

FORMAS DE ENERGIA

14

Gil da Costa Marques

MATERIAL COMPLEMENTAR

14.1 Introdução

14.1.1 A Energia intrínseca dos constituintes

14.1.2 Energia resulta das interações

14.2 A energia armazenada no espaço

14.3 A energia de ligação

14.4 Energia e as transformações

14.5 Energia proveniente dos átomos

14.6 A energia química

14.7 Energia hidroelétrica

14.8 Energia muscular

14.9 Energia nuclear

14.9.1 Fusão nuclear

14.9.2 Fissão nuclear

14.10 Energia solar

14.11 Calor

14.1 Introdução

No tópico sobre Energia, abordamos duas formas de energia: a energia cinética e a energia potencial. A primeira delas é uma forma de energia intrínseca à partícula. A outra está associada a interações. Discutiremos, a seguir, outras formas de energia. No entanto, todas as formas de energia podem ser agrupadas em duas formas básicas. Uma associada aos constituintes do sistema, e outra associada à interação entre eles.

À guisa de introdução ao tema, lembramos que a matéria e a radiação são compostos por constituintes aos quais nos referiremos, sem especificar sua natureza, como partículas elementares. À luz da constituição de tudo, podemos entender o conceito de energia a partir de uma perspectiva mais ampla. Para tal, devemos analisar três aspectos:

1. Os constituintes em movimento ou não são dotados de energia.
2. À interação entre eles devemos associar uma forma de energia.
3. A energia está também no espaço.

14.1.1 A Energia intrínseca dos constituintes

Tendo em vista a equivalência entre massa e energia, os constituintes dotados de massa representam uma forma de energia: a energia associada à massa. A energia, nesse caso, resulta da mera existência dos constituintes. O caso de partículas de massa zero será considerado a seguir. Essa seria uma forma de energia primeva, quando o Universo seria constituído tão somente de tais objetos.

No entanto, a massa não é a única forma de energia intrínseca dos objetos. Para entendermos isso, lembramos que, em geral, o estado de uma partícula no contexto quântico é especificado, também, por meio do seu estado de movimento. Assim, conquanto a massa seja uma propriedade intrínseca a uma partícula, a quantidade de movimento (\vec{p}) especifica o seu estado de movimento. Assim, podemos falar de duas formas de energia associadas às partículas: uma delas associada à massa e a outra ao seu estado de movimento.



Figura 14.1: Central nuclear. / Fonte: cortesia da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, Angra dos Reis

De acordo com a teoria da relatividade, a energia de uma partícula de massa m , dotada de um movimento linear, (\vec{p}), é dada pela expressão:

$$E = \sqrt{\vec{p}^2 c^2 + m^2 c^2} \quad 14.1$$

Assim, as duas formas de energia (massa e movimento) não são escritas como a soma das energias de cada uma delas, já que formam um bloco só. No entanto, como é pequena a quantidade de movimento, podemos escrever, de forma aproximada:

$$E \cong mc^2 + \frac{p^2}{2m} \quad 14.2$$

Essa expressão, que é a usual, envolvendo a soma das energias de repouso de uma partícula mais a sua energia cinética.

De forma a entendermos a relevância da energia de movimento, consideremos o caso de partículas de massa zero. Elas existem e o fóton é a mais conhecida delas. Partículas de massa zero têm apenas energia de movimento, uma vez que, de 14.1, temos:

$$E = pc \quad 14.3$$

As partículas constituintes de tudo podem ser dotadas de duas formas de energia: uma energia intrínseca e outra associada ao estado de movimento das partículas.

14.1.2 Energia resulta das interações

Além da energia intrínseca associada ao movimento e às massas, temos a energia de interação dos diversos constituintes da matéria. Cada constituinte interage com o campo gerado pelos demais constituintes.

