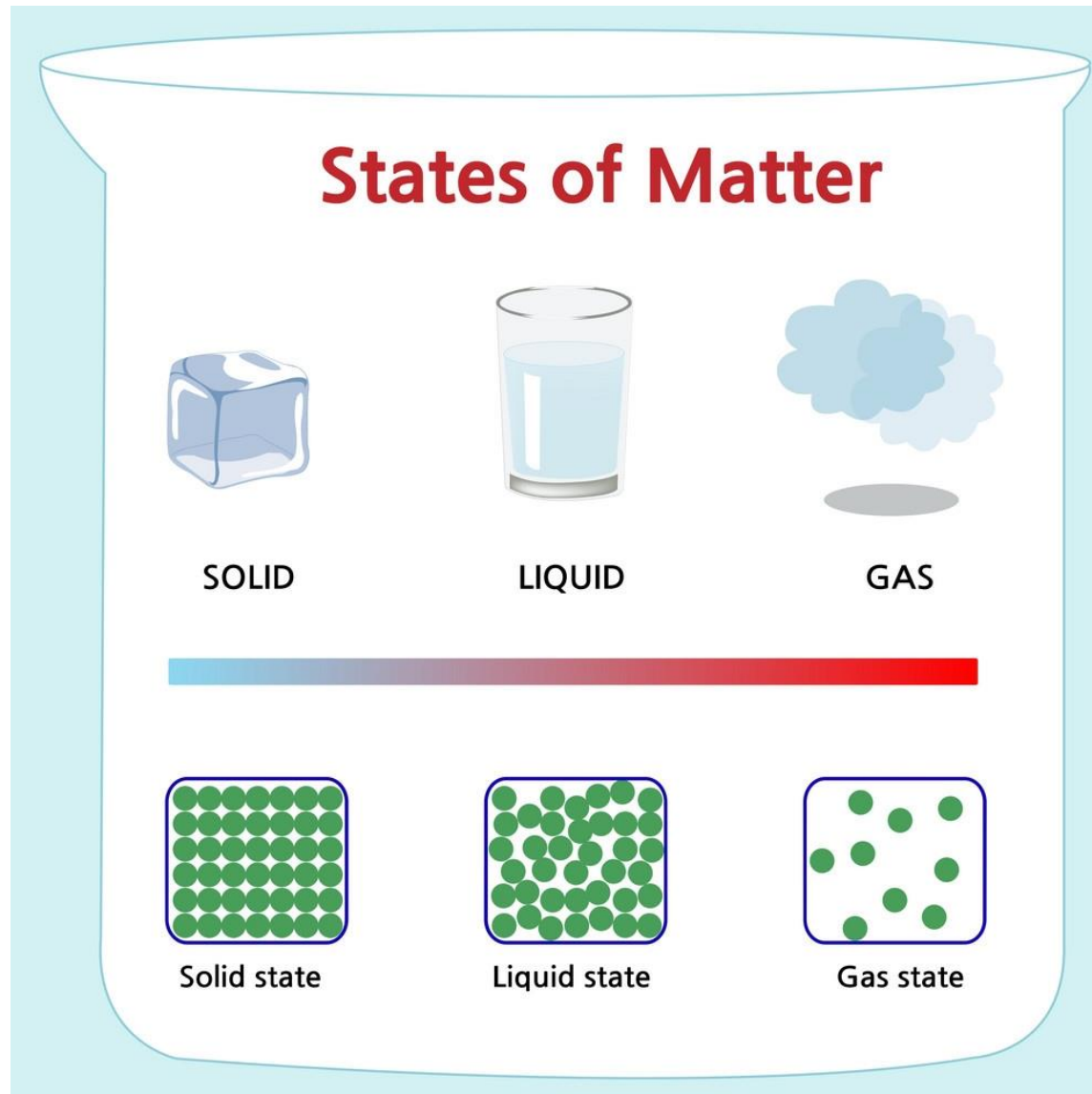
Termodinâmica clássica



➤ Fundamentos de Termodinâmica

Termodinâmica: estudo da **energia térmica**, transferência e transformação da energia na matéria macroscópica. Tem muitos termos e conceitos:

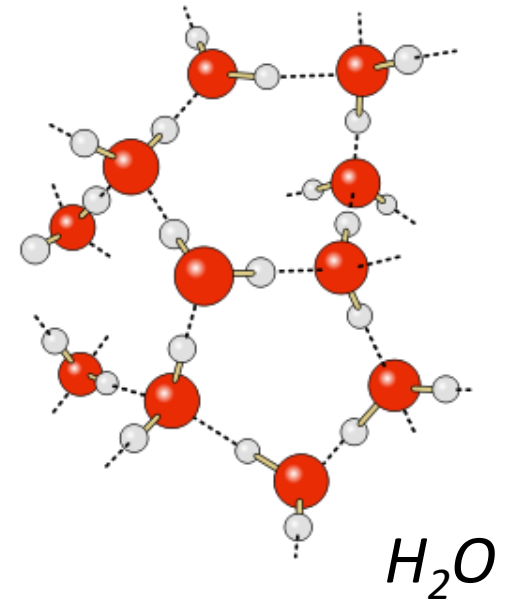
- Temperatura, Calor (Q), Trabalho (W), Termômetros;
- Escalas de temperatura; dilatação térmica; calor específico;
- Capacidade térmica; calor de transformação;
- Gases ideais; Mecanismos de transferência de calor;
- Etc...



Termodinâmica



Macroscópico

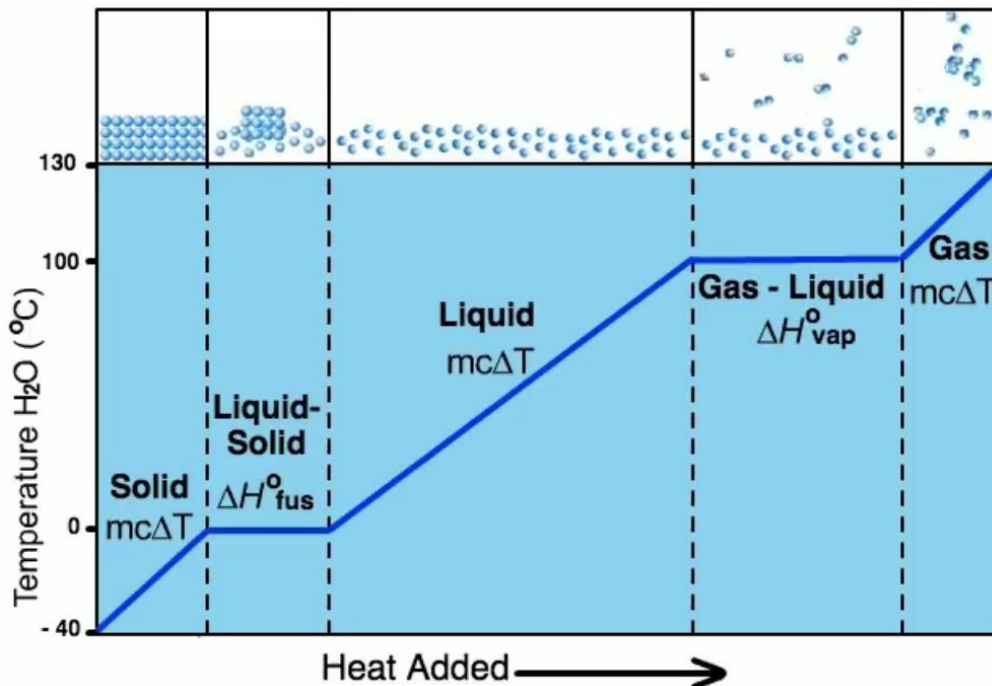
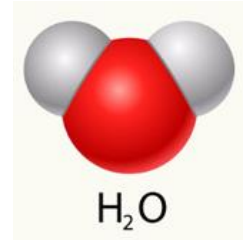


Microscópico

Termodinâmica

Propriedades Físicas: São propriedades que dependem apenas da composição da substância. Elas são medidas sem causar alterações na natureza da matéria.

Ex: Temperatura de fusão e ebulição, cor, densidade.



Massa molar: 18,01528 g/mol

Densidade: 997 kg/m³

Fórmula: H₂O

Ponto de ebulição: 100 °C

Ponto de fusão: 0 °C

Ex: Fórmula: C₂H₅OH

Densidade: 789 kg/m³

Ponto de ebulição: 78,37 °C

Massa molar: 46,07 g/mol

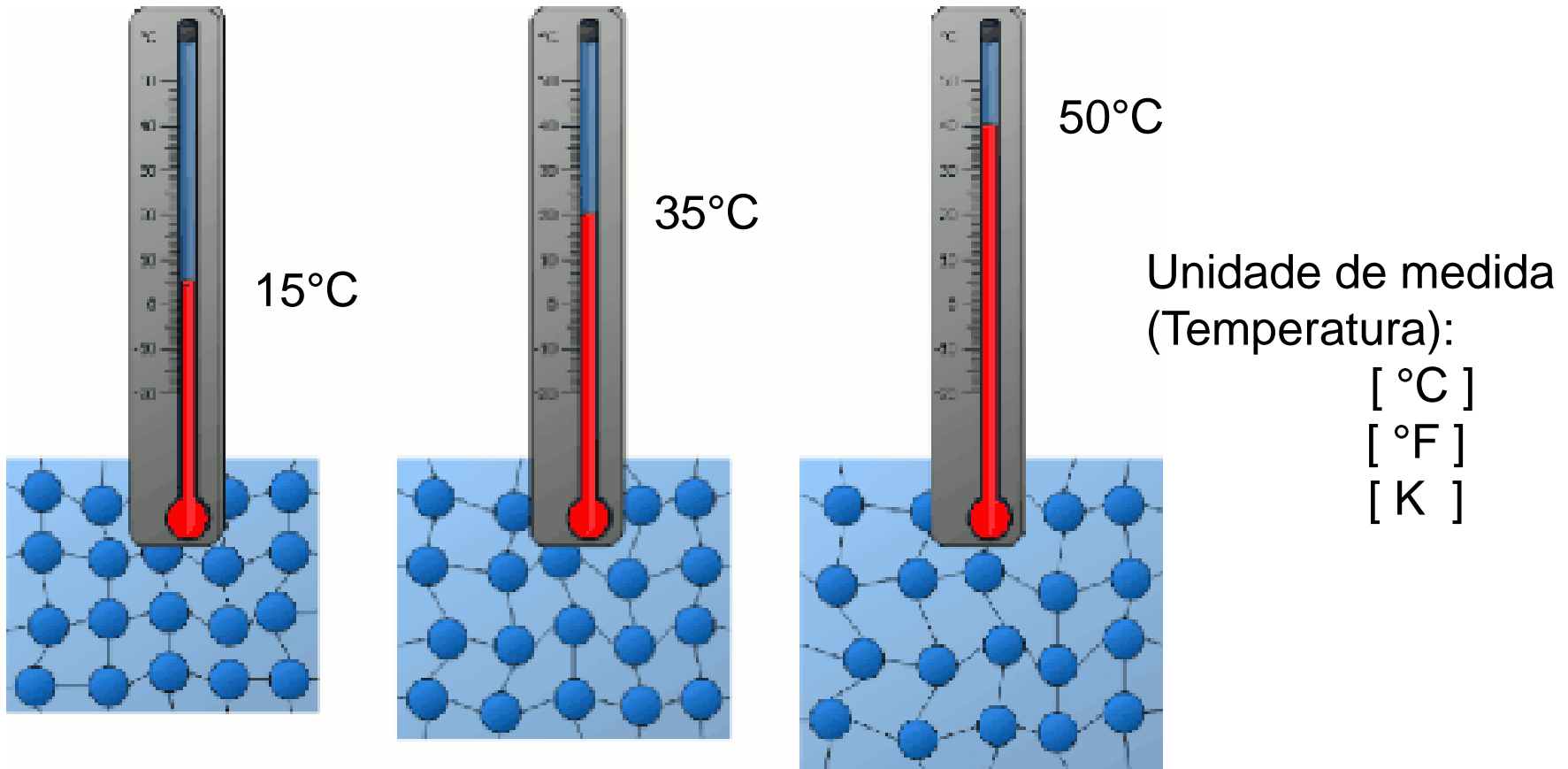
Ponto de fusão: -114,1 °C

Classificação: Álcool

Definições importantes

Conceitos fundamentais

- **Temperatura:** é uma grandeza física que mensura a energia cinética média das partículas de um sistema.

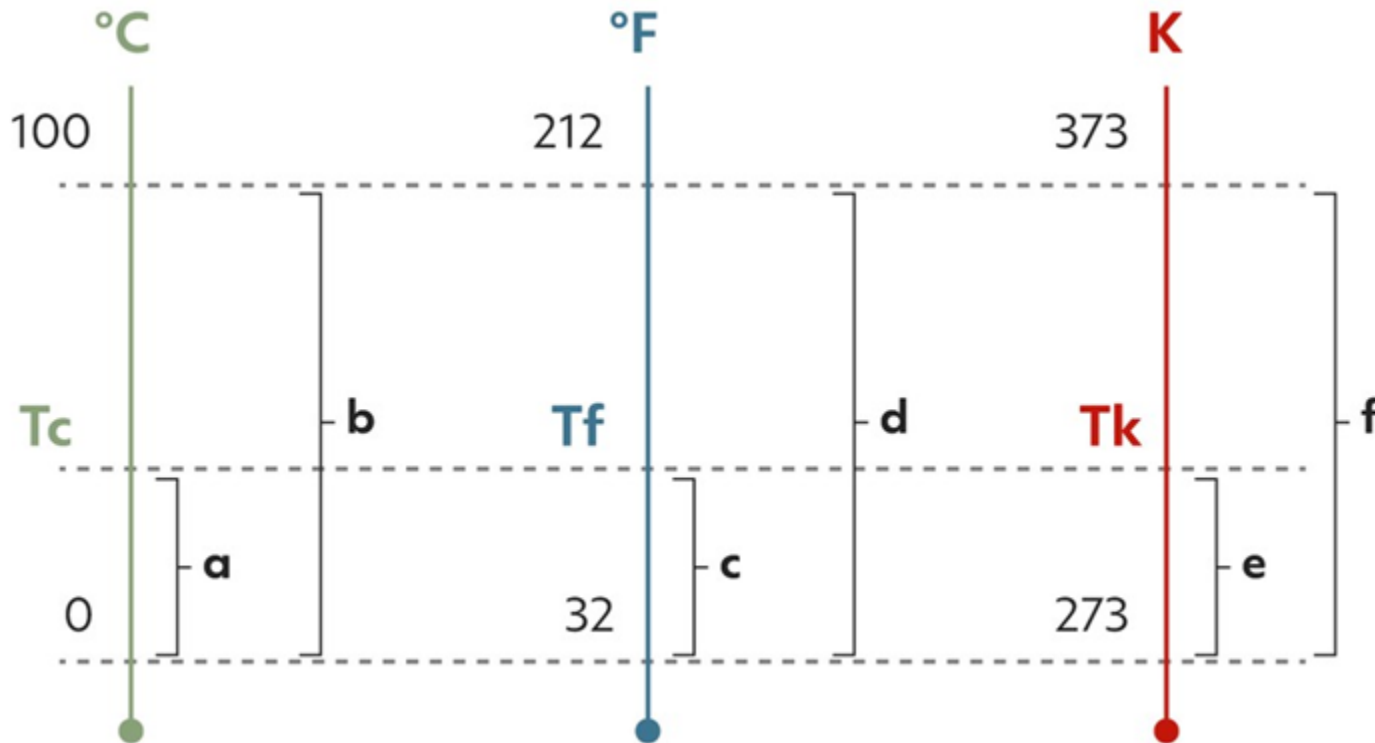


Escalas de Temperatura

Unidade de medida
(Temperatura):

- [°C] ° Celsius
- [°F] ° Fahrenheit
- [K] Kelvin

Quanto é 50 °C em °F e em K ?



Resp: 122 °F e 323 K

Conceitos fundamentais

- **Calor (Q):** É a energia que entra ou sai de um sistema (“*energia em movimento*”), em virtude da diferença de temperatura entre o sistema termodinâmico e as suas vizinhanças.



Existem três processos de transferência de Calor: (estudaremos em aulas mais pra frente)

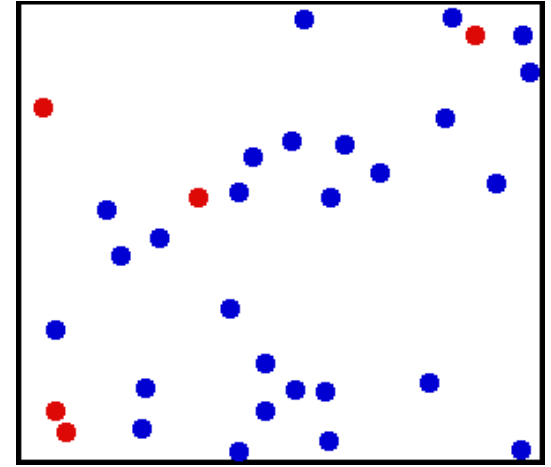
- ✓ **condução**
- ✓ **convecção**
- ✓ **radiação**

Unidade de medida (Energia):
[Joules] , [cal] , etc

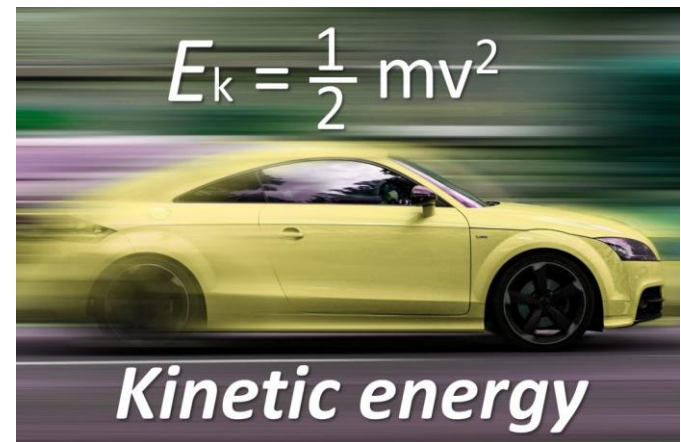
Conceitos fundamentais

Energia cinética: Energia associada ao movimento.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

