

Aufgaben zur Vorbereitung auf die Klausur „Quantenphysik“

Fotoeffekt

(Quelle: Grundkurs Physik Sachsen Kl. 12; Duden-PAETEC-Verlag, S. 66 f.)

7. Licht der Wellenlänge 300 nm trifft auf eine Caesiumschicht, die eine Fläche von 1 cm^2 und eine Austrittsarbeit von 2 eV hat. Die Stärke der Bestrahlung beträgt $2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.
 - a) Berechnen Sie die Energie eines Lichtquants!
 - b)
 - c) Welche maximale kinetische Energie besitzt ein durch Fotoeffekt aus dem Caesium herausgelöstes Elektron? Geben Sie die Energie in J und eV an!
 - d) Welche maximale Gegenspannung könnte es überwinden?

8. Bei einem Fotoeffekt-Experiment fällt weißes Licht durch ein Farbfilter (444 nm) auf eine Caesium-Schicht mit einer Austrittsarbeit von $1,9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ und löst dort Elektronen ab.
 - a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit der abgelösten Elektronen!
 - b) Wie könnte man ihre Geschwindigkeit experimentell ermitteln? Skizzieren und beschreiben Sie ein geeignetes Experiment!

(Quelle: Physik Sekundarstufe 2; Volk und Wissen Verlag)

1. Ein Lichtquant hat die Energie 2,05 eV. Wie groß ist die Wellenlänge des Lichtes?
2. Die Austrittsarbeit für Aluminium beträgt 4,2 eV. Diskutieren Sie, ob sich aus diesem Metall mit sichtbarem Licht Elektronen freisetzen lassen!
3. Im gelben Licht einer Natriumdampf Lampe sind die Wellenlängen $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$ und $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$ enthalten. Wie groß ist der Energieunterschied der zugehörigen Lichtquanten?
4. Eine Metallschicht wird im Vakuum mit monochromatischem Licht bestrahlt. Bei den ausgelösten Elektronen werden die folgenden Maximalwerte der kinetischen Energie gemessen.

λ in nm	579	492	436
E_{kin} in eV	0,29	0,70	1,03

- a) Auf welche Weise können die Energien der Elektronen gemessen werden?
- b) Prüfen Sie mit einer grafischen Darstellung nach, ob die theoretisch begründete Beziehung

zwischen der Frequenz des Lichtes und der kinetischen Energie erfüllt ist!

- c) Lesen Sie aus dem Diagramm ab, bei welcher Grenzfrequenz der lichtelektrische Effekt aussetzt!

Materiewellen

1.

Bei Elektronen wurde die de-Broglie-Wellenlänge 0,12 nm gemessen. Wie groß war die kinetische Energie dieser Elektronen?

2.

Elektronen sollen sich mit 10% der Vakuumlichtgeschwindigkeit bewegen. a) Welche Spannung war für die Beschleunigung der Elektronen erforderlich? b) Wie groß ist die de-Broglie-Wellenlänge für diese Elektronen?

Lösungen der Aufgaben

Grundkurs Physik Sachsen Kl. 12; Duden-PAETEC-Verlag

S. 66

7. a) Die Energie eines Lichtquants ergibt sich aus der Wellenlänge und der Lichtgeschwindigkeit:

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

$$E = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{300 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$$

$$E = 6,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 4,1 \text{ eV}$$

b) ..

- c) Mit $W_A = 2 \text{ eV}$ und $E = 4,1 \text{ eV}$ erhält man:

$$E_{\text{kin}} = h \cdot f - W_A$$

$$E_{\text{kin}} = 4,1 \text{ eV} - 2 \text{ eV} = 2,1 \text{ eV}$$

Die kinetische Energie der Elektronen beträgt $2,1 \text{ eV}$ oder $3,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

- d) Das Elektron könnte eine maximale Gegenspannung von $2,1 \text{ V}$ überwinden.

S. 67

8. a) Aus $h \cdot f = W_A + \frac{1}{2} m \cdot v^2$ erhält man mit $f = \frac{c}{\lambda}$ durch Umstellen nach v :

$$v = \sqrt{\frac{2(h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_A)}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \left(\frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{444 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \right) - 1,9 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$v = 0,75 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Physik Sekundarstufe 2; Volk und Wissen Verlag

$$1. \quad E_Q = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad \lambda = \frac{h \cdot c}{E_Q} = 6,05 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 605 \text{ nm}$$

2. Die Quantenenergien für sichtbares Licht liegen etwa im Bereich von 1,6 eV bis 3,2 eV. Sie reichen nicht aus, die Austrittsarbeit $W_A = 4,2 \text{ eV}$ zu verrichten.

$$3. \quad E_1 = h \cdot f_1 = \frac{h \cdot c}{\lambda_1} \quad E_2 = h \cdot f_2 = \frac{h \cdot c}{\lambda_2}$$

$$E_1 - E_2 = h \cdot c \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = 3,43 \cdot 10^{-22} \text{ J} = 2,14 \cdot 10^{-3} \text{ eV}$$

4. Zunächst werden die Lichtfrequenzen $f = \frac{c}{\lambda}$ berechnet:

λ in nm	579	492	436
f in 10^{14} s^{-1}	5,18	6,10	6,88
E_{kin} in eV	0,29	0,70	1,03

Im Diagramm wird die Nullstelle der Einsteinschen Geraden abgelesen: $f_g = 4,50 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$
Die zugehörige Wellenlänge beträgt $\lambda_g = 667 \text{ nm}$.

Materiewellen

1.

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} \quad v = \frac{h}{m \cdot \lambda} \quad E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} = 1,67 \cdot 10^{-17} \text{ J} = 104 \text{ eV}$$

2.

$$a) \quad v = 0,1c = 3 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 9 \cdot 10^{14} \text{ m}^2}{2 \text{ s}^2} = 4,1 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

$$E_{\text{kin}} = e \cdot U \quad U = \frac{E_{\text{kin}}}{e} = 2,56 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$b) \quad \lambda_B = \frac{h}{m \cdot v} = 2,42 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$