

C-1 Transferências e Transformações de Energia em Sistemas Mecânicos

1 Trabalho e Energia Cinética

Será que, ao transferir-se, a energia se perde? Será que, ao utilizar-se energia, a energia se gasta?

Um dos meios de transporte mais utilizados é o motociclo. A energia associada ao movimento dos motociclos provém da combustão da gasolina. De facto, a combustão da gasolina serve para colocar o motociclo em movimento, mas não é só nisso que se gasta gasolina. Se tocarmos no seu motor quando este se encontra em funcionamento verificamos que ele aquece, como resultado da combustão da gasolina e atrito entre as engrenagens. Só cerca de um quarto da energia obtida pela combustão da gasolina está disponível para mover o veículo. A restante dissipa-se sob a forma de calor, ruído, etc.

A porção de energia que resulta da combustão da gasolina para fazer andar o motociclo designa-se por energia útil (E_u) e a outra parte da energia diz-se energia dissipada (E_d). Assim a energia fornecida (E_f) é igual à soma da energia útil com a energia dissipada.

$$E_f = E_u + E_d$$

Esta expressão traduz o Princípio da Conservação de Energia.

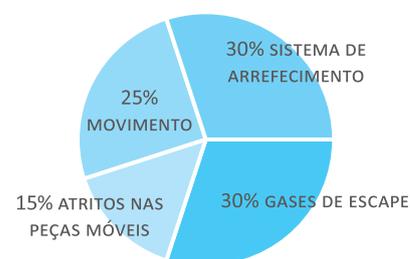


Figura 78 - Distribuição percentual da energia num automóvel.

A saber:

A quantidade de energia que temos no final de um processo é sempre igual à quantidade de energia que temos no início desse mesmo processo.

Ou seja, a energia não se cria nem se destrói; apenas se transfere. A energia total do Universo é constante.

Questão resolvida

1. Na iluminação das nossas casas é fácil verificar que nem toda a energia fornecida às lâmpadas é utilizada para aquele propósito. Parte da energia fornecida dissipa-se sob a forma de calor. Se fornecermos ao sistema 50 J de energia e se a lâmpada tiver uma perda de 15 J, qual será o valor da energia útil?

Resolução:

1. A energia útil da lâmpada é dada por:

$$E_u = E_f - E_d = 50 - 15 = 35 \text{ J}$$

O valor da energia útil é de 35 J.

Sistema Mecânico

Referiu-se que o aquecimento do motor dos motociclos se devia essencialmente à combustão da gasolina e ao atrito existente entre as engrenagens. As forças de atrito cinético que surgem devem-se ao movimento relativo das engrenagens e são responsáveis pela dissipação de energia. A energia dissipada diminui o rendimento das máquinas, mas nem sempre as forças de atrito cinético são prejudiciais. Se não existisse atrito entre as rodas do motociclo e o asfalto não seria possível colocá-lo em movimento.

1.1 Trabalho realizado por forças constantes que atuam num sistema

O trabalho, para sistemas mecânicos, está associado à transferência de energia. Quando uma força atua sobre um corpo alterando-lhe o seu estado de movimento, essa força pode produzir trabalho. Para que isto aconteça é necessário que ela contribua para o deslocamento do corpo sobre o qual está aplicada. Se a força que atua sobre um corpo não o fizer mover, por exemplo quando sustentamos nas mãos uma caixa sem a deslocar, por maior que seja o nosso esforço, não realizamos trabalho. A força necessária para sustentar a caixa não o faz mover.

A expressão que permite calcular o trabalho, W , de uma força constante é

$$W = F d \cos\theta$$

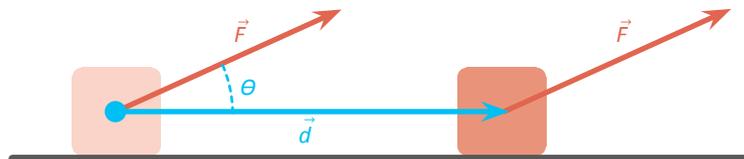


Figura 79 - Força que produz trabalho.

sendo F e d os módulos dos vetores força e deslocamento e o θ o ângulo entre aqueles vetores.

Se a força aplicada sobre o corpo for perpendicular ao deslocamento ($\theta = 90^\circ$), o trabalho é nulo, uma vez que $\cos 90^\circ = 0$,

$$W = 0$$

1.1.1 Força Eficaz

Qualquer força pode ser representada, num referencial cartesiano, como a resultante de duas forças: uma, segundo o eixo dos xx, que representamos por \vec{F}_x e outra segundo o eixo dos yy, \vec{F}_y .

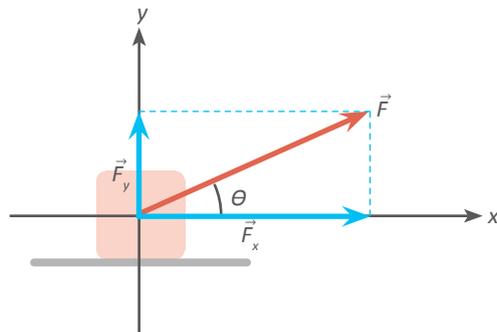


Figura 80 - Força representada pelas suas componentes.

A força segundo o eixo dos yy, \vec{F}_y , sendo perpendicular ao deslocamento do bloco, não realiza trabalho. Assim, o trabalho realizado pela força \vec{F} é apenas o trabalho realizado pela força segundo a horizontal, direção do movimento, \vec{F}_x . Esta componente da força que realiza trabalho designa-se **força eficaz**, \vec{F}_{ef} . O valor da força eficaz pode ser calculado pelo produto do módulo da força, F , pelo coseno do ângulo entre a força e o deslocamento.

A saber:

Referencial cartesiano – sistema de eixos perpendiculares que se designam habitualmente por eixos dos xx e dos yy.

$$F_{ef} = F \cos\theta$$

Usando a noção de força eficaz, o trabalho de uma força constante é:

$$W = F d \cos\theta = F_{ef} d$$

Quando várias forças atuam sobre um corpo, o trabalho total, W_{total} , é igual ao trabalho da resultante das forças, W_{FR} .

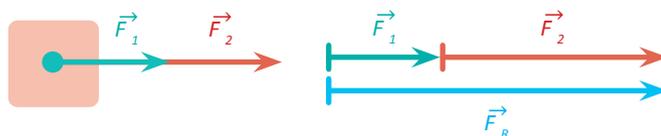


Figura 81 - Resultante de forças que atuam num corpo.

$$W_{F_1} + W_{F_2} + \dots = W_{FR}$$

A soma dos trabalhos realizados por cada uma das forças aplicadas sobre o corpo, é igual ao trabalho da resultante das forças.

1.1.2 Trabalho Potente e Trabalho Resistente

Ao trabalho positivo dá-se o nome de **trabalho potente** e ao trabalho negativo chama-se **trabalho resistente**.

- **Trabalho potente:** quando a força eficaz e o deslocamento têm a mesma direção e sentido.



Figura 82 - Trabalho potente.

O efeito da força, vai aumentar a velocidade do corpo, ou seja, aumentar a sua energia cinética. **Transferimos energia para o sistema.**

- **Trabalho resistente:** quando a força eficaz e o deslocamento têm a mesma direção e sentido opostos.

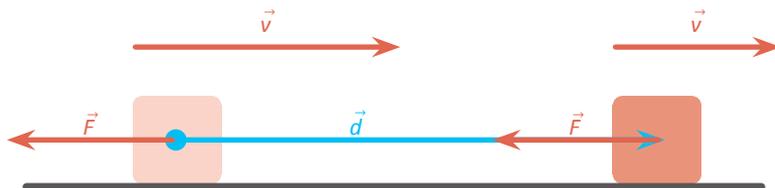


Figura 83 - Trabalho resistente.

O efeito da força, vai diminuir a velocidade do corpo, ou seja, diminuir a sua energia cinética. **Transferimos energia para a vizinhança.**

1.2 Teorema da Energia Cinética

Como se pode alterar a energia cinética de um corpo?

Como vimos, a energia cinética associa-se sempre ao movimento e aumenta quando ocorre uma transferência de energia para o sistema. A energia cinética é dada por:

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

Se um corpo estiver em repouso, a energia cinética inicial é nula. Irá entrar em movimento após uma força atuar e realizar trabalho.

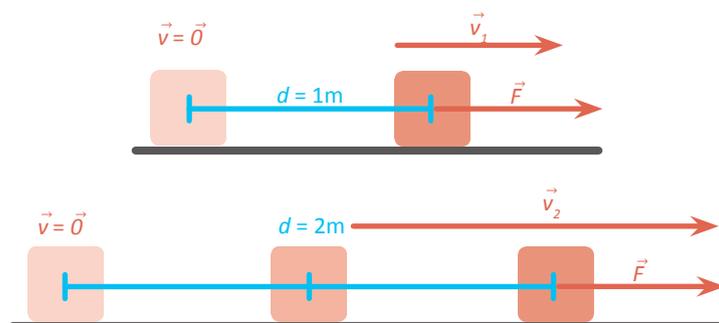


Figura 84 - A uma distância maior corresponde uma transferência de energia maior.

Essa transferência será tanto maior quanto maior for a distância percorrida. Por outro lado, a transferência de energia será tanto maior quanto maior for a força aplicada.

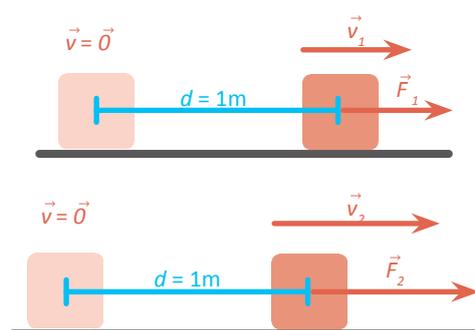


Figura 85 - A uma força maior corresponde uma transferência de energia maior.

A energia cinética que o corpo adquire resulta do trabalho realizado pela força. Assim, em geral, sempre que a energia cinética do corpo variar, ΔE_c , a variação sofrida é igual ao trabalho realizado pela força, W .

$$\Delta E_c = W$$

Se sobre o corpo atuarem várias forças, a variação da energia cinética do corpo é igual a soma dos trabalhos realizados por todas as forças, isto é, igual ao trabalho da força resultante. Trata-se da Lei do Trabalho-Energia, ou teorema da Energia Cinética.

$$\Delta E_c = W_{FR}$$

A saber:

Lei do Trabalho-Energia: a variação da energia cinética do corpo é igual ao trabalho da força resultante.

1.3 Potência

Como se mede a energia?

A energia que utilizamos pode ser medida e temos que a pagar.



Figura 86 - Contador elétrico.



Figura 87 - Bomba de gasolina.



James Watt (1736 - 1819)

A saber:

A unidade de Potência no Sistema Internacional de unidades é o watt, cujo símbolo é W, em homenagem ao matemático e engenheiro escocês James Watt, que se destacou pelas suas contribuições para o desenvolvimento do motor a vapor.

Quanto mais potentes forem os motociclos ou os aparelhos que temos ao nosso dispor e quanto mais tempo os usarmos, mais energia utilizamos.

A potência (P) é uma grandeza física que mede a rapidez com que se transfere energia entre sistemas. Define-se como a razão entre a energia transferida (E) e o intervalo de tempo (Δt), expressando-se em watt (W), no Sistema Internacional de Unidades. Outra unidade de potência é o cavalo-vapor (cv), habitualmente usado para indicar a potência de um motor.

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

A potência de uma força que realiza trabalho W num intervalo de tempo Δt é portanto:

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

2 Energia Potencial

Trabalho realizado pelo peso de um corpo

Estudemos, novamente, o movimento de um corpo, lançado verticalmente, de baixo para cima, com velocidade inicial, \vec{v}_0 , e resistência do ar desprezável.

Em todo este movimento, o corpo, está sujeito, apenas à interação gravítica. A força gravítica (ou peso), durante todo o movimento tem a direção da reta que une o centro dos dois corpos e sentido descendente, ou seja, do corpo para a Terra e ponto de aplicação no centro de massa do corpo.

Como vimos, na unidade B, enquanto o corpo sobe, a sua velocidade diminui até zero e, nesta situação, inverte o sentido, passando então a dirigir-se para baixo e a aumentar a sua velocidade.

Na subida, em que a velocidade tem o sentido de baixo para cima e a aceleração sentido contrário, diz-se que o movimento é **retilíneo uniformemente retardado (mrur)**.

Na descida, em que a velocidade e a aceleração têm o mesmo sentido, o movimento é **retilíneo uniformemente acelerado (mrua)**.

Vamos agora determinar o trabalho realizado pela força gravítica durante o movimento de ascensão e a altura alcançada pelo corpo.

No movimento de ascensão, a força gravítica tem sentido contrário ao deslocamento.

Para determinar o trabalho realizado pela força gravítica, $W = F_R d \cos\theta$, consideremos:

- h a distância percorrida pelo corpo até atingir a altura máxima, isto é, a posição em que o corpo inverte o sentido do movimento e a sua velocidade é zero;
- $\theta = 180^\circ$ pois a força gravítica tem a mesma direção e sentido contrário do deslocamento.

Assim, o trabalho realizado pela força gravítica é:

$$\begin{aligned}W &= F_R h \cos\theta \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow W &= F h \cos 180^\circ \\ W &= -m g h\end{aligned}$$

Podemos concluir que o trabalho realizado pela força gravítica depende da massa do corpo, da aceleração a que o corpo fica sujeito e da posição final ocupada em relação à origem do movimento. O trabalho realizado pela força gravítica não depende da trajetória descrita pelo corpo ao longo do movimento.

A saber:

No movimento de queda livre de um corpo, este move-se, na vertical com movimento retilíneo uniformemente acelerado. Qualquer corpo, em queda livre, independentemente da sua massa, move-se com aceleração constante.

Tendo em conta a Lei do Trabalho-Energia, $\Delta E_c = W_{F_R}$ e que, quando o corpo atinge a altura máxima o valor da velocidade é zero, temos:

$$\begin{aligned}-m g h &= -\frac{1}{2} m v_0^2 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow h &= \frac{v_0^2}{2g}\end{aligned}$$

A altura máxima, h , que um corpo pode atingir depende da velocidade inicial e do valor da aceleração gravítica a que o corpo está sujeito.

Analise-se agora, a situação de descida ou queda livre do corpo.

Vamos determinar o trabalho realizado pela força gravítica e a velocidade com que o corpo atinge o solo.

Consideremos:

- h a distância percorrida pelo corpo até atingir o solo;
- $\theta = 0^\circ$ pois a força gravítica tem a direção e sentido do deslocamento.

Logo, o trabalho realizado pela força gravítica é:

$$\begin{aligned}W &= F_R d \cos\theta \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow W &= F_R h \cos\theta \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow W &= m g h\end{aligned}$$

Tal como no movimento ascendente, o trabalho realizado pela força gravítica depende da massa do corpo, da aceleração a que o corpo está sujeito e da posição final ocupada pelo corpo em relação a origem do movimento. O trabalho realizado pela força gravítica não depende da trajetória descrita pelo corpo ao longo do movimento.

Tendo em conta a Lei do Trabalho-Energia, $\Delta E_c = W_{FR}$, e considerando que o corpo parte do repouso, podemos determinar o módulo da velocidade, v_f , com que o corpo atinge o solo, a partir da expressão:

$$m g h = \frac{1}{2} m v_f^2$$

e temos:

$$v_f = \sqrt{2gh}$$

Note-se que o valor com que o corpo atinge o solo só depende da altura a que cai e da aceleração da gravidade. A velocidade do corpo não depende da sua massa.

