

# Primeira Lei da Termodinâmica

Na termodinâmica existem dois princípios que precisam ser enfatizados. Um deles é o princípio da conservação da energia e o segundo princípio é a inerente irreversibilidade de todos os processos que ocorrem na natureza.

Neste tópico iremos trabalhar com o primeiro princípio que é o fundamento da primeira lei da termodinâmica. Esta lei diz respeito à equivalência entre a transferência de trabalho e a transferência de calor, como possíveis formas de interações de energia.

Para que possamos compreender esta lei, devemos nos lembrar dos conceitos de sistema e meio vistos no tópico sobre trabalho termodinâmico.

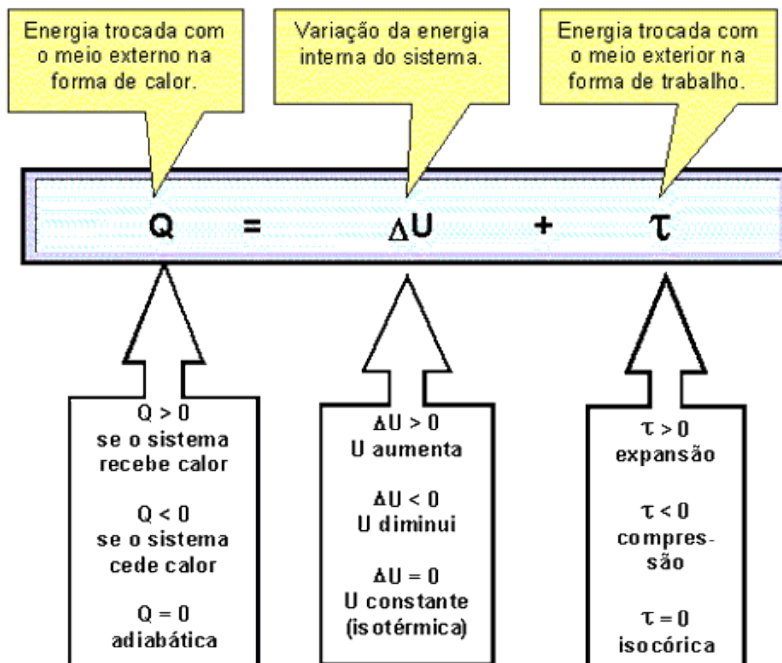
Sendo assim, o princípio da *conservação de energia* aplicada à termodinâmica, que torna possível prever o comportamento de um sistema gasoso ao sofrer uma transformação termodinâmica.

Analisando o princípio da conservação de energia ao contexto da termodinâmica:

Um sistema não pode criar ou consumir energia, mas apenas armazená-la ou transferi-la ao meio onde se encontra como trabalho, ou ambas as situações simultaneamente, então, ao trocar com o meio uma quantidade  $Q$  de calor, poderá haver realização de um trabalho  $\tau$  (ou pelo sistema ou sobre o sistema) e ainda poderá causar variação da energia interna do sistema  $\Delta U$ , ou seja, expressando matematicamente lei a 1ª pode ser equacionada pela expressão :

$$Q = \tau + \Delta U$$

Conhecendo esta lei, podemos observar seu comportamento para cada uma das grandezas apresentadas:



**OBS:** Vale lembrar que para haver realização de trabalho, o sistema tem que sofrer uma variação de volume, e para haver variação da energia interna do sistema (adotando gás ideal), o mesmo tem que sofrer uma variação de temperatura.

Exemplo:

1. Ao receber uma quantidade de calor  $Q=50\text{J}$ , um gás realiza um trabalho igual a  $12\text{J}$ , sabendo que a Energia interna do sistema antes de receber calor era  $U=100\text{J}$ , qual será esta energia após o recebimento?

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$50 = 12 + (U - 100)$$

$$50 = 12 - 100 + U$$

$$U = 138\text{J}$$

2. Assinale certo (C) ou errado (E) nas sentenças a seguir.

- a) Um gás somente pode ser aquecido por calor.
- b) Quando um gás recebe calor, certamente, sua temperatura se eleva.
- c) É possível aquecer um gás sem que lhe seja fornecido calor.
- d) A equação  $\Delta U = Q - \tau$  se aplica somente a sistemas gasosos.
- e) Um gás pode sofrer uma transformação sem que ocorra variação de energia interna.

- a) ( E ) Um gás pode ser aquecido, por exemplo, por compressão.
- b) ( E ) Ele pode ser resfriado, se a perda de energia mecânica for maior que o ganho de calor.
- d) ( E ) Essa equação é válida p/ qualquer sistema

### Calor Molar (C)

O calor molar indica a quantidade de calor capaz de variar em uma unidade a temperatura de um mol do gás. Sendo assim ele é determinado matematicamente pela expressão :

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

Como o calor é sensível, podemos então dizer que  $Q = n \cdot C \cdot \Delta T$ . Lembre que existe uma outra equação para calor sensível em função do calor específico  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ . Igualando as equações temos:  $n \cdot C \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot \Delta T$  como  $n = \text{massa} / \text{massa mola} (m/M)$ , ao aplicarmos na relação temos que  $C = M \cdot c$  ou seja, o calor molar pode ser determinado pelo produto entre a massa molar e o calor específico.

Unidades de calor molar.

S.I.

$C = \text{J} / \text{mol K}$ .

