

Atividade: Primeira Lei da Termodinâmica¹

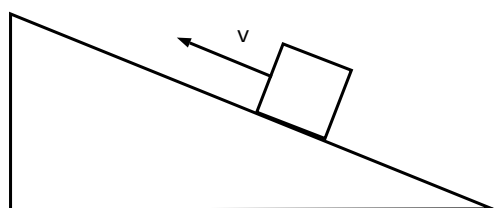
I. Trabalho

- A.** Relembre a definição de trabalho realizado sobre um objeto devido a um agente que exerce uma força sobre o mesmo. Nos espaços abaixo desenhe setas representando (1) a força exercida sobre um objeto e (2) o deslocamento do objeto para os casos em que o trabalho realizado é *positivo*, *negativo* ou *nulo*.

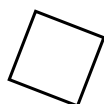
Positivo	Negativo	Zero

Para cada caso, as setas desenhadas representam a única possível direção relativa dos vetores força e deslocamento?

- B.** Um bloco é empurrado por uma pessoa e move-se de baixo para cima ao longo de um plano inclinado sem atrito. A velocidade do bloco aumenta a uma taxa constante.



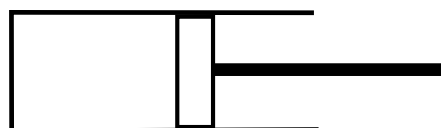
1. No espaço abaixo, desenhe o diagrama de corpo livre do bloco



2. Desenhe também uma seta para indicar a direção da força resultante sobre o bloco.
3. Determine se as quantidades seguintes são positivas, negativas ou nulas. Em cada caso, explique sua resposta.
- o trabalho realizado pela pessoa sobre o bloco.

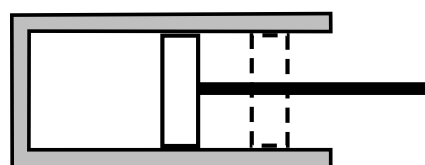
- o trabalho realizado pela Terra sobre o bloco.

4. Existe algum trabalho realizado sobre a pessoa pelo bloco neste sistema? Este trabalho é positivo, negativo ou nulo?
5. O teorema do trabalho-energia estabelece que a mudança na energia cinética de um corpo rígido é igual ao trabalho total sobre o corpo. Explique como suas respostas no item 3 são consistentes com este teorema.
6. Como suas respostas do item 3 são modificadas se for considerado que o bloco está sendo empurrado para o topo do plano inclinado com velocidade constante?
- C.** Um gás ideal está contido em um cilindro fixo em um local. O cilindro é fechado por um pistão como mostra o diagrama abaixo. Não há atrito entre a superfície do cilindro e o pistão.



1. Descreva a direção da força que o pistão exerce sobre o gás. Sua resposta depende da direção na qual o pistão está se movendo?
2. Como pistão deve se mover para que o trabalho realizado sobre o gás seja
- positivo?
 - negativo?
- Suas respostas dependem da escolha do sistema de coordenadas?
3. Em cada um dos casos do item 2, há trabalho realizado sobre o pistão pelo gás? Neste caso, como que este trabalho está relacionado ao trabalho feito sobre o gás pelo pistão?

II. Trabalho e energia interna



- A.** Imagine que o cilindro da parte I esteja termicamente isolado do ambiente por um revestimento isolante. O pistão é pressionado para dentro do cilindro como ilustra a figura acima. Considere esta compressão como *processo 1*.

O trabalho realizado sobre o gás pelo pistão é positivo, negativo ou nulo?

Em termodinâmica, a energia interna (E_{int}) é indispensável na descrição das características físicas do sistema. A energia interna de um gás ideal é proporcional a temperatura e ao número de mols do gás. A energia interna pode mudar quando há uma troca de energia com o ambiente em torno do sistema (com objetos que estão fora do sistema de interesse). No caso acima, a energia interna de um gás muda devido ao trabalho realizado sobre o gás (o sistema) pelo pistão (o agente externa ao sistema). Quando tal sistema está termicamente isolado, a mudança na energia interna do sistema é igual ao trabalho total realizado sobre ele: $\Delta E_{int} = W_{total}$.

- B. A energia interna de um gás no cilindro isolado aumenta, diminui ou permanece a mesma quando o pistão é empurrado para dentro do cilindro? A temperatura do gás muda?
- C. Dois estudantes estão discutindo sobre o processo 1.

Estudante 1: *"O volume do gás decresce mas a pressão aumenta. Então, pela lei do gás ideal, a temperatura deve permanecer constante."*

Estudante 2: *Mas eu sei que a temperatura do gás aumenta. Como o volume diminui, as partículas que formam o gás colidem mais frequentemente entre si.*

Nenhum dos estudante está correto. Encontre as falhas nos argumentos de cada estudante.

III. Calor

- A. Imagine que o cilindro da parte II não esteja mais termicamente isolado e que o pistão esteja travado em uma determinada posição. O gás está inicialmente a temperatura ambiente.

O cilindro então é colocado em contato com água fervente atingindo o equilíbrio térmico com a água. Considere este o processo 2.

- No processo 2, quais das seguintes quantidades aumentam, diminuem ou permanecem a mesma?
 - a temperatura do gás
 - a energia interna do gás
 - a pressão do gás
 - o volume do gás
- Há algum trabalho realizado sobre o gás no processo 2?

A energia transferida ao sistema neste processo é chamada de *calor*. Neste processo, se o calor transferido para o gás (Q) é maior do que zero, a energia interna do gás aumentará.

- B. No processo 2, o calor transferido para o gás é positivo, negativo ou zero?

- C. No processo 2, o calor transferido para a água fervente é positivo, negativo ou zero?

IV. Calor, trabalho e energia interna

A primeira lei da termodinâmica estabelece que a mudança na energia interna de um sistema fechado é igual a soma do trabalho total sobre o sistema e do calor transferido ao sistema,

$$\Delta E_{int} = Q + W_{total}$$

- A. Explique como você pode escrever esta lei em termos do trabalho realizado *pelo* sistema sobre o ambiente.
- B. No processo 1, você não considerou o calor transferido. Qual característica no experimento evita que exista calor transferido para o gás?
- C. No processo 2, você não considerou o trabalho realizado. Qual característica no experimento impede que algum trabalho seja realizado sobre o gás?
- D. O cilindro está agora imerso em uma mistura de gelo e água sendo permitido que o cilindro entre em equilíbrio térmico com a mistura. O pistão move-se lentamente para dentro de tal maneira que o gás está sempre em equilíbrio térmico com a mistura. Considere esta compressão lenta como *processo 3*.

- Determine se as seguintes quantidades aumentam, diminuem ou permanecem as mesmas no processo 3.
 - o volume do gás
 - a temperatura do gás
 - a energia interna do gás
 - a pressão do gás
- Determine se as seguintes quantidades são positivas, negativas ou zero:
 - o trabalho realizado sobre o gás no processo 3.
 - o calor transferido ao gás no processo 3.
- Suas respostas são consistentes com a primeira lei da termodinâmica?

- E. Como que a compressão no processo 3 difere da compressão no processo 1?
- F. Um estudante faz a seguinte consideração sobre processo 3:

"Como a temperatura não muda, este é um processo isotérmico. Então, o calor transferido deve ser nulo."

Você concorda com este estudante? Explique.

¹ Adaptado do livro *Tutorials in Introductory Physics* de McDermott, Shaffer e Phys. Educ. Group da Univ. de Washington.