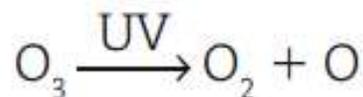


Aula 10 – Trabalho e energia 03

- SL 10 – Teoria
- SL 14 - Exercícios

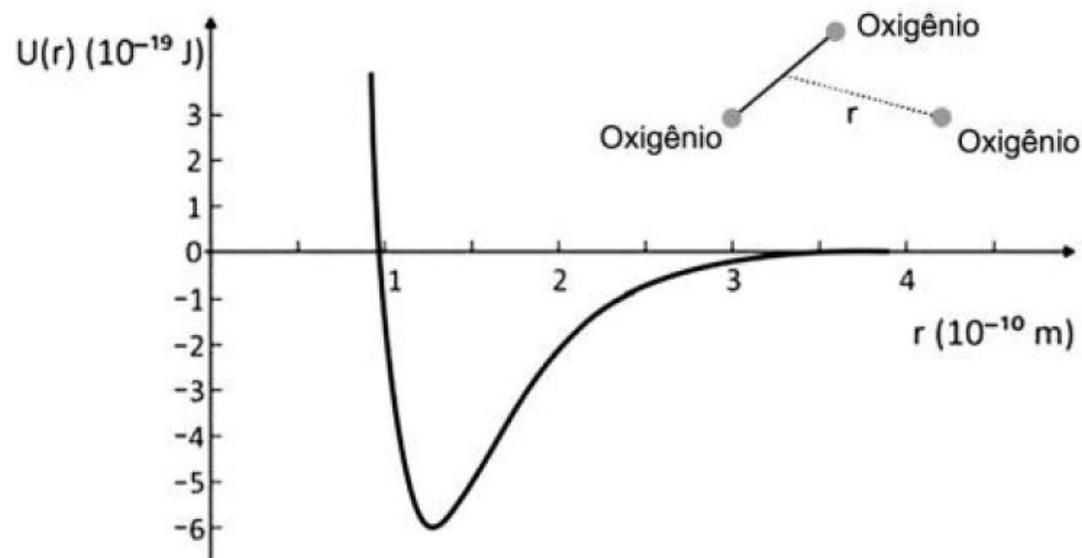
Apresentação e demais documentos: fisicasp.com.br

1. (Fuvest-SP – Adaptada) Na estratosfera, há um ciclo constante de criação e destruição do ozônio. A equação que representa a destruição do ozônio pela ação da luz ultravioleta solar (UV) é



Note e adote:

- $E = hf$
- E é a energia do fóton.
- f é a frequência da luz.
- Constante de Planck, $h = 6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
- A energia potencial $U(r)$ quando a molécula quebra é zero.



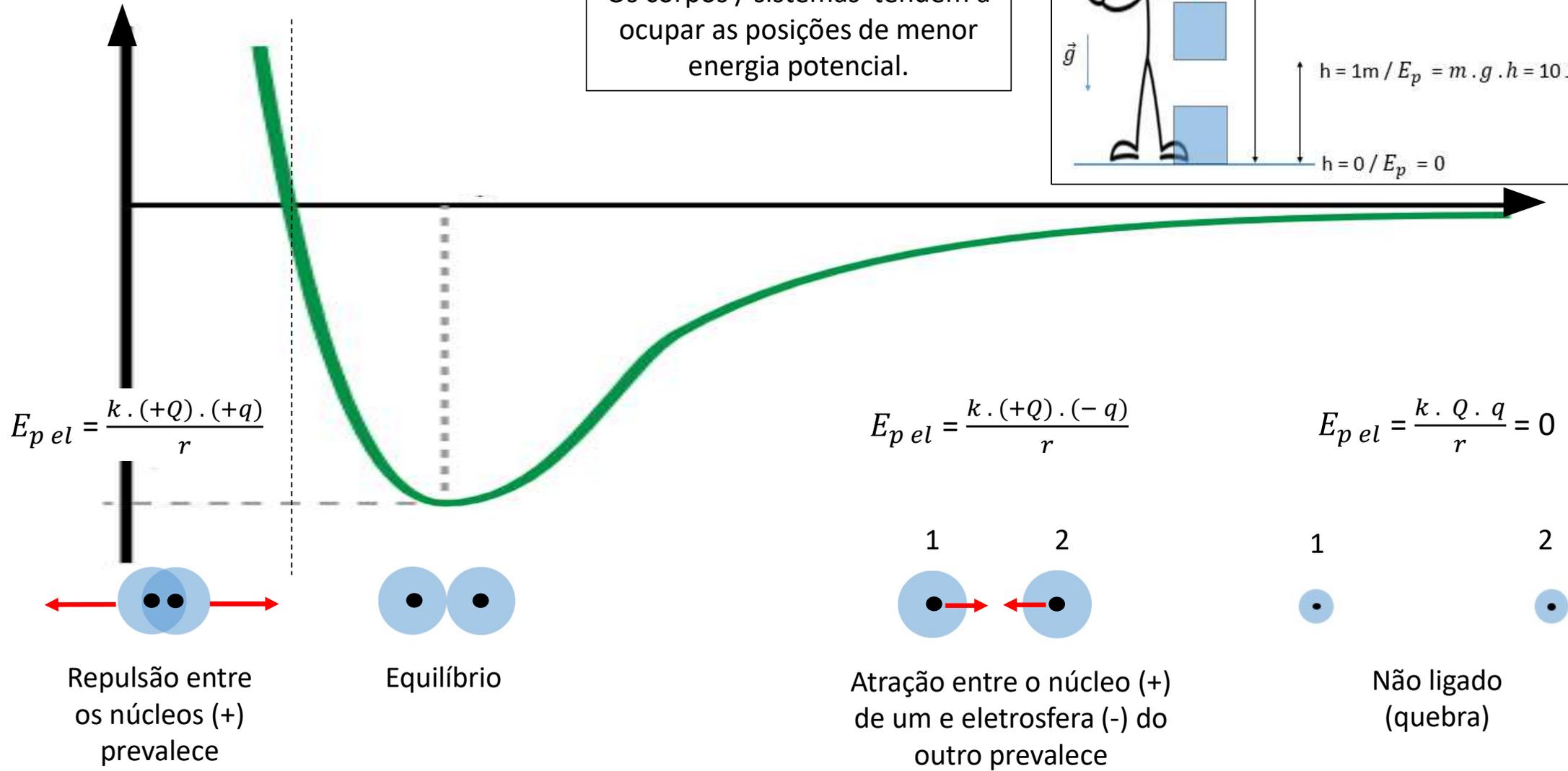
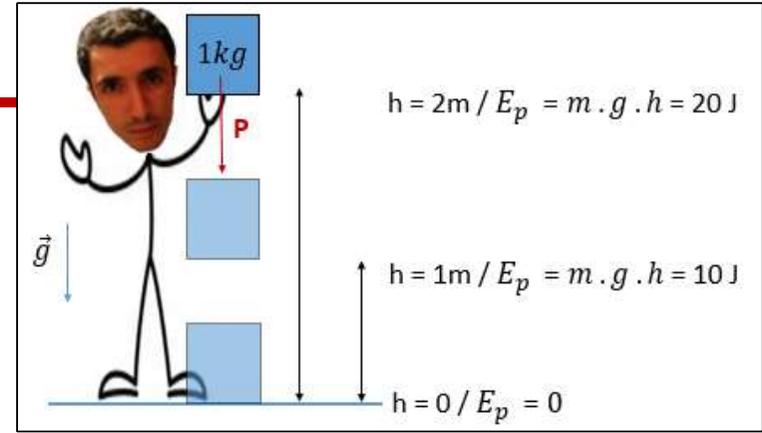
O gráfico representa a energia potencial de ligação entre um dos átomos de oxigênio que constitui a molécula de O_3 e os outros dois, como função da distância de separação r .

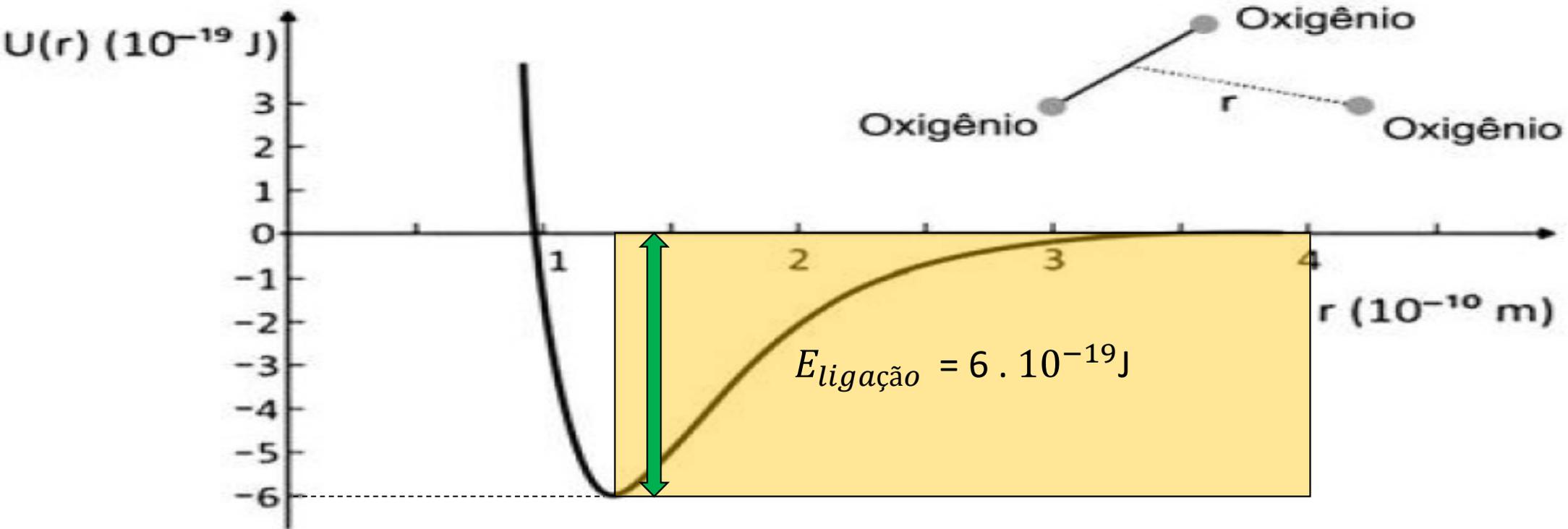
A frequência dos fótons da luz ultravioleta que corresponde à energia de quebra de uma ligação da molécula de ozônio para formar uma molécula de O_2 e um átomo de oxigênio é, aproximadamente,

- a) $1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ b) $2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ c) $3 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ d) $4 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ e) $5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

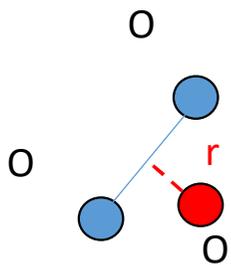
Energia de ligação da molécula de H_2

Os corpos / sistemas tendem a ocupar as posições de menor energia potencial.