Assim, às interações dos constituintes entre si devemos associar uma energia. Trata-se da energia de interação daqueles constituintes. À energia associada às interações damos o nome de energia de interação. Assim, a energia se constitui em uma propriedade importante, quer seja das partículas elementares quer seja dos objetos, como os átomos, por ela compostos. Os compostos resultam das interações entre elas. É nesse sentido que se justifica dizer que a energia, nas suas formas mais conhecidas, origina-se das partículas elementares e das suas interações.

14.2 A energia armazenada no espaço

A mera presença dos constituintes, independentemente do seu número, gera campos (gravitacionais, elétricos e magnéticos) que permeiam todo o espaço. A presença dos constituintes numa determinada região do espaço altera as propriedades dele. Dizemos que sua presença gera um campo que preenche todo o espaço. Isso acarreta a existência de energia armazenada no espaço. É a energia associada aos campos, uma forma de energia distribuída ao longo do espaço físico.

A energia eletromagnética, por exemplo, resulta de uma distribuição espacial dos campos eletromagnéticos gerados por constituintes dotados do atributo carga elétrica. Por ser distribuída no espaço, introduzimos o conceito de densidade de energia eletromagnética. A densidade de energia (U_E) do campo eletromagnético (\vec{E}) existente numa região do espaço, como aquela entre as placas de um capacitor, é dada pela expressão:

$$U_E = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} \quad 14.4$$

A densidade de energia magnética (U_M) associada à presença de um campo magnético (\vec{B}) numa região do espaço, como aquela de um solenoide, é dada por:

$$U_M = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad 14.5$$

Assim, a energia eletromagnética num volume V do espaço é dada pela integral:

$$E = \iiint_V d^3V (U_E + U_M) \quad 14.6$$

14.3 A energia de ligação

A interação entre os constituintes pode levar à aglomeração deles. As forças atrativas produzem aglomerados de constituintes com as mais diversas características.

Para separar os constituintes de um determinado aglomerado devemos despendar certa quantidade de energia. Denomina-se energia de ligação a esse valor da energia, seguido de um sinal menos, ou seja, a energia de ligação é negativa.

Tendo em vista a equivalência entre massa e energia, e levando em conta a energia de ligação, a massa de um objeto composto é, em geral, menor do que a massa dos seus constituintes. A esse fenômeno damos o nome de déficit de massa.



Figura 14.2: Espectro quantizado do hidrogênio.

O fato de a matéria e da radiação terem uma natureza dualística faz com que a energia de ligação seja uma grandeza quantizada, isto é, ela assume valores discretos. O nível de energia mais baixo é conhecido como o nível fundamental.

Muitas vezes temos um objeto com uma grande energia de ligação (o negativo dela, na realidade), que resulta do fato de termos um grande número de constituintes no sistema. Assim, muitas vezes, faz mais sentido definirmos a energia de ligação por constituinte, ou seja, dividirmos a energia de ligação (tomada com o sinal menos) pelo número $-N$ de constituintes.

$$E_N = -\frac{1}{N} E_{\text{ligação}}$$

14.7

A grandeza física E_N será designada como **energia de ligação por partícula**. O papel do sinal menos é o de introduzir uma grandeza positiva, que é de grande importância na análise da estabilidade de sistemas compostos e na possibilidade de usos práticos da energia desses objetos compostos. Os estados de um sistema com a maior energia de ligação por partícula são os mais estáveis. Eles são, por isso, denominados **estados fundamentais de um sistema composto**.

A tendência de todos os sistemas compostos é a de procurar a configuração mais estável possível. Essa configuração mais estável é o estado fundamental do sistema composto. Os objetos compostos com as maiores energias de ligação por partícula são, pela ordem:

- partículas compostas (compostas pelos quarks),
- núcleos (compostas por prótons e nêutrons),
- átomos (compostas pelos núcleos e elétrons) e
- moléculas (compostas por átomos).

