



# FÍSICA MODERNA



EXERCÍCIOS APROFUNDADOS 2020 - 2022



# FÍSICA MODERNA

Estude diversos fenômenos quânticos a nível microscópico e a nível macroscópico, regidos pelas duas Teorias da Relatividade.

**Esta subárea é composta pelos módulos:**

## 1. Exercícios Aprofundados: Efeito Fotoelétrico



# EFEITO FOTOELÉTRICO

1. (UFJF 2017) O Efeito Fotoelétrico foi descoberto por Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), nos anos de 1886 e 1887. Hertz percebeu que uma descarga elétrica entre dois eletrodos, dentro de uma ampola de vidro, era facilitada pela incidência de radiação luminosa no eletrodo negativo, provocando a emissão de elétrons de sua superfície. A explicação satisfatória para esse efeito foi dada em 1905, por Albert Einstein, e em 1921 deu ao cientista alemão o prêmio Nobel de Física. Analisando o efeito fotoelétrico, quantitativamente, Einstein propôs que a energia do fóton incidente é igual à energia necessária para remover um elétron mais a energia cinética do elétron emitido.

Com base nestas informações, calcule os itens abaixo.

- Considerando que a energia de um fóton incidente é definida por  $E = h \cdot f$ , onde  $h = 6,6 \times 10^{-34}$  Js é a constante de Planck e que o comprimento de onda de um fóton é dado por  $\lambda = 396$  nm, obtenha a energia do fóton.
- Sabendo que a massa de um elétron é de aproximadamente  $9,1 \times 10^{-31}$  kg e que a velocidade dos elétrons emitidos de uma placa metálica incidente por uma radiação com  $\lambda = 396$  nm é de 900,00 km/s, CALCULE o valor da energia necessária para remover o elétron da placa.

---

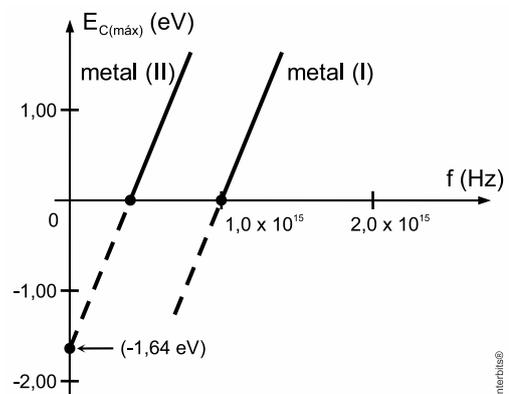
---

---

---

---

2. (UFES 2015) Dois metais foram submetidos a experimentos característicos do efeito fotoelétrico. As energias cinéticas máximas dos fotoelétrons emitidos foram medidas em função da frequência da radiação incidente sobre os metais, conforme a figura abaixo. Determine



- o valor da função trabalho, em eV (elétron-volt), do metal I;
- o valor da frequência mínima, em Hz, para que ocorra emissão fotoelétrica a partir do metal II;
- a energia cinética máxima dos fotoelétrons emitidos quando da incidência, sobre o metal II, de uma radiação de comprimento de onda  $\lambda = 1,5 \times 10^{-7}$  m.

---

---

---

---

---

3. (FUVEST 2012) Em um laboratório de física, estudantes fazem um experimento



em que radiação eletromagnética de comprimento de onda  $\lambda=300$  nm incide em uma placa de sódio, provocando a emissão de elétrons. Os elétrons escapam da placa de sódio com energia cinética máxima  $E_c=E-W$ , sendo E a energia de um fóton da radiação e W a energia mínima necessária para extrair um elétron da placa. A energia de cada fóton é  $E = h f$ , sendo h a constante de Planck e f a frequência da radiação. Determine

- a. a frequência f da radiação incidente na placa de sódio;
- b. a energia E de um fóton dessa radiação;
- c. a energia cinética máxima  $E_c$  de um elétron que escapa da placa de sódio;
- d. a frequência  $f_0$  da radiação eletromagnética, abaixo da qual é impossível haver emissão de elétrons da placa de sódio.

**NOTE E ADOTE**

Velocidade da radiação eletromagnética:  
 $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.

