Termodinâmica

2) Conceitos Fundamentais

Conceitos fundamentais

✤**Sistema termodinâmico** – quantidade de matéria com massa e identidade fixas sobre a qual nossa atenção é dirigida.

✤**Volume de controle** – região do espaço sobre a qual nossa atenção é dirigida.

✤**Vizinhança** – tudo que é externo ao sistema ou volume de controle.

✤**Fronteira** – superfície real ou imaginária que separa o sistema da vizinhança. A fronteira <u>não tem espessura, volume ou massa</u>.

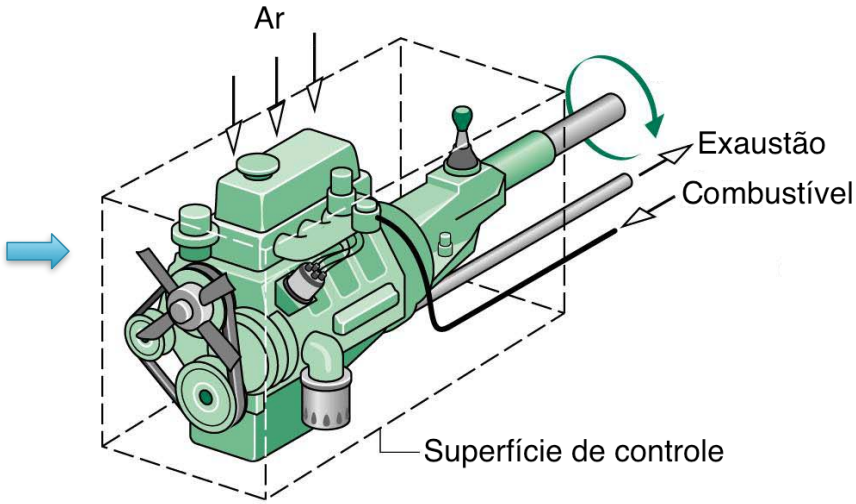
Fronteira { Fixa / Móvel

Conceitos fundamentais

É importante reconhecer o tipo de sistema e indicá-lo no início da análise, pois as expressões dos princípios termodinâmicos são diferentes para sistemas e volumes de controle.

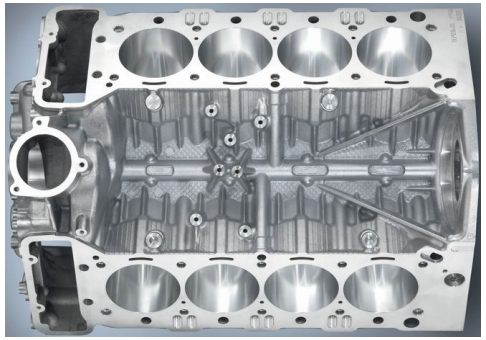
✤**Identificação sistema / volume de controle, exemplos:**

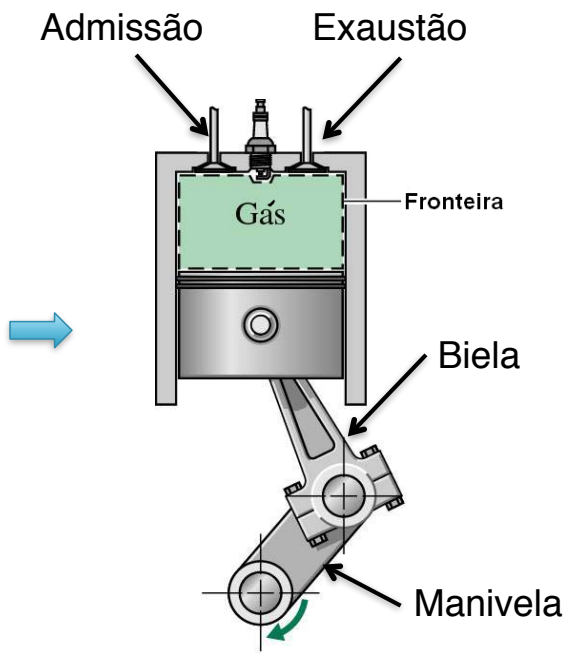
(a) Motor de combustão interna;



Resp. - Volume de controle.

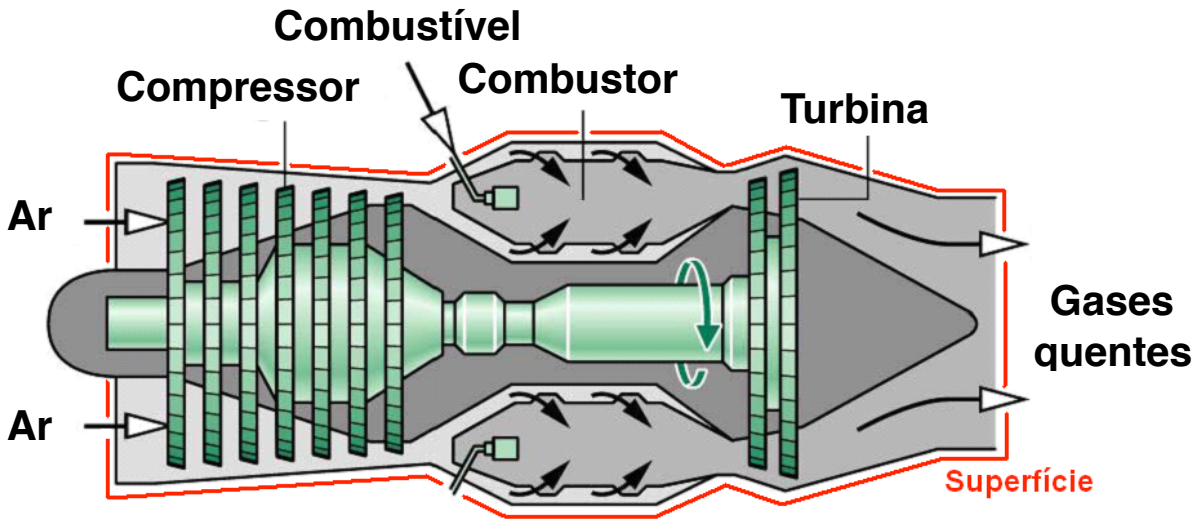
(b) Cilindro de MCI (motor de combustão de interna);