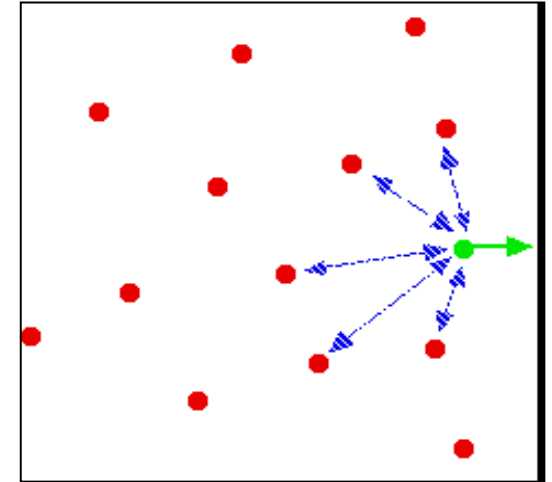
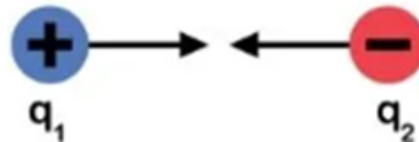
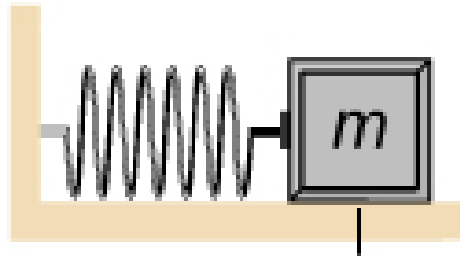
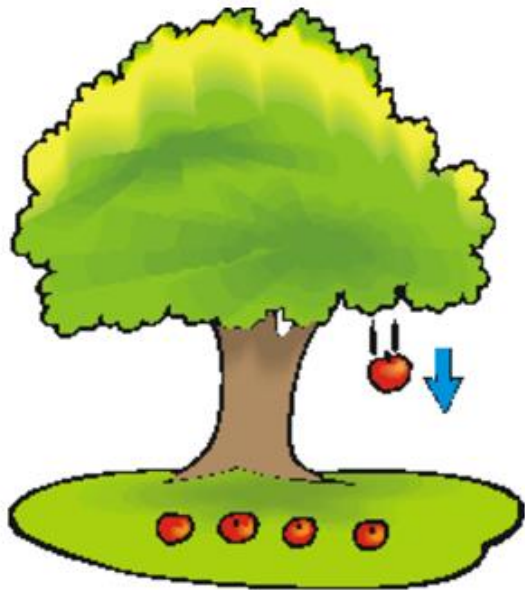


Unidade de medida (Energia):
[Joules], [cal], etc



Conceitos fundamentais

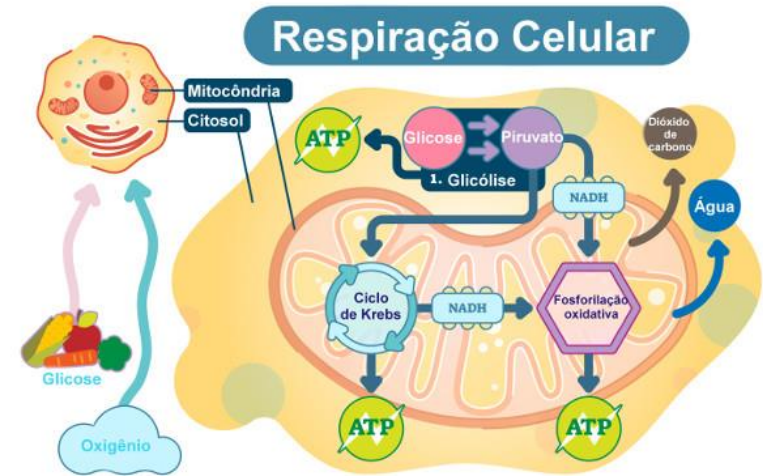
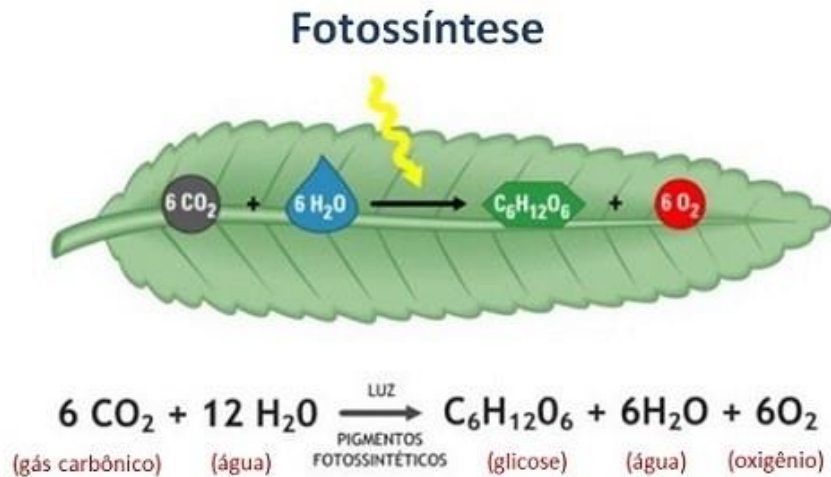
Energia Potencial: Energia associada as interações entre as partículas, ligações químicas, inter. intermoleculares, ...



Exemplos: Energia potencial gravitacional, Energia potencial elétrica, Energia potencial de mola, (gordura acumulada: estoque de energia nas ligações química..), etc, etc...

Termoquímica

Termo-química: É o estudo das consequências energéticas dos processos químicos.



Processo endotérmico
(*absorve calor*)

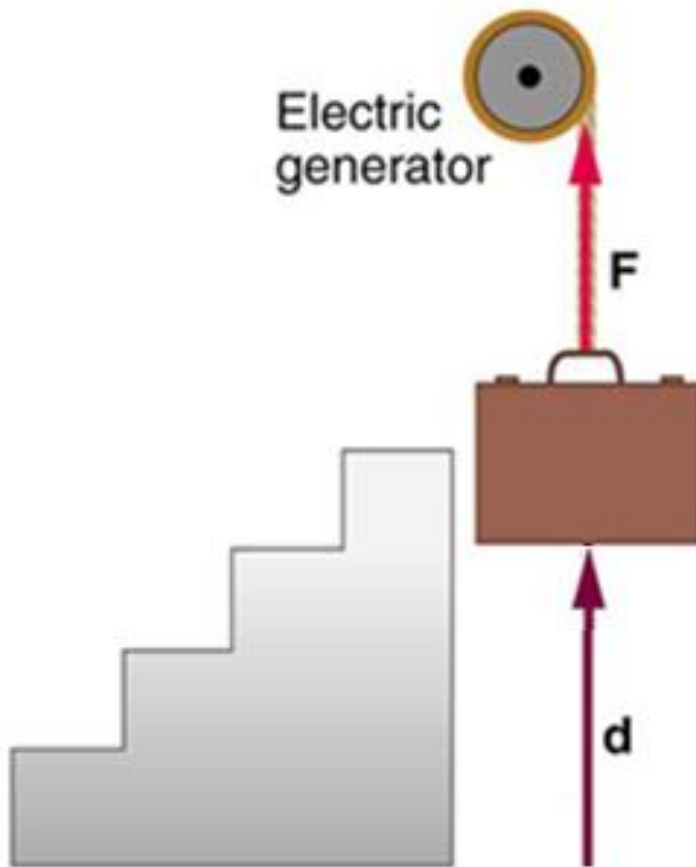
Processo exotérmico
(*libera calor*)

Energia química → capacidade de realizar trabalho.

No S.I a unidade de energia é o Joule ($J = \text{kg m}^2 \text{ s}^{-2}$) 1 caloria = 4,184 Joule

Conceitos fundamentais

- **Trabalho (W):** É a transferência de energia realizada por uma força movendo uma massa por uma distância contra uma resistência.



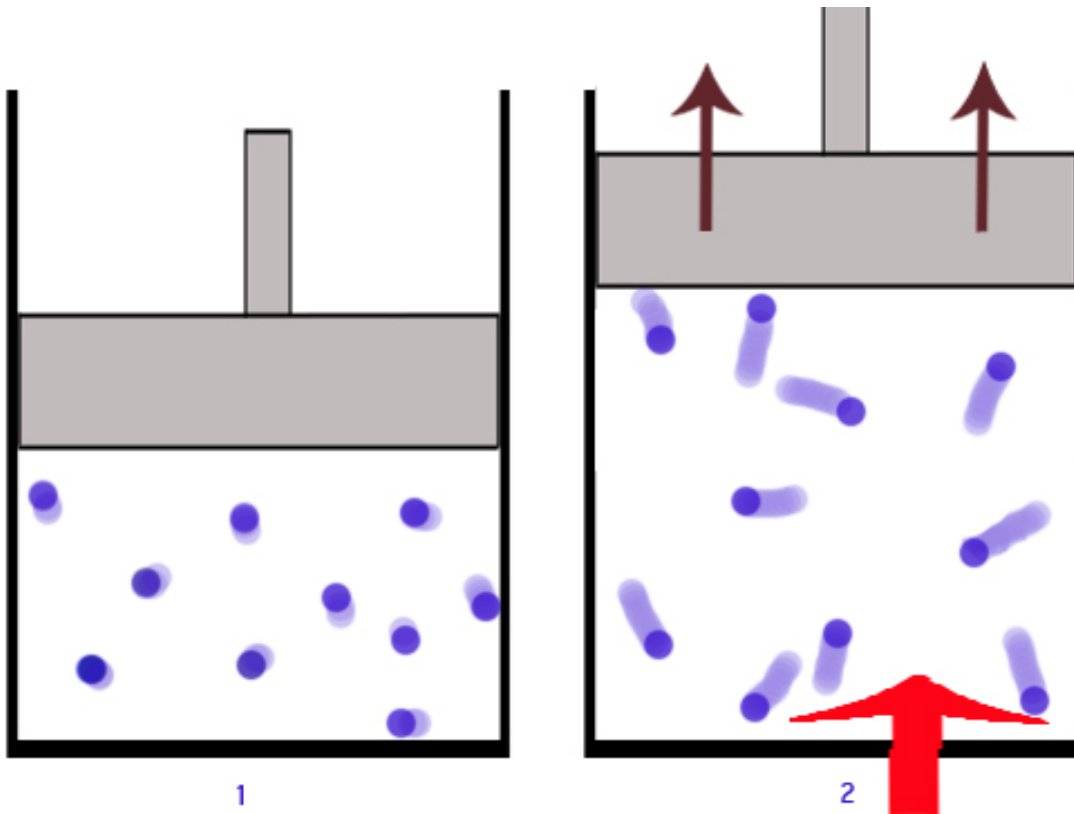
$$W = F \cdot d$$

Unidade de medida
(Energia):
[Joules] , [cal] , etc

Trabalho (W) = Força . deslocamento

Conceitos fundamentais

- **Trabalho (W):** É a transferência de energia realizada por uma força movendo uma massa por uma distância contra uma resistência.



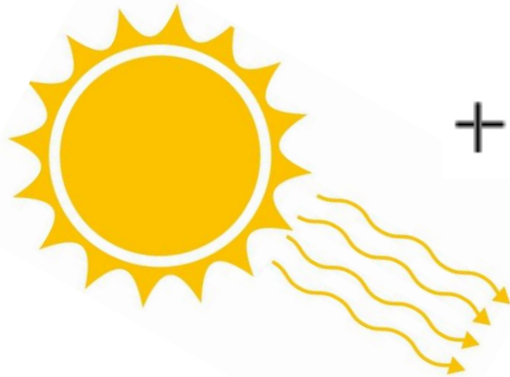
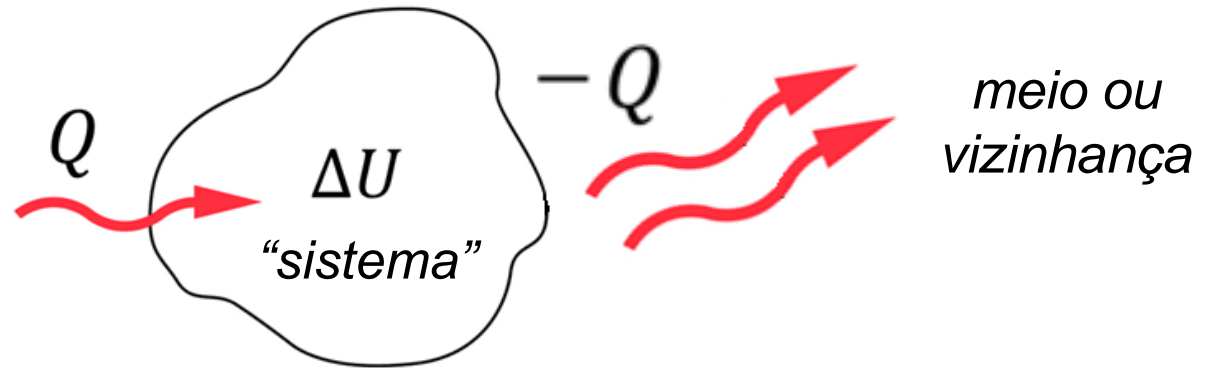
$$W = F \cdot d$$

Unidade de medida
(Energia):
[Joules] , [cal] , etc

Trabalho (W) = Força . deslocamento

Sistemas Termodinâmicos

Precisamos definir um “Sistema termodinâmico” para estudar o efeito e quantificar os processos de transferência de energia.. (entrada ou saída de energia)



$+Q$



$-Q$

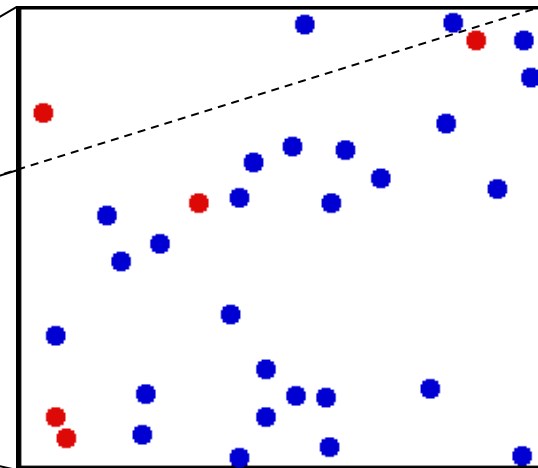
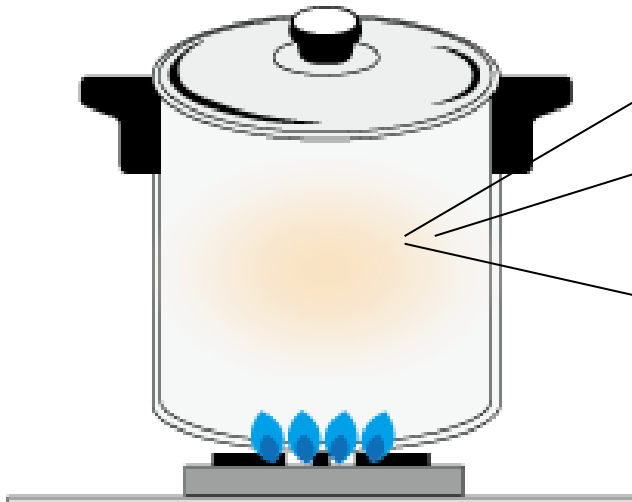
meio ou vizinhança

Conceitos fundamentais

Energia Interna (U) (de um sistema): *É a soma das contribuições de energia cinética e das energia potencial de todas as partículas que formam um determinado corpo.*

$$U = E_c + E_p$$

Energia Interna



Unidade de medida (Energia):
[Joules], [cal], etc

Sistemas Termodinâmicos

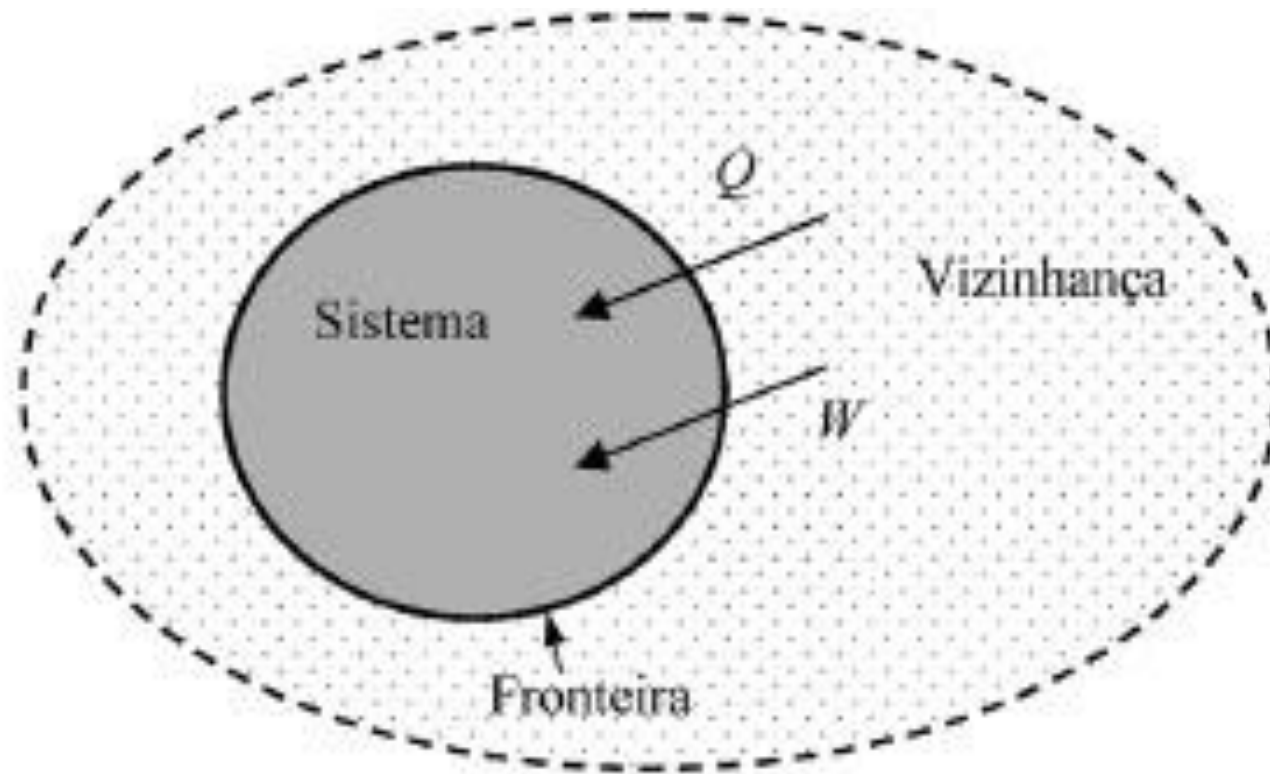


Figura 1. O sistema e vizinhança separados pela fronteira: o calor Q e o trabalho W representam energia que atravessa a fronteira

Sistemas Termodinâmicos



- **Sistema Isolado**: situação onde não há troca de matéria ou energia com o meio; Ex: Garrafa térmica.

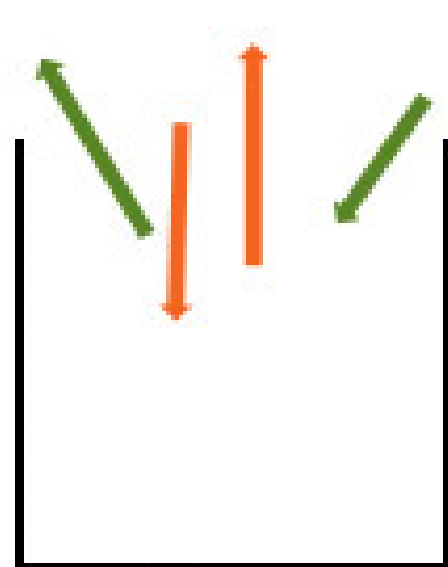
- **Sistema Fechado**: situação onde há apenas troca de energia com o meio;
Ex: Panela no fogão bem fechada (que não sai matéria).



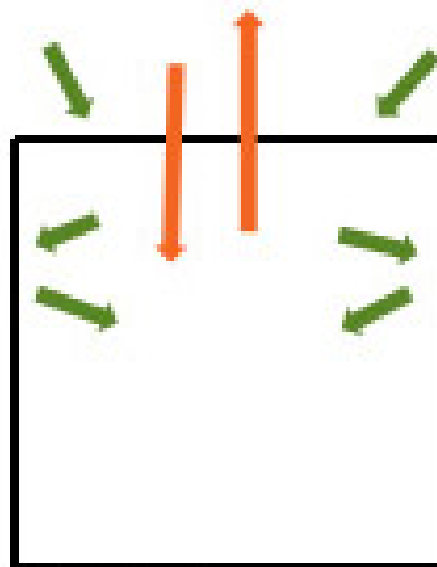
- **Sistema Aberto**: pode trocar tanto energia quanto matéria com o meio;
Ex: Panela no fogão sem tampa.