$1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ .

$h = 4 \cdot 10^{-15}$  eV.s

W (sódio) = 2,3 eV.

$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

---

---

---

---

---

---

4. (UFPE 2010) Quando um feixe de luz de comprimento de onda  $4,0 \times 10^{-7}$  m ( $E_{\text{fóton}} = 3,0$  eV) incide sobre a superfície de um metal, os fotoelétrons mais energéticos têm energia cinética igual a 2,0 eV. Suponha que o comprimento de onda dos fótons incidentes seja reduzido à metade.

Qual será a energia cinética máxima dos fotoelétrons, em eV?

---

---

---

---

---

---

5. (UFPE 2008) As lâmpadas de vapor de sódio usadas na iluminação pública produzem luz de cor laranja com comprimentos de onda iguais a  $\lambda_1 = 589,0$  nm e  $\lambda_2 = 589,6$  nm. Essas emissões têm origem em dois níveis de energia dos átomos de sódio que decaem para o mesmo estado final. Calcule a diferença de energia,  $\Delta E$ , entre estes níveis, em unidades de  $10^{-22}\text{J}$ .

(Dados: constante de Planck:  $6,64 \cdot 10^{-34}$  J.s; velocidade da luz no vácuo:  $3 \cdot 10^8$  m/s)

---

---

---

---

---

---

6. (UFPE 2006) Para liberar elétrons da superfície de um metal é necessário iluminá-lo com luz de comprimento de onda igual ou menor que  $6,0 \cdot 10^{-7}\text{m}$ . Qual o inteiro que mais se aproxima da frequência óptica, em unidades de  $10^{14}$  Hz, necessária para liberar elétrons com energia cinética igual a 3,0 eV?

---

---

---

---

---

---





# GABARITO

1. a. Teremos:

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{\text{fóton}} = h f \\ c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} \end{array} \right\} \Rightarrow E_{\text{fóton}} = h \frac{c}{\lambda} = 6,6 \times 10^{-34} \cdot \frac{3 \times 10^8}{396 \times 10^{-9}}$$

$$E_{\text{fóton}} = 5 \times 10^{-19} \text{ J.}$$

b. Sendo  $E_0$  a energia necessária para arrancar o elétron, de acordo com a equação do efeito fotoelétrico, vem:

$$E_{\text{cin}} = E_{\text{fóton}} - E_0 \Rightarrow E_0 = E_{\text{fóton}} - \frac{m v^2}{2} = 5 \times 10^{-19} - \frac{9,1 \times 10^{-31} \cdot (9 \times 10^5)^2}{2}$$

$$E_0 = 5 \times 10^{-19} - 3,7 \times 10^{-19} \Rightarrow E_0 = 1,3 \times 10^{-19} \text{ J.}$$

2. a. A função trabalho do metal ( $\varphi_0$ ), na teoria do efeito fotoelétrico é dada pela diferença entre a energia da radiação incidente ( $E = hf$ ) e a energia cinética máxima ( $E_c$ ) dos fotoelétrons emitidos pelo metal.

$$\varphi_0 = E - E_c$$

$$\varphi_0 = hf - E_c$$

Sendo  $h = 4,1 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$  a constante de Planck e  $f$  a frequência da radiação incidente.

Para o metal I, de acordo com o gráfico, temos:  $E_c = 0$  e  $f = 1,0 \times 10^{15} \text{ Hz}$

Logo,

$$\varphi_0 = 4,1 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s} \cdot 1,0 \times 10^{15} \text{ Hz} - 0$$

$$\varphi_0 = 4,1 \text{ eV}$$

b. Para o metal II não temos a informação da frequência mínima para causar o efeito fotoelétrico, mas podemos descobri-la usando a informação fornecida: para  $f = 0$  temos que  $E_c = -1,64 \text{ eV}$  sendo assim  $\varphi_0 = -E_c = 1,64 \text{ eV}$ .