Usual

$C = \text{cal} / \text{mol } ^\circ\text{C}$

# 1ª lei nas transformações gasosas

Transformações	Diagrama p x V	Equações
<p>Isotérmica (T é constante)</p> <p><math>\Delta U = 0</math></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>1ª Lei da Termodinâmica <math>\Delta U = 0</math> <math>\therefore Q = \tau</math></li> </ul>
<p>Isobárica (p é constante)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>1ª Lei da Termodinâmica <math>\Delta U = Q - \tau</math> <math>\Delta U = m \cdot c_p \cdot \Delta T - p\Delta V</math> <math>c_p</math> é o calor específico do gás à pressão constante.</li> </ul>
<p>Isométrica (V é constante)</p> <p><math>\tau = 0</math></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>1ª Lei da Termodinâmica <math>\Delta U = Q</math>, pois <math>\tau = 0</math> <math>\Delta U = m \cdot c_v \cdot \Delta T</math> <math>c_v</math> é o calor específico do gás a volume constante.</li> </ul>

Transformações	Diagrama p x V	Equações
<p>Adiabática (Q = 0)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>1ª Lei da Termodinâmica <math>\Delta U = -\tau</math> Expansão adiabática: o gás esfria. Compressão adiabática: o gás esquentar.</li> </ul>
<p>Cíclica (<math>T_f = T_i</math>)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>1ª Lei da Termodinâmica <math>\Delta U = 0</math> <math>\therefore Q = \tau</math> • ciclo no sentido horário: <math>\tau &gt; 0</math> • ciclo no sentido anti-horário: <math>\tau &lt; 0</math></li> </ul>

## Exercícios

1 Assinale certo (C) ou errado (E) nas sentenças a seguir.

- a) Em qualquer transformação gasosa, ocorrem trocas de energia entre o gás e o meio exterior.
- b) Na transformação isométrica, o gás somente pode ser aquecido por calor.
- c) Na expansão adiabática, a variação de energia interna é negativa.
- d) Na expansão isobárica, o gás diminui sua temperatura.
- e) Em uma transformação isotérmica, o gás não troca calor com o meio.
- f) Na transformação cíclica, o trabalho total da força de pressão é nula.

d) ( E )  $pV = nRT$  ( $p$ ,  $n$  e  $R$ ) são constantes na isobárica. Logo, na expansão (aumento de  $V$ ) ocorre um aumento na  $T$ .

e) ( E ) Isotérmica  $\Rightarrow \Delta U = 0$

$$Q = \tau$$

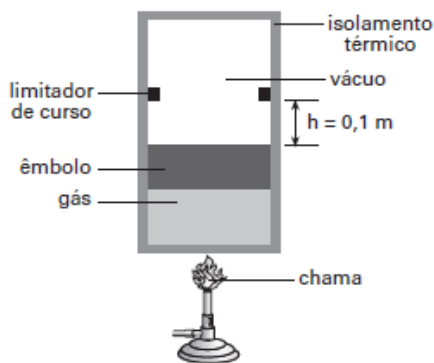
f) ( E ) Cíclica  $\Rightarrow \Delta U = 0$

$$\tau_{\text{ciclo}} = |Q_{\text{rec}} - Q_{\text{ced}}|$$

2. (UFPR-adaptada) Considere um cilindro de paredes termicamente isoladas, com exceção da base inferior, que é condutora de calor. O cilindro está munido de um êmbolo de área  $0,01\text{m}^2$  e peso  $25\text{N}$ , que pode mover-se sem atrito.

O êmbolo separa o cilindro em uma parte superior, onde existe vácuo, e uma parte inferior, onde há um gás ideal, com  $0,01\text{mol}$  e volume inicial de  $10$  litros. À medida que o gás é aquecido, o êmbolo sobe, muito lentamente, até uma altura máxima de  $0,1\text{m}$ , onde um limitador de curso o impede de subir mais. Em seguida, o aquecimento prossegue até que a pressão do gás duplique

Adote:  $R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$



Com base nessas informações, assinale certo (C) ou errado (E).

- a) ( C ) Enquanto o êmbolo estiver subindo, o processo é isobárico.
- b) ( E ) Após o êmbolo ter atingido o limitador, o processo é adiabático.
- c) ( C ) O trabalho realizado pela força do gás no trecho de expansão do gás é de  $2,5\text{J}$ .
- d) ( E ) A temperatura no instante inicial é igual a  $402\text{K}$ .
- e) ( C ) O calor fornecido ao gás, na etapa de expansão, é utilizado para realizar trabalho e para aumentar a temperatura do gás.
- f) ( C ) O trabalho realizado pelo gás durante a etapa de expansão é igual ao trabalho total realizado pelo gás desde o início do aquecimento até o momento em que o gás atinge o dobro da pressão inicial.

**Comentário:**

a) Certo. A pressão exercida pelo gás no êmbolo é praticamente igual à pressão devida ao peso do êmbolo, uma vez que o êmbolo “sobe muito lentamente”, ou seja, a resultante é praticamente nula.

b) Errado. O gás continua recebendo calor da fonte térmica.

c) Certo. Sendo uma transformação isobárica, o trabalho é dado por.

$$\tau = p \cdot \Delta V = P/A (A \cdot h)$$

$$\tau = P \cdot h = 25 \cdot 0,1$$

$$\tau = 2,5 \text{ J}$$

d) Errado.  $pV = nRT$

$$25 / 0,01 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,01 \cdot 8 \cdot T$$

$$T = 312,5\text{K}$$

e) Certo. Houve um aumento na temperatura, pois na transformação isobárica, V e T são diretamente proporcionais.

Como V aumentou, T aumentou. Logo, a energia proveniente da fonte térmica foi utilizada para a realização de trabalho (aumento de energia potencial gravitacional do êmbolo) e aumento na agitação das partículas (aumento da energia cinética total do gás).

f) Certo. Só houve trabalho durante a expansão. A transformação pode ser representada pelo diagrama:

