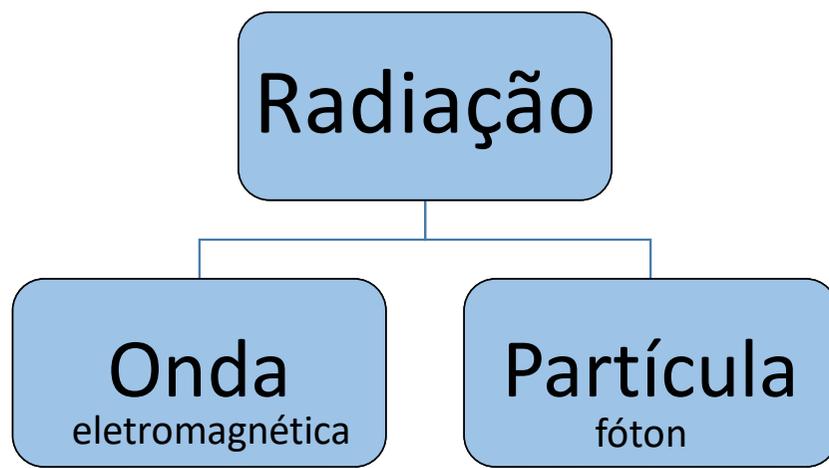


## Aula 57- Noções de Física Quântica: fóton e o efeito fotoelétrico

Apresentação, orientação e tarefa: [fisicasp.com.br](http://fisicasp.com.br)

Professor Caio – Física

## 1. Dualidade onda-partícula



Exemplos:

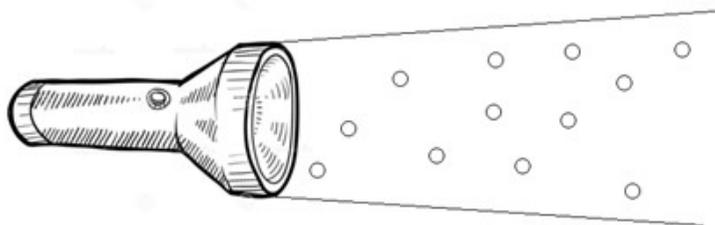
- Interferência
- Difração

Exemplos:

- Efeito fotoelétrico
- Efeito Compton
- Reflexão

## 2. 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

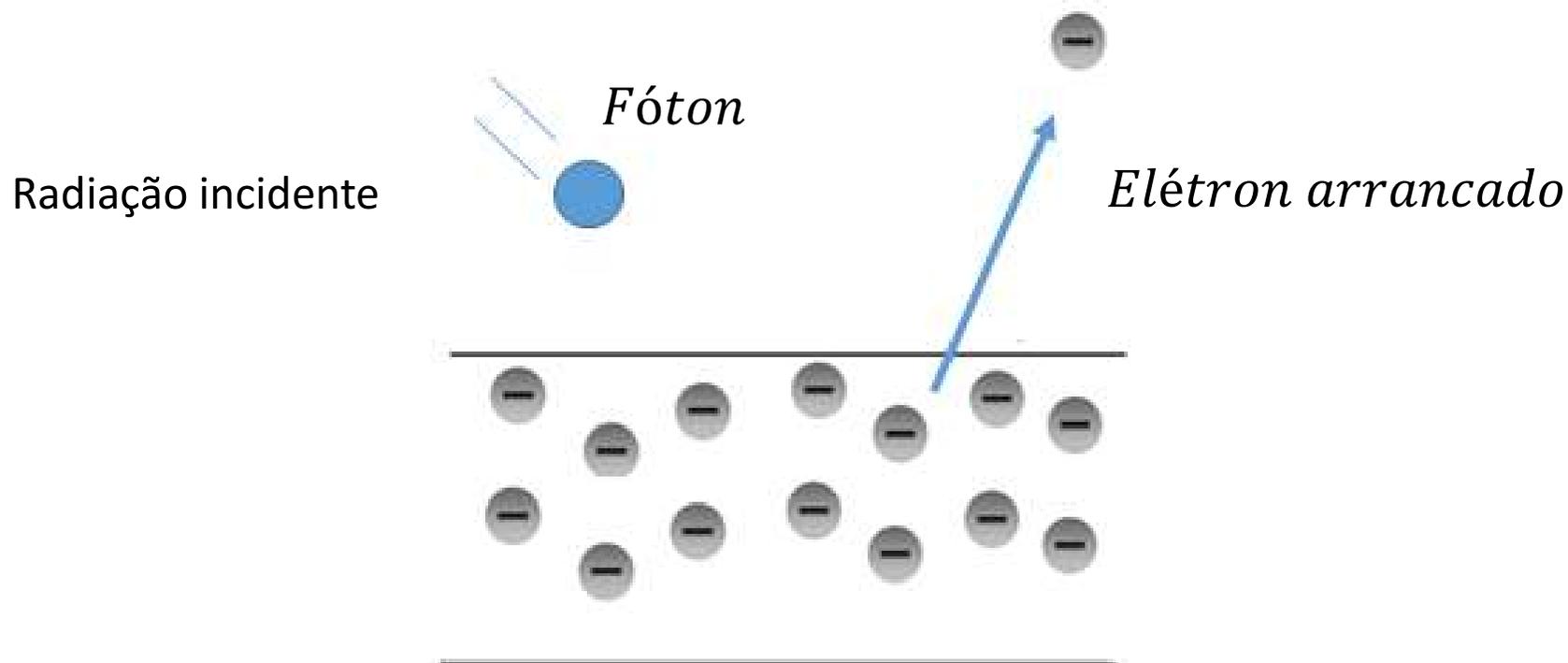
- E: Energia associada, medida em J
- h: Constante de Planck ( $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ )
- f: frequência da onda, medida em Hz

## Efeito Fotoelétrico

[https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR)

### 3. Efeito fotoelétrico

- Ocorre quando radiação incide em uma superfície metálica e arranca elétrons.



### 3. Efeito fotoelétrico

---

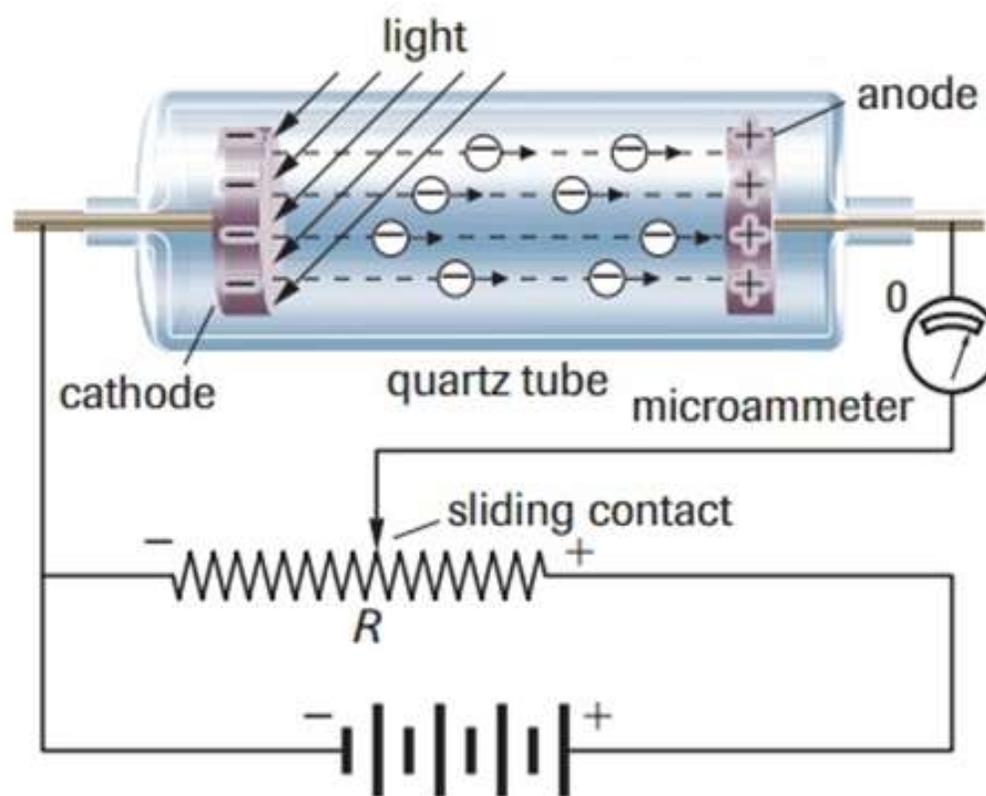
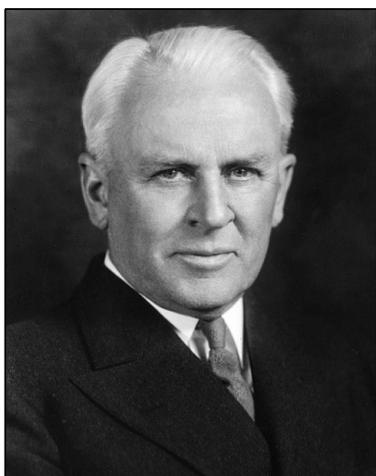
Foi descoberto em 1887 pelo alemão Heinrich Hertz.

Hertz descobriu que uma descarga elétrica entre dois eletrodos ocorre mais facilmente quando luz ultravioleta incide sobre um deles.



### 3. Efeito fotoelétrico

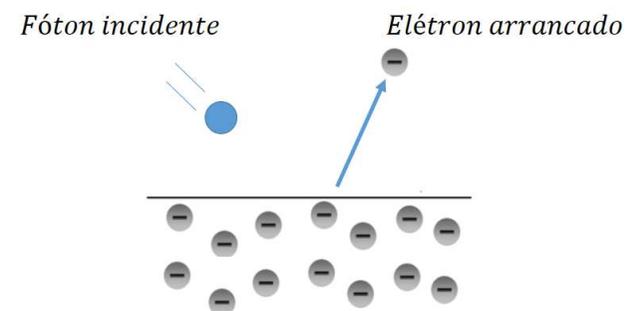
Em 1914 Robert Milikan estudou o efeito Fotoelétrico e recebeu o prêmio Nobel em 1923.



### 3. Efeito fotoelétrico: a teoria quântica de Einstein (1905 e Prêmio Nobel em 1921)

- A energia do fóton incidente é dada por

$$E_{fóton} = hf$$



- A energia cinética do elétron ( $E_{c\ elétron}$ ) ejetado é calculada pela diferença entre a energia do fóton incidente ( $E_{fóton}$ ) e o trabalho realizado para retirar o elétron do material ( $W$ ).

$$E_{c\ elétron} = E_{fóton} - W$$

$$E_{c\ elétron} = hf - W$$

Energia cinética do elétron ejetado

Energia do fóton incidente

Energia necessária para arrancar um elétron (função trabalho)



### 3. Efeito fotoelétrico: a teoria quântica de Einstein (1905 e Prêmio Nobel em 1921)

- Um elétron absorve apenas um fóton.
- O elétron é emitido de maneira instantânea.
- Se a energia do fóton incidente ( $E_{fóton}$ ) for menor do a energia necessária para arrancar um elétron ( $W$ ), o elétron não é arrancado.

## Frequência de corte ( $f_0$ )

- Frequência mínima para ocorrer o Efeito Fotoelétrico
- Nesse caso o fóton tem energia suficiente apenas para arrancar um elétron, sem sobra.
- O elétron é ejetado com  $E_c \text{ elétron} = 0$ .

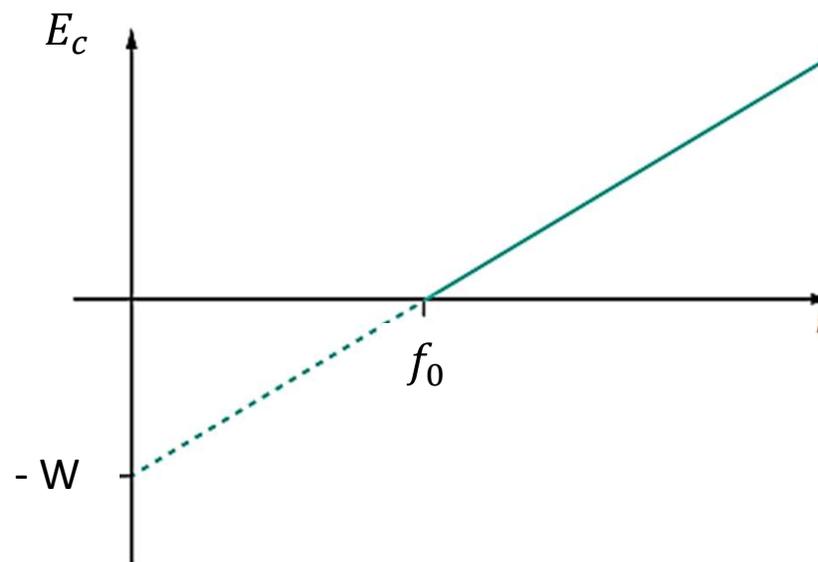
$$E_c \text{ elétron} = E_{\text{fóton}} - W$$