Comparando a expressão da velocidade do corpo ($v_f = \sqrt{2gh}$) com a que encontramos para a altura ($h = \frac{v_0^2}{2g}$) no movimento de ascensão, verificamos que:

$$v_f = \sqrt{2g \frac{v_0^2}{2g}} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow v_f = v_0$$

Assim, para o movimento de um corpo, lançado verticalmente, de baixo para cima, com velocidade inicial v_0 , e resistência do ar desprezável, este atinge a posição de que é lançado com igual valor de velocidade.

2.1 Forças Conservativas e Forças não Conservativas

Se analisarmos, agora, o trabalho realizado pela força gravítica sobre o corpo, ao longo de todo o movimento, verificamos que

$$-W_{subida} = W_{descida}$$

Conclui-se então que o trabalho total realizado pela força gravítica ao longo do movimento é:

$$W_{total} = W_{subida} + W_{descida} = W_{subida} - W_{subida} = 0$$

A saber:

O trabalho realizado por uma força conservativa, ao longo de uma trajetória fechada é nulo.

Pelos resultados obtidos, podemos concluir que o trabalho realizado pela força gravítica durante o movimento foi nulo, e, no movimento de subida ou descida, o trabalho realizado pela força gravítica não depende da trajetória seguida pelo corpo.

A saber:

O trabalho realizado por uma força conservativa não depende da trajetória.

Forças, tais como a força gravítica, em que o trabalho realizado entre dois pontos é sempre o mesmo, independente da trajetória seguida, dizem-se **forças conservativas**. No caso da trajetória ser fechada, isto é, posição inicial e final ser a mesma, o trabalho realizado por uma força conservativa será nulo. Mas já não é nulo se a força for não conservativa.

O trabalho realizado por uma força não conservativa irá depender da trajetória seguida pelo corpo. Destacam-se o trabalho realizado pelas forças de atrito, a força de reação normal e as forças de resistência do ar.

Se no movimento estudado, a resistência do ar não fosse desprezável, o trabalho total, $W_{total'}$, seria:

$$W_{total} = W_{forças\ conservativas} + W_{forças\ não\ conservativas}$$

2.2 Trabalho realizado pelo Peso e Energia Potencial

Como vimos, durante a subida de um corpo, o valor da sua velocidade diminui até ser zero e, nesta situação, inverte o sentido, passando então a dirigir-se para baixo, aumentando a sua velocidade. Assim, no movimento ascendente, a energia cinética diminui, anulando-se na posição em que o corpo inverte o sentido. Nesta posição o corpo encontra-se na altura máxima. A energia cinética é transformada em energia potencial gravítica. No sentido descendente, a energia cinética aumenta, sendo máxima quando o corpo atinge o solo. A energia armazenada, energia potencial gravítica é transformada em energia cinética.

Portanto, durante o movimento ascendente, a energia cinética diminui, aumentando a energia potencial. Durante o movimento descendente, a energia cinética aumenta, diminuindo a energia potencial.

Sabendo que a energia se conserva e tendo em conta a Lei do Trabalho-Energia, $\Delta E_c = W$, a variação de energia potencial gravítica, ΔE_p , é o simétrico do trabalho realizado pela força gravítica:

$$\Delta E_p = -W_{F_g}$$

Considerando o trabalho realizado pela força gravítica, isto é, o trabalho realizado por uma força conservativa, $W_{F_g} = W_{F_{conservativa}}$ podemos ainda escrever:

$$\Delta E_p = -W_{F_{conservativa}}$$

A variação de energia potencial é igual ao simétrico do trabalho realizado pelas forças conservativas.

Ao nível do solo, $h = 0$ m, a energia cinética é máxima, a sua energia potencial gravítica é nula, $E_p = 0$, e temos:

$$E_p - 0 = m g h$$

Logo, a energia potencial gravítica é:

$$E_p = m g h$$

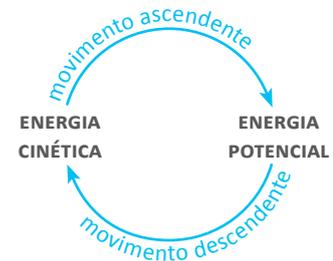


Figura 88 - Transformações de energia que ocorrem no mesmo sistema.

A saber:

A energia potencial é a energia de interação entre um corpo e o campo de forças conservativas criado por outro corpo.

3 Energia Mecânica

3.1 Conservação da Energia Mecânica

Pela Lei do Trabalho-Energia, a variação da energia cinética é igual ao trabalho realizado por todas as forças aplicadas sobre o corpo, conservativas e não conservativas.

$$\Delta E_c = W_{F_{\text{conservativa}}} + W_{F_{\text{não conservativas}}}$$

No exemplo considerado, movimento de um corpo lançado verticalmente de baixo para cima com velocidade inicial, \vec{v}_0 , e resistência do ar desprezável, o trabalho realizado pelas forças não conservativas é nulo. Assim:

$$\Delta E_c = W_{F_{\text{conservativa}}}$$

Vimos ainda, que a variação de energia potencial é igual ao simétrico do trabalho realizado pelas forças conservativas.

$$\Delta E_p = -W_{F_{\text{conservativa}}}$$

Combinando esta equação com a anterior, obtém-se:

$$\Delta E_p = -\Delta E_c$$

ou

$$\Delta E_p + \Delta E_c = 0$$

Assim, quando a energia cinética é máxima, a energia potencial é mínima e vice-versa. Portanto, a soma da energia cinética com a energia potencial é igual a um valor constante,

$$E_p + E_c = \text{constante}$$

A saber:
A energia mecânica é igual à soma da energia cinética com a energia potencial.