14.4 Energia e as transformações

São muitas as transformações observadas, tanto no nosso pequeno mundo quanto no restante do Universo. Durante uma transformação, qualquer que seja ela, a energia do sistema (admitindo-se que ele não interaja com outro externo a ele) é constante. Assim, além da energia mecânica, todas as demais formas de energia são, como um todo, conservadas.

A energia é a mola motora das transformações. Desta forma, sistemas dotados de muita energia podem passar por diversas transformações. Aqueles dotados de pouca energia têm poucas possibilidades de se transformar ou de impor transformações a outros sistemas físicos. Nessa linguagem, energia é o poder que capacita os sistemas de imporem transformações aos outros ou de experimentá-las.



As interações levam a transformações do sistema. A energia é uma medida da capacidade dos sistemas físicos de implementar transformações.

Consideremos um sistema simples, como o átomo. Quando no seu estado de menor energia, o sistema é estável. Ele não pode passar, espontaneamente, por nenhuma outra transformação. Quando está em um dos seus estados excitados, pode passar por várias transformações.



Exemplos

- EXEMPLO 1:

A foto ilustra parte de um parque eólico que contém 75 aerogeradores de 2 MW cada, ou seja, cada um podendo converter, em cada intervalo de tempo igual a 1 s, 2 milhões de joules de energia cinética do vento em energia elétrica.

As torres que sustentam os aerogeradores têm 98 metros de altura e as pás, 35 metros de comprimento. Quando giram, valem uma área circular $S \cong 3.850 \text{ m}^2$. A velocidade escalar mínima do vento é de 2 m/s e a máxima, 28 m/s (acima desta velocidade as pás, por questão de segurança, deixam de girar).



Figura 14.3: Parque eólico / Fonte: Thinkstock

Considerando

- $v = 10 \text{ m/s}$ a velocidade do vento que atinge perpendicularmente o plano de rotação das pás,
- $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ a densidade volumétrica do ar,
- $S = 3.850 \text{ m}^2$ a área varrida pelas hélices em rotação

calcular a energia cinética que o vento pode disponibilizar, em cada segundo, para cada aerogerador.

→ RESOLUÇÃO:

A energia cinética de uma partícula de massa m e velocidade v é $E_c = mv^2/2$. A velocidade do vento, ou seja, a de cada partícula constituinte é $v = 10 \text{ m/s}$. Mas qual a massa do vento a ser considerada?

É a soma das massas de cada partícula que atinge as pás a todo instante. Considere, então, um “tubo imaginário” de vento de raio igual ao comprimento das pás, conforme esquematizado na **Figura 14.4** e, próximo às pás, um disco imaginário de espessura $\Delta x = v \cdot \Delta t$; o volume deste disco é $\Delta V = S \cdot \Delta x = S \cdot v \cdot \Delta t$; assim, a massa de ar contida neste volume é $\Delta m = \rho \cdot \Delta V$ (ρ = densidade do ar).

Substituindo-se ΔV tem-se que $\Delta m = \rho \cdot S \cdot v \cdot \Delta t$. Portanto, a energia cinética desta pequena massa de ar que a todo instante atinge as pás do aerogerador, é

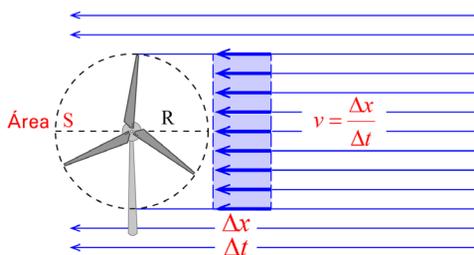


Figura 14.4: Ventos movimentam hélices colocando-as em rotação.

$$\Delta E_c = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (\Delta m) v^2 = \left(\frac{1}{2}\right) (\rho \cdot S \cdot \Delta t) \cdot v^2 = \left(\frac{1}{2}\right) (\rho \cdot S \cdot v^3) \cdot \Delta t$$

Portanto, dividindo-se ambos os lados da igualdade por “ Δt ” tem-se:

$$\frac{\Delta E_c}{\Delta t} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^3$$