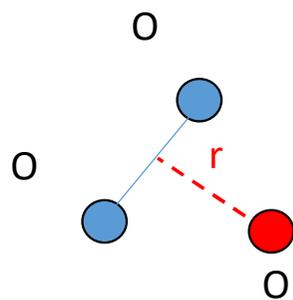




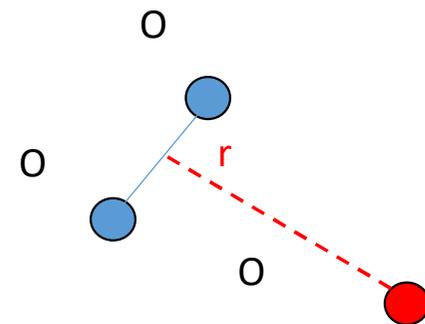
$$E_p = \frac{k \cdot Q \cdot q}{r}$$

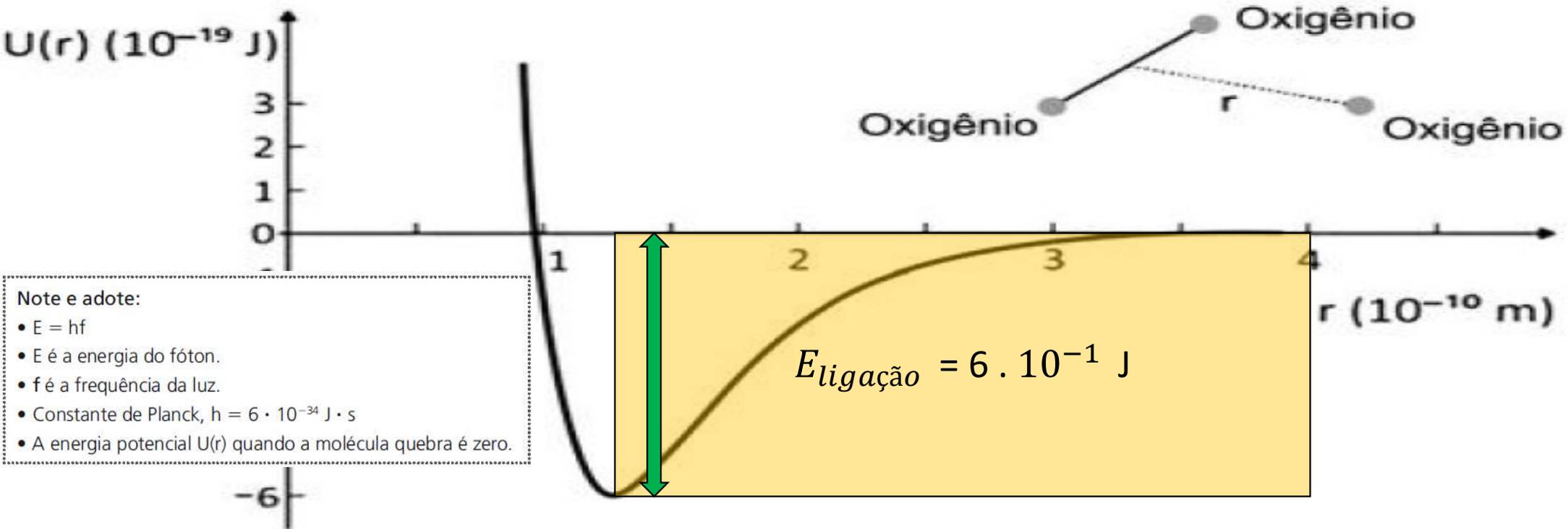


$$E_p = \frac{k \cdot Q \cdot q}{r}$$



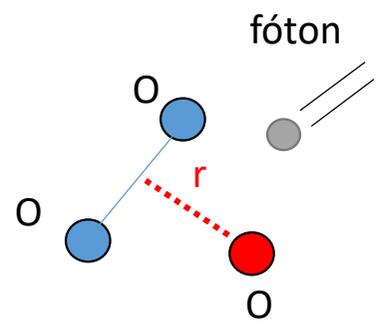
$$E_p = \frac{k \cdot Q \cdot q}{r} \cong 0$$



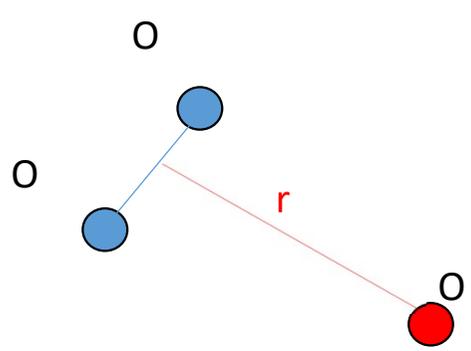


- Note e adote:
- $E = hf$
 - E é a energia do fóton.
 - f é a frequência da luz.
 - Constante de Planck, $h = 6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
 - A energia potencial $U(r)$ quando a molécula quebra é zero.

Antes



Depois



$$E_{\text{fóton}} = E_{\text{ligação}}$$

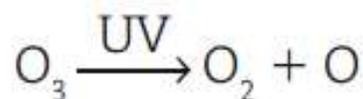
$$E_{\text{fóton}} = 6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$h \cdot f = 6 \cdot 10^{-19}$$

~~$$6 \cdot 10^{-34} \cdot f = 6 \cdot 10^{-1}$$~~

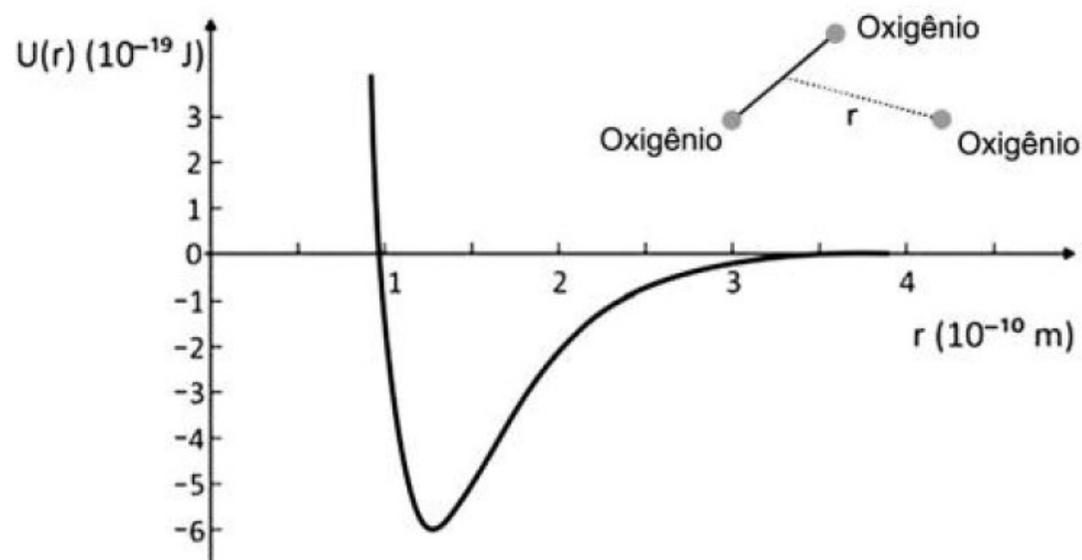
$$f = \frac{10^{-19}}{10^{-34}} = 10^{15} \text{ Hz}$$

1. (Fuvest-SP – Adaptada) Na estratosfera, há um ciclo constante de criação e destruição do ozônio. A equação que representa a destruição do ozônio pela ação da luz ultravioleta solar (UV) é



Note e adote:

- $E = hf$
- E é a energia do fóton.
- f é a frequência da luz.
- Constante de Planck, $h = 6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
- A energia potencial $U(r)$ quando a molécula quebra é zero.



O gráfico representa a energia potencial de ligação entre um dos átomos de oxigênio que constitui a molécula de O_3 e os outros dois, como função da distância de separação r .

A frequência dos fótons da luz ultravioleta que corresponde à energia de quebra de uma ligação da molécula de ozônio para formar uma molécula de O_2 e um átomo de oxigênio é, aproximadamente,

a) $1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

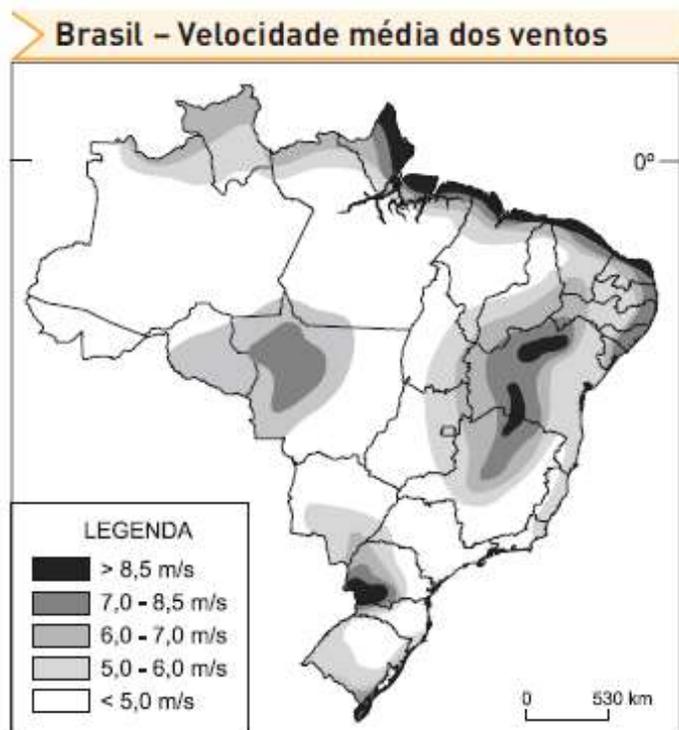
b) $2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

c) $3 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

d) $4 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

e) $5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

2. (Fuvest-SP) A escolha do local para instalação de parques eólicos depende, dentre outros fatores, da velocidade média dos ventos que sopram na região. Examine este mapa das diferentes velocidades médias de ventos no Brasil e, em seguida, o gráfico da potência fornecida por um aerogerador em função da velocidade do vento.



Centro Brasileiro de Energia Eólica, 1998.



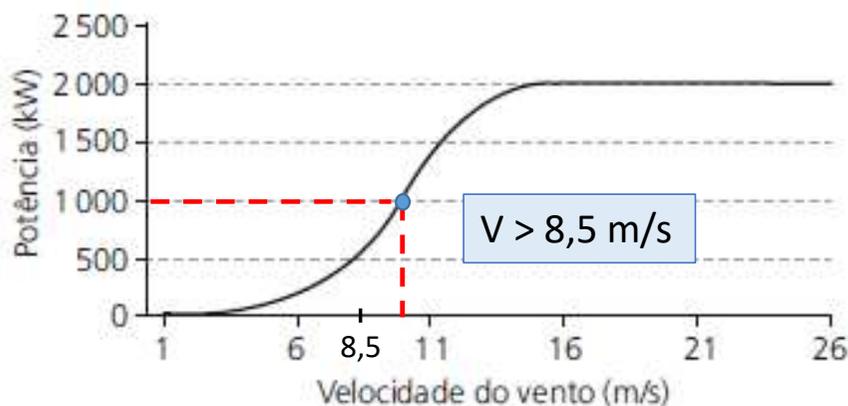
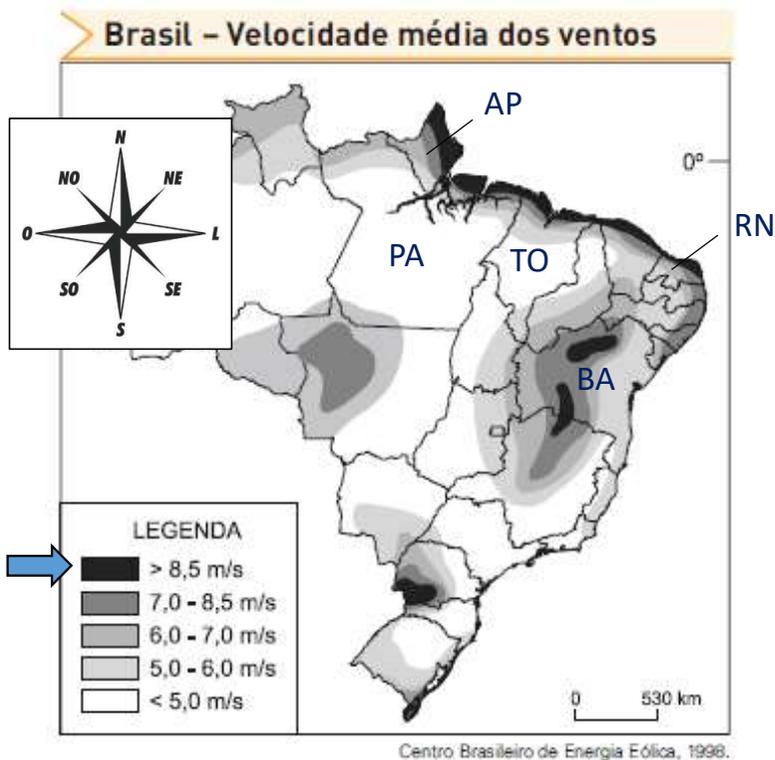
Note e adote:

- 1 GW = 10^9 W
- 1 ano = 8800 horas

De acordo com as informações fornecidas, esse aerogerador poderia produzir, em um ano, 8,8 GWh de energia, se fosse instalado no

- a) noroeste do Pará.
- b) nordeste do Amapá.
- c) sudoeste do Rio Grande do Norte.
- d) sudeste do Tocantins.
- e) leste da Bahia.

2. (Fuvest-SP) A escolha do local para instalação de parques eólicos depende, dentre outros fatores, da velocidade média dos ventos que sopram na região. Examine este mapa das diferentes velocidades médias de ventos no Brasil e, em seguida, o gráfico da potência fornecida por um aerogerador em função da velocidade do vento.



Note e adote:
 • 1 GW = 10^9 W
 • 1 ano = 8800 horas

$$P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{8,8 \text{ GWh}}{8800 \text{ h}} = 0,001 \text{ GW} = 000,1 \cdot 10^9 \text{ W} = 10^6 \text{ W} = 1000 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$P = 1000. \text{ kW}$$

De acordo com as informações fornecidas, esse aerogerador poderia produzir, em um ano, 8,8 GWh de energia, se fosse instalado no

- a) noroeste do Pará.
- b) nordeste do Amapá.
- c) sudoeste do Rio Grande do Norte.
- d) sudeste do Tocantins.
- e) leste da Bahia.

3. (Enem)

A usina de Itaipu é uma das maiores hidrelétricas do mundo em geração de energia. Com 20 unidades geradoras e 14000 MW de potência total instalada, apresenta uma queda de 118,4 m e vazão nominal de 690 m³/s por unidade geradora. O cálculo da potência teórica leva em conta a altura da massa de água represada pela barragem, a gravidade local (10 m/s²) e a densidade da água (1 000 kg/m³). A diferença entre a potência teórica e a instalada é a potência não aproveitada.