À soma da energia cinética com a energia potencial designamos por energia mecânica, E_m .

$$E_m = E_p + E_c$$

Conclui-se ainda que, quando apenas existem forças conservativas a atuar sobre um corpo, a energia mecânica permanece constante ao longo do tempo, isto é, a energia conserva-se:

$$E_m = \text{constante}$$

ou

$$\Delta E_m = 0$$

3.2 Ação de Forças não Conservativas

Consideremos, um corpo em movimento, sobre uma superfície rugosa, que é atuado por uma força \vec{F} .

Devido à rugosidade da superfície de contacto entre a superfície e o corpo, e ao movimento relativo entre as superfícies, surge a força de atrito que se opõe ao deslocamento do corpo.

O trabalho realizado pela força de atrito, \vec{F}_a , é assim, resistente. Independentemente, de o corpo se mover de A para B ou de B para A, a força de atrito irá opor-se sempre ao deslocamento. Assim, o trabalho realizado pela força de atrito é sempre negativo, de A para B ou de B para A. Logo, para o percurso fechado, A-B-A, o trabalho realizado pela força de atrito não é nulo.

Na queda de um corpo por ação da força da gravidade, sujeito à resistência do ar, há a presença de força de atrito que é não conservativa, e de peso que é conservativa. Assim sendo:

$$\Delta E_c = W_{F_{\text{conservativa}}} + W_{F_{\text{não conservativa}}}$$

$$\text{como } -\Delta E_p = W_{F_{\text{conservativa}}}, \text{ então}$$

$$\Delta E_c = -\Delta E_p + W_{F_{\text{não conservativa}}}, \text{ logo}$$

$$\Delta E_c + \Delta E_p = W_{F_{\text{não conservativa}}} \text{ e}$$

$$\Delta E_m = W_{F_{\text{não conservativa}}}$$

O trabalho realizado pelas forças não conservativas é igual à variação da energia mecânica.

Assim, as forças não conservativas podem contribuir para o aumento ou diminuição da energia mecânica, realizando trabalho potente ou resistente.

Podemos concluir que, sempre que as forças não conservativas realizam trabalho, a energia mecânica não se conserva.

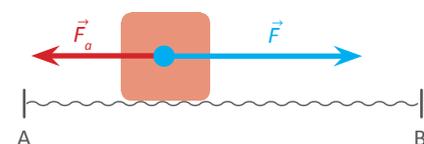


Figura 89 - O trabalho realizado pela força de atrito é negativo.



Figura 90 - Queda de um corpo, havendo resistência do ar.

3.3 Rendimento. Dissipação de Energia

Como determinar a eficácia de uma máquina? O que é a eficiência energética?

Quando consideramos o movimento de um corpo sobre uma superfície rugosa, o trabalho realizado pela força de atrito é negativo. Ao longo do movimento, a energia mecânica do corpo diminui, havendo assim, dissipação de energia. A esta diminuição de energia mecânica do corpo corresponde um aumento da energia interna do corpo e da sua vizinhança, sendo observável num aumento de temperatura das superfícies de contacto.

Um dos objetivos dos engenheiros, tem sido o de melhorar a eficiência das máquinas desenvolvidas, diminuindo as perdas.

3.3.1 Rendimento

A eficiência das máquinas é avaliada pelo valor do seu rendimento (η), que se define-se como a razão entre a energia útil (E_u) e a energia fornecida (E_f):

$$\text{rendimento} = \frac{\text{energia útil}}{\text{energia fornecida}} = \frac{E_u}{E_f} = \eta$$

O rendimento é uma grandeza sem unidades, cujo valor se indica muitas vezes em percentagem:

$$\eta (\%) = \frac{E_u}{E_f} \times 100\%$$

No caso dos motociclos, o rendimento é cerca de 25%. Isto significa que apenas cerca de 25% da energia resultante da combustão da gasolina é convertida em energia útil, associada ao movimento. Os restantes 75% correspondem à energia dissipada.

Também é possível calcular o rendimento utilizando valores de potência

$$\eta = \frac{\text{potência útil}}{\text{potência fornecida}}$$

que em termos percentuais é

$$\eta (\%) = \frac{\text{potência útil}}{\text{potência fornecida}} \times 100\%$$

Eficiência energética

Como vimos, durante o processo de produção, distribuição e utilização da energia, ocorrem perdas. Estas, implicam a implementação de estratégias e medidas para combater o desperdício de energia, para aumentar a eficácia no aproveitamento, ao longo do processo de transformação. Surgiu assim, o programa de conservação de energia, que atua através de etiquetas informativas, com o objetivo de alertar o consumidor quanto à eficiência energética de alguns dos principais eletrodomésticos.

A eficiência energética pode ser definida como a otimização que podemos fazer no consumo de energia.

Por meio de escolha, aquisição e utilização adequada dos equipamentos, é possível alcançar significativas poupanças de energia, manter o conforto e aumentar a produtividade das atividades dependentes de energia, com vantagens do ponto de vista económico e ambiental.

Atividade Prática de Sala de Aula

APSA C-1.1: Eficiência energética

Questão-problema: Como escolher o melhor eletrodoméstico, do ponto de vista do consumo energético?