Que representa a taxa de variação da energia cinética da massa de ar que atinge as pás do aerogerador. Substituindo-se os valores do SI:

$$\frac{\Delta E_c}{\Delta t} = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (1,25) \cdot (3.850) \cdot (10)^3 \cong 2.406 \times 10^3 \text{ J/s} = 2,4 \times 10^6 \text{ J/s}$$

Como $\text{J/s} = \text{watt (W)}$, a energia cinética (energia eólica) que o vento disponibiliza, por segundo, ao aerogerador é $2,4 \times 10^6 \text{ W} = 2,4 \text{ MW}$.

Uma face da moeda é a energia eólica disponível (proporcional a v^3) e a outra, é o seu aproveitamento em energia útil.

Existem duas situações extremas:

- 4^a o ar colide com o plano das pás giratória e pára. O aproveitamento é nulo, pois o ar parado não deixa outras camadas atingirem as pás e o sistema não funciona. O aproveitamento é nulo.
- 5^a o ar atravessa as pás sem sofrer queda em sua velocidade. O aproveitamento também é nulo.

Na realidade nem todo o vento confinado pelo tubo que se aproxima do aerogerador atravessa a área varrida pelas pás, parte é desviada antes da colisão e por outro lado, o ar que sai do outro lado das pás, tem certa velocidade. Isto significa que apenas parte da energia eólica disponível é utilizado para girar as pás do aerogerador. Estudos realizados indicam que apenas 30% a 40% da energia eólica disponível é utilizado mover o eixo do gerador acoplado às pás do aerogerador.

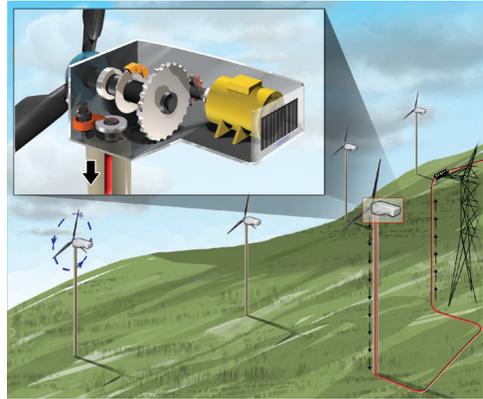


Figura 14.5: A energia cinética das pás pode ser utilizada para movimentar engrenagens.

• EXEMPLO 2

A **Figura 14.6** ilustra um bate-estaca em operação: o martelo de massa 1 tonelada é inicialmente erguido a 4 metros acima do topo da estaca. Uma vez solto, o martelo cai e atinge o topo da estaca. Descreva as transformações de energia até o martelo colidir com a estaca. Considere $g = 10 \text{ N/kg}$.

→ RESOLUÇÃO:

O martelo, em relação ao topo da estaca tem energia potencial

$$E_p = mgz = (1.000 \text{ kg})(10 \text{ N/kg})(4 \text{ m}) = 40 \text{ kJ}.$$

Conforme o martelo entra em queda livre (desprezando resistência do ar) a sua energia potencial gravitacional diminui e a sua energia cinética aumenta igualmente. Durante a queda $E_c + E_p = E = 40 \text{ kJ}$.

Ao colidir com o topo da estaca, a energia potencial da estaca é nula e a cinética é $E_c = 40 \text{ kJ}$. Parte desta energia transforma-se em trabalho (energia mecânica) responsável pela penetração da estaca no solo. Outra parte é transformada em outras formas de energia (energia térmica, sonora, por exemplo).



Figura 14.6: Um bate estaca converte energia potencial em energia cinética e essa pode ser facilmente utilizada. / Fonte: Adaptado de Thinkstock

○○○○

14.5 Energia proveniente dos átomos

No caso do átomo, a busca pelo estado estável – o estado fundamental – implica que, estando num estado excitado, ele procurará efetuar transições para estados de energia de ligação cada vez menores. O átomo efetuará transições



Figura 14.7: Energia do átomo é proveniente da transição de níveis de energia do elétron.

dando saltos. O elétron passará de um estado de maior energia (E_1) para um estado de menor energia (E_2). Nesse processo de transição, o elétron emitirá um fóton.