Disponível em: www.itaipu.gov.br. Acesso em: 11 maio 2013. (Adaptado.)

Qual é a potência, em MW, não aproveitada em cada unidade geradora de Itaipu?

- a) 0 b) 1,18 e c) 116,96 d) 816,96 e) 13 183,04

3. (Enem)

A usina de Itaipu é uma das maiores hidrelétricas do mundo em geração de energia. **Com 20 unidades geradoras** e **14000 MW** de potência total instalada, apresenta uma **queda de 118,4 m** e **vazão nominal** de 690 m³/s por unidade geradora. O cálculo da potência teórica leva em conta a altura da massa de água represada pela barragem, a **gravidade local (10 m/s²)** e a **densidade da água (1 000 kg/m³)**. A diferença entre a potência teórica e a instalada é a potência não aproveitada.

Qual é a potência, em MW, não aproveitada em cada unidade geradora de Itaipu?

- a) 0 b) 1,18 **c) 116,96** d) 816,96 e) 13 183,04

Para uma unidade

$$P_{instalada} = \frac{14000}{20} = 700 \text{ MW}$$

Para $\Delta t = 1\text{s}$

$m = 690\,000 \text{ kg}$

$h = 118,4 \text{ m}$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

$$P_{teórica} = \frac{E}{\Delta t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{\Delta t} = \frac{690\,000 \cdot 10 \cdot 118,4}{1}$$

$$P_{teórica} = 816\,960\,000 \text{ W} = 816,96 \cdot 10^6 \text{ W} = 816,96 \text{ MW}$$

Energia
pot grav



Energia
elétrica

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$Diferença = P_{teórica} - P_{instalada}$$

$$Diferença = 816,96 - 700$$

$$Diferença = 116,96$$

4. Uma locomotiva de massa m começa a se mover com uma velocidade que varia de acordo com a lei $v = a \sqrt{s}$, onde a é uma constante e s é a distância percorrida. Ache o trabalho total das forças que atuam sobre a locomotiva nos t primeiros segundos.

$$\tau^R = \Delta E_c$$

$$\tau^R = E_{c f} - E_{c i}$$

$$\tau^R = \frac{m \cdot v_f^2}{2} - \frac{m \cdot v_i^2}{2}$$

$$\tau^R = \frac{m \cdot v_f^2}{2}$$

$$\tau^R = \frac{m \cdot a^2 \cdot s}{2}$$

$$\tau^R = \frac{m \cdot a^4 \cdot t^2}{8}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot \gamma \cdot \Delta S$$

$$v^2 = 2 \cdot \gamma \cdot s$$

$$v = a \sqrt{s}$$

$$v^2 = a^2 \cdot s$$

$$\gamma = \frac{a^2}{2}$$

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{\gamma}{2} \cdot t^2$$

$$s = \frac{\gamma}{2} \cdot t^2$$

$$s = \frac{a^2}{4} \cdot t^2$$

5. (Ita) Um corpo movimenta-se numa superfície horizontal sem atrito, a partir do repouso, devido à ação contínua de um dispositivo que lhe fornece uma potência mecânica constante. Sendo v sua velocidade após certo tempo t , pode-se afirmar que

- a) a aceleração do corpo é constante.
- b) a distância percorrida é proporcional a v^2 .
- c) o quadrado da velocidade é proporcional a t . ←
- d) a força que atua sobre o corpo é proporcional a t .
- e) a taxa de variação temporal da energia cinética não é constante.

$$\tau^R = \Delta E_c$$

$$\tau^R = E_{cf} - E_{ci}$$

$$\tau^R = \frac{m \cdot v_f^2}{2} - \frac{m \cdot v_i^2}{2}$$

0

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

$$P = \frac{\tau}{t}$$

$$P = \frac{m \cdot v^2}{2t}$$

$$P = \frac{m \cdot v^2}{2t}$$

$$v^2 = \frac{2P}{m} t$$

cte

6. (Fuvest 2018) Em 2016, as lâmpadas incandescentes tiveram sua venda definitivamente proibida no país, por razões energéticas. Uma lâmpada fluorescente, considerada energeticamente eficiente, consome 28W de potência e pode produzir a mesma intensidade luminosa que uma lâmpada incandescente consumindo a potência de 100W. A vida útil média da lâmpada fluorescente é de 10000h e seu preço médio é de R\$ 20,00 enquanto a lâmpada incandescente tem vida útil de 1000h e cada unidade custaria, hoje, R\$ 4,00. O custo da energia é de R\$ 0,25 por quilowatt-hora.

O valor total, em reais, que pode ser poupado usando uma lâmpada fluorescente, ao longo da sua vida útil, ao invés de usar lâmpadas incandescentes para obter a mesma intensidade luminosa, durante o mesmo período de tempo, é

- a) 90,00 b) 140,00 c) 200,00 d) 250,00 e) 290,00

6. (Fuvest 2018) Em 2016, as lâmpadas incandescentes tiveram sua venda definitivamente proibida no país, por razões energéticas. Uma lâmpada fluorescente, considerada energeticamente eficiente, consome 28W de potência e pode produzir a mesma intensidade luminosa que uma lâmpada incandescente consumindo a potência de 100W. A vida útil média da lâmpada fluorescente é de 10000h e seu preço médio é de R\$ 20,00 enquanto a lâmpada incandescente tem vida útil de 1000h e cada unidade custaria, hoje, R\$ 4,00. O custo da energia é de R\$ 0,25 por quilowatt-hora.

