

• fale elektromagnetyczne (równanie fali, natężenie fali, fala płaska, interferencja, dyfrakcja), • dualizm korpuskularny. • korpuskularne własności promieniowania, • efekt fotoelektryczny, • falowe własności cząstek, fale de Broglie'a, • zasada nieoznaczoności, • model Bohra atomu wodoru

proszę powtórzyć zagadnienia dot. ruchu falowego, w szczególności fale elektromagnetyczne, zjawiska dyfrakcji, interferencji

1. Punktowe źródło światła zużywa 100 W promieniując równomiernie światło we wszystkie strony. Długość fali wysyłanego światła wynosi 589 nm. Sprawność źródła wynosi 0.1 %. Znaleźć liczbę fotonów emitowanych przez źródło w ciągu 1 s.
2. Izolowana kulka metalowa o średnicy 2 cm oświetlona jest światłem o długości fali 0.4  $\mu\text{m}$ . W wyniku zjawiska fotoelektrycznego kulka traci elektrony i ładuje się dodatnio. Do jakiego maksymalnego potencjału naładuje się kulka. Jaki ładunek zgromadzi się na kulce? Praca wyjścia elektronów z metalu wynosi 1.2 eV.
3. Światło padające na powierzchnię metalu wywołuje zjawisko fotoelektryczne. Jaka jest długość fali padającego promieniowania jeśli napięcie hamowania wynosi 5 V, a praca wyjścia 2 eV?
4. Oblicz długość fali de Broglie'a neutronu o energii 1 keV.
5. Załóżmy, że energie fotonu i energia kinetyczna elektronu są równe 1 eV. Ile wynosi stosunek długości fali fotonu do długości fali elektronu?
6. Zgodnie z hipotezą de Broglie'a cząstkę można traktować jak falę. Korzystając z wiedzy o falach pokaż, że cząstkę swobodną o pędzie  $p$  i energii  $E$ , poruszającą się w kierunku  $x$  opisuje funkcja  $\psi(x, t) = a \sin \frac{1}{\hbar}(Et - px)$  lub  $\psi(x, t) = a \cos \frac{1}{\hbar}(Et - px)$  lub  $\psi(x, t) = ae^{-\frac{i}{\hbar}(Et - px)} = ae^{-i(\omega t - kx)}$ .  
(uwaga:  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ )
7. Niepewność położenia elektronu w danym kierunku wynosi  $5 \cdot 10^{-10}$  m. Ile wynosi niepewność określenia pędu elektronu w tym kierunku?
8. Jeśli średni czas życia stanu wzbudzonego elektronu w atomie wynosi  $10^{-8}$  s, to ile wynosi niepewność  $\Delta E$  energii emitowanych fotonów (rozmycie poziomu energetycznego)?
9. Opierając się na teorii Bohra wyprowadzić dla atomu wodoru wzory na możliwe wartości promienia orbity  $r_n$ , energii atomu  $E_n$ , liczby falowej emitowanego fotonu  $\lambda_{kl}$  przy przeskoku elektronu ze stanu  $k$  do stanu  $l$  ( $k > l$ ):  

$$r_n = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2} n^2, \quad E_n = -\frac{m e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$\frac{1}{\lambda_{kl}} = R \left( \frac{1}{l^2} - \frac{1}{k^2} \right), \quad \text{gdzie } R = \frac{m e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^3 c} = 1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \text{ jest stałą Rydberga.}$$
10. Znaleźć liczbową wartość promienia atomu wodoru dla stanu podstawowego  $r_1$  oraz energię jonizacji atomu.
11. Posługując się modelem Bohra znaleźć długość fali pierwszej, drugiej i trzeciej linii w części widzialnej widma wodoru (seria Balmera).
12. Przy przejściu elektronu w atomie wodoru z jednej z możliwych orbit na drugą, bliższą jądra atomu, jego energia zmniejsza się o 1.892 eV. Znaleźć długość fali tego promieniowania. Wykonaj szkic poziomów energetycznych i zaznacz na nim podane przejście.
13. Zastosuj do opisu ruchu Księżyca wokół Ziemi model kwantowy Bohra (załóż ruch po orbicie kołowej o promieniu  $R$ ). Znajdź liczbę kwantową  $n$  odpowiadającą znanej wielkości  $R$ . Oblicz różnicę  $\Delta R$  dla dwóch kolejnych możliwych stanów stacjonarnych. Czy dałoby się wykryć ją doświadczalnie?
14. (Nadobowiązkowe.) Wysokoenergetyczne neutrony przechodzące przez ośrodek materialny oddziałują głównie poprzez zderzenia sprężyste z atomami ośrodka, w wyniku czego tracą energię i spowalniają się. Jeśli ośrodek jest w temperaturze pokojowej, to po krótkim czasie zostaje osiągnięta równowaga termodynamiczna i widmo energetyczne neutronów określone jest rozkładem Maxwella. Znajdź długość fali de Broglie'a dla średniej energii neutronu i oceń, czy wiązka takich neutronów nadaje się do badań krystalograficznych.

**bardzo proszę o wykonywanie pełnych obliczeń, również liczbowych.**

$$h = 6.625 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}, \quad e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$