Esse fóton terá uma energia igual à diferença das energias dos dois estados. Assim, a frequência (ν) do fóton emitido será dada por:

$$h\nu = E_1 - E_2$$

14.8

Muitos átomos emitem muitos fótons. Esses fótons compoem a radiação eletromagnética. A radiação eletromagnética preencherá todo o espaço. Essa energia, associada à presença de fótons, numa dada região, é a energia eletromagnética armazenada na mesma.

14.6 A energia química

O resultado da aglomeração de alguns átomos é a formação de moléculas. À energia de ligação das moléculas damos o nome de energia química. A energia química é uma energia de origem eletromagnética, uma vez que, de uma forma ou de outra, as interações eletromagnéticas são as responsáveis pela constituição das moléculas.

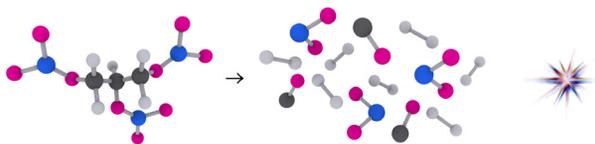
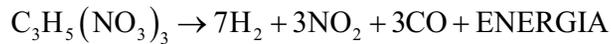


Figura 14.8: Energia química: resultado de reações químicas.

Em geral, o termo se refere a ligações covalentes de átomos.

Durante uma reação química pode-se ter a liberação dessa forma de energia. Estas reações são a grande fonte de energia para os seres vivos e, em particular, para o homem.

A trinitroglicerina é uma molécula altamente instável e ela libera energia ao se decompor em várias moléculas gasosas de acordo com a reação:



14.9

14.7 Energia hidroelétrica

Numa usina hidroelétrica a energia potencial da água armazenada na represa é utilizada para girar turbinas que geram energia elétrica. Assim, numa usina como a de Itaipu, temos a transformação de uma forma de energia em outra. Nesse caso, convertemos a energia potencial gravitacional em energia cinética da água a qual impulsiona as hélices de uma turbina gerando, assim, energia elétrica. O termo hidroelétrica se refere, portanto, à obtenção de energia elétrica a partir da energia potencial da água represada.

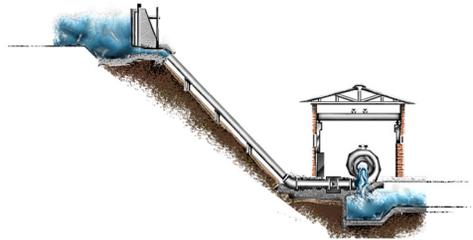


Figura 14.9: Esquema de uma usina hidroelétrica.

14.8 Energia muscular

A energia muscular resulta da transformação das substâncias armazenadas no organismo humano. O açúcar, ou a gordura, é queimado para fornecer energia aos músculos, causando a contração de alguns e a distensão de outros sob o comando do cérebro, possibilitando, com isso, que o corpo consiga realizar os mais diferentes esforços físicos. “Queimar” essa gordura é um termo que se refere a um processo de transformação no organismo induzida pelo dispêndio de uma forma de energia.



Figura 14.10: Esforço físico exige energia muscular.

14.9 Energia nuclear

Existem duas formas de se conseguir extrair energia de natureza nuclear. A primeira é de origem eletromagnética. A energia de ligação do núcleo é quantizada e ele poderá efetuar transições para níveis de menor energia. Emitirá, no entanto, fótons de grande energia, uma vez que a energia de ligação é maior do que a energia de ligação dos elétrons ao núcleo. A radiação associada a esses fótons tem o nome de radiação gama (γ), como vimos na seção anterior.