$$0 = E_{\text{fóton}} - W$$

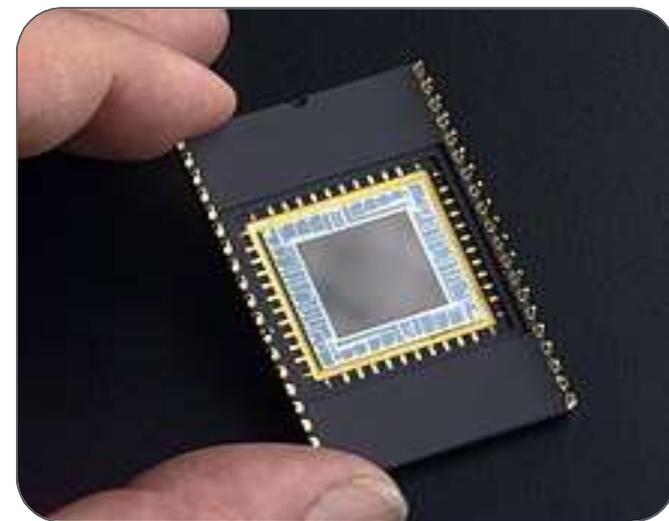
$$E_{\text{fóton}} = W$$

$$h \cdot f_0 = W \quad \rightarrow$$

$$f_0 = \frac{W}{h}$$



#### 4. Aplicações do Efeito Fotoelétrico: dispositivo de carga acoplada

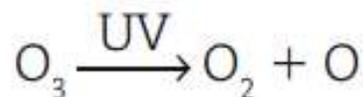


#### 4. Aplicações do Efeito Fotoelétrico: dispositivo de carga acoplada



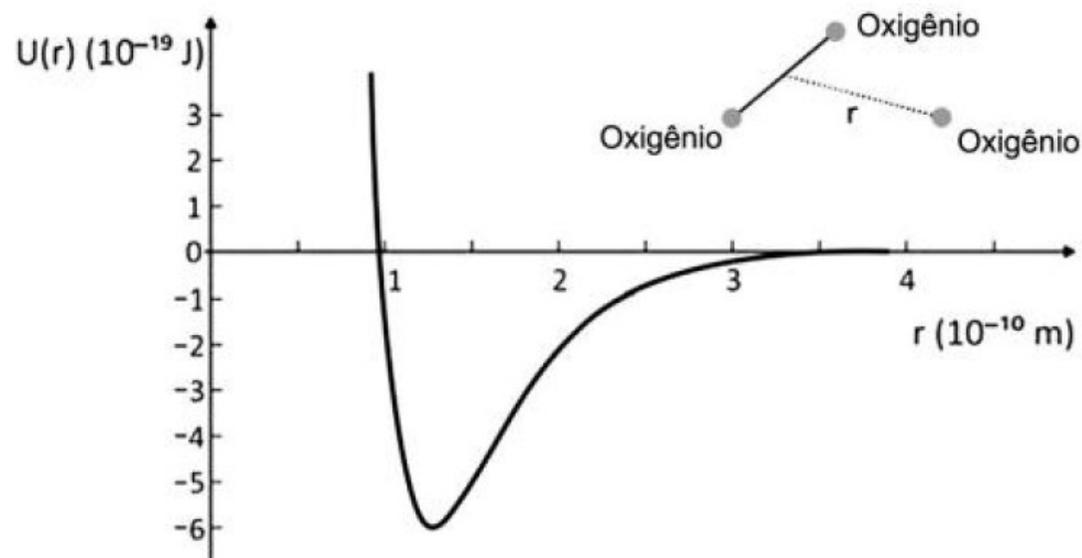
## *Exercícios*

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  $\text{O}_3$  e os outros dois, como função da distância de separação  $r$ .

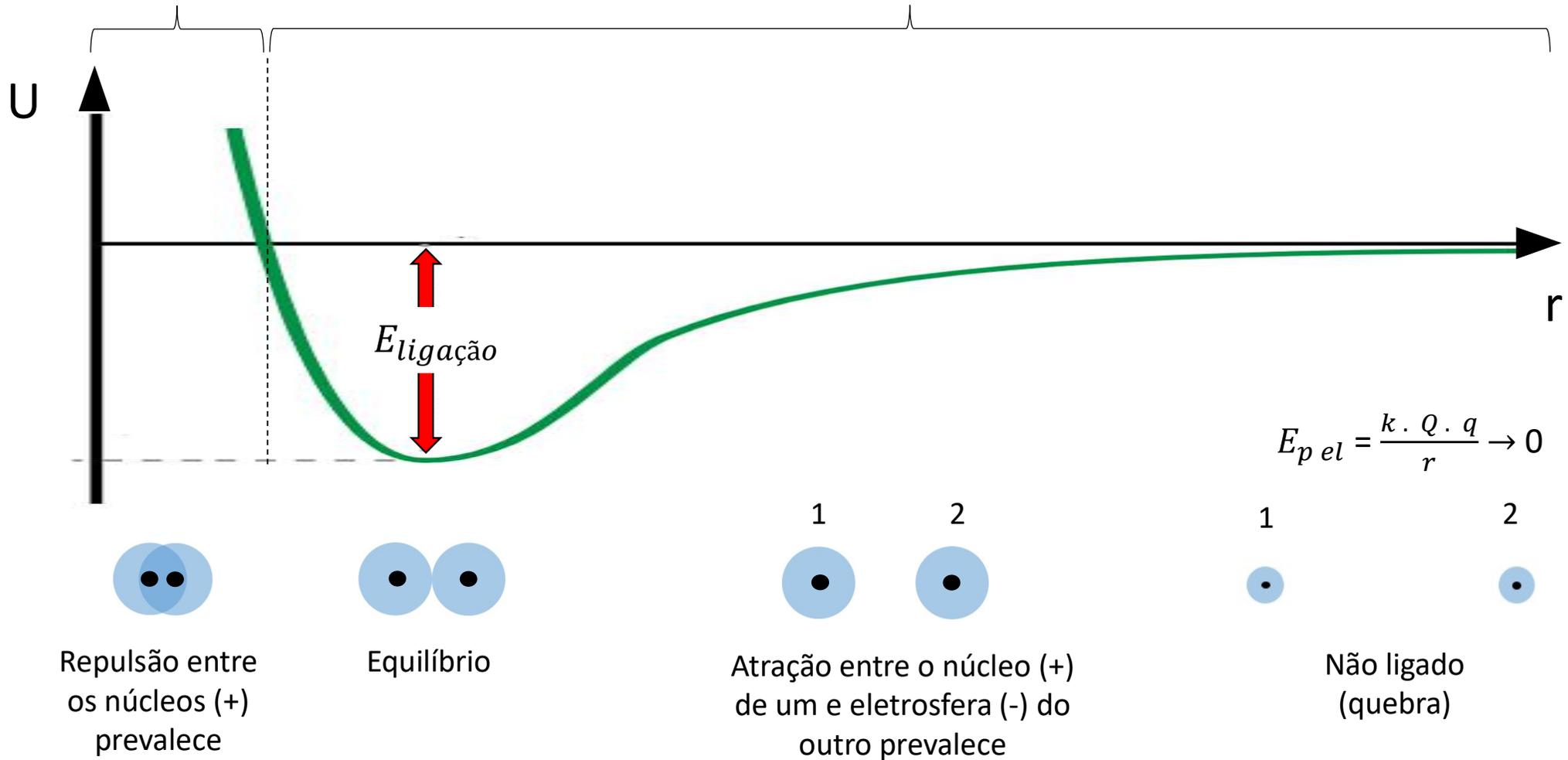
A frequência dos fótons da luz ultravioleta que corresponde à energia de quebra de uma ligação da molécula de ozônio para formar uma molécula de  $\text{O}_2$  e um átomo de oxigênio é, aproximadamente,

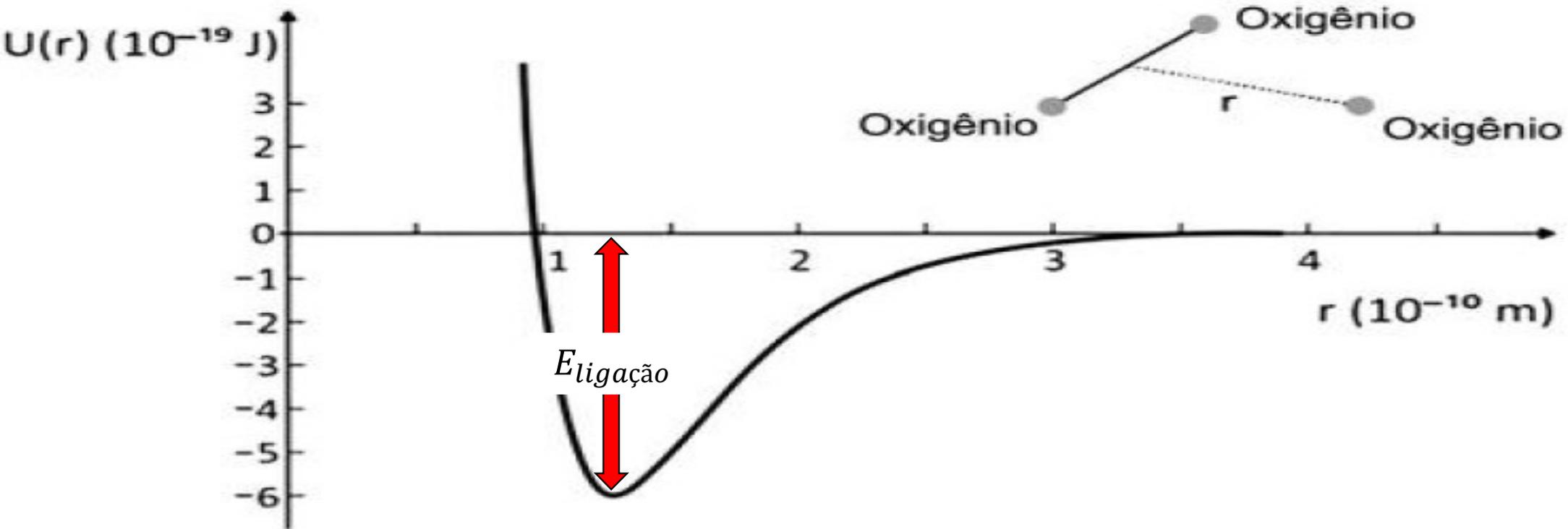
- a)  $1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$       b)  $2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$       c)  $3 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$       d)  $4 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$       e)  $5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

## Energia de ligação da molécula de $H_2$

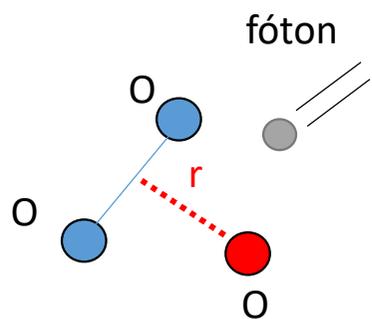
$$E_{p\ el} = \frac{k \cdot (+Q) \cdot (+q)}{r}$$

$$E_{p\ el} = \frac{k \cdot (+Q) \cdot (-q)}{r}$$

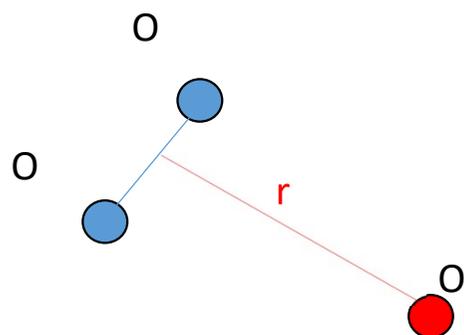




Antes



Depois



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

$$h \cdot f = E_{\text{ligação}}$$

~~$$6 \cdot 10^{-3} \cdot f = 6 \cdot 10^{-19}$$~~

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

Alternativa A