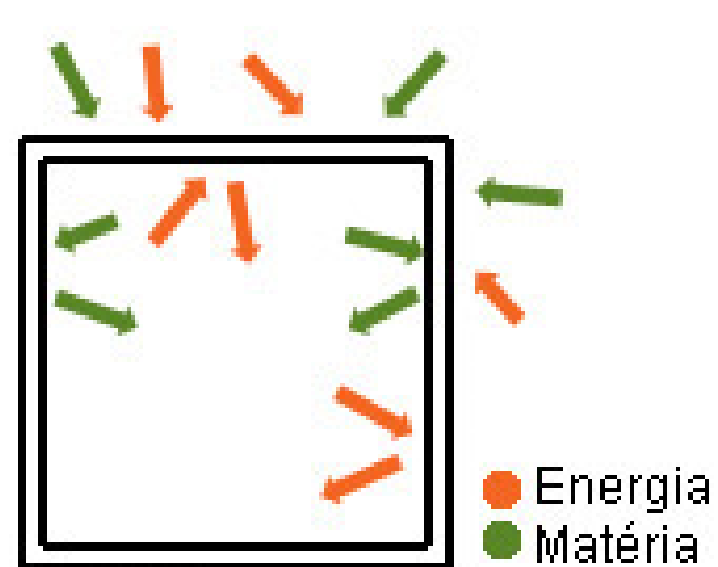
Sistemas Termodinâmicos



Sistema aberto



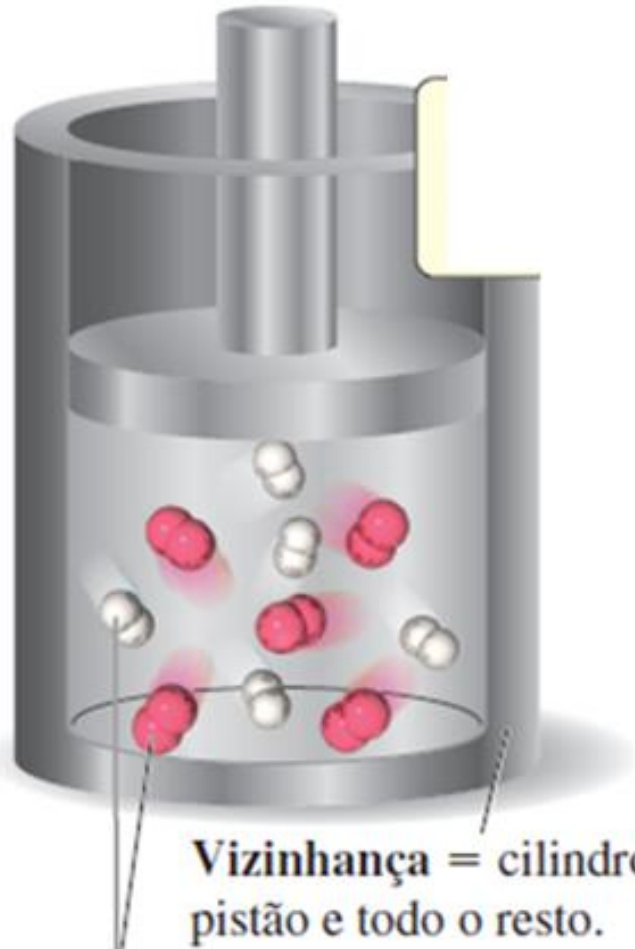
Sistema fechado



Sistema isolado

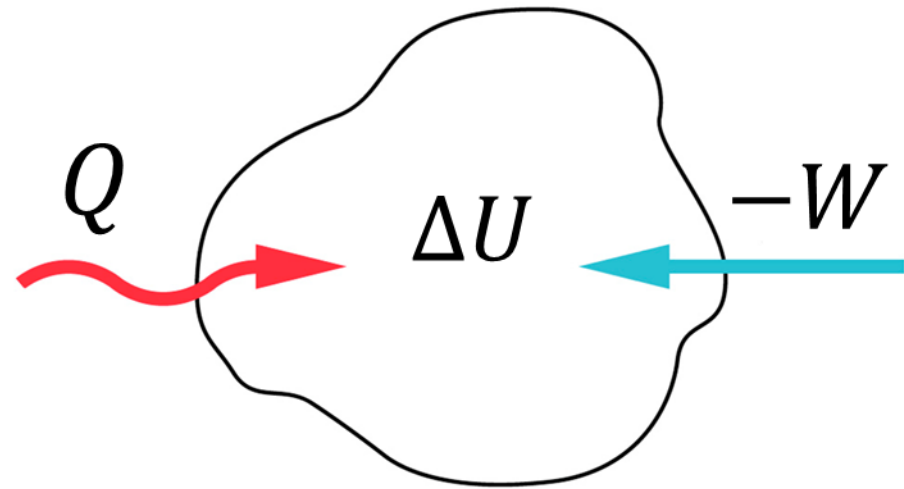
Sistemas Termodinâmicos

Energia pode entrar ou sair do sistema conforme o calor ou o trabalho realizado no pistão.

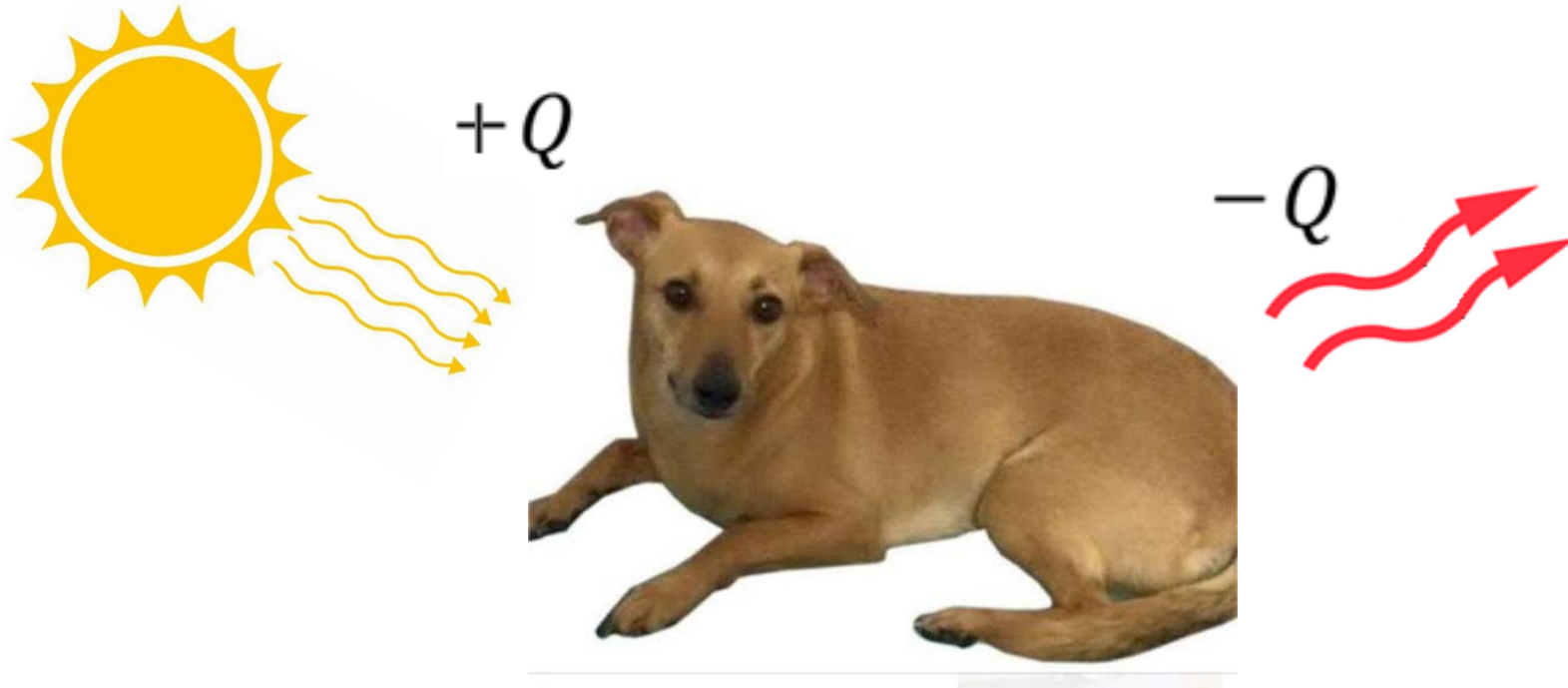


Energia só entra (ou saí) do sistema de duas formas:

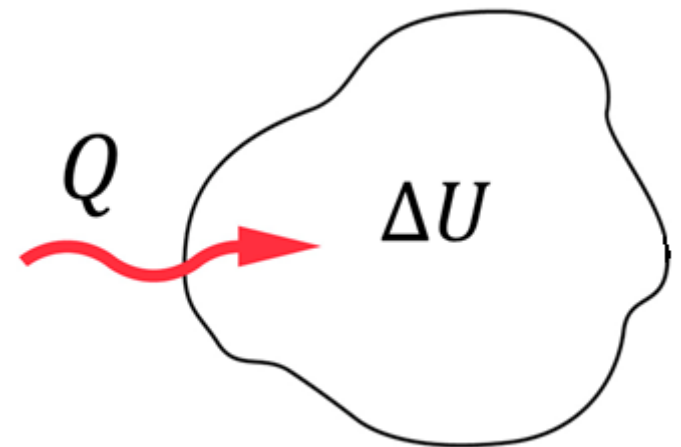
Calor ou **Trabalho**



Sistemas Termodinâmicos



Sistema termodinâmico pode “receber” ou “perder” calor (Q)... isso vai aumentar ou diminuir a energia interna (U) do cachorro

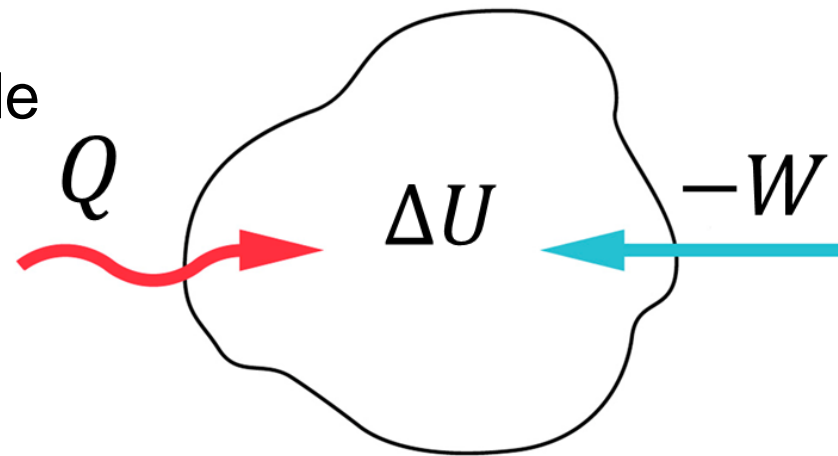


Sistemas Termodinâmicos



O cachorro puxando está realizando trabalho (W), e portanto perdendo energia interna (U) ...

Sistema termodinâmico também pode “receber” ou “realizar” trabalho...



1° Lei da Termodinâmica = (Conservação de Energia)

Exemplo de Sistema Termodinâmico: Estufa aberta

Imagine uma estufa com sistema de ventilação que expulsa ar quente de dentro da estufa.

Nessa situação, como você descreveria o balanço térmico do sistema?

Vários processos ocorrem...

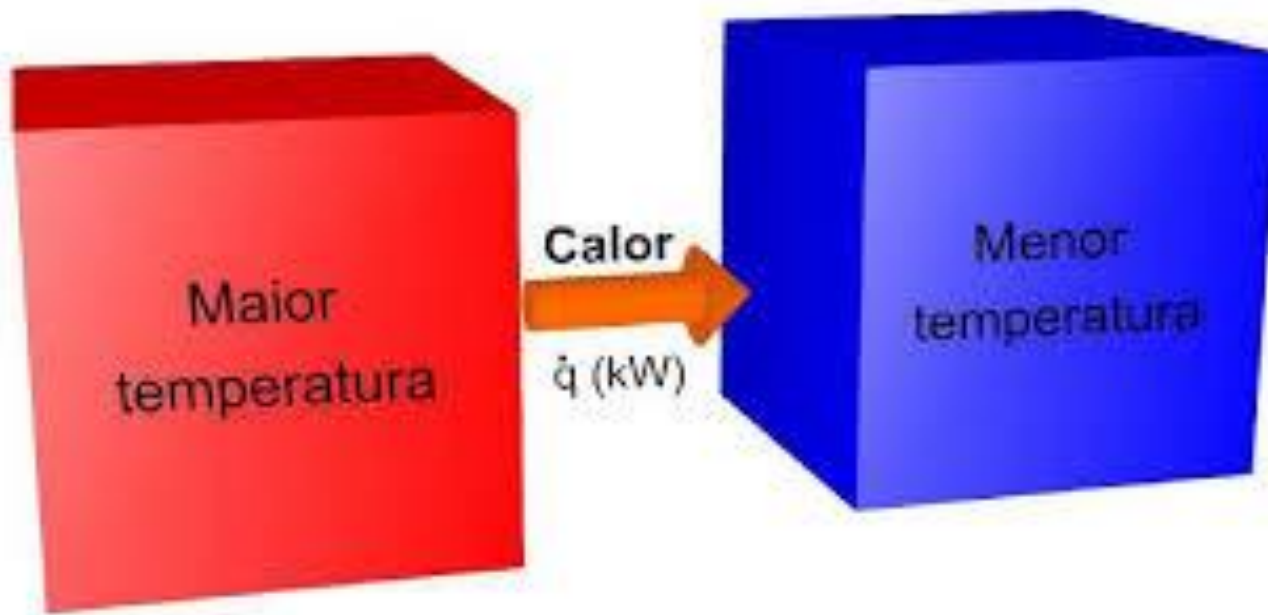
- ✓ condução
- ✓ convecção
- ✓ radiação



Capacidade calorífica
Calor específico
Calor latente

Conceitos fundamentais

Calor: fluxo de energia entre dois corpos em função de sua diferença de temperatura.



Trata-se de um processo, não de uma grandeza diferente.

Calor específico e Capacidade calorífica

Capacidade calorífica (ou capacidade térmica) Geralmente é representada pela letra C maiúscula, onde C_p (ocorre à pressão constante) e C_v (à volume const.)



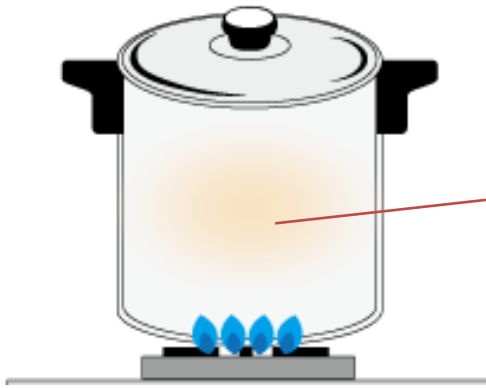
$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Unidade: [Joule/Kelvin]
[J/K] ; [cal/K] ; ...

“ mede quanto calor é necessário para elevar a temperatura desse material em 1°C ”

Calor específico e Capacidade calorífica

Capacidade calorífica específica (calor específico, c minúsculo):
capacidade calorífica de um grama de substância.



$$c = \frac{C}{m}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Unidade: J/kg.K (Sist. Int.) ou cal/g.°C

Exemplos

Comparação das capacidades caloríficas (c) específicas de algumas substâncias:

Material	Capacidade calorífica específica ($\text{J. } (^{\circ}\text{C})^{-1} \text{ g}^{-1}$)
Ar	1,01
Benzeno	1,05
Cobre	0,38
Etanol	2,42
Água sólida	2,03
Água Líquida	4,184
Água Vapor	2,01

Exercício: Calcule o calor necessário para aumentar de 15°C para 35°C , 100 g de água líquida, 100 g de Etanol e 100 g de Ar.

Exemplo: Capacidade Térmica da Areia e da Água

A água e a areia estão submetidas a mesma fonte de calor: Sol
Porém encontram-se em temperaturas diferentes → Calor específico



$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$C_{\text{Água}} = 1,0 \text{ cal/g.C}$$

$$C_{\text{Areia}} = 0,2 \text{ cal/g.C}$$

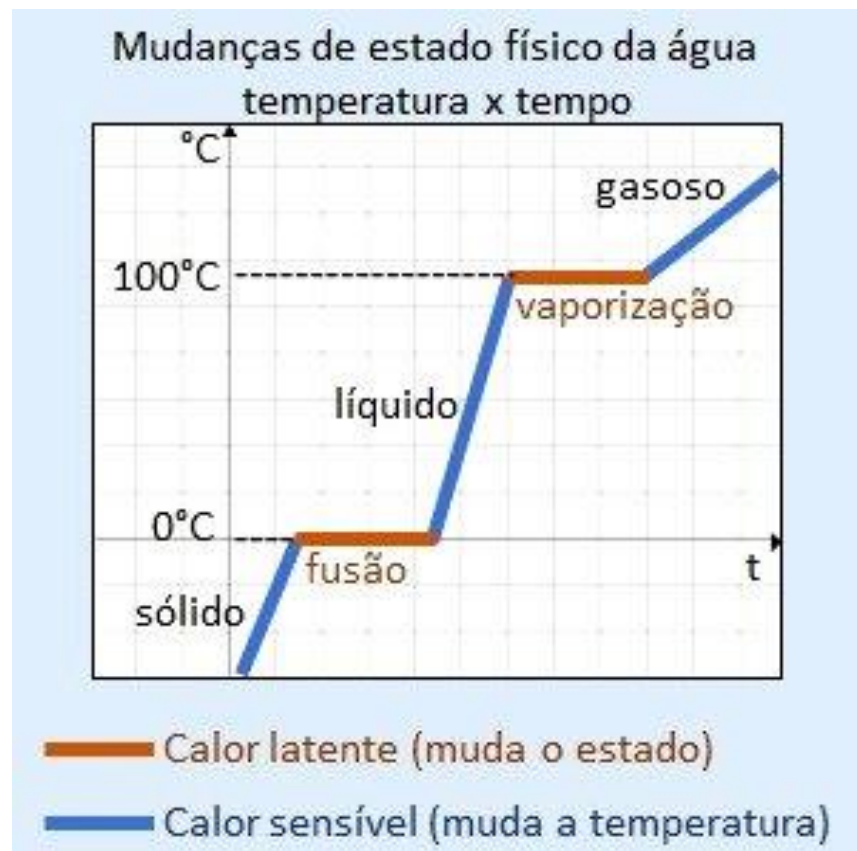
Calor de Transformação

Calor de Transformação (L), ou Calor Latente, é uma grandeza física que designa a quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo enquanto seu estado físico se modifica.

$$Q = mL$$

Unidade:

[J/Kg] ; [cal/g] ;

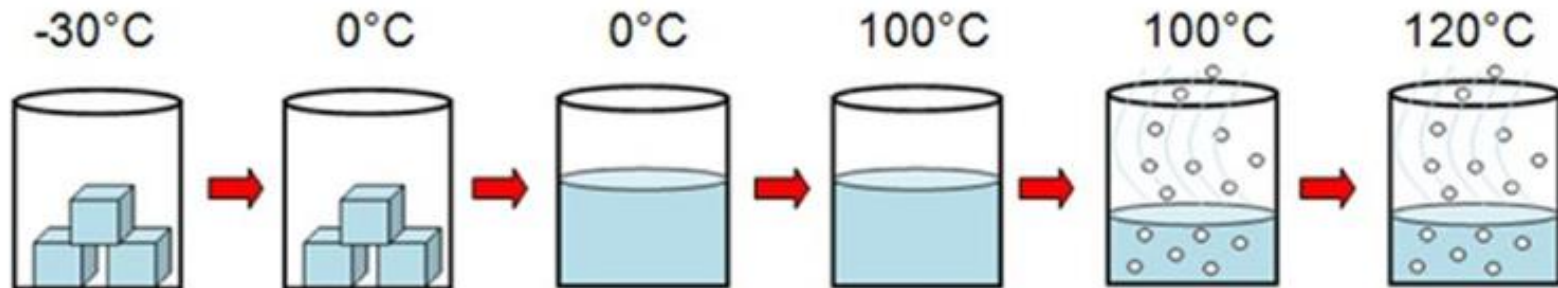


Exemplo

Determine a quantidade de calor necessária para transformar 20 g de gelo à -30°C em 20 g de vapor d'água à 120°C .

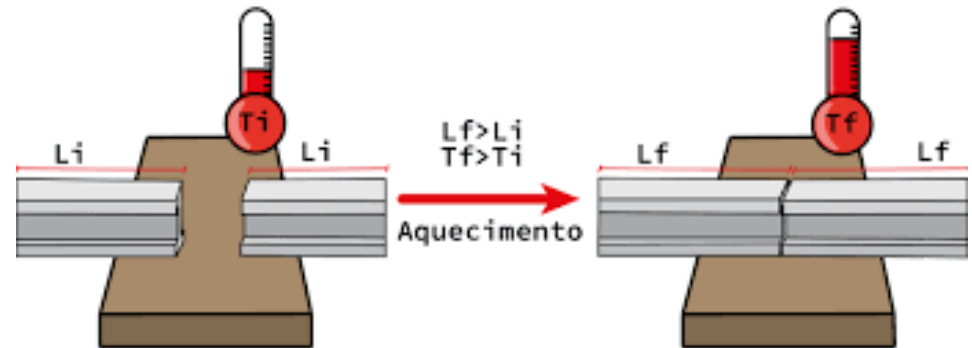
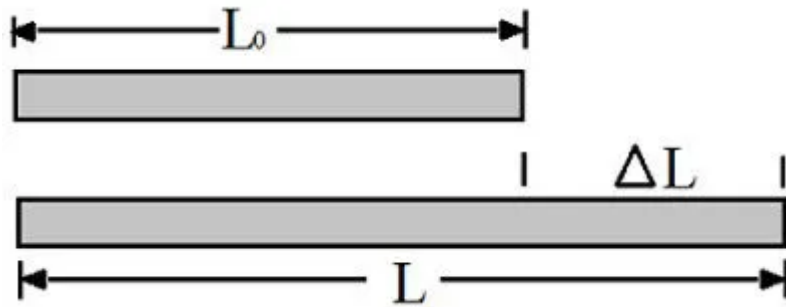
Dados: Calor específico do gelo = $0,5 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$
Calor latente de fusão = 80 cal/g
Calor específico da água = $1,0 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$
Calor latente de vaporização = 540 cal/g
Calor específico do vapor d'água = $0,5 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$

(Resposta: São necessárias 14.900 calorias)



Dilatação térmica

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$$



α → coeficiente de dilatação linear;
 $\Delta T = (T_f - T_i)$ → variação temperatura;
 ΔL → variação do comprimento;
 L_0 → comprimento inicial na T_i
 L → comprimento final na T_f



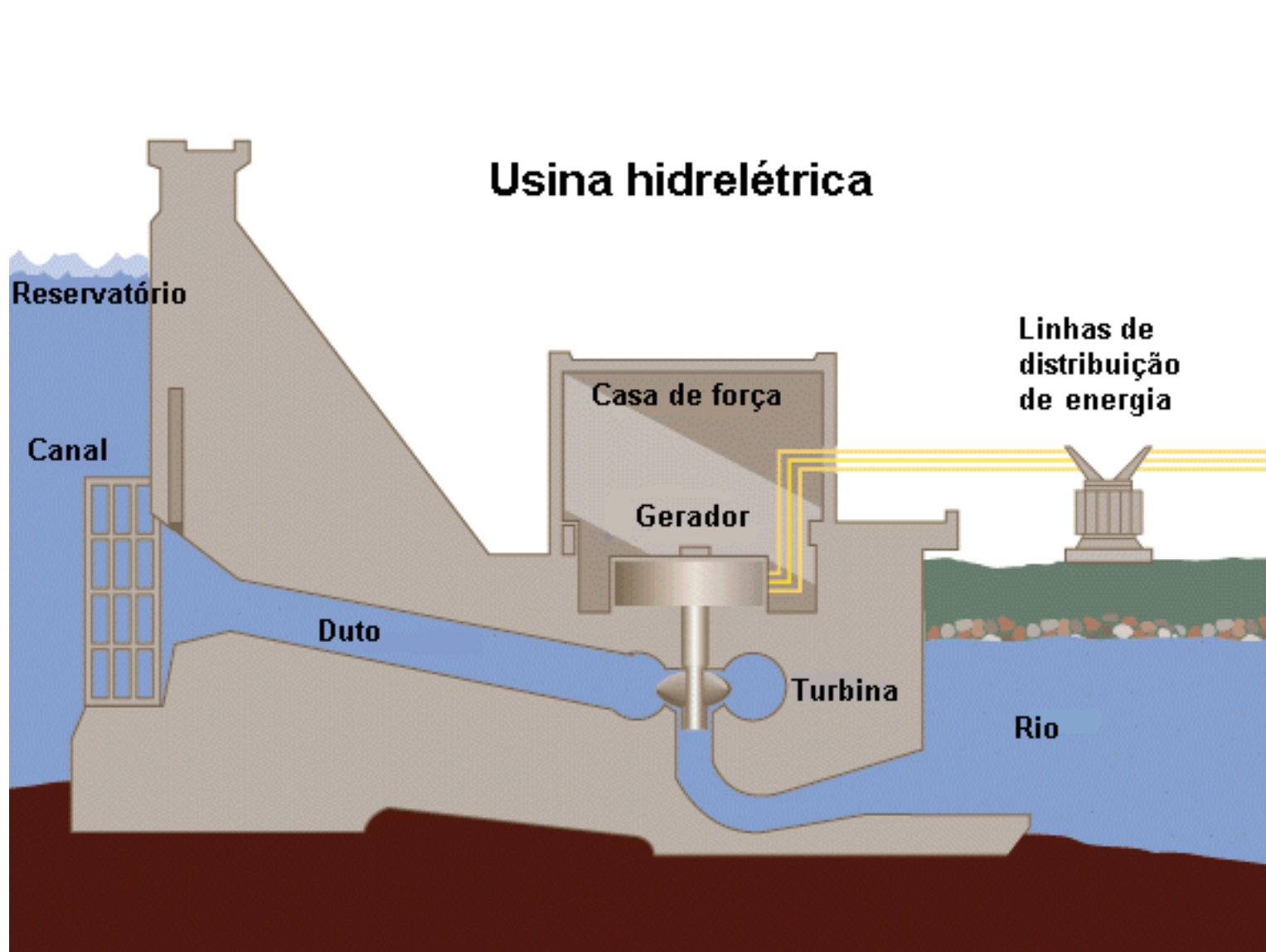
➤ Termodinâmica e Energia!

A geração de Energia Elétrica, é baseada na **conversão** de outras formas de Energia:

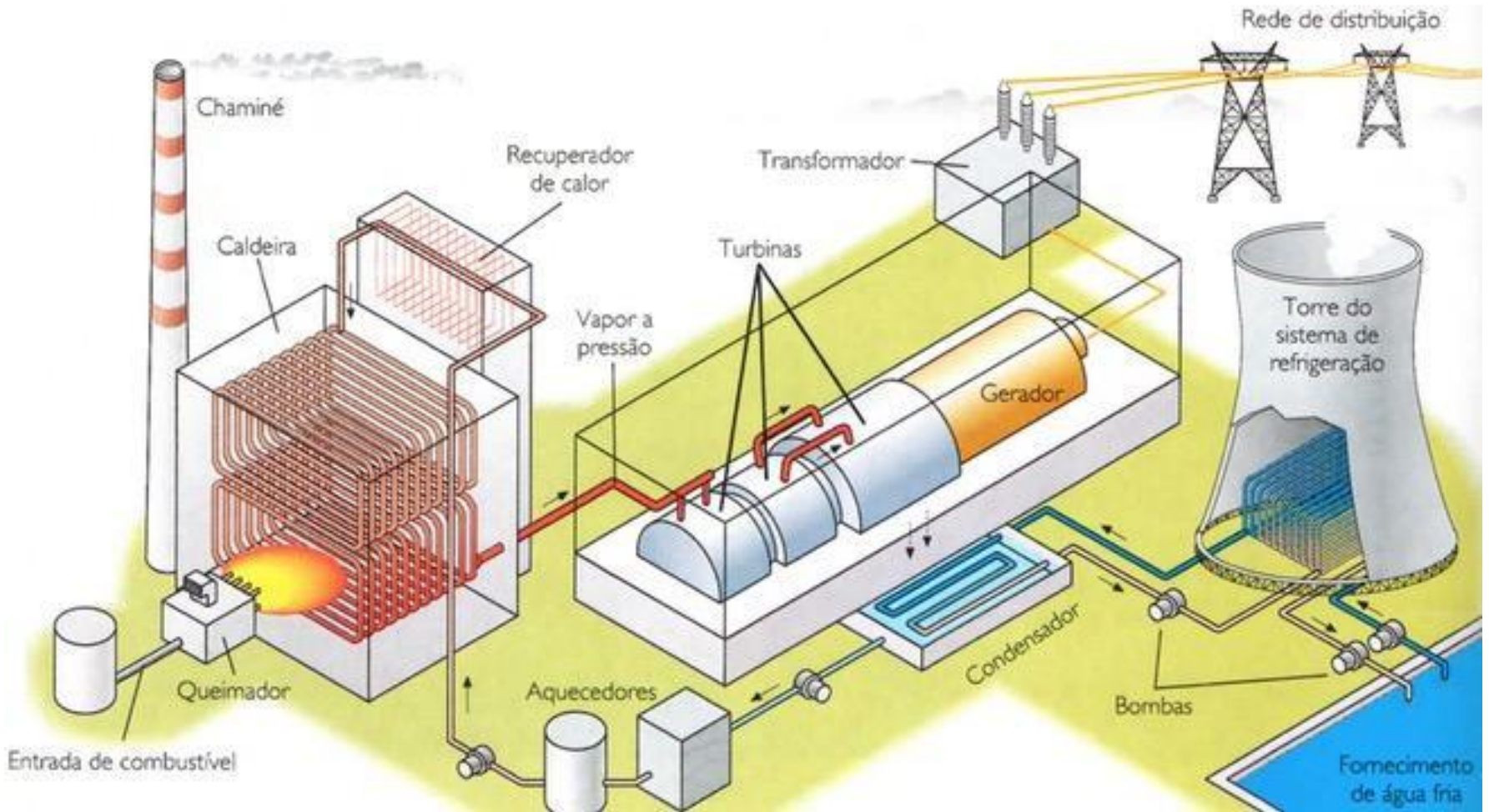
- Mecânica (ventos, etc)
- Potencial gravitacional água (hidroelétricas)
- Química (queima de combustíveis)
- Nuclear (núcleo átomos)
- Radiação solar (ondas eletromagnéticas)
- etc

em Energia Elétrica, que é uma forma mais simples de transportar, e utilizar em diversos tipos de equipamentos.

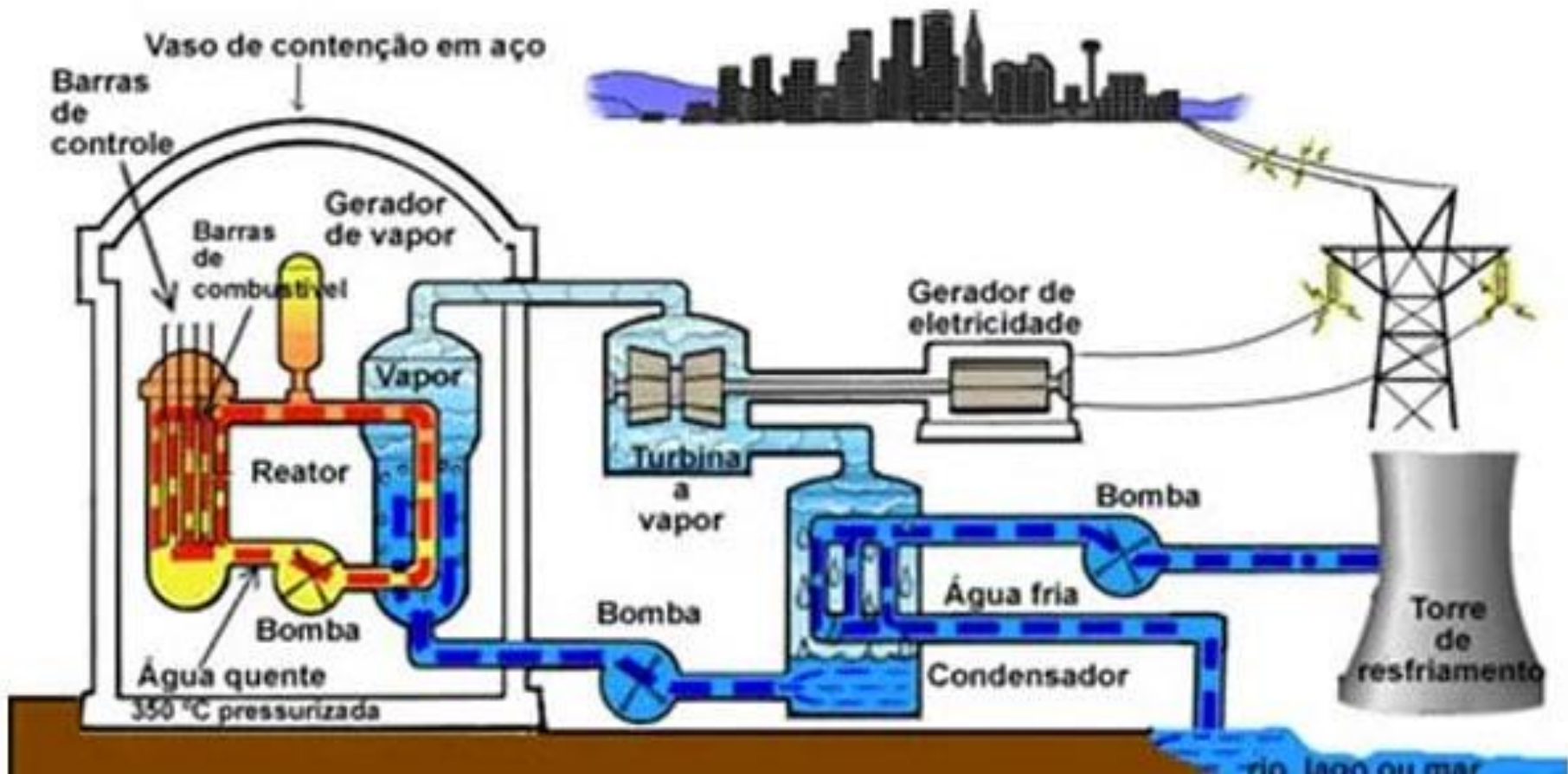
Geração de Energia Elétrica: Hidroelétrica



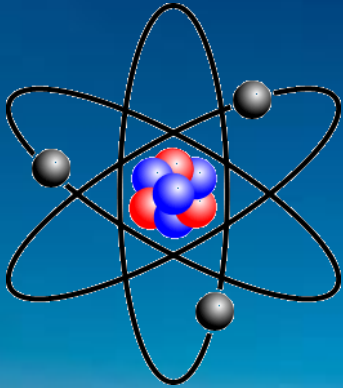
Geração de Energia Elétrica: Termoelétrica



Geração de Energia Elétrica: Usina Nuclear



Geração de Energia Elétrica: Usina Nuclear



Usinas Fotovoltaicas e Usinas Eólicas



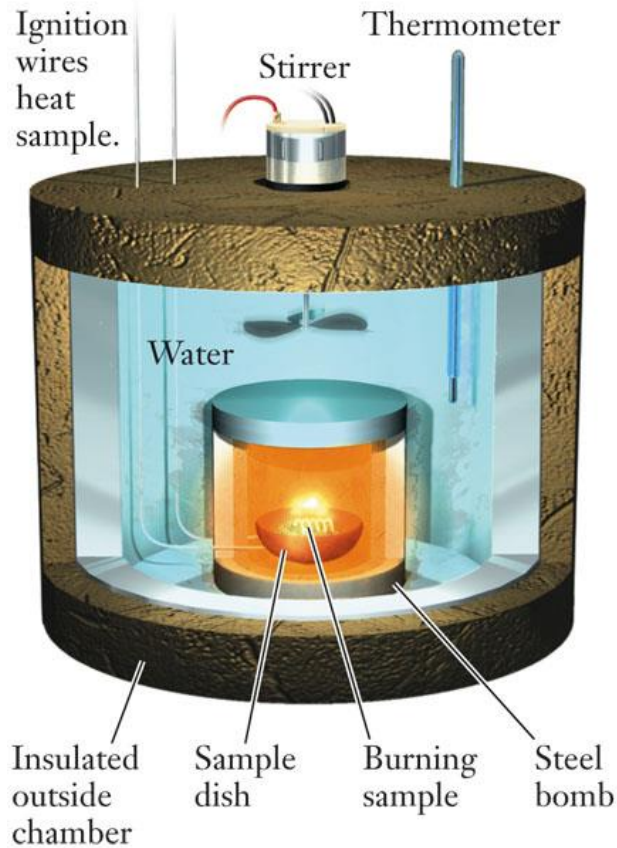
Piauí



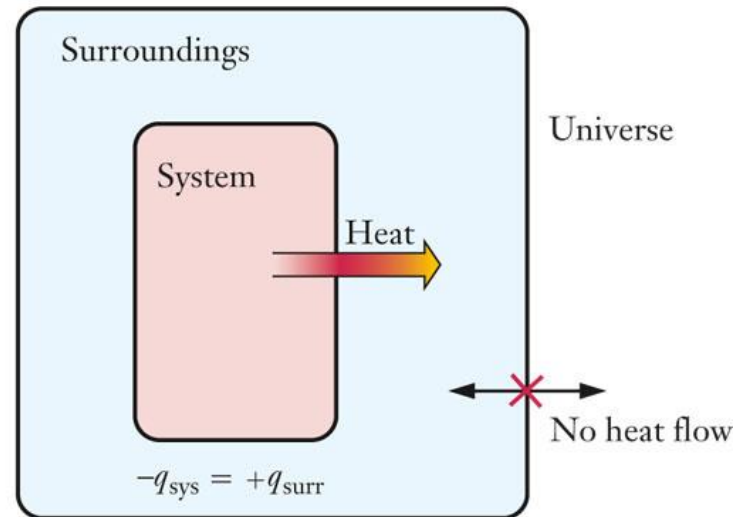
Exercícios sobre Termodinâmica...

Como medir calor?

Experimentalmente o fluxo de calor pode ser medido através da calorimetria.



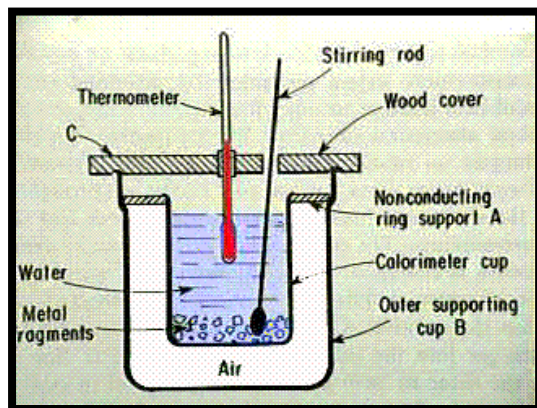
© 2006 Thomson Higher Education



$$q = C_{\text{calorimetro}} \cdot \Delta T$$

Exercício Calorímetro (Completo)

Considere que uma resistência elétrica (R) está imersa em um Calorímetro, e por essa resistência passa uma corrente elétrica de $I = 2,33 \text{ A [C/s]}$ e está aplicada uma tensão elétrica de $U = 25,11 \text{ Volts [J/C]}$ durante $1'40''$ (1 minuto e 40 segundos). Sabendo que o volume de água no Calorímetro é de 200 mL , a Temperatura inicial do sistema é 25°C e a Temperatura final é de 32°C . Qual o calor específico da água em $\text{J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, diante da seguinte situação:



Calorímetro

Dica: ver slide 23

Dados do Exercício:

Vol = 200 mL

Dens. água = 1 g/cm^3

$U = 25,11 \text{ Volts [J C}^{-1}]$

$I = 2,33 \text{ Ampères [C s}^{-1}]$

$T_1 = 25^\circ\text{C}$; $T_2 = 32^\circ\text{C}$

$\Delta\text{Tempo} = 1'40''$

$$Pot = U \cdot I = (25,11) \cdot (2,33) = 58,5063 \text{ Watts}$$

$$Pot = \frac{E}{\Delta t} \rightarrow E = (Pot) \cdot \Delta t = (58,5063) \cdot (100 \text{ seg}) = 5850,63 \text{ Joules}$$

$$Q = mc\Delta T \rightarrow c = \frac{\text{Energia}(Q)}{m\Delta T} = \frac{5850,63}{(0,2) \cdot (32 - 25)} = \text{Resposta: } 4.179,02 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Exercícios

a) Um animal ao ingerir uma ração com valor nutricional de 350 kCal fornecerá quantos kW.h ao organismo? Lembre que $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$.

b) Por quanto tempo daria para manter uma lâmpada de 100 W acesa?

Resposta:

a) 0,407 kW.h b) 4,07 h

Exercícios

Sabe-se que são gastos aproximadamente 590 cal para evaporar 1 g de água. Pergunta-se: Quantos Joules são necessários para evaporar 1 kg de água?

(Lembre que: 1 cal = 4,186 J)

Resposta: 2,47 MJ

Exemplo: Alimentos

Como medir o **conteúdo energético de alimentos** usando calorimetria ?



Valor energético (350 mL): 159 kcal

149 kcal

<https://www.youtube.com/watch?v=-ZTBoyE4bvM>

Aula 5

Equação dos Gases e Leis da Termodinâmica

Teoria cinética dos gases

☐ Lei dos gases perfeitos

$$PV = nRT$$

P – Pressão

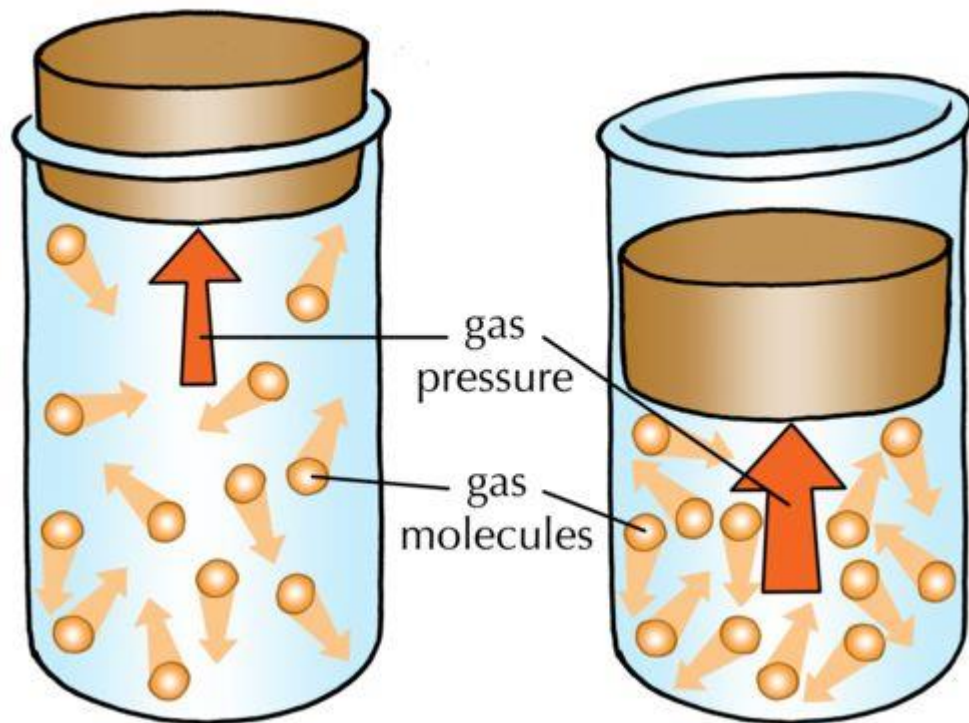
V – Volume

n – número de mols

T – Temperatura

R – Const. Universal dos gases $R = 8,3143 \text{ [J / mol K]}$

$R = 0,08206 \text{ [atm L / mol K]}$



Teoria cinética dos gases

- ❑ Lei de Boyle (Temperatura constante)

$$PV = \text{const.}$$

- ❑ Lei de Charles (Pressão constante)

$$\frac{V - V_0}{V_0} = \frac{T - T_0}{T_0} = \text{const.}$$

- ❑ Lei de Avogrado

*“A pressão e temperatura constante,
volumes iguais de gases ideais contêm o
mesmo número de partículas”*

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$$

- ❑ Lei dos gases perfeitos

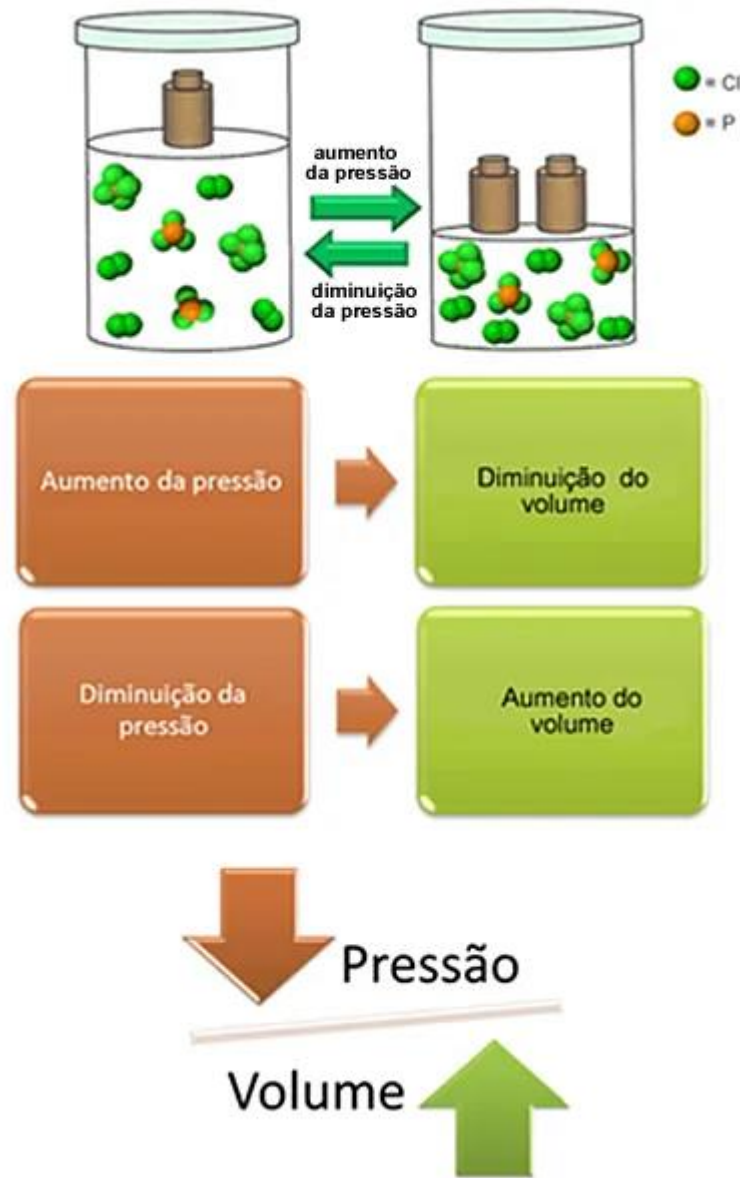
$$PV = nRT$$

Teoria cinética dos gases

- ❑ Lei de Boyle (Temperatura constante)

$$PV = \text{const.}$$

“Em um sistema fechado em que a temperatura é mantida constante, verifica-se que determinada massa de gás ocupa um volume inversamente proporcional a sua pressão.”



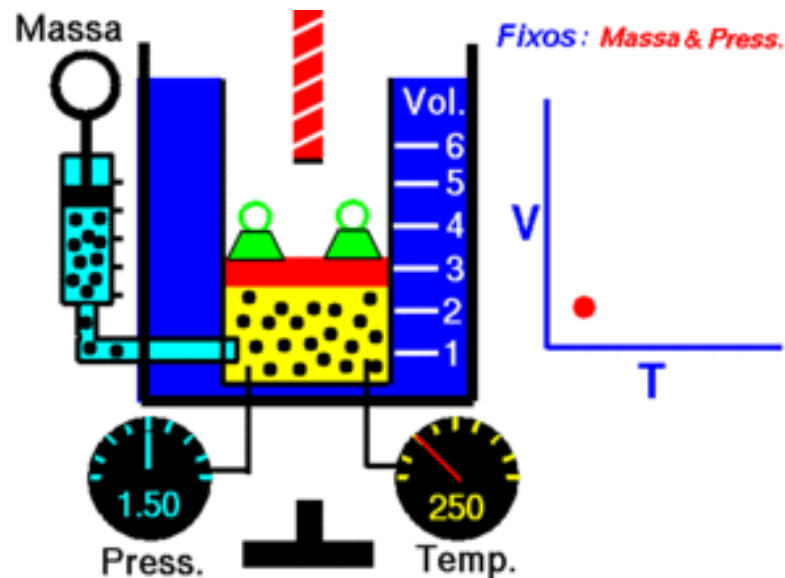
Teoria cinética dos gases

□ Lei de Charles (Pressão constante)

$$\frac{V - V_0}{V_0} = \frac{T - T_0}{T_0} = \text{const.}$$

“À pressão constante, o volume de uma determinada massa de gás é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta.”

$$\frac{V}{T} = \text{constante}$$



Teoria cinética dos gases

□ Lei de Avogadro

“A pressão e temperatura constante, volumes iguais de gases ideais contêm o mesmo número de partículas”

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$$



Equal volumes of a gas contain the same number of molecules at the same temperature and pressure.

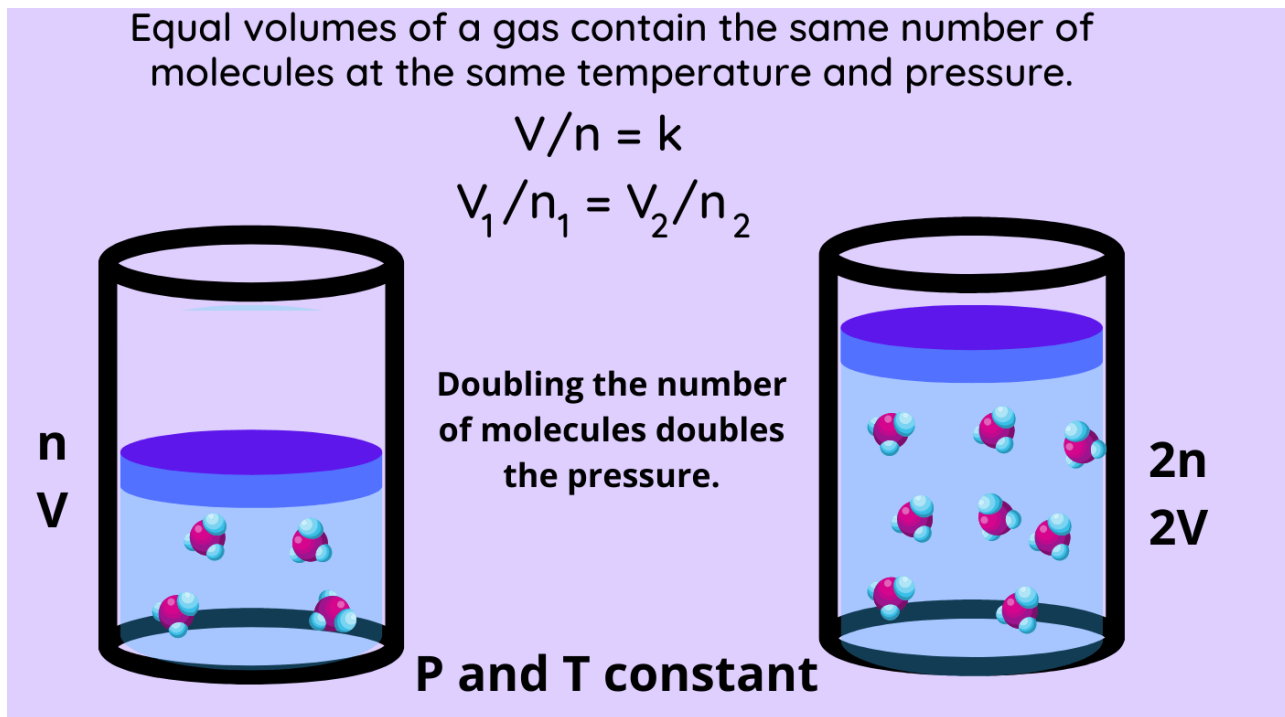
$$V/n = k$$
$$V_1/n_1 = V_2/n_2$$

Doubling the number of molecules doubles the pressure.

n
 V

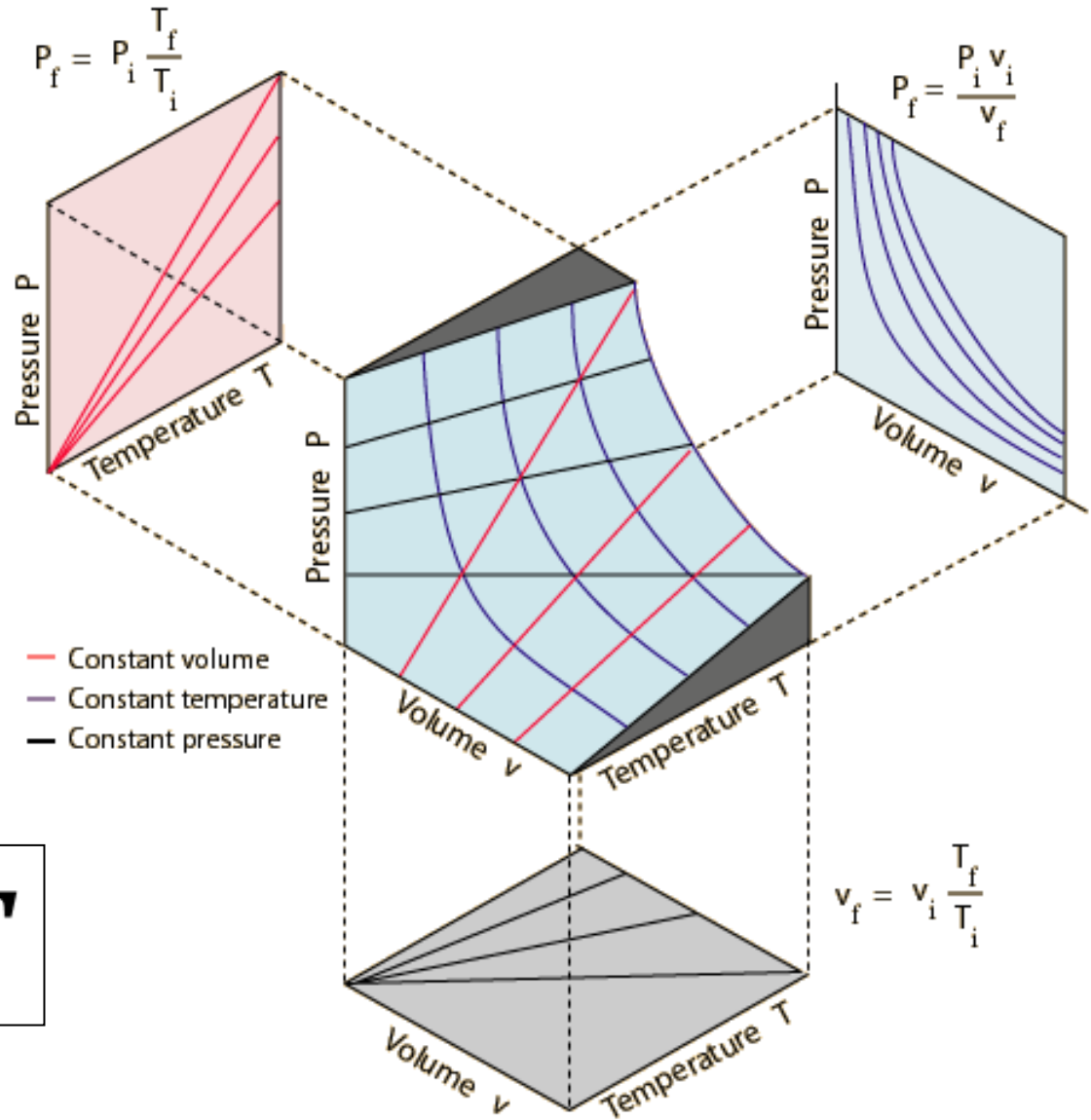
$2n$
 $2V$

P and T constant

The diagram shows two cylindrical containers on a light purple background. The left container is partially filled with a blue liquid and contains four red and blue ball-and-stick molecular models. To its left, the labels 'n' and 'V' are stacked vertically. The right container is taller and contains the same blue liquid level but has a higher level of blue liquid above it, and contains eight of the same molecular models. To its right, the labels '2n' and '2V' are stacked vertically. Between the two containers, the text 'Doubling the number of molecules doubles the pressure.' is written. Below both containers, the text 'P and T constant' is written. Above the containers, the text 'Equal volumes of a gas contain the same number of molecules at the same temperature and pressure.' is written, along with the equations V/n = k and V1/n1 = V2/n2.