A outra forma de energia nuclear pode ser entendida a partir do gráfico da energia de ligação dos núcleos por unidade de núcleons (a soma de prótons e nêutrons). Até o elemento ferro, a energia de ligação por núcleon cresce.

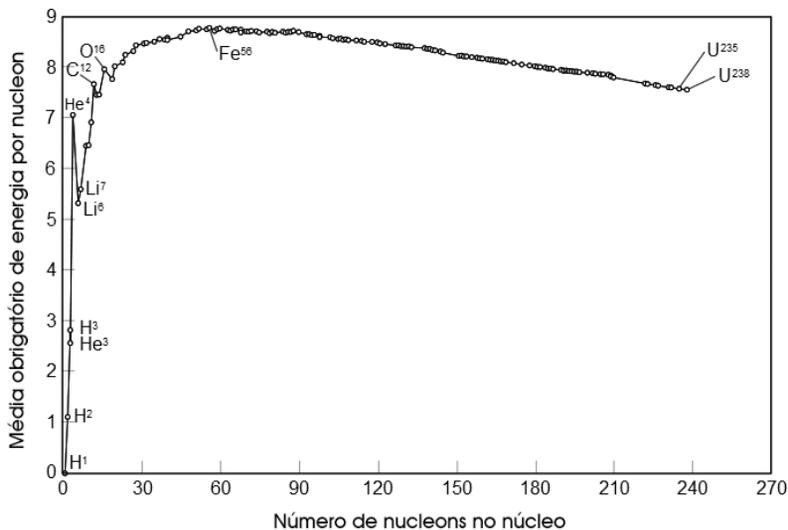


Figura 14.11: Energia de ligação por núcleons dos diversos núcleos.

A partir daí, essa energia decresce. As conclusões a serem extraídas desse gráfico são as seguintes:

- O núcleo de ferro é o mais estável da tabela periódica. Dentre todos os elementos, ele é o que tem a maior energia de ligação por partícula.
- A fusão de dois elementos leves que contêm poucos núcleos é um processo que libera energia.
- A fissão de um elemento pesado, produzindo elementos com um número menor de prótons e nêutrons, é um processo que também leva à liberação de energia. A quantidade dessa energia pode atingir grandes proporções se o processo puder ser multiplicado. Nem todo processo de fissão leva à multiplicação de quebras.

14.9.1 Fusão nuclear

Podemos obter novos núcleos, com um número maior de prótons e nêutrons, fundindo núcleos menores. Esse processo é viável, especialmente quando os núcleos a serem fundidos têm poucos prótons.

Esse processo de fusão requer, no entanto, um ambiente adequado, pois o processo de aproximação de dois núcleos exige uma quantidade apreciável de energia. Essa energia, usualmente sob a forma de energia cinética, é necessária para compensar a tendência natural de repulsão dos núcleos como resultado da interação das cargas de idêntico sinal desses núcleos.

No interior das estrelas, o ambiente é tão quente que o aquecimento provê a energia de aproximação.

Ao suplantarmos o efeito repulsivo das forças eletromagnéticas e aproximarmos os prótons e nêutrons, eles experimentam, a curtas distâncias, o efeito da força forte, que é bastante agregadora.

Esse aspecto atrativo da força forte é responsável pela geração de um novo núcleo a partir de dois outros.

Uma vez iniciado, a partir do calor, o processo de fusão acaba sendo autossustentável, já que libera energia. Constitui-se assim, como ocorre no Sol, numa fonte de energia quase inesgotável, além de limpa e sem rejeitos radioativos.

O problema da geração de energia através desse processo consiste em produzir o ambiente de altíssimas temperaturas, requeridas para iniciar o processo, e a sua manutenção de forma estável.



Figura 14.12: Fotossíntese é o processo mediante o qual as plantas aproveitam a energia solar. / Fonte: Thinkstock

14.9.2 Fissão nuclear

Os núcleos grandes podem ser fissionados produzindo, em seu lugar, dois novos núcleos menores.