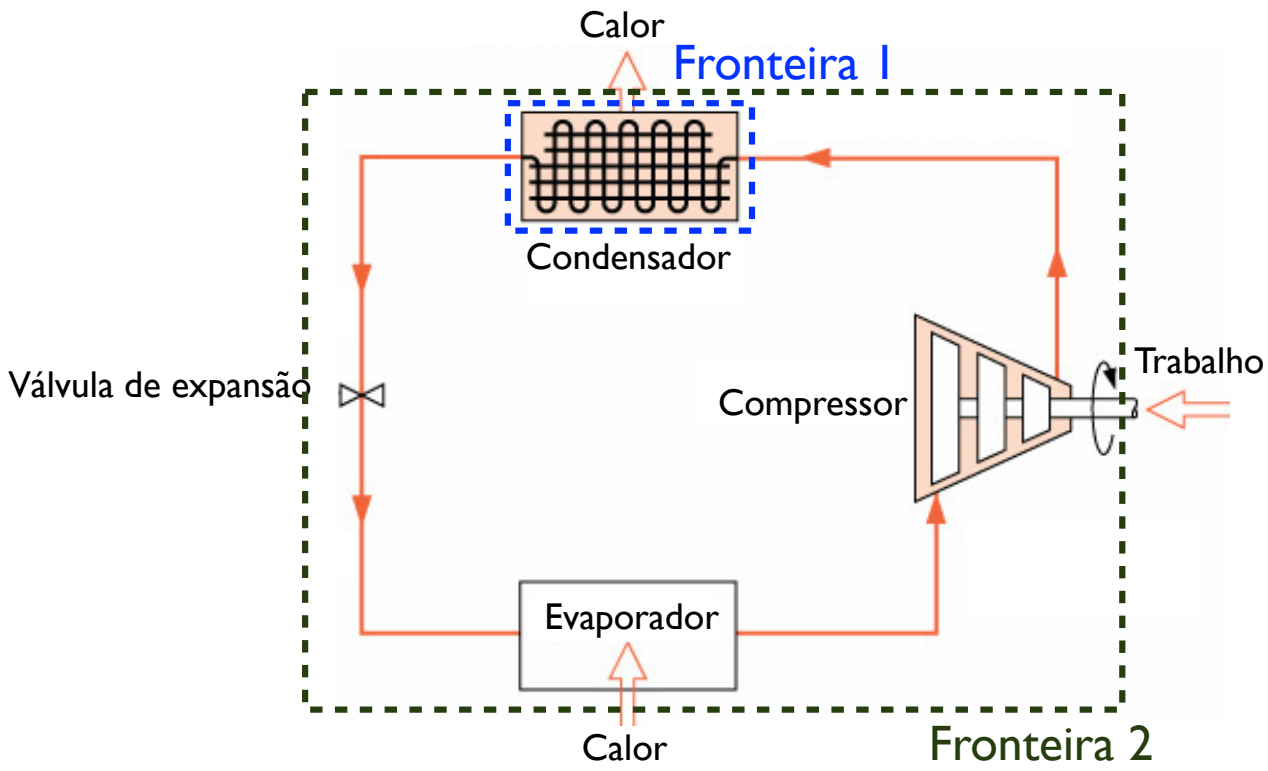
Resp. - Sistema (válvulas fechadas) ou VC com pelo menos uma válvula aberta.

(c) Motor a jato;



Resp. - Volume de controle.

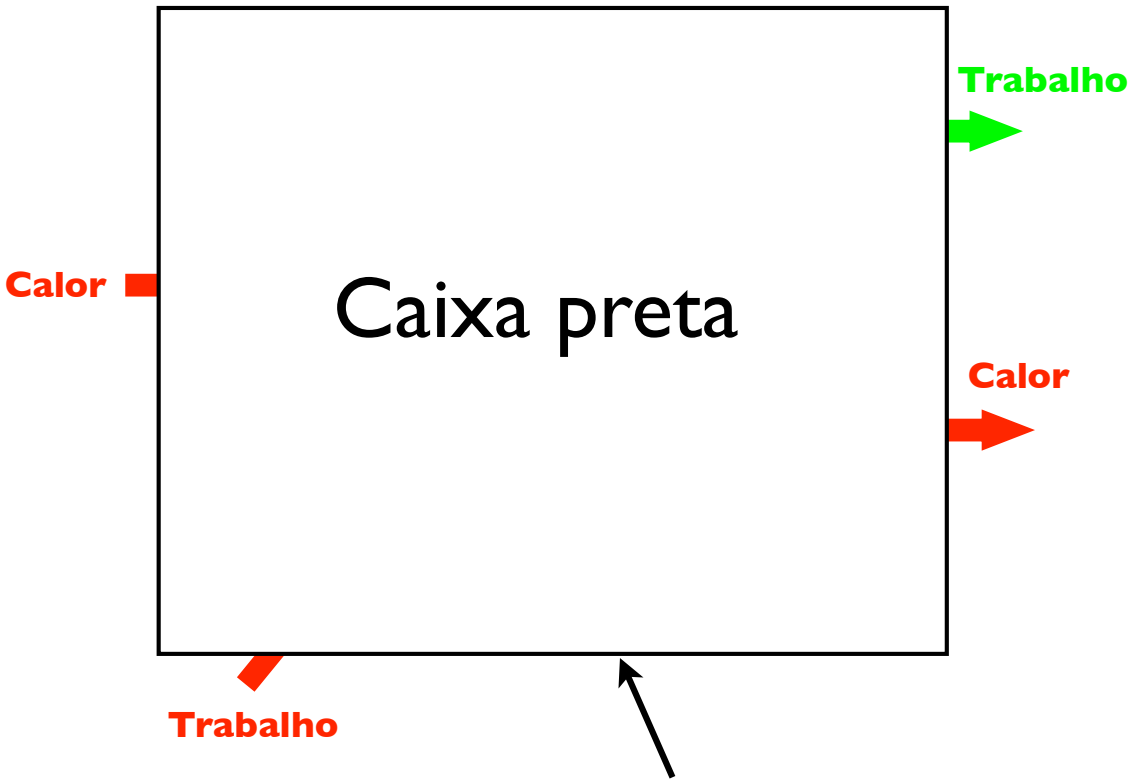
(d) Ciclo de refrigeração por compressor de vapor;



Resp. 1 - Volume de controle.