O valor total, em reais, que pode ser poupado usando uma lâmpada fluorescente, ao longo da sua vida útil, ao invés de usar lâmpadas incandescentes para obter a mesma intensidade luminosa, durante o mesmo período de tempo, é

- a) 90,00 b) 140,00 c) 200,00 d) 250,00 e) 290,00

Revisando

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad \longrightarrow \quad E = P \cdot \Delta t$$

$$\text{SI: } J = W \cdot s$$

$$\text{SU: } \text{kWh} = \text{kW} \cdot h$$

6. (Fuvest 2018) Em 2016, as lâmpadas incandescentes tiveram sua venda definitivamente proibida no país, por razões energéticas. **Uma lâmpada fluorescente, considerada energeticamente eficiente, consome 28W** de potência e pode produzir a mesma intensidade **luminosa que uma lâmpada incandescente consumindo a potência de 100W**. **A vida útil média da lâmpada fluorescente é de 10000h e seu preço médio é de R\$ 20,00** enquanto a lâmpada incandescente tem vida útil de 1000h e cada unidade custaria, hoje, R\$ 4,00. O custo da energia é de R\$ 0,25 por quilowatt-hora.

O valor total, em reais, que pode ser poupado usando uma lâmpada fluorescente, ao longo da sua vida útil, ao invés de usar lâmpadas incandescentes para obter a mesma intensidade luminosa, durante o mesmo período de tempo, é

- a) 90,00 b) 140,00 **c) 200,00** d) 250,00 e) 290,00

1 Lâmpada fluorescente

Preço: R\$ 20,00

$\Delta t = 10000 \text{ h}$

$P = 28\text{W} = 0,028 \text{ kW}$

$$E_{fluo} = P \cdot \Delta t_{inc}$$

$$E_{fluo} = 0,028 \text{ kW} \cdot 10000\text{h}$$

$$E_{fluo} = 280 \text{ kWh}$$

$$\begin{array}{l} 1\text{kWh} \text{ ----- R\$ } 0,25 \\ 280\text{kWh} \text{ ----- } x \end{array}$$

$$x = \text{R\$ } 70,00$$

Custo Total

$$20 + 70 = \text{R\$ } 90,00$$

10 Lâmpadas incandescentes

Preço: R\$ 40,00

$\Delta t = 10000 \text{ h}$

$P = 100\text{W} = 0,1 \text{ kW}$

$$E_{inc} = P \cdot \Delta t_{inc}$$

$$E_{inc} = 0,1 \text{ kW} \cdot 10000\text{h}$$

$$E_{inc} = 1000 \text{ kWh}$$

$$\begin{array}{l} 1\text{kWh} \text{ ----- R\$ } 0,25 \\ 1000\text{kWh} \text{ ----- } x \end{array}$$

$$x = \text{R\$ } 250$$

Custo Total

$$40 + 250 = \text{R\$ } 290,00$$

7. (Fuvest 2016) Lasers pulsados de altíssima potência estão sendo construídos na Europa. Esses lasers emitirão pulsos de luz verde, e cada pulso terá 10^{15} W de potência e duração de cerca de $30 \cdot 10^{-15}$ s. Com base nessas informações, determine

- a) o comprimento de onda λ da luz desse laser;
- b) a energia E contida em um pulso;
- c) o intervalo de tempo Δt durante o qual uma lâmpada LED de 3W deveria ser mantida acesa, de forma a consumir uma energia igual à contida em cada pulso;
- d) o número N de fótons em cada pulso.

Note e adote:

Frequência da luz verde: $f = 0,6 \cdot 10^{15}$ Hz

Velocidade da luz = $3 \cdot 10^8$ m/s

Energia do fóton: $E = h \cdot f$

$h = 6 \cdot 10^{-34}$ J.s

7. (Fuvest 2016) Lasers pulsados de altíssima potência estão sendo construídos na Europa. Esses lasers emitirão pulsos de luz verde, e cada pulso terá 10^{15} W de potência e duração de cerca de $30 \cdot 10^{-15}$ s. Com base nessas informações, determine

a) o comprimento de onda λ da luz desse laser;

Rascunho

$$\lambda = ?$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$f = 0,6 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$v = \lambda \cdot f$$

$$v = \lambda \cdot f$$

$$3 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 0,6 \cdot 10^{15}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{0,6 \cdot 10^{15}} \quad \rightarrow \quad \boxed{\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

Note e adote:

$$\text{Frequência da luz verde: } f = 0,6 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\text{Velocidade da luz} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{Energia do fóton: } E = h \cdot f$$

$$h = 6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

7. (Fuvest 2016) Lasers pulsados de altíssima potência estão sendo construídos na Europa. Esses lasers emitirão pulsos de luz verde, e cada pulso terá 10^{15} W de potência e duração de cerca de $30 \cdot 10^{-15}$ s. Com base nessas informações, determine

b) a energia E contida em um pulso;