Para a frequência mínima temos  $E_c = 0$ , então:

$$f = \frac{\varphi_0 + E_c}{h} = \frac{\varphi_0 = 1,64 \text{ eV} + 0}{4,1 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}} = 0,40 \times 10^{15} \text{ Hz} = 4,0 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

c. Explicitando a Energia cinética para o efeito fotoelétrico temos:  $E_c = hf - \varphi_0$ . Como foi fornecido o comprimento de onda ( $\lambda$ ), devemos utilizar a relação:  $f = c/\lambda$ , onde ( $c$ ) é a velocidade da luz no vácuo ( $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ).

Substituindo os valores da equação da frequência e na equação para a Energia Cinética,

$$E_c = 4,1 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s} \cdot \frac{3,0 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,5 \times 10^{-7} \text{ m}} - 1,66 \text{ eV} = 6,54 \text{ eV}$$

3. a. Dados:  $\lambda = 300 \text{ nm} = 3 \times 10^{-7} \text{ m}$ ;  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Da equação fundamental da ondulatória:

$$c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^{-7}} \Rightarrow f = 10^{15} \text{ Hz.}$$

b. Dado:  $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$ .

Da equação de Planck:

$$E = h f \Rightarrow E = 4 \times 10^{-15} \times 10^{15} \Rightarrow E = 4 \text{ eV.}$$

c. Dado:  $W = 2,3 \text{ eV}$ .

De acordo com o enunciado:

$$E_c = E - W = 4 - 2,3 \Rightarrow E_c = 1,7 \text{ eV.}$$

d. Para a frequência  $f_0$  não mais são ejetados elétrons, ou seja, a energia cinética é nula.

$$0 = E - W \Rightarrow E = W = 2,3 \text{ eV.}$$

Usando novamente a equação de Planck:

$$W = h f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{W}{h} = \frac{2,3}{4 \times 10^{-15}} \Rightarrow f = 5,75 \times 10^{14} \text{ Hz.}$$

4. 5 eV.

Da equação fundamental da ondulatória:

$$c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} \text{ (I)}$$

Da equação de Planck:

$$E_{\text{fóton}} = hf \text{ (II)}$$

Substituindo (I) em (II):

$$E_{\text{fóton}} = \frac{hc}{\lambda}$$

Essa expressão nos mostra que, reduzindo-se o comprimento de onda à metade, a energia do fóton dobra.

$$\text{Então: } E_{\text{fóton}} = 2E_{\text{fóton}} = 2(3) = 6 \text{ eV.}$$

Sendo  $W$  o trabalho para arrancar um elétron, a equação de Einstein para o efeito fotoelétrico nos dá a energia cinética máxima ( $E_{\text{cin}}$ ) com que um elétron é ejetado:

$$E_{\text{cin}} = E_{\text{fóton}} - W.$$

Aplicando a equação acima para a primeira situação, calculemos  $W$ :

$$E = h f \Rightarrow E = 4 \times 10^{-15} \times 10^{15} \Rightarrow E = 4 \text{ eV.}$$

$$E_{\text{cin}_1} = E_{\text{fóton}_1} - W \Rightarrow 3 = 4 - W \Rightarrow W = 1 \text{ eV.}$$

Para a segunda situação:

$$E_{\text{cin}_2} = E_{\text{fóton}_2} - W \Rightarrow E_{\text{cin}_2} = 6 - 1 \Rightarrow E_{\text{cin}_2} = 5 \text{ eV.}$$

5.  $\Delta E \cong 3,4 \times 10^{-22} \text{ J}$

$$\Delta E = hf_1 - hf_2 = h \frac{c}{\lambda_1} - h \frac{c}{\lambda_2} = hc \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = \frac{hc(\lambda_2 - \lambda_1)}{\lambda_1 \lambda_2}$$

$$\Delta E = \frac{6,64 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \times 0,6 \times 10^{-9}}{589 \times 589,6 \times 10^{-18}} \cong 3,4 \times 10^{-22} \text{ J}$$



- ✉ [contato@biologiatotal.com.br](mailto:contato@biologiatotal.com.br)
- ▶ [/biologiajubulut](#)
- 📷 [Biologia Total com Prof. Jubilut](#)
- 📘 [@biologiatotaloficial](#)
- 🐦 [@Prof\\_jubilut](#)
- 📌 [biologiajubulut](#)