Teoria cinética dos gases

☐ Gás ideal



$$PV = nRT$$

Lei dos Gases – Constante R em diferentes unidades

☐ Gás ideal

$$PV = nRT$$

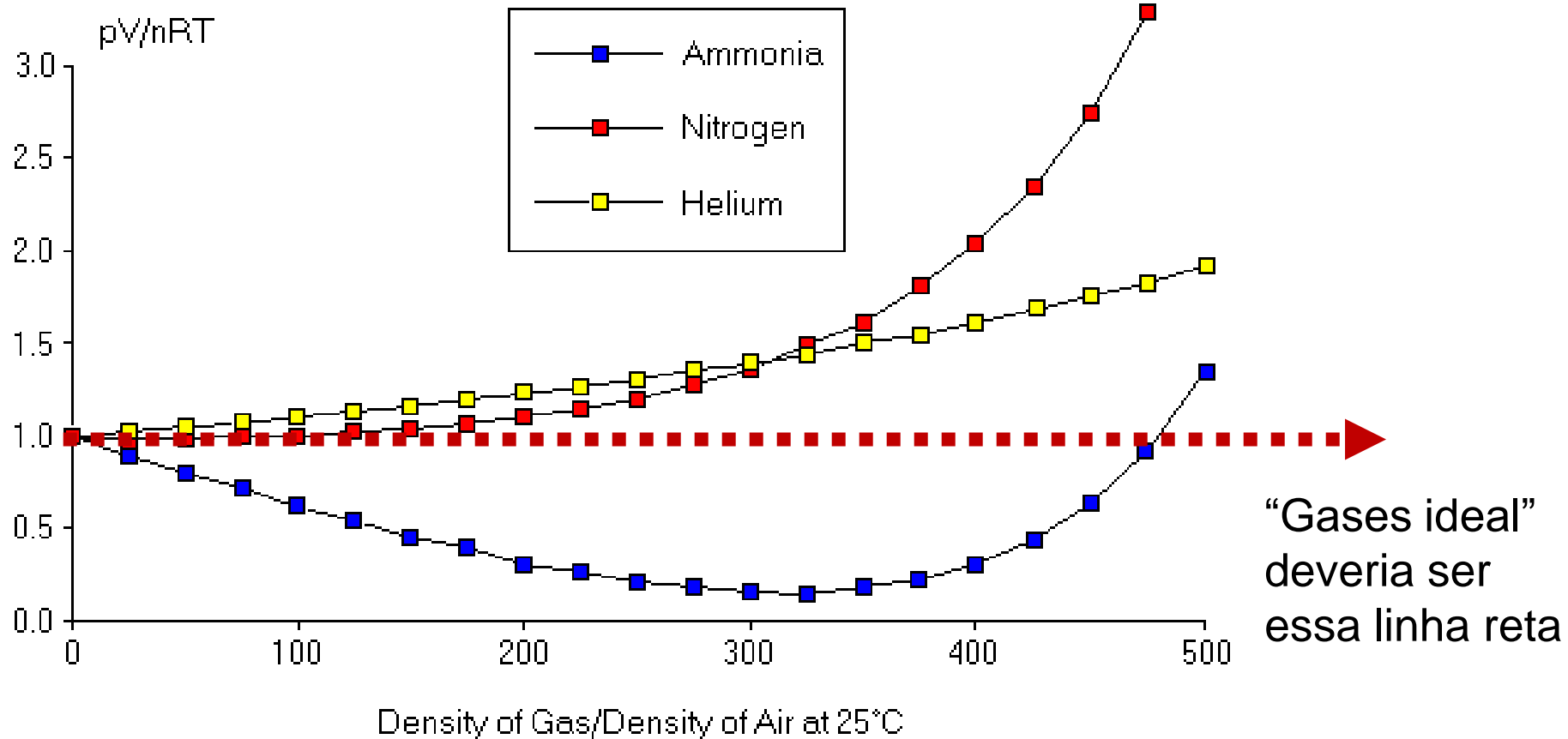
TABELA 10.2 Valores numéricos da constante dos gases, R , em várias unidades

Unidades	Valores numéricos
L atm/mol ⁻¹ K ⁻¹	0,08206
J/mol ⁻¹ K ^{-1a}	8,314
cal/mol ⁻¹ K ⁻¹	1,987
m ³ Pa/mol ⁻¹ K ⁻¹	8,314
L torr/mol ⁻¹ K ⁻¹	62,36

Gases “reais”

□ A Lei dos “Gases ideais” é uma aproximação:

$$PV = nRT$$



Existem vários modelos para Gases Reais:

❑ Modelo com fator de compressibilidade (Z)

$$Z = \frac{Pv}{RT}$$

$$v = \frac{V}{m} \quad \text{Volume específico}$$

$$R_z = \frac{R}{M} \quad \text{Constante dos gases/Massa molar gás}$$

$$Pv = R_z T$$

❑ Modelo com Equação de Van der Waals

$a \rightarrow$ termo de atração

$b \rightarrow$ termo de repulsão

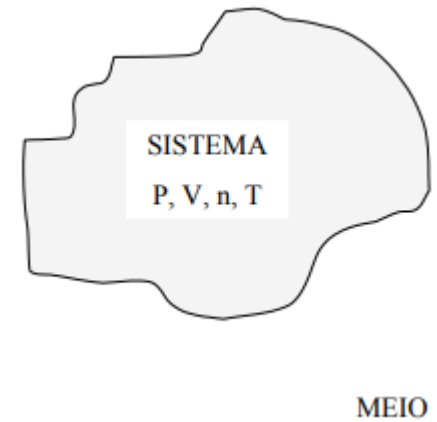
$$RT = \left(P + \frac{a}{V^2} \right) \cdot (V - b)$$

Como calcular o trabalho realizado por um sistema termodinâmico?

Trabalho na Termodinâmica

Como calcular o trabalho realizado por um sistema?

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV$$



Trabalho (W) é dado pela integral do (Pressão) x dV variação do volume inicial até o final.

Gráfico Pressão x Volume (PV)

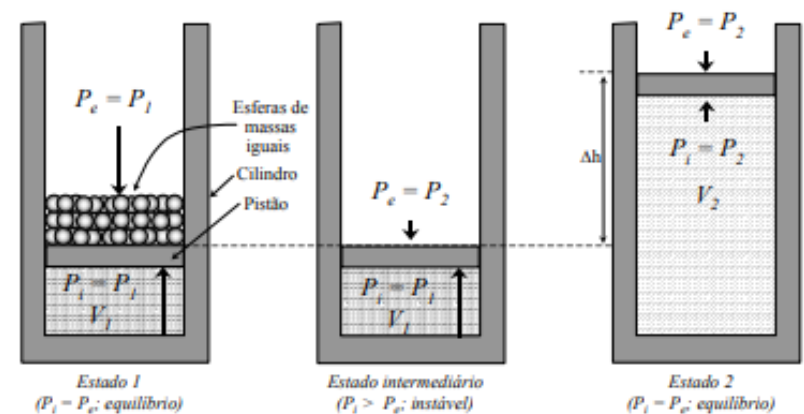


Figura 2.2 - Expansão isotérmica de um sistema gasoso

Trabalho na Termodinâmica – Gráfico P x V

Como calcular o trabalho realizado por um sistema?

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV$$

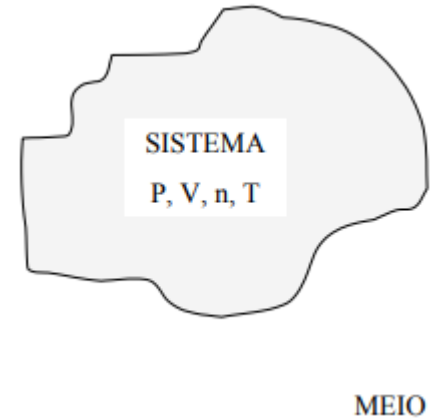
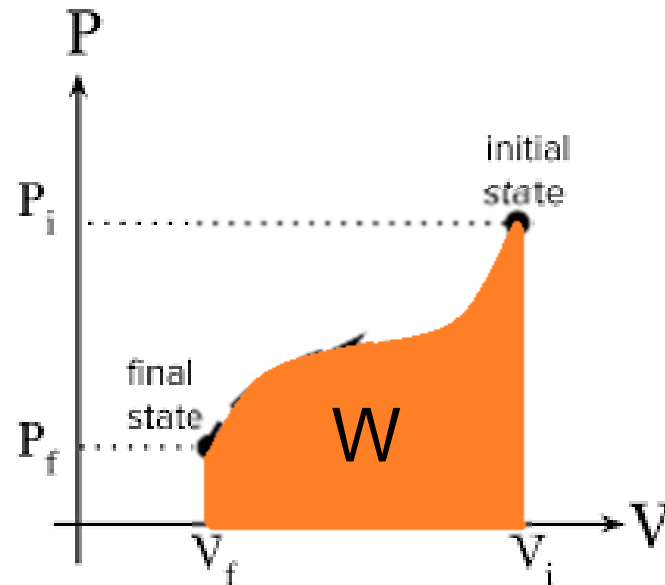


Diagrama Pressão x Volume (PV)

O valor do trabalho W (integral) PdV é a área abaixo da curva \rightarrow



Trabalho na Termodinâmica – Gráfico P x V

Muitos “caminhos” (valores de trabalho são possíveis) desde o ponto inicial (P_i, V_i) até o ponto final (P_f, V_f).

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV$$

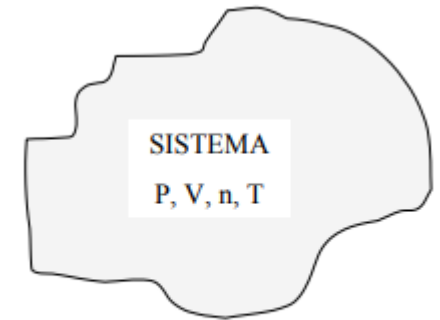
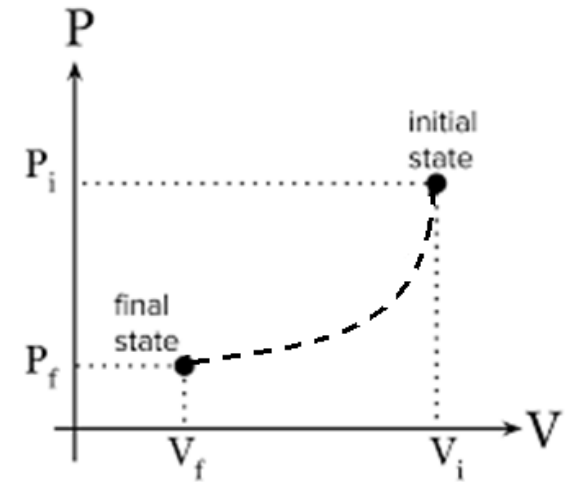
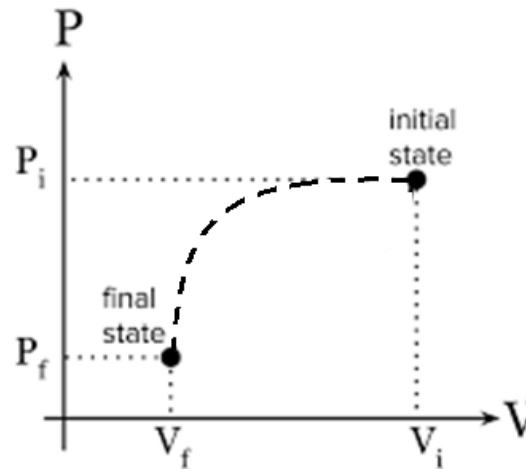
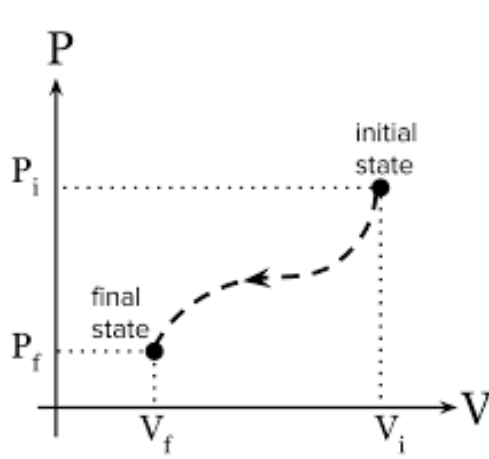


Gráfico Pressão x Volume (PV)

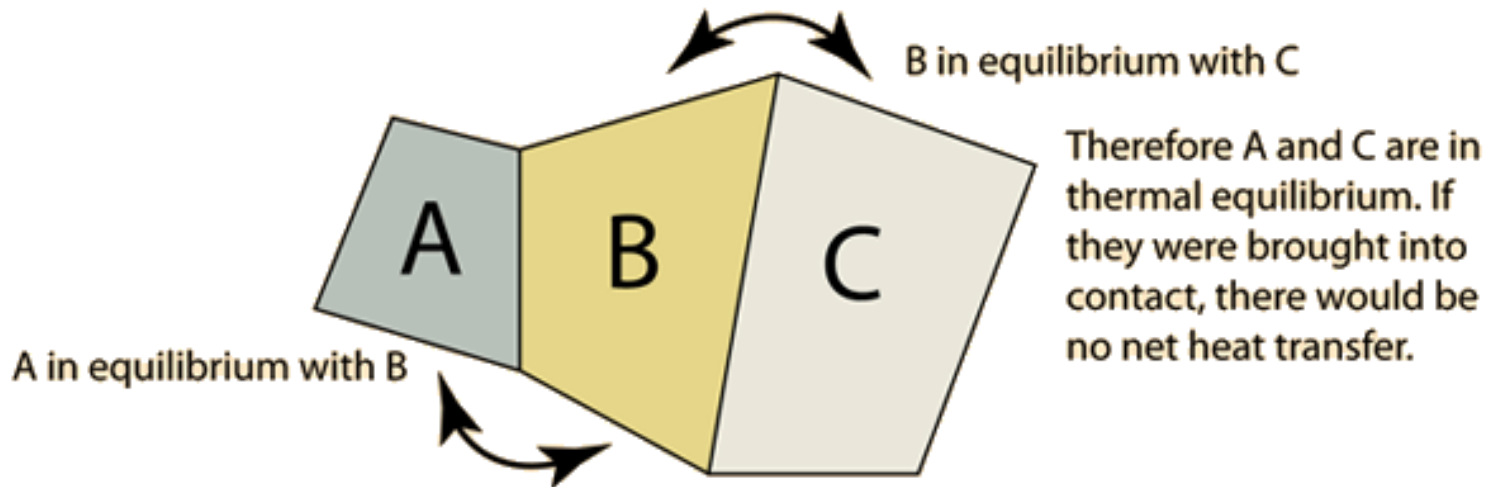
MEIO



Leis da Termodinâmica

➤ Lei Zero da Termodinâmica

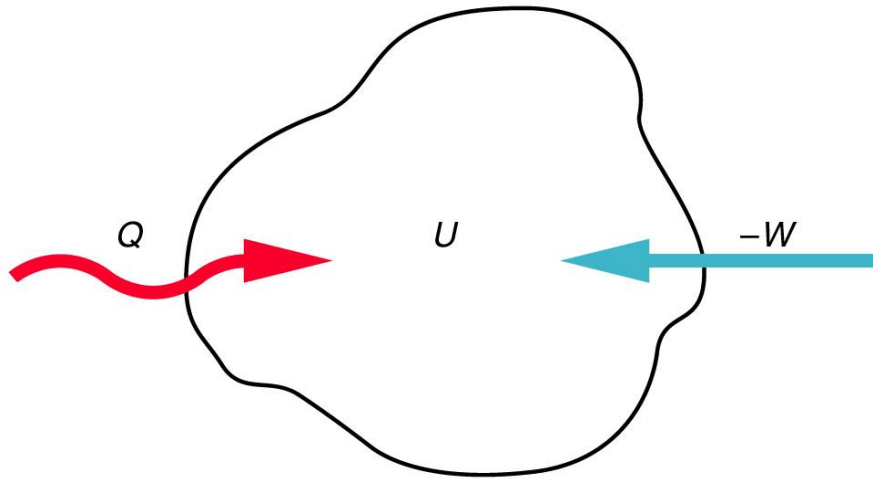
“Se os corpos A e C estão separadamente em equilíbrio termodinâmico com um corpo B, então A e C estão em equilíbrio termodinâmico entre si.”



Leis de Termodinâmica

➤ 1ª Lei da Termodinâmica

$$\Delta U = Q + W$$



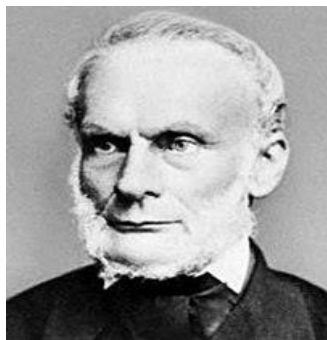
- A energia interna (ΔU) de um sistema tende a aumentar, se acrescentarmos energia na forma de calor Q , e a diminuir se removermos energia na forma de trabalho W realizado pelo sistema.

(Conservação de Energia!)



Formulações da 2ª Lei da Termodinâmica

- Como ter rendimento ótimo numa máquina térmica?

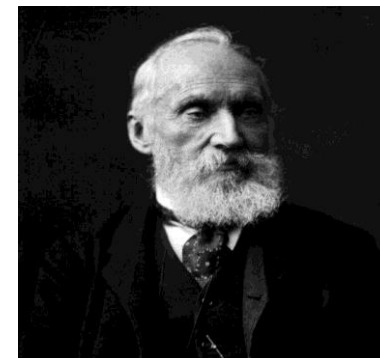


Rudolf Clausius (1822-1888)

“Calor pode fluir espontaneamente de um corpo quente para um corpo frio, mas o calor não flui espontaneamente de um corpo frio a um corpo quente.”

Lord Kelvin (1824-1907)

“Não é possível um processo cíclico no qual o calor é retirado de uma fonte quente e convertido inteiramente em trabalho.”