Objetivo: Análise de dados fornecidos por fabricantes de eletrodomésticos sobre consumos energéticos e interpretação da eficiência energética.

Recursos:

- Computador com acesso à Internet
- Manuais de apoio de eletrodomésticos

Procedimento:

1. Selecione informação relevante sobre consumos energéticos de quatro eletrodomésticos.
2. Interprete a informação relacionando consumos energéticos e eficiência energética.

Atividade Prática de Sala de Aula

APSA C-1.2: Consumo energético

Questão-problema: É possível reduzir o valor do consumo energético mensal de uma família na utilização de lâmpadas/eletrrodomésticos?

Objetivo: Análise de dados fornecidos por fabricantes de eletrrodomésticos sobre os consumos energéticos com base no valor mensal da fatura elétrica e estudo da redução do valor do consumo energético mensal pela utilização de lâmpadas/eletrrodomésticos mais eficientes.

Recursos:

- Manuais de eletrrodomésticos e embalagens de lâmpadas
- Computador com acesso à Internet

Procedimento:

1. Elabore uma tabela com o número de lâmpadas/eletrrodomésticos usados em casa e respetiva potência.
2. Recolha informação sobre o valor mensal da fatura elétrica do agregado familiar na utilização de lâmpadas/eletrrodomésticos e o custo da eletricidade.
3. Elabore uma pesquisa na Internet com o intuito de reduzir o valor do consumo energético mensal na utilização lâmpadas/eletrrodomésticos, identificando aparelhos mais eficientes.
4. Determine a redução no valor mensal da fatura elétrica com a utilização de lâmpadas/eletrrodomésticos mais eficientes.

Pesquisa:

Hoje em dia, em condições excelentes de absorção de radiação solar, um grupo de painéis fotovoltaicos instalados numa casa pode fornecer uma potência de 1500 W. Pesquise a potência dos eletrrodomésticos mais vulgares e elabore uma lista de equipamentos que se podem ligar em simultâneo.

Questão resolvida

1. As lâmpadas de filamento incandescente, comparativamente com as lâmpadas fluorescentes compactas, são menos eficientes e têm uma vida útil inferior. Considere os dados da tabela e que o custo da eletricidade é de 0,12 \$/kW·h.

	INCANDESCENTE	FLUORESCENTE
potência (W)	100	23
tempo de vida (h)	1000	10000
preço de compra (\$)	2	12

Considere que se substitui uma lâmpada incandescente por uma fluorescente. Quanto dinheiro se poupa durante o tempo de vida desta lâmpada?

Resolução:

1. Em 10000 h, o custo total é o da compra das lâmpadas mais os da utilização de energia.

Incandescente: Energia utilizada = $E = P t = 100 \times 10000 = 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$

$$\text{Custo de utilização} = 10^3 \times 0,12 = \$120$$

$$\text{Custo da lâmpada} = 10 \times 2 = \$20$$

$$\text{Custo total} = \$140$$

Fluorescente: Energia utilizada = $E = P t = 23 \times 10000 = 0,23 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$

$$\text{Custo de utilização} = 0,23 \times 10^3 \times 0,12 = \$27,6$$

$$\text{Custo da lâmpada} = 1 \times 12 = \$12$$

$$\text{Custo total} = \$39,6$$

A poupança é de $140 - 39,6 = \$ 100,4$.

2. Quantos litros de gasolina se desperdiça num motociclo que consome 2 L por cada 100 km percorridos e cujo rendimento é de 20%, no trajeto de 122 km entre Díli e Baucau?

Resolução:

2. No trajeto entre Díli e Baucau, o motociclo vai necessitar de $1,22 \times 2 = 2,44 \text{ L}$ de gasolina. Como apenas $1/5$ da energia resultante da combustão da gasolina é útil, desperdiça-se 1,95 L de gasolina.

Atividade Prático-Laboratorial

APL C-1.1: Energia Cinética ao longo de um plano inclinado

Questão-problema: Como se relaciona a energia cinética do centro de massa de um veículo com a distância percorrida ao longo de uma rampa?

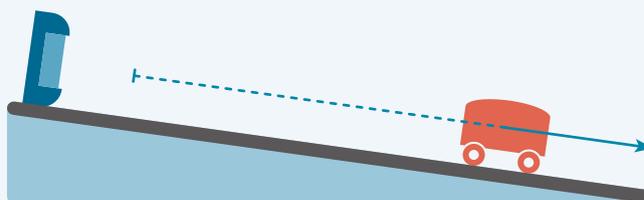
Objetivo: Obtenção da relação entre a energia cinética e a distância percorrida por um corpo que desce um plano inclinado.

Questões pré-laboratoriais:

1. Um veículo ligeiro parado no topo de uma rampa é destravado. Como se relaciona a energia cinética do centro de massa de um veículo com a distância percorrida ao longo de uma rampa? E se o veículo tivesse uma massa muito maior?
2. Que grandezas devemos medir para determinar a energia cinética do veículo?