Resp. 2 - Sistema.

(e) Ciclo motor a vapor;



Resp. - Sistema.

Devemos apenas observar o que acontece na fronteira!

Conceitos fundamentais

Ponto de vista
- Microscópico
- Macroscópico ⟵ Nosso ponto de vista

✤**Ponto de vista microscópico** – ocupa-se da estrutura da matéria (Termodinâmica Estatística).

✤**Ponto de vista macroscópico** – ocupa-se com o comportamento geral ou global (Termodinâmica Clássica).

Conceitos fundamentais

Fase: Quantidade de matéria totalmente homogênea em composição química e em estrutura física. Em uma fase todas as propriedades são uniformes.

	Homogênea (fase única)	Heterogênea (várias fases)
Componente único	Vapor	Vapor e água
	Água	Gelo e água
	Gelo	Vapor, água e gelo
Vários componentes	Ar	~~Ar e ar líquido~~
	Gases de combustão	~~Vapor de combustível, ar e combustível líquido~~
	Água do mar	~~Água e óleo~~

Fora do nosso escopo

Conceitos fundamentais

Substância pura: Composição química homogênea e invariável. Ela pode existir em mais de uma fase, porém sua composição química deve ser a mesma em cada fase.

Exemplos:

- Água;
- Fluidos refrigerantes (R12, R22, R134a, R410A, R404A);
- Gás Oxigênio;
- Gás Nitrogênio.

Contra-exemplo:

- Ar e "ar-líquido", duas fases com composição química diferente.

Conceitos fundamentais

Cada fase pode existir a várias pressões e temperaturas (propriedades macroscópicas mensuráveis) ou, melhor, em vários estados.

Cada estado termodinâmico pode ser identificado ou descrito por certas propriedades macroscópicas como, por exemplo, pressão e temperatura.

As propriedades termodinâmicas podem ser divididas em duas classes, as intensivas e as extensivas.

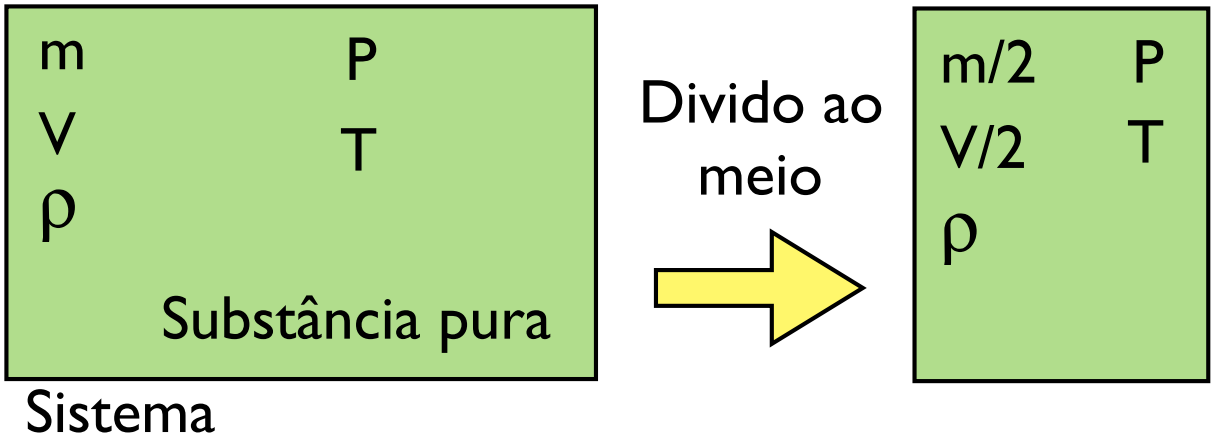
Propriedade intensiva: seu valor é independente da massa.

Propriedade extensivas: seu valor é dependente da massa.

Conceitos fundamentais

Intensivas ou extensivas?

- massa (m);
- volume (V);
- massa específica (ρ);
- pressão (P);
- temperatura (T).



Intensivas:

Pressão;

Temperatura;

Massa específica;

Energia interna específica (u);

Entalpia específica (h);

Entropia específica (s).

Extensivas:

Massa (m);

Volume (V);

Energia interna (U);

Entalpia (H);

Entropia (S).

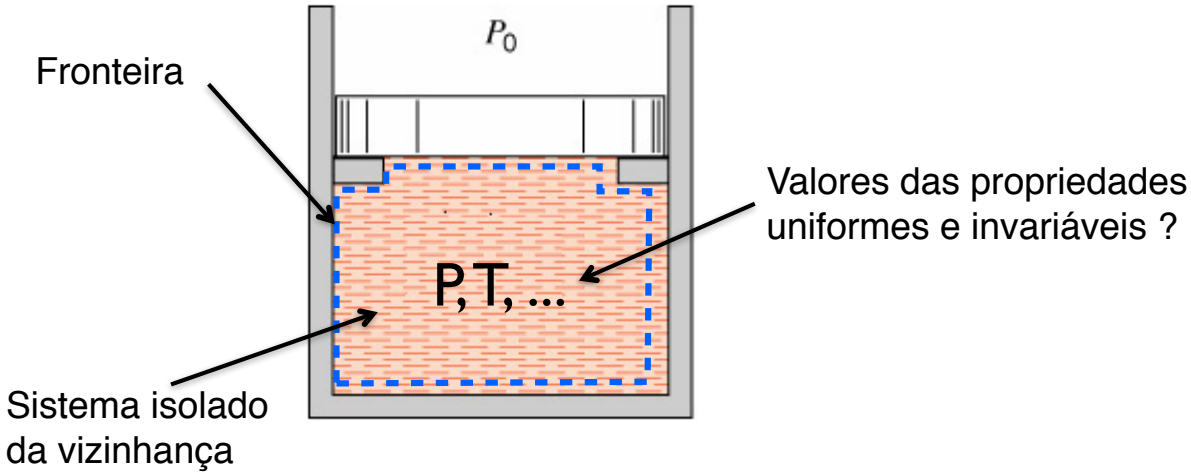
Conceitos fundamentais

Freqüentemente nos referimos não apenas às propriedades de uma substância, mas também às propriedades de um sistema.

