

---

## Equivalência de massa-energia

---

### EXERCÍCIOS

---

- Um jogador de futebol bate um tiro de meta gastando 50 J para isso. Sabendo que a matéria possui 1g, quantos tiros de meta consegue realizar com a energia dessa matéria?  
Dados: A velocidade da luz é  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.
  - $18 \cdot 10^{11}$ .
  - $18 \cdot 10^{12}$ .
  - $18 \cdot 10^{13}$ .
  - $18 \cdot 10^{14}$ .
  - $18 \cdot 10^{15}$ .
- Uma pequena usina de fissão nuclear utiliza  $^{235}\text{U}$  (isótopo de urânio com número de massa  $A = 235$ ) como combustível. O processo de fissão (ou quebra) de cada átomo de  $^{235}\text{U}$  libera cerca de 200 MeV de energia ( $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$ ;  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ). Um mol de átomos de  $^{235}\text{U}$  tem massa  $M = 235 \text{ g}$ . Suponha que essa usina apresente uma eficiência de 50% no processo de converter energia nuclear em energia elétrica e que um de seus clientes é uma fábrica que necessita, por mês, de  $2 \cdot 10^6 \text{ kWh}$  de energia. A massa de urânio que a usina tem de processar para atender o seu cliente é, em gramas:
  - 940.
  - 705.
  - 470.
  - 176.
  - 118.
- Segundo uma obra de ficção, o Centro Europeu de Pesquisas Nucleares, CERN, teria recentemente produzido vários gramas de antimatéria. Sabe-se que, na reação de antimatéria com igual quantidade de matéria normal, a massa total  $m$  é transformada em energia  $E$ , de acordo com a equação  $E = mc^2$ , onde  $c$  é a velocidade da luz no vácuo.
  - Com base nessas informações, quantos joules de energia seriam produzidos pela reação 1g de antimatéria com 1 g de matéria?
  - Supondo que a reação matéria-antimatéria ocorra numa fração de segundo (explosão), a quantas **"Little Boy"** (a bomba nuclear lançada em Hiroshima, em 6 de agosto de 1945) corresponde a energia produzida nas condições do item a)?

NOTE E ADOTE:

$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$ .

A explosão de "Little Boy" produziu  $60 \times 10^{12} \text{ J}$  (15 quilotons).

$1 \text{ mês} \approx 2,5 \times 10^6 \text{ s}$ . velocidade da luz no vácuo,  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

4. As forças gravitacionais promovem fascinantes manifestações no Universo, desde a formação estelar até o movimento mais complexo de galáxias inteiras. Ao longo de bilhões de anos, a assimetria da distribuição de massa no espaço fez tais forças transformarem nuvens de hidrogênio do início do Universo em grandes corpos estelares. Nestes, a grande força gravitacional dos seus núcleos promove inúmeras colisões e reações de fusão nuclear, liberando energia. No interior do Sol, os átomos de hidrogênio estão em agitação constante, colidindo em velocidades tão elevadas que a repulsão eletrostática natural, a qual existe entre as cargas positivas de seus núcleos, é vencida, e a fusão nuclear pode ocorrer. A energia liberada por essas colisões no núcleo do Sol mantém o planeta Terra em condições de abrigar vida e permitir o seu desenvolvimento.
- Determine a diferença de massa gerada no núcleo de uma estrela semelhante ao Sol, em que quatro núcleos de hidrogênio se combinam para formar um núcleo de hélio.
  - Qual a potência gerada sabendo que as fusões ocorrem a uma taxa de fusão de  $10^{38}$  fusões por segundo.

Dados:

Massa do núcleo de hidrogênio =  $1,67 \times 10^{-27}$  kg.

Massa do núcleo de hélio =  $6,65 \times 10^{-27}$  kg.

Velocidade de luz no vácuo:  $c = 3,00 \cdot 10^8$  m/s.

## GABARITO

### Exercícios

1. a

Convertendo a massa da matéria para a unidade no SI:  $1g = 1.10^{-3} kg$ .

Utilizando a expressão da equivalência entre massa ( $m$ ) e energia ( $E$ ), temos:

$$E = mc^2$$

$$E = 1.10^{-3} \cdot (3.10^8)^2 = 9.10^{13} J.$$

Agora, fazendo uma regra de três simples, temos que:

$$\frac{50 J}{9.10^{13} J} = \frac{1 \text{ tiro de meta.}}{n}$$

$$n = 18.10^{11} \text{ tiros de meta.}$$

2. d

Temos as seguintes relações:

- 1 átomo para 200 MeV. Mas a usina opera com metade, ou seja, 100 MeV, que equivalem a  $1,6.10^{-11} J$ .
- 1 mol possui  $6,02.10^{23}$  átomos que equivalem a  $9,632.10^{12} J$ .
- 1 kWh é igual a  $3,6.10^6 J$ .

Assim, a energia utilizada de  $2.10^6 kWh$ , será  $7,2.10^{12} J$ .

Fazendo uma regra de três simples:

$$\frac{9,632.10^{12} J}{7,2.10^{12} J} = \frac{235 \text{ gramas}}{m}$$

$$m \approx 176 \text{ gramas.}$$

3.

Dados:

$$m = 2 g = 2 \times 10^{-3} kg; E_{LB} = 60 \times 10^{12} J = 6 \times 10^{13} J; c = 3 \times 10^8 m/s; 1 \text{ mês} = 2,5 \times 10^6 s.$$

$$a) E = mc^2 = 2 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2 = 2 \times 10^{-3} \times 9 \times 10^{16} \Rightarrow$$

$$E = 1,8 \times 10^{14} J.$$

b) Sendo  $n$  a quantidade de bombas "Little Boy", temos:

$$n = \frac{E}{E_{LB}} = \frac{1,8 \times 10^{14}}{6 \times 10^{13}} \Rightarrow$$

$$n = 3 \text{ (Little Boys).}$$

4.

a) 4 núcleos de hidrogênio de combinando para formar um núcleo de hélio:

$$4.1,67.10^{-27} kg = 6,68.10^{-27} kg.$$

A diferença de massa  $\Delta m$  será:

$$\Delta m = (6,68 - 6,65)10^{-27} kg = 0,03.10^{-27} kg.$$

- b) A energia  $E$  que é dissipada através da diferença entre a massa do núcleo de hidrogênio e a massa do núcleo de hélio:

$$E = \Delta mc^2$$

$$E = 0,03 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2$$

$$E = 0,27 \cdot 10^{-11} \text{ J.}$$

Mas em  $10^{38}$  s teremos uma energia total  $E_T$  de

$$E_T = 0,27 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{38} = 2,7 \cdot 10^{26} \text{ J.}$$

Então, nossa potência  $P$  será uma taxa da energia total a cada segundo, isto é,

$$P = \frac{E_T}{\Delta t} = \frac{2,7 \cdot 10^{26} \text{ J}}{1 \text{ s}} = 2,7 \cdot 10^{26} \text{ W.}$$