Recursos:

- Sensor de movimento
- Computador
- Calha e carrinho
- Conjunto de massas



Procedimento:

1. Analise o modo de funcionamento do sensor de movimento, que mede a posição do carrinho ao longo da rampa.
2. Faça a montagem experimental e planifique o modo de realização da experiência.
3. Lance o carrinho para cima, sobre a calha, para garantir que a velocidade inicial do carrinho quando inicia a descida é zero. O programa determina a posição e calcula a velocidade e a aceleração do carrinho à medida que ele se move para baixo no plano inclinado e fornece os gráficos de posição, velocidade, aceleração e energia cinética em função do tempo, para além de energia cinética em função da distância percorrida.
4. Guarde os dados obtidos.
5. Proceda da mesma forma, alterando:
 - o ângulo de inclinação da rampa;
 - a massa do carrinho.

Questões pós-laboratoriais:

1. Obtenha os gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo.
2. Preveja as equações que se ajustam aos gráficos obtidos durante o movimento do carrinho.
3. Identifique as forças aplicadas sobre o carrinho.
4. Caracterize o movimento do carrinho.
5. Relacione a velocidade com a distância percorrida pelo carrinho.
6. Obtenha o gráfico de energia cinética em função do tempo.
7. Relacione o ângulo de inclinação da rampa e da massa do carrinho com o valor da energia cinética.
8. Obtenha o gráfico da energia cinética em função da distância percorrida.
9. Verifique que o melhor ajuste ao gráfico obtido é uma reta, isto é, existe uma dependência linear entre aquelas duas grandezas.
10. Compare os gráficos da energia cinética em função da distância percorrida, para diferentes ângulos de inclinação da rampa e massas do carrinho.

Atividade Prático-Laboratorial

APL C-1.2: Ressalto de uma bola

Questão-problema: A altura de queda de uma bola de basquete estará relacionada com a altura do primeiro ressalto?

Objetivo: Estudo da altura a que se deixa cair uma bola e sua relação com a altura atingida no primeiro ressalto.

Questões pré-laboratoriais:

1. Quando se deixa cair uma bola e ela tem uma certa elasticidade, ressalta até atingir uma determinada altura. A altura de ressalto será igual à altura de onde foi largada?
2. Bolas com diferente elasticidade atingirão a mesma altura após o primeiro ressalto? E com diferente massa? Qual a relação entre altura atingida e elasticidade das bolas?
3. Se desprezarmos a resistência do ar, que forças atuam sobre a bola:
 - 3.1. No movimento de queda.
 - 3.2. Durante o impacto com o solo.
 - 3.3. No movimento após o ressalto.
4. Caracterize o movimento da bola durante a queda e após o primeiro ressalto.
5. Preveja as equações que se ajustam aos gráficos obtidos durante o movimento de queda da bola.
6. Se desprezarmos a resistência do ar, haverá conservação de energia mecânica da bola durante o movimento de queda? E durante o impacto com o solo? E durante o movimento após o ressalto?
7. Que transformação de energia ocorre:
 - 7.1. No movimento de queda.
 - 7.2. Durante o impacto com o solo.
 - 7.3. No movimento após o ressalto.

Recursos:

- Sensor de movimento
- Computador
- Bolas com diferentes elasticidade e massa

Procedimento:

1. Analise o modo de funcionamento do sensor de movimento, que mede a posição da bola.
2. Faça a montagem experimental e planifique o modo de realização da experiência.
3. Deixe cair a bola e meça a altura atingida no primeiro ressalto. O programa determina a posição e calcula a velocidade e a aceleração da bola e fornece os gráficos de posição, velocidade, aceleração, energia cinética, energia potencial e energia mecânica em função do tempo.
4. Guarde os dados obtidos.
5. Proceda da mesma forma, alterando:
 - a bola (com massa e elasticidade diferentes);
 - a altura de que é largada a bola.

Questões pós-laboratoriais:

1. Obtenha os gráficos da posição, velocidade e aceleração em função do tempo, do movimento descrito por bolas distintas.
2. Identifique as forças aplicadas sobre a bola, enquanto esta se encontra no ar e quando colide com o solo.
3. Analise os gráficos identificando a altura inicial, a altura atingida após o primeiro ressalto, o valor da velocidade no instante antes e depois do impacto com o solo e o valor da aceleração da bola, enquanto esta se encontra no ar e em contacto com o solo.
4. Relacione a massa e elasticidade da bola com os valores obtidos.
5. A partir da aceleração média da bola, enquanto esta se encontra no ar, determine a resultante das forças aplicadas e interprete o valor, relacionando:
 - 5.1. As forças aplicadas sobre a bola.
 - 5.2. O valor da aceleração durante a queda e após o ressalto.
6. A partir da aceleração média da bola durante o impacto com o solo determine a resultante das forças aplicadas e interprete o valor das forças aplicadas sobre a bola durante o contacto.
7. Obtenha os gráficos de energia cinética, energia potencial e energia mecânica em função do tempo, do movimento descrito pela bola.
8. Compare o valor médio da energia mecânica durante a queda e ascensão da bola, e determine o valor da energia dissipada durante o impacto.
9. Relacione a massa e elasticidade da bola com os valores obtidos.
10. Determine o trabalho realizado pelas forças não conservativas, durante o impacto, sobre a bola.

Atividade Prático-Laboratorial

APL C-1.3: Rendimento de uma máquina elétrica

Questão-problema: Como aumentar o rendimento de uma máquina elétrica?

Objetivo: Elaboração de uma pesquisa orientada sobre como aumentar o rendimento de uma máquina elétrica.

Questões pré-laboratoriais:

1. Indique o que entende por energia dissipada e rendimento.
2. Que grandezas físicas podemos considerar para caracterizar a eficácia de uma máquina elétrica?