Isso implica que o valor da propriedade tem significância para todo o sistema.

O que por sua vez implica no conceito de equilíbrio.

Exemplo: verificação do equilíbrio



Conceitos fundamentais

Quando o valor de pelo menos uma propriedade do sistema é alterado, ocorreu uma mudança de estado.

⇓

O caminho definido pela sucessão de estados que o sistema percorre é chamado de processo.

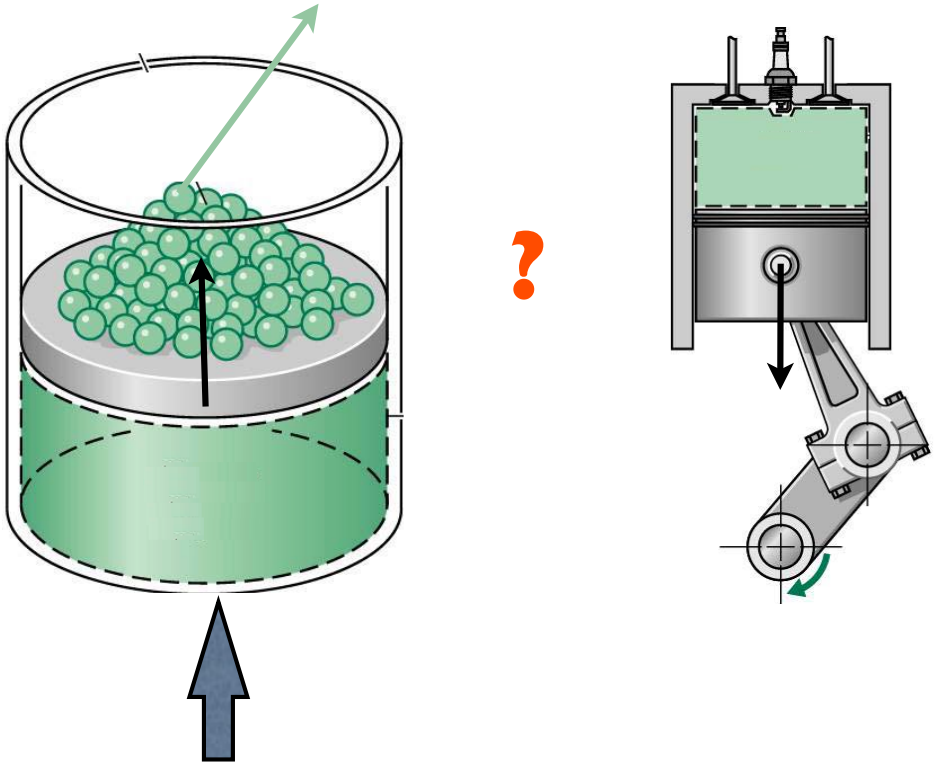
⇓

Um ciclo termodinâmico é uma seqüência de processos que se inicia e termina em um mesmo estado.

Conceitos fundamentais

Processo de quase - equilíbrio: desvio do equilíbrio termodinâmico infinitesimal. Também chamado de quase-estático. Ausência de gradientes de temperatura, pressão e potencial químico.

Exemplo e contra-exemplo:



Quase-equilíbrio

Conceitos fundamentais

Processo isobárico - pressão constante.

Processo isotérmico - temperatura constante.

Processo isocórico - volume constante.

Processo isentálpico - entalpia constante.

Processo isentrópico - entropia constante.

Unidades no Sistema Internacional

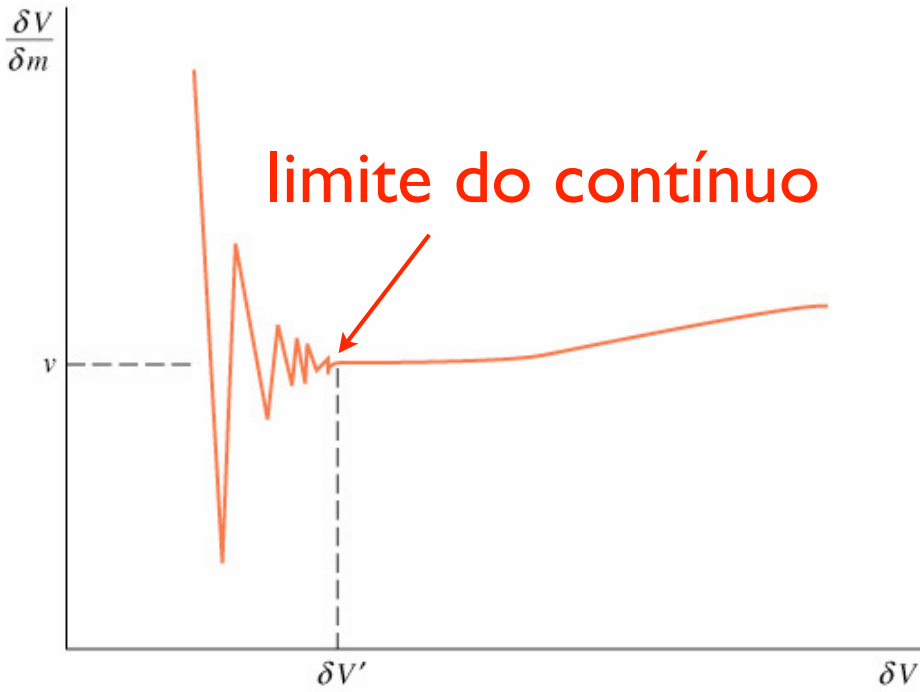
Grandeza	Unidade no SI	Símbolo	Plural
Massa	quilograma	kg	quilogramas
Comprimento	metro	m	metros
Tempo	segundo	s	segundos
Força	newton	N	newtons
Energia	joule	J	joules
Pressão	pascal	Pa	pascals
Temperatura	kelvin	K	kelvins
Quantidade de matéria	mol	mol	mols
Potência	watt	W	watts