Para se atingir a fissão, mister se faz que o núcleo a ser fissionado seja bombardeado por partículas neutras, uma vez que tais partículas não são repelidas pelo núcleo. Assim, a maneira prática de fissionarmos um núcleo é por meio do bombardeio desse núcleo com radiação composta por nêutrons.

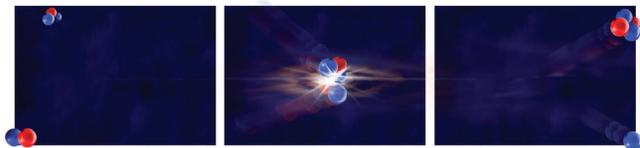


Figura 14.13: A fusão ocorre quando aproximamos núcleos leves, como hidrogênio e hélio.

A cada fracionamento existe a liberação de energia. Podemos, assim, tirar vantagem desses ganhos de energia durante o processo de fissão. Essa é a base científica para a transformação da energia nuclear em energia elétrica ou ainda, para a utilização do processo de fissão na construção de aparatos bélicos.

A divisão do núcleo em dois outros nem sempre representa uma grande vantagem do ponto de vista do aproveitamento energético. O que denominamos vantagem é a possibilidade de transformar o processo em um processo autossustentável e, preferencialmente, controlável. Em alguns casos é possível atingir escalas de fracionamento cada vez maiores, resultando num grande ganho de energia, quase que instantâneo. No primeiro caso, o controlável, estamos falando de um reator. No segundo caso, de um artefato nuclear (uma bomba atômica).

O tipo de divisão de um núcleo que interessa para efeitos práticos é aquele que multiplica, a cada fracionamento, o número de nêutrons ejetados.

A fissão do urânio-235 é um exemplo típico de multiplicação de nêutrons. A divisão desse isótopo de urânio mediante a utilização de um nêutron leva à produção, no estágio final de dois ou três novos nêutrons. Esses novos nêutrons estão agora prontos para induzir mais quebras de núcleos. A esse processo damos o nome de reação em cadeia.

Se uma reação em cadeia não for controlada, então, se a quantidade de núcleos disponíveis superar a massa crítica, essa massa de urânio se transforma numa bomba atômica.

Se uma reação em cadeia for, de alguma forma controlada, podemos fazer uso da energia gerada. Nesse caso, falamos do uso pacífico da energia nuclear.

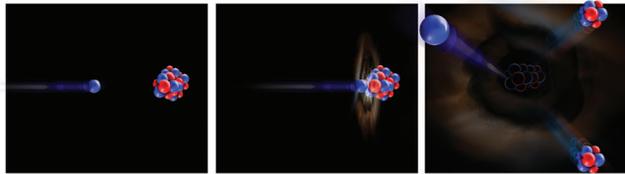


Figura 14.15: O fenômeno da fissão é aquela de interesse para a geração de energia. Consiste na quebra de um núcleo, mediante seu bombardeio, de forma a gerar muitos nêutrons.

14.10 Energia solar

As estrelas geram muita energia e muitas partículas. O Sol é uma estrela que emite muita energia proveniente de reações nucleares de fusão. Devido à sua temperatura extremamente alta, em superfície é da ordem de 6000 K, a matéria solar é constituída de plasma, que é

formado por núcleos e elétrons separados e não por átomos. A reação que ocorre na matéria solar é de fusão dos núcleos, isto é, junção dos núcleos, que libera muita energia eletromagnética e também muitas partículas, os raios cósmicos.

Uma parte da energia solar é absorvida pelas plantas para sintetizar açúcares a partir de gás carbônico e de água. Esses açúcares são utilizados pelas plantas para produzir flores, frutos, folhas e raízes, fontes de alimentação de animais e homens. Na fotossíntese é produzido ainda oxigênio, purificando, assim, o ar que respiramos.