Recursos:

- Computador com acesso à Internet
- Manuais de apoio da máquina elétrica

Procedimento:

1. Selecione um equipamento elétrico tendo em conta a sua aplicação.
2. Elabore uma pesquisa e construa uma tabela com os valores típicos do rendimento da máquina elétrica e do motor elétrico acoplado.
3. Compare o rendimento da máquina elétrica e respetivo motor acoplado.

Questões pós-laboratoriais:

1. Comente a afirmação: “Para a implementação de medidas que visem aumentar a eficácia energética, não fazem sentido ações que foquem somente a substituição dos motores elétricos.”
2. Dê resposta à questão-problema.

Resumo

- Princípio da Conservação de Energia: a quantidade de energia que temos no final de um processo é sempre igual à quantidade de energia que temos no início desse mesmo processo.
- O trabalho de uma força constante é dado pela expressão: $W = F d \cos\theta$.
- O Teorema da energia cinética diz que: a variação da energia cinética de um corpo é igual ao trabalho da força resultante, $\Delta E_c = W_{F_R}$.
- A potência (P) é uma grandeza física que mede a rapidez com que se transfere energia entre sistemas.
- A potência de uma força que realiza trabalho W num intervalo de tempo Δt é: $P = \frac{W}{\Delta t}$.
- As forças dizem-se conservativas quando o trabalho realizado entre quaisquer dois pontos é sempre o mesmo, independentemente da trajetória seguida. No caso da trajetória ser fechada, o trabalho realizado por uma força conservativa é nulo.
- As forças dizem-se não conservativas quando o trabalho realizado por uma força entre quaisquer duas posições depende da trajetória seguida pelo corpo.
- A variação de energia potencial é igual ao simétrico do trabalho realizado pelas forças conservativas, $\Delta E_p = -W_{F_{conservativa}}$.
- A energia mecânica é igual a soma da energia cinética com a energia potencial, $E_m = E_p + E_c$.
- O trabalho realizado pelas forças não conservativas é igual à variação da energia mecânica, $\Delta E_m = W_{F_{n\tilde{a}o\ conservativas}}$.
- O rendimento define-se como a razão entre a energia útil (E_u) e a energia fornecida (E_f).

Questões para resolver

1. Um corpo de massa 50 kg desloca-se segundo uma trajetória retilínea de acordo com a equação $x = 5 + 2t + t^2$, no SI. Calcule:

1.1. O valor da aceleração do corpo.

1.2. O trabalho realizado pela força responsável pelo movimento, durante os primeiros 5 s.

2. No Aeroporto Internacional de Díli, um passageiro transporta a bagagem exercendo uma força de 100 N, num percurso de 10 m. Considerando que a força exercida sobre a bagagem forma um ângulo de 37° com o deslocamento do corpo, calcule o trabalho realizado pela força.



3. Uma grua eleva uma massa de 800 kg a uma altura de 20 m, em 10 s. Calcule a potência da grua. Use $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

4. O rendimento de uma máquina é de 65%. Considere que a potência dissipada é 300 W, determine:

4.1. A potência útil.

4.2. A potência total fornecida à máquina.

5. Um carrinho de massa 850 g é deixado deslizar do topo de uma calha como se ilustra na figura. Nessa posição, a energia potencial gravítica do carrinho é de 2000 J em relação ao solo. Considere $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ e que o atrito entre as superfícies de contacto é desprezável. Calcule:

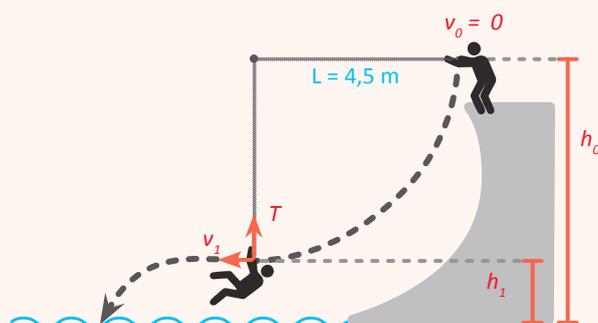
5.1. A altura de que é largado o carrinho.

5.2. A energia cinética do carrinho quando este atinge o solo.

5.3. A velocidade do carrinho quando este atinge o solo.



6. Um rapaz de 70 kg diverte-se numa lagoa: salta de um rochedo de uma altura de 5 m, preso a uma corda, para a água como se ilustra na figura.



6.1. Que forças atuam sobre o rapaz durante o movimento enquanto se encontra agarrado à corda, e quando entra em queda livre?

6.2. Calcule o trabalho realizado por cada uma das forças referidas anteriormente durante todo o movimento.

6.3. Calcule a variação da energia potencial gravítica do rapaz durante o salto.

6.4. Calcule o módulo da velocidade do rapaz no instante em que larga a corda, e quando atinge a água.

6.5. Comente a afirmação: "Se a massa do rapaz fosse diferente, o valor da velocidade com que entra na água seria o mesmo".

7. Determine o trabalho realizado por uma força para fazer variar a velocidade de um corpo de massa 650 g de $4,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a $8,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$?

8. Um carrinho está em movimento sobre uma montanha russa, como é ilustrado na figura. Calcule:

8.1. O módulo da velocidade do carrinho no ponto B.

8.2. A altura máxima, H, para que o carrinho consiga atingir o ponto D.