Algumas propriedades importantes

Propriedades	Símbolo	Unidade
Massa específica	ρ	kg/m^3
Volume específico	v	m^3/kg
Energia interna específica	u	kJ/kg
Energia interna	U	kJ
Entalpia específica	h	kJ/kg
Entalpia	H	kJ
Entropia específica	s	kJ/(kg.K)
Entropia	S	kJ/K

Massa e volume específico

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \qquad v = \frac{\text{volume}}{\text{massa}} \quad \Rightarrow \quad v = \lim_{\delta V \to \delta V'} \frac{\delta V}{\delta m}$$

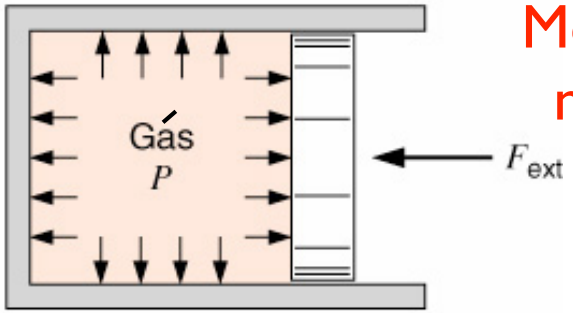


Conceitos fundamentais

Pressão

$$P = \lim_{\delta A \to \delta A'} \frac{\delta F_n}{\delta A}$$

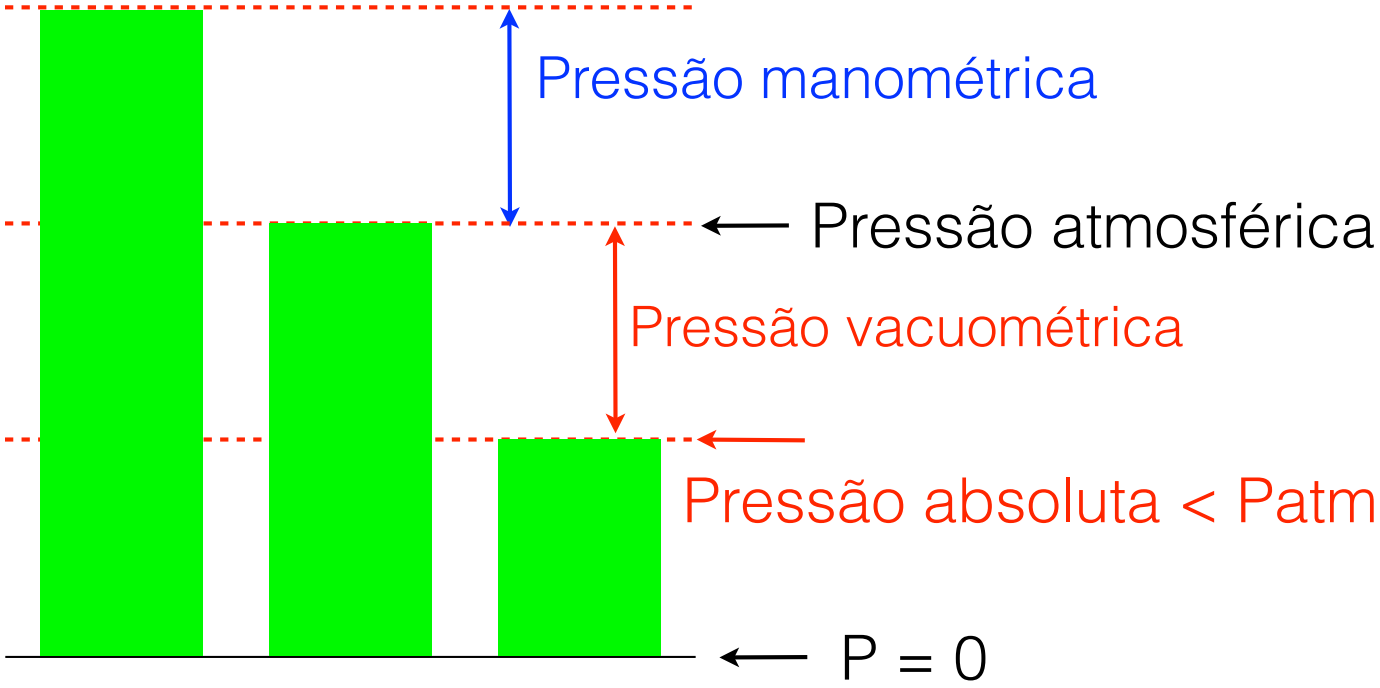
Considere a situação:



Mesma pressão no equilíbrio

Pressão absoluta > Patm

Em Termodinâmica trabalhamos com



Energia

A energia total (E) de um sistema composto por uma substância compressível simples em um dado estado é:

$$E = U + E_c + E_p$$

interna

cinética

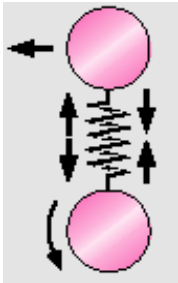
potencial

Determinadas com base no referencial adotado

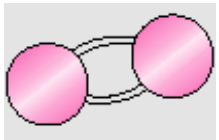
Energia interna

Ponto de vista molecular:

✤Energia cinética molecular - Movimento das moléculas (parcela "sensível"*);



✤Energia potencial intermolecular - Forças entre moléculas (parcela "latente"*);



✤Energia potencial intramolecular - Estrutura molecular e atômica (parcela química e nuclear).

* Não utilizar os termos!

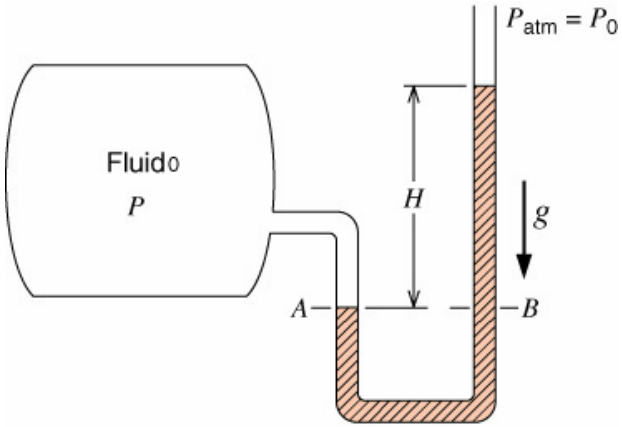
Medição de pressão

Medição da pressão atmosférica

Barômetro

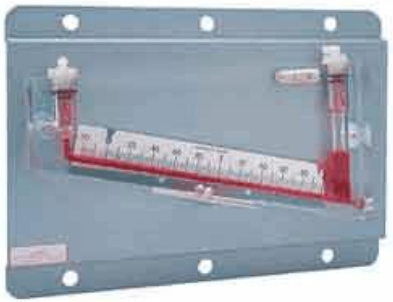
$P_{atm} \approx \rho.g.h$

Medição da pressão



Manômetro de coluna

$P - P_0 \approx \rho.g.H$



Aplicação #2.1: Tubo de Bourdon

Fonte: Wika Group – https://www.youtube.com/watch?v=l4NEGbuEUQA

Aplicação #2.1: Medição de pressão

Medição da pressão - outros instrumentos

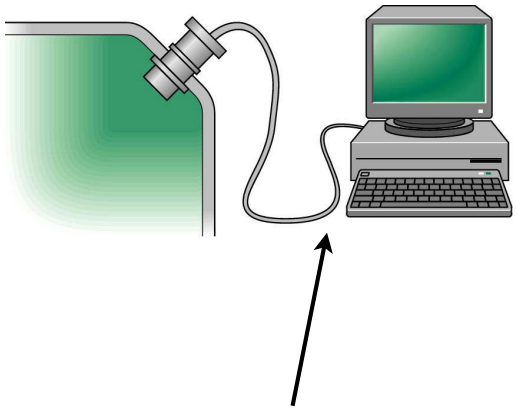
Manômetro digital

Incerteza 0,3%

Manômetro Diferencial

Incerteza 0,3%
Tempo de reposta 500ms

Transdutor de pressão



Aquisição de dados automatizada

Aplicação #2.2: Pressostato

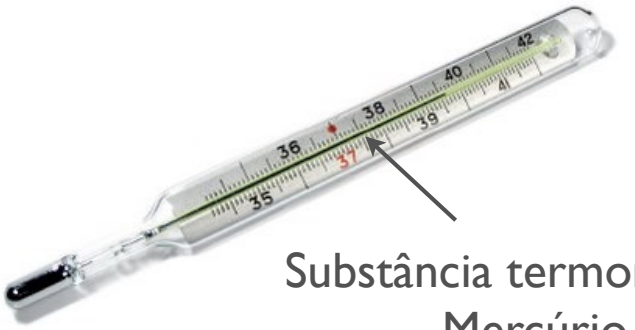
[redacted]

Fonte: Wika Group – https://www.youtube.com/watch?v=uEbvskt8IZw

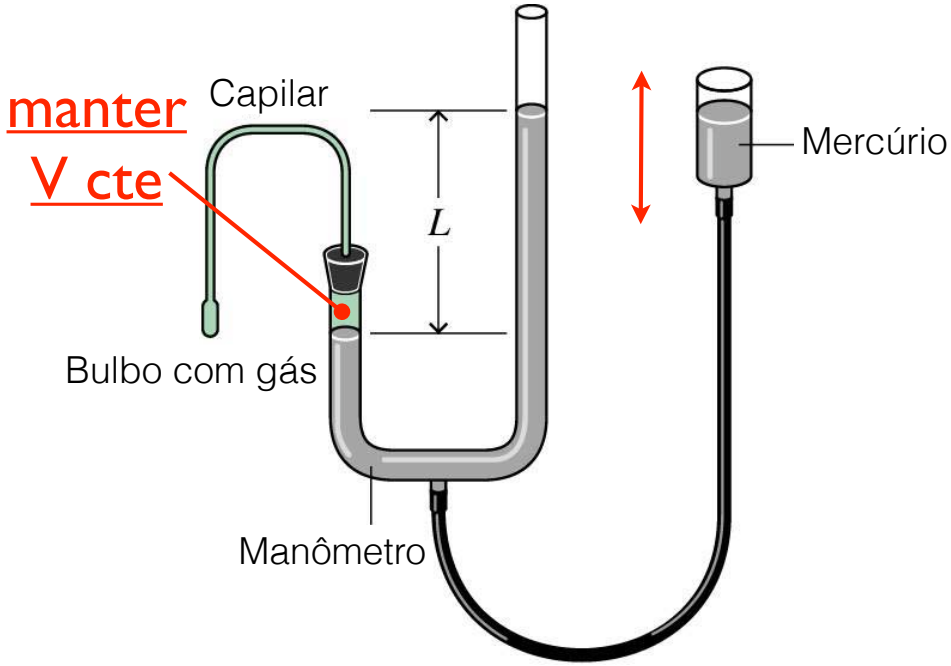
Aplicação #2.2: Medição de temperatura

Medição de temperatura

Termômetro de Líquido em Vidro (TLV)



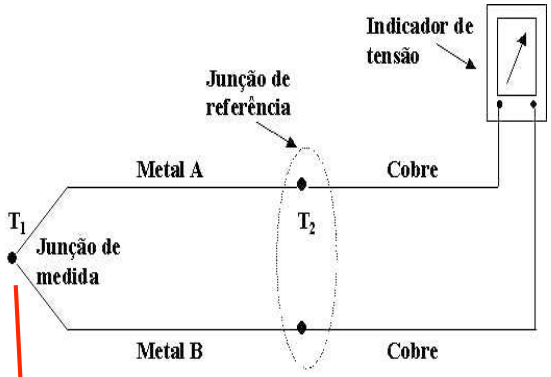
Termômetro de gás



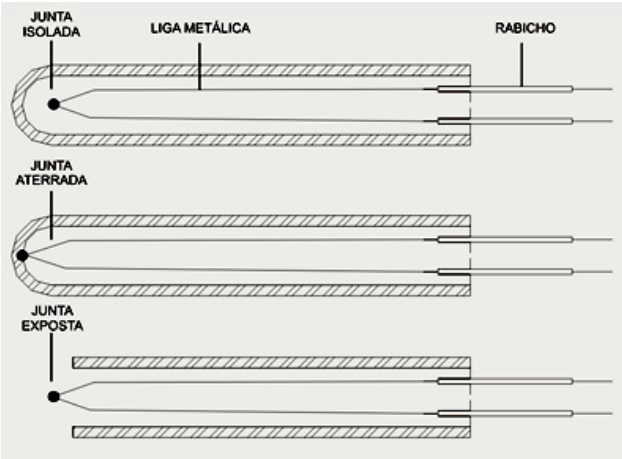
$T = \beta . P$

Medição de temperatura

Termopar



Junta



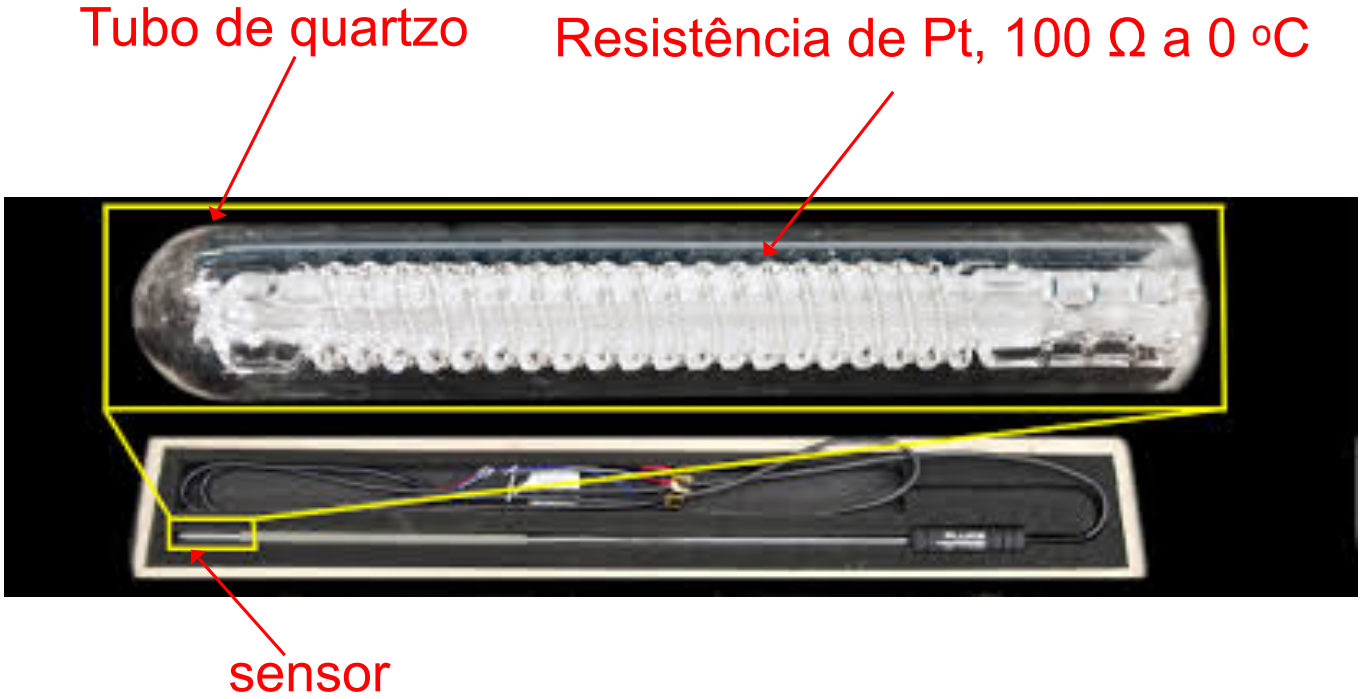
Tipos

Tipo	Par		Gama de Temperatura (ºC)
	-	+	
J	Cu+Ni	Fe	-185 a 870
K	Ni+Al	Cr+Ni	-185 a 1260
T	Cu+Ni	Cu	-185 a 400
S	Pt	Pt+10%Rh	0 a 1535
E	Cu+Ni	Ni+Cr	0 a 980
N	Ni+Si+Mg	Ni+Cr+Si	-270 a 1300
R	Pt	Pt+13%Rh	0 a 1590
B	PT+6%Rh	Pt+30%Rh	38 a 1800
G	W+26%Re	W	16 a 2800