No processo de fotossíntese, que se dá nas folhas das plantas, há a absorção das partes correspondentes à luz vermelha e à luz violeta da luz branca do Sol, daí resulta que enxergamos as folhas verdes.

Algumas residências são dotadas de coletores solares planos instalados nos telhados, para o aquecimento parcial da água. Existem também coletores solares côncavos, que fazem a concentração dos raios solares, gerando energia térmica utilizável de diversas maneiras.

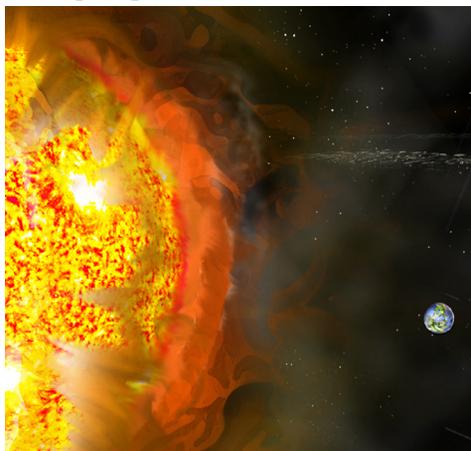


Figura 14.16: Energia solar se refere à emissão pelo sol de radiação eletromagnética, composta por partículas de massa zero denominadas fótons, e de outras partículas.

14.11 Calor

Sistemas físicos são compostos por átomos que eles interagem entre si ou com átomos de outro sistema por meio de processos físicos, cuja natureza é essencialmente eletromagnética. Tais processos físicos propiciam ou intermedeiam a interação desse sistema com outro. Num processo interativo, sempre ocorre a troca de energia entre os dois sistemas. Digamos que um sistema forneça uma quantidade de energia a outro. Ao aproveitar parte dessa energia fornecida, este último experimenta uma variação de energia. A essa variação de energia, e desde que não haja nenhum trabalho, denominamos calor.

Quando a energia do sistema aumenta, dizemos que o sistema absorveu uma quantidade de calor. Se o sistema cedeu uma quantidade de calor, essa quantidade será representada por um valor negativo.

A energia acrescentada ao sistema, que denominamos calor, produz dois efeitos correlacionados. O primeiro deles é o aumento da energia cinética dos constituintes. Os átomos ou

moléculas se agitam com maior intensidade. Isto é, aumentam suas velocidades. Além disso, eles se deslocam com uma amplitude maior em torno das suas posições de equilíbrio. A essa agitação resultante do calor absorvido damos o nome de agitação térmica.

Assim, calor é uma forma de energia. Trata-se de energia em trânsito. Ou seja, energia que é transferida de um sistema a outro. Para entendermos isso, analisemos o caso em que transferimos para um sistema (ou seja, disponibilizamos para ele), certa quantidade de energia. Isso pode ser conseguido, por exemplo, colocando-o em contato com a luz proveniente do Sol.

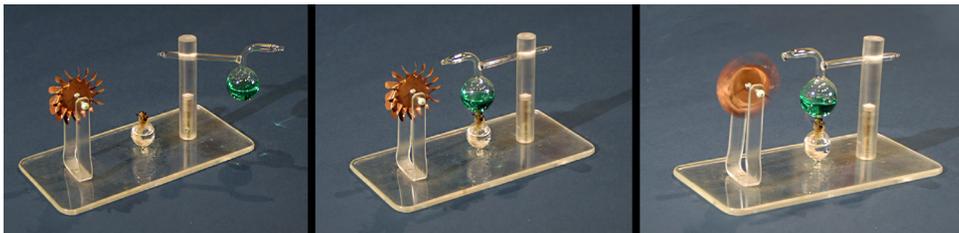


Figura 14.17: Vapor pode ser utilizado para colocar hélices em movimento de rotação.



Agora é sua vez...

Acesse o Ambiente Virtual de Aprendizagem e realize a(s) atividade(s) proposta(s).