Rascunho

Para um pulso $E = ?$

$$P = 10^{15} \text{ W}$$

$$\Delta t = 30 \cdot 10^{-15} \text{ s}$$

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

$$E = P \cdot \Delta t$$

$$E = 10^{15} \cdot 30 \cdot 10^{-15}$$

$$E = 30 \text{ J}$$

Note e adote:

Frequência da luz verde: $f = 0,6 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

Velocidade da luz = $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Energia do fóton: $E = h \cdot f$

$h = 6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

7. (Fuvest 2016) Lasers pulsados de altíssima potência estão sendo construídos na Europa. Esses lasers emitirão pulsos de luz verde, e cada pulso terá 10^{15} W de potência e duração de cerca de $30 \cdot 10^{-15}$ s. Com base nessas informações, determine

c) o intervalo de tempo Δt durante o qual uma lâmpada LED de 3W deveria ser mantida acesa, de forma a consumir uma energia igual à contida em cada pulso;

Rascunho

Para uma lâmpada

$$P = 3W$$

$$E = 30 J \quad \Delta t = ?$$

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

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

$$\Delta t = \frac{30}{3}$$

$$\Delta t = 10 s$$

Note e adote:

Frequência da luz verde: $f = 0,6 \cdot 10^{15}$ Hz

Velocidade da luz = $3 \cdot 10^8$ m/s

Energia do fóton: $E = h \cdot f$

$h = 6 \cdot 10^{-34}$ J.s

7. (Fuvest 2016) Lasers pulsados de altíssima potência estão sendo construídos na Europa. Esses lasers emitirão pulsos de luz verde, e cada pulso terá 10^{15} W de potência e duração de cerca de $30 \cdot 10^{-15}$ s. Com base nessas informações, determine

d) o número N de fótons em cada pulso.

Rascunho

Para um fóton

$$E_{fóton} = hf$$

Para um feixe

$$E_{feixe} = 30 \text{ J}$$

N fótons

$$E_{feixe} = N \cdot E_{fóton}$$

$$E_{feixe} = N \cdot E_{fóton}$$

$$E_{feixe} = N \cdot h \cdot f$$

$$30 = N \cdot 6 \cdot 10^{-34} \cdot 0,6 \cdot 10^{15}$$

$$30 = N \cdot 3,6 \cdot 10^{-19}$$

$$N = \frac{30}{3,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$N \cong 8,3 \cdot 10^{19} \text{ fótons}$$

Note e adote:

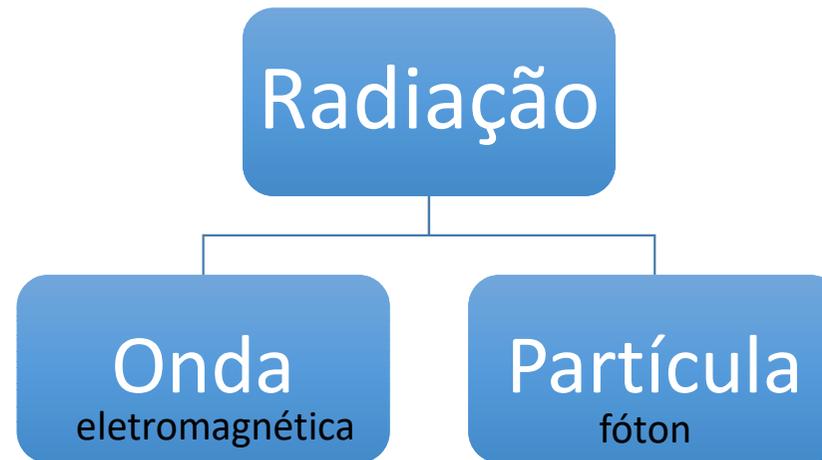
Frequência da luz verde: $f = 0,6 \cdot 10^{15}$ Hz

Velocidade da luz = $3 \cdot 10^8$ m/s

Energia do fóton: $E = h \cdot f$

$h = 6 \cdot 10^{-34}$ J.s

Dualidade onda-partícula



Exemplos:

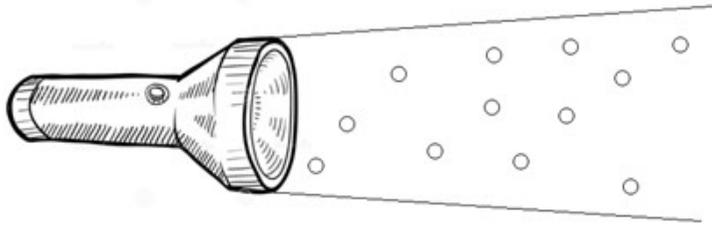
- Interferência
- Difração

Exemplos:

- Efeito fotoelétrico
- Reflexão

Fóton

- Um feixe de radiação pode ser tratado como um conjunto de fótons



- A energia de cada fóton é dada pela expressão

$$E = hf$$

- Ainda podemos utilizar a equação fundamental da ondulatória

$$v = \lambda \cdot f$$

- Se o feixe estiver se propagando no ar ou no vácuo

$$v = c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Unidades do SI

- E: Energia associada, medida em J
- h: Constante de Planck ($h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)
- f: frequência da onda, medida em Hz