Aplicação #2.2: Medição de temperatura

Medição de temperatura

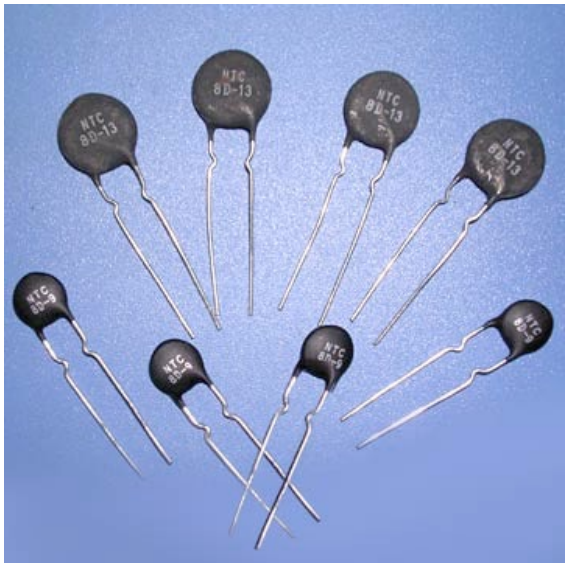
Termômetro de resistência



Aplicação #2.2: Medição de temperatura

Medição de temperatura

Termístores



Semi-condutores - variação de resistência com a temperatura

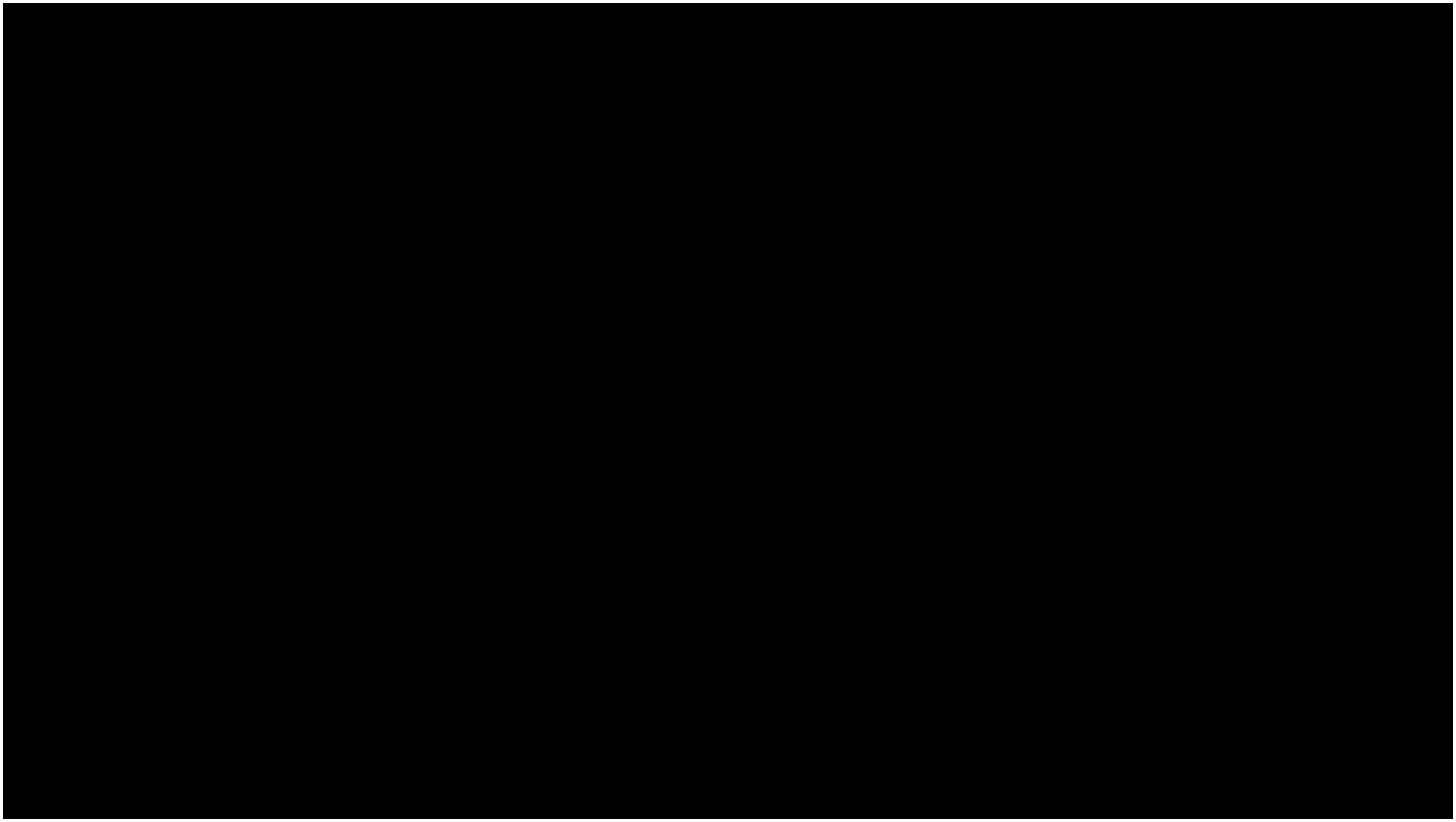
Termômetro de radiação

Exatidão 2 % ou 2 °C

Termografia

Exatidão 2 % ou 2 °C

Aplicação #2.3: Câmera térmica



Fonte: Flir Systems – https://www.youtube.com/channel/UCTuSrNxo_eHY5mWEv5tJVmw

Aplicação #2.4: Panela de pressão

Uma panela de pressão cozinha alimentos mais rapidamente, porque mantém uma maior pressão e temperatura em seu interior. A tampa é bem vedada, e o vapor só pode escapar através de um orifício colocado no meio desta. Uma válvula de massa determinada é colocada sobre o orifício, de modo que o vapor só escapa se a pressão no interior da panela deslocar o peso deste componente, mantendo, assim, a pressão constante e dentro de um limite seguro. Sabendo que a seção do orifício é de 4 mm^2, determine a massa da válvula da panela, de modo que esta trabalhe a uma pressão manométrica de 100 kPa. Considere a pressão atmosférica de 101 kPa e desenhe o diagrama de corpo livre da válvula. (Resp. 40,8 g) (*)

Não dá pra seguir em frente sem:

- Entender o conceito de sistema termodinâmico, volume de controle, vizinhança e fronteira;
- Saber identificar propriedades intensivas e extensivas;
- Entender os conceitos de fase e substância pura, citando exemplos e contra - exemplos desta última;
- Entender os conceitos de propriedade, estado, processo e ciclo termodinâmica;
- Memorizar as unidades de massa específica, volume específico, energia, entalpia e entropia, assim como as respectivas grandezas específicas;
- Compreender a diferença entre pressão absoluta e manométrica.

Mensagem final

Todos os conceitos apresentados são fundamentais para o entendimento dos assuntos das demais aulas do curso.

Por isso, leia e estude atentamente este assunto usando o livro-texto!