2ª Lei da Termodinâmica

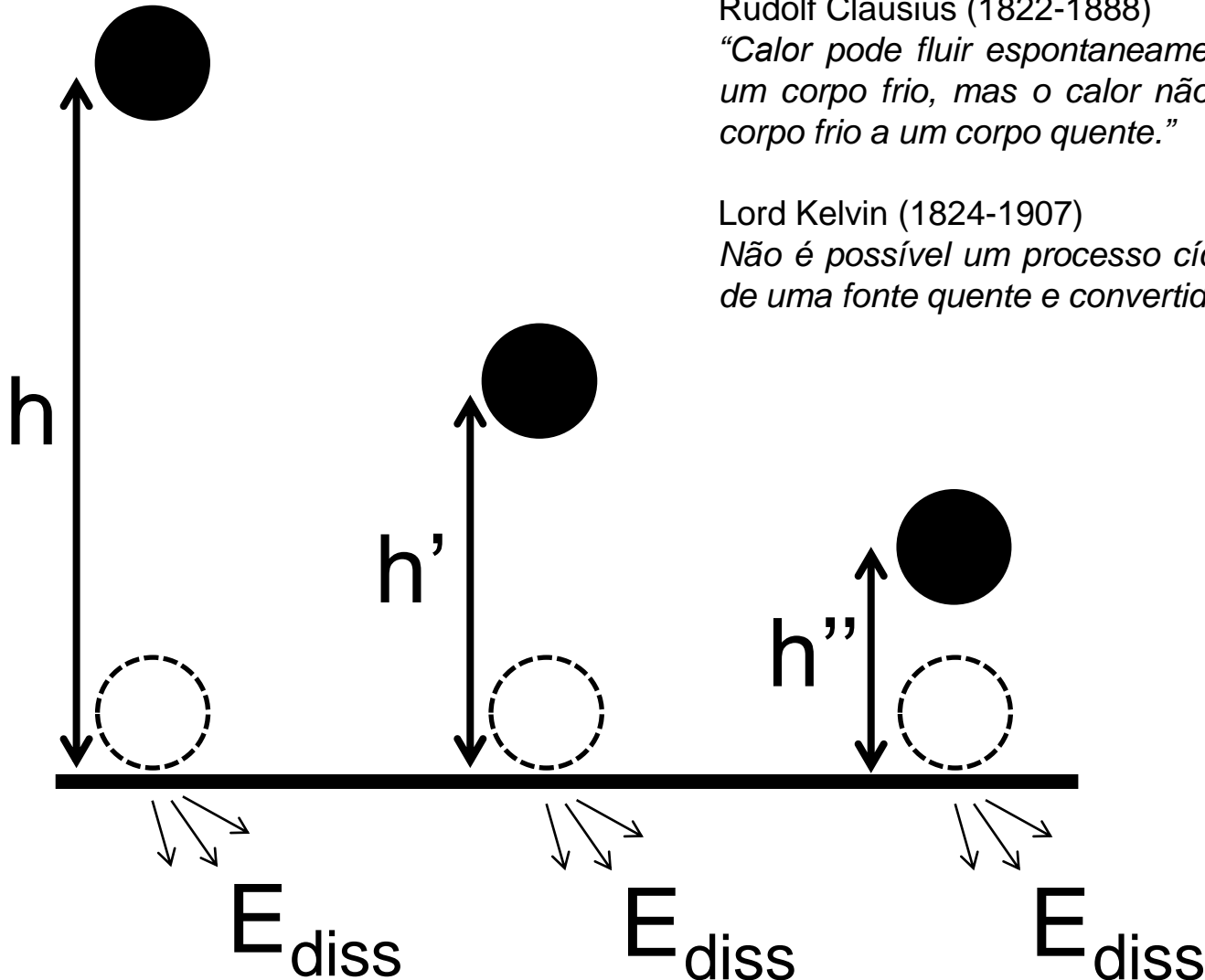
➤ Porque precisamos de uma 2ª Lei na Termodinâmica?

Rudolf Clausius (1822-1888)

“Calor pode fluir espontaneamente de um corpo quente para um corpo frio, mas o calor não flui espontaneamente de um corpo frio a um corpo quente.”

Lord Kelvin (1824-1907)

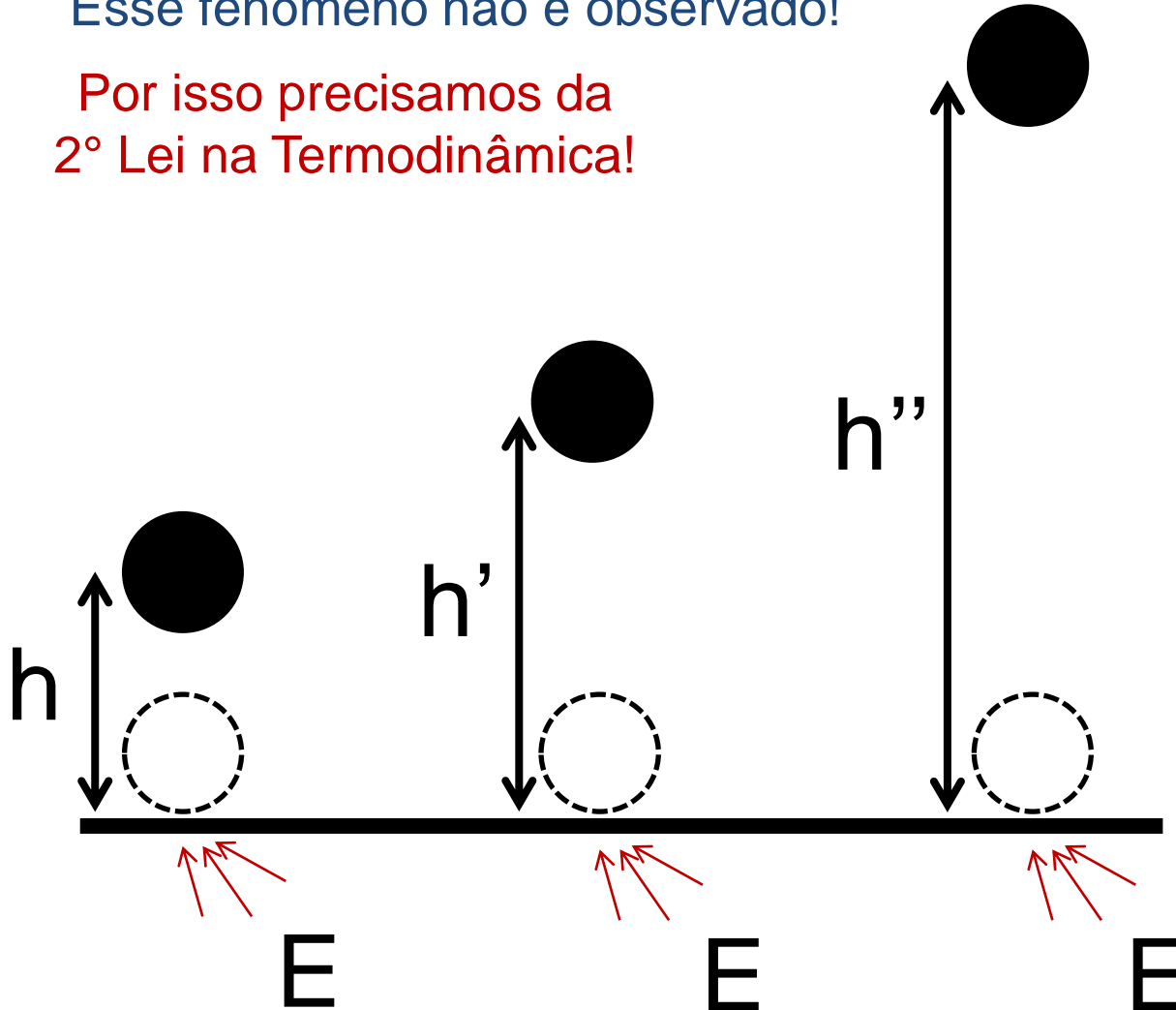
“Não é possível um processo cíclico no qual o calor é retirado de uma fonte quente e convertido inteiramente em trabalho.”



2ª Lei da Termodinâmica

- Não viola 1ª Lei da Termodinâmica;
- Esse fenômeno não é observado!

Por isso precisamos da
2ª Lei na Termodinâmica!



Necessidade da 2ª Lei da Termodinâmica:

A primeira lei não coloca nenhuma restrição acerca do sentido que as várias transformações de energia podem ocorrer, de forma que todas as transformações poderiam ser reversíveis

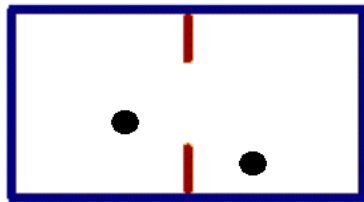
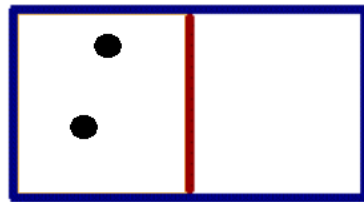
Vemos que para um dado processo acontecer não é suficiente que a energia seja conservada. Por exemplo, quando um corpo é colocado em contato com outro corpo que possui temperatura mais elevada, o calor flui do corpo mais quente para o mais frio. Dizemos que esse é um processo irreversível, ou seja, ocorre naturalmente apenas em uma direção. Nunca se observou o calor fluindo do corpo mais frio para o mais quente, embora a energia total pudesse ser conservada num processo desse tipo.

2ª Lei da Termodinâmica

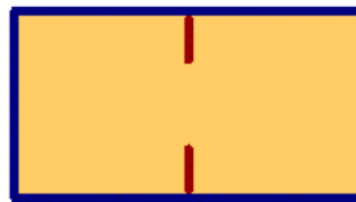
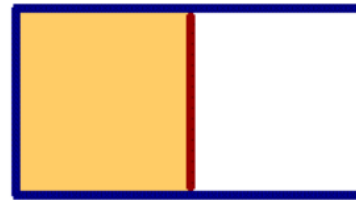
“Se um processo ocorre em um sistema fechado, a entropia do sistema aumenta se o processo for irreversível e permanece constante se o processo for reversível”

$$\Delta S \geq 0$$

- Variação da entropia;
- Interpretação microscópica;

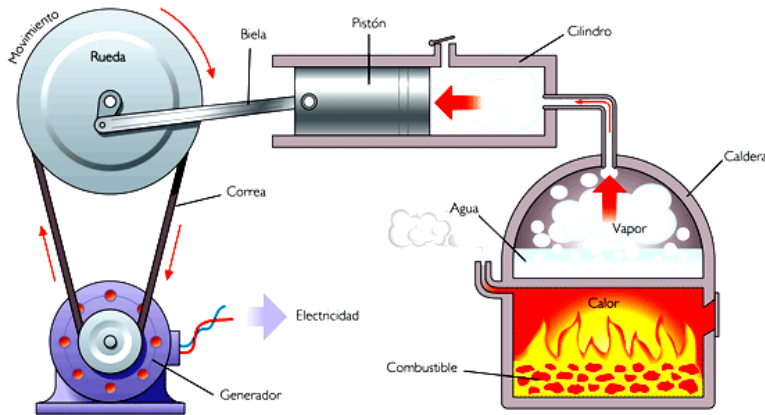


Processo reversível



Processo irreversível

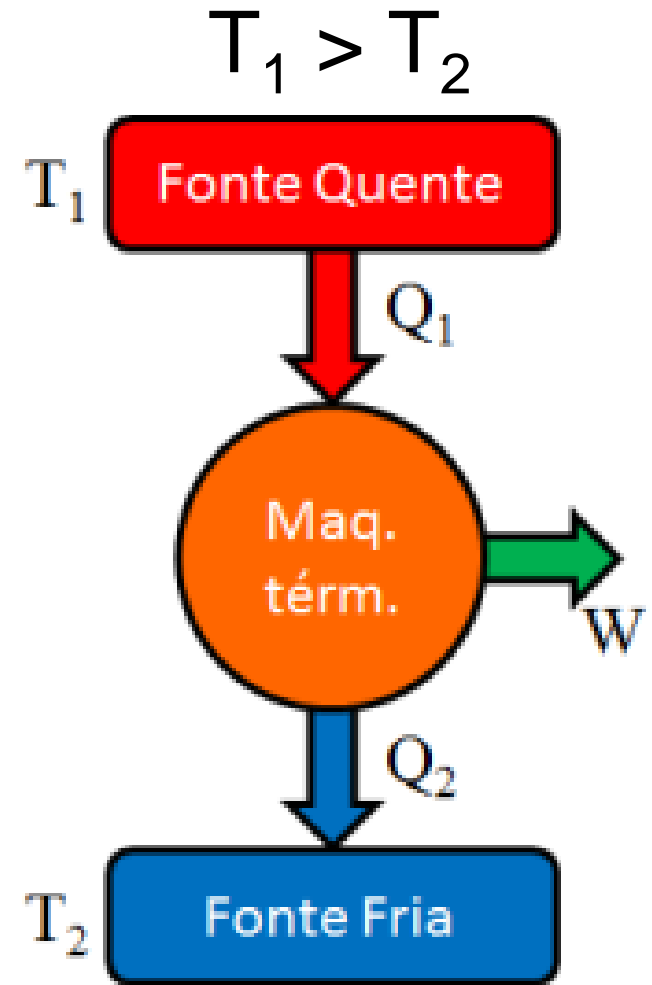
2ª Lei explica Teorema de Carnot: Máquina térmica



Teorema de Carnot

“Nenhuma máquina trabalhando entre dois reservatórios térmicos pode ser mais eficiente do que uma máquina reversível trabalhando entre os dois reservatórios”

- Transferência de calor deve ser feita isotermicamente;
- Expansão adiabática quase-estática;



Vamos analisar alguns
Processos
Termodinâmicos..

Processos termodinâmicos

Vamos estudar esses quatro processos termodinâmicos, e como calcular o Trabalho (W) realizado e o Calor (Q) transferido em cada caso:

- **Processo Isobárico;** → **Pressão const.**
- **Processo Isocório (isovolumétrico);** → **Volume const.**
- **Processos Isotérmicos;** → **Temp. const.**
- **Processo Adiabáticos;** → **$Q = 0$**

Processo Isobárico

➤ Processos Isobárico;

Ocorre mantendo a **Pressão constante**, logo o trabalho realizado é dado por:

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV$$

$$W = P \cdot \Delta V$$

Ou seja, se o gás expande ($V_f > V_i$) ou comprime ($V_f < V_i$) o trabalho foi realizado pelo sistema ou sobre o sistema, assim recebendo ou perdendo energia.

$$\Delta U = Q + W$$

$$\Delta U = Q + P\Delta V$$

$$Q = (U_2 + PV_2) - (U_1 + PV_1)$$

Definição Entalpia:

$$H = U + PV$$

Entalpia

➤ Entalpia de uma reação química;

A Entalpia de uma reação química

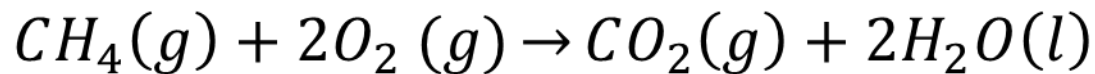
$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$

Entalpia de combustão;
Entalpia de formação;
Entalpia de ionização;
Entalpia de hidratação, etc...

À pressão constante, a variação da entalpia de um sistema é igual ao fluxo de calor.



Reação endotérmica



$$\Delta H = -890,4 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Reação exotérmica



Processo Isocórico

➤ **Processos Isocórico** (ou Isovolumétrico);

Ocorre mantendo o **Volume constante** ($\Delta V=0$), e portanto não realiza trabalho,

pois:

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV \longrightarrow W = 0 \quad \Delta U = Q + W$$
$$\boxed{\Delta U_{int} = Q}$$

Ou seja, todo **calor fornecido** (ou recebido) pelo sistema atua aumentando (ou diminuindo) a **energia interna do sistema**.

$$\boxed{\Delta U_{int} = Q}$$

ex: Panela de pressão



Processo Isotérmico

➤ Processos Isotérmico:

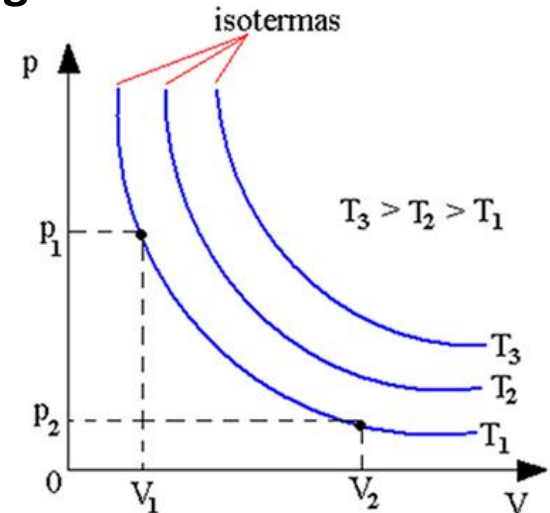
Ocorre mantendo a **Temperatura constante** ($\Delta T=0$), portanto não muda a energia interna do sistema $\rightarrow \Delta U=0$, assim temos que:

$$\Delta U = Q + W$$

$$Q = -W$$

Ou seja, todo **trabalho (W)** é convertido em **calor (Q)** (ou o contrário) neste processo. Para calcular o trabalho realizado em um gás ideal:

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV \longrightarrow W = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$
$$PV = nRT$$



Logaritmo na base 10 (log) e Logaritmo na base e (ln)

Logaritmo na base 10:

Não tenha medo do Logaritmo!

$$\text{Log}_{10}(X) = y$$

$$X = 10^y$$

Logaritmo Neperiano (na base $e = 2,718\dots$) ou

$$\text{Ln}_e(X) = y$$

$$X = e^y$$

Logaritmando

Logaritmo

$$\text{Log}_a b = x \Leftrightarrow a^x = b$$

Base



Número neperiano: e

Número neperiano (e = 2,718281...)

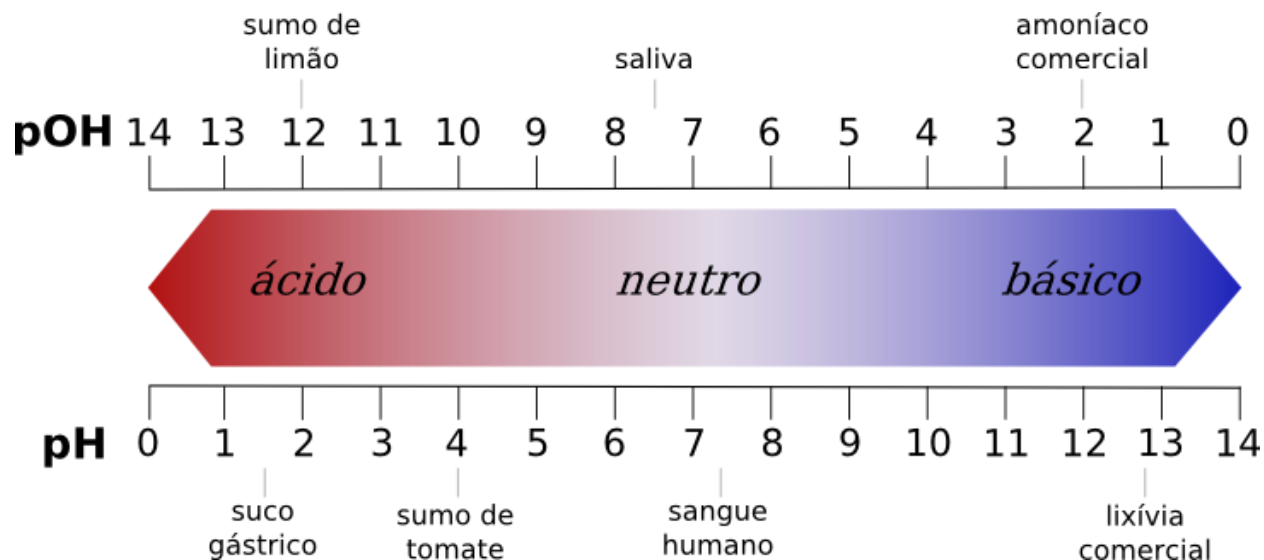
Número de Euler

[https://pt.wikipedia.org/wiki/E_\(constante_matem%C3%A1tica\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/E_(constante_matem%C3%A1tica))

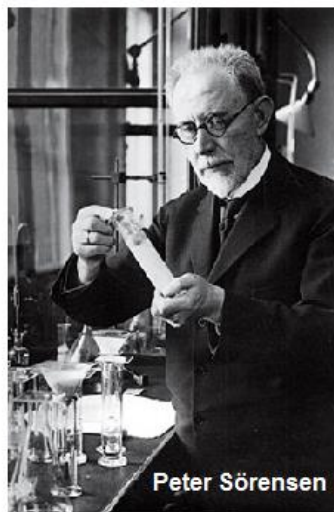
<https://www.youtube.com/watch?v=AuA2EAgAegE>



Escala de pH



$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$



Calcule o pH para uma solução com concentração $[\text{H}^+] = 1,4 \times 10^{-5} \text{ M}$

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(1,4 \times 10^{-5})$$

$$\text{pH} = 4,85$$

Søren P. L. Sørensen (1909)

Exemplos: pH

- 1) Calcule o pH para uma solução com concentração $[H^+] = 1,4 \times 10^{-5} \text{ M}$ (Molar = mol/L)

$$\text{pH} = -\log_{10}[H^+]$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(1.4 \times 10^{-5})$$

$$\text{pH} = 4.85$$



- 2) Calcule a concentração de íon $[H^+]$ sabendo que uma solução tem $\text{pH} = 8,5$

$$[H^+] = 10^{-\text{pH}}$$

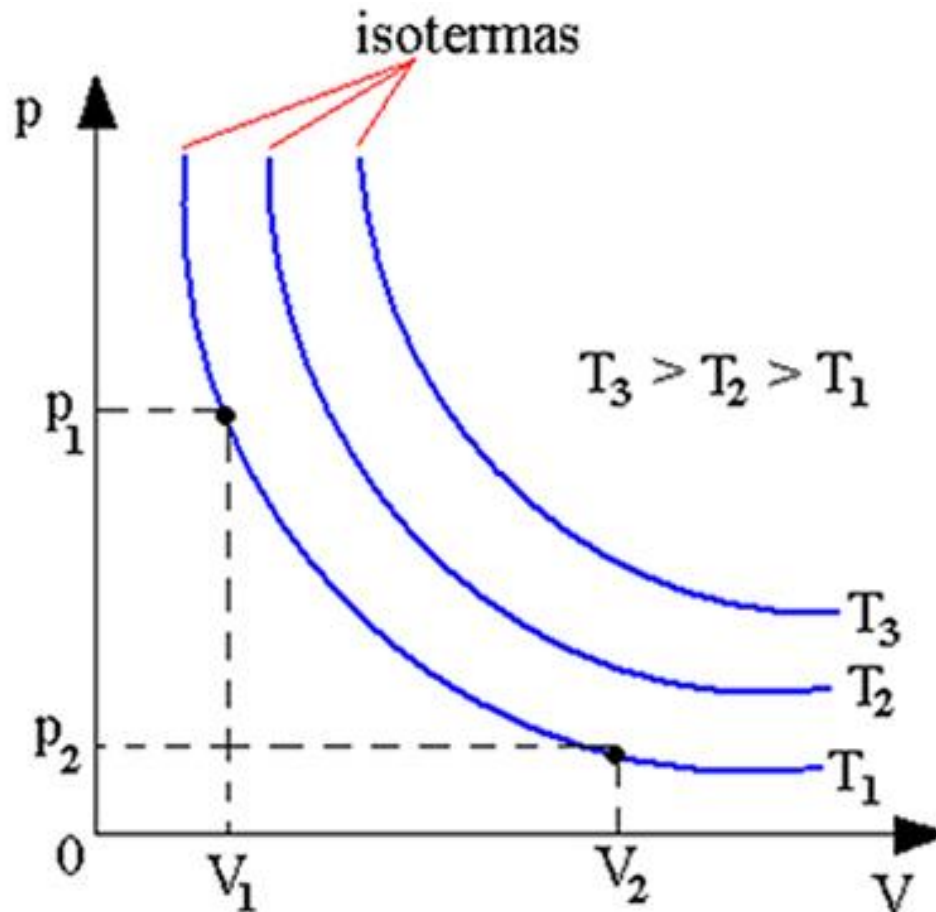
$$[H^+] = 10^{-8.5}$$

$$[H^+] = 3.2 \times 10^{-9} \text{ M}$$

Processo Isotérmico

➤ Processos Isotérmico:

No gráfico P×V temos as isotermas



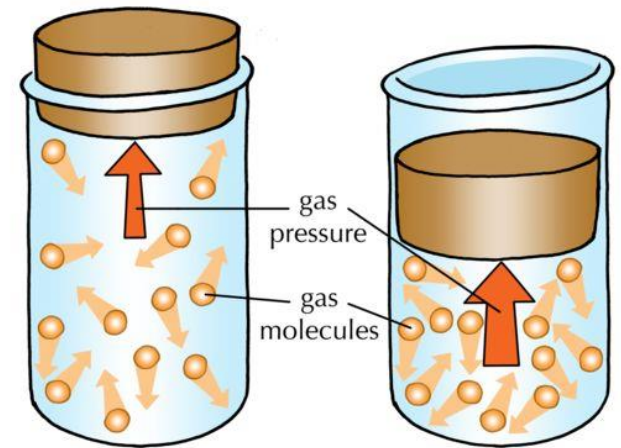
Para calcular o trabalho realizado em um processo isotérmico usa:

$$W = nRT \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$$

Processo Isotérmico

- **Exemplo:** um gás expandiu em um processo isotérmico do volume inicial $V_i = 5$ Litros até o volume final $V_f = 8$ Litros, onde o número de mols é $n = 2$ mols e a Temperatura é 300 Kelvin. Qual o trabalho realizado neste processo?

$$W = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$



$$W = (2) * (8,3143) * (300) * \ln(8/5)$$

$$W = 2344,65 \text{ Joules}$$

Exercícios e exemplos..

Exercícios

- 1) Qual o volume ocupado por 1 mol de gás atmosférico quando a pressão é de 1 atm (1 atm = 101325 Pa) e a temperatura é de 27°C?

Resposta: 0,02462 m³

- 2) O ar atmosférico é composto por 78 % de N₂ (28) e 21% de O₂ (32). Qual a densidade do ar, utilizando o volume da questão anterior, em kg m⁻³?

Resposta: 1,1609 kg m⁻³

Exercícios

- 3) Um cilindro contém 12 L de O_2 a 20°C e a uma pressão de 15 atm. A temperatura é elevada para 35°C e o volume reduzido para 8,5 L. Qual a pressão final do gás em atm?

Resposta: 22,26 atm

- 4) 1 mol de O_2 (assumir como gás ideal) expande-se a uma temperatura (T) constante de 310 K a partir de um volume inicial (V_i) de 12 L para um volume final (V_f) de 19 L. Qual o trabalho realizado na expansão?

Resposta: -1184,37 J

Exemplo

Um mol de gás ideal a 298 K e exercendo uma pressão de 250 kPa sobre um pistão expande-se irreversível e isotermicamente contra uma pressão externa de 100 kPa até que sua pressão torne-se igual à externa. Pergunta-se:

a) Qual o valor do trabalho executado pelo gás na expansão?

Resposta: -1485,98 J

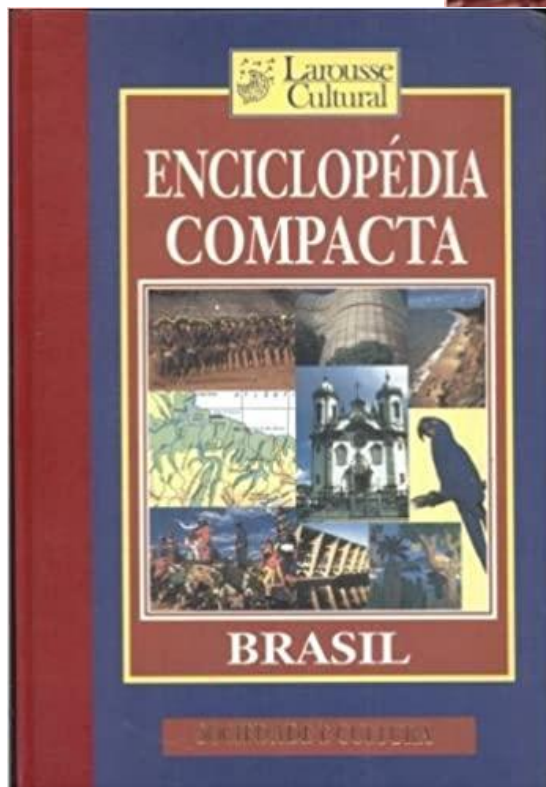
b) Se essa mesma expansão fosse reversível, qual seria o trabalho?

Resposta: -2269,62 J

ChatGPT

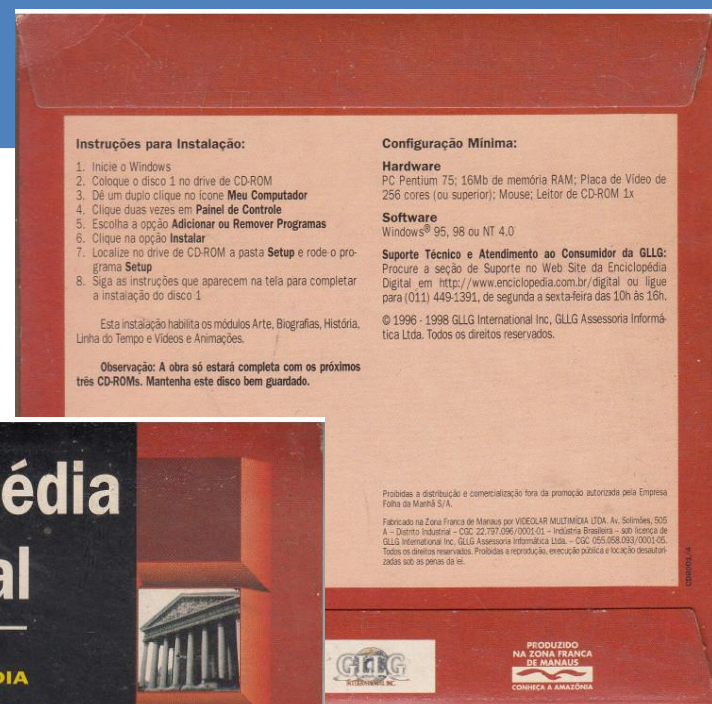
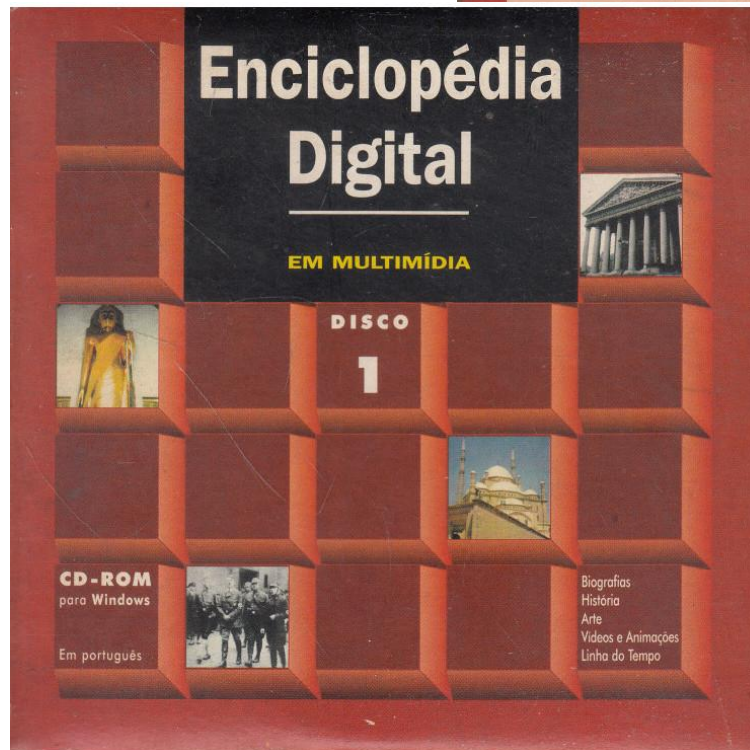
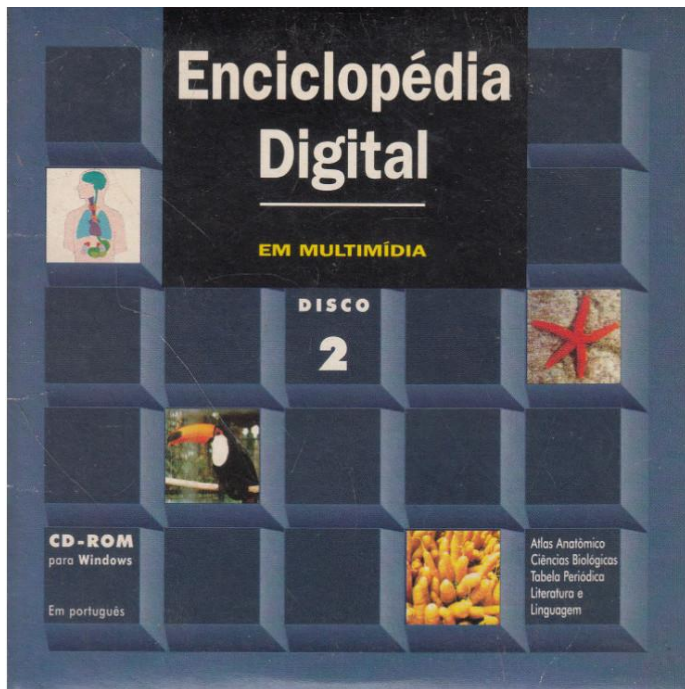
Enciclopédias Livros (Barsa, etc)

Até anos 90



Enciclopédias em CD (digitais)

Ano: ~ 1995 até 2005



Enciclopédias on-line (Wikipedia)

Ano: ~ 2005

- Buscadores
- Tradutores de texto
- Calculadoras..

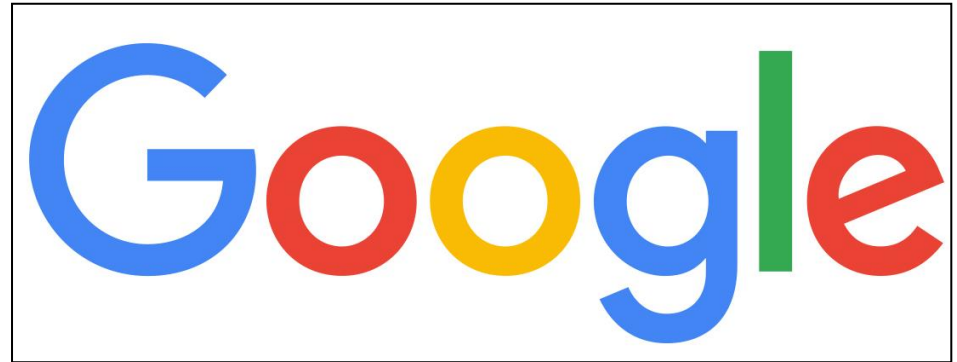


The image is a screenshot of the Portuguese Wikipedia homepage. At the top, there is a navigation bar with links for "Página principal", "Discussão", "Ver fonte", and "Ver histórico". Below this is a search bar. The main content area features a welcome message: "Bem-vindo(a) à Wikipédia, a enciclopédia livre que todos podem editar." It also displays statistics: "20h02min (UTC); terça-feira, 7 de junho de 2011" and "686 530 artigos (107 bons e 366 destacados) em português." There are several sections: "Artigo em destaque" featuring "Gyromitra esculenta" with a photo and text, and "Eventos recentes" listing news items like "Partido Social Democrata, liderado por Pedro Passos Coelho (foto), vence as eleições legislativas em Portugal." and "Joseph Blatter reeleito presidente da FIFA, em Zurique." The left sidebar contains a navigation menu with links like "Página principal", "Conteúdo destacado", "Eventos atuais", "Esplanada", "Página aleatória", "Portais", "Informar um erro", "Colaboração", "Boas-vindas", "Ajuda", "Página de testes", "Portal comunitário", "Mudanças recentes", "Estaleiro", "Criar página", "Páginas novas", "Contato", "Donativos", "Imprimir/exportar", "Ferramentas", and "Noutras línguas".

Buscadores

Ano: ~ 2000-2005

- Buscadores: Google
- Bing, Cadê, etc..



A screenshot of a Google search result for the query "Converte 15 Metros em polegadas". The search bar shows the query and the Google logo. Below the search bar, there are navigation links for "Todas", "Shopping", "Imagens", "Videos", "Noticias", "Mais", and "Ferramentas". The search results show "Aproximadamente 586.000 resultados (0,33 segundos)". The main result is a conversion tool showing "Comprimento" as the unit type, "15" as the value, "Metro" as the input unit, and "590,551" as the result, "Polegada" as the output unit. Below this, a formula is shown: "Fórmula multiplique o valor de comprimento por 39,37". At the bottom, there are links for "Mais informações" and "Feedback", and a source link for "metric-conversions.org" with the URL "https://www.metric-conversions.org > comprimento". The title of the result is "Conversão de Metros em Polegadas".

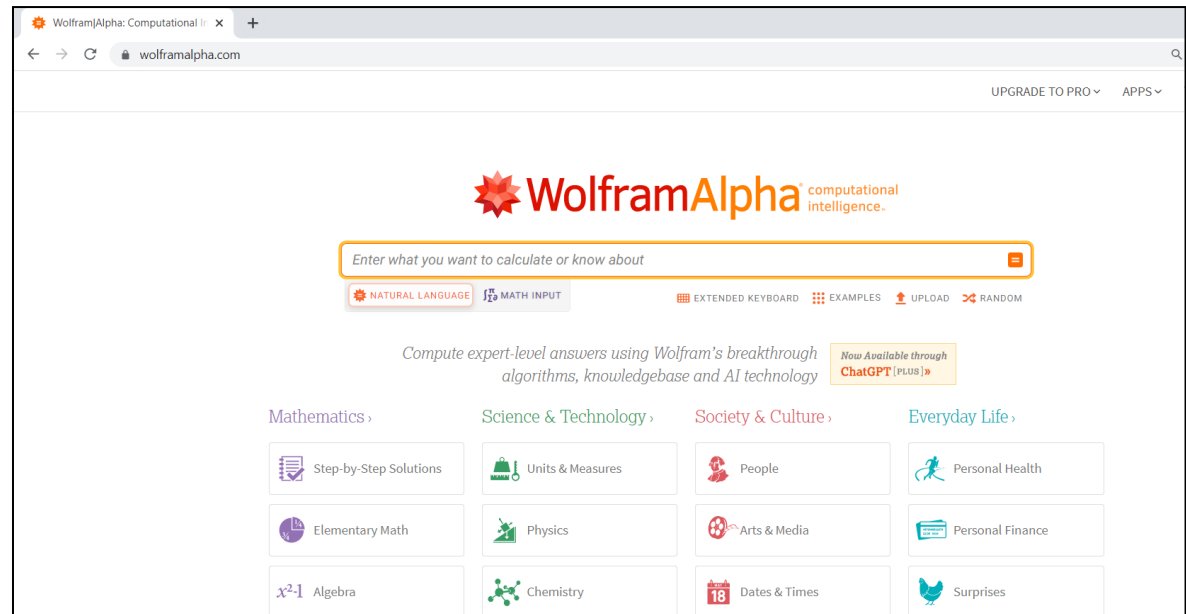
Cálculos matemáticos



Ano: ~ 2009

<https://www.wolframalpha.com/>

- Maple, Mathematica
- WolframAlpha



Aprenda usar!

Vídeo tutorial

<https://youtu.be/CK3egKjjqEc>

ChatGPT → DICA! Use como um assistente nos estudos!

Ano ~ 2023

<https://chat.openai.com/chat>

https://youtu.be/zKO_plZ28t0

Futuro ?



A.I. TURNS THIS SINGLE BULLET POINT INTO A LONG EMAIL I CAN PRETEND I WROTE.



A.I. MAKES A SINGLE BULLET POINT OUT OF THIS LONG EMAIL I CAN PRETEND I READ.



Tarefas

- Leia o Cap. 2 da Apostila:
 - Física do Ambiente Agrícola
(tem no e-disciplinas pdf)
- Treine exercícios da Lista 2 e do Cap. 2