

Praca domowa 9

Fizyka, semestr letni 2020/21

- 1) **(1p.)** Energia jonizacji atomu wodoru wynosi 13.6 eV. Oblicz energię elektronu znajdującego się na drugiej orbicie w atomie wodoru.

$$E_1 = -13.6 \text{ eV}$$

$$E_n = \frac{-E_1}{n^2} = \frac{13.6 \text{ eV}}{4} = 3.4 \text{ eV}$$

$$\Delta E = E_1 \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{2^2} \right) = 1 \frac{8}{9} \text{ eV} \approx 3.02 \cdot 10^{-19} \text{ J} \text{ (przejście z 3 orbity na 2)}$$

$$E_f = \Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_f} = 6.58 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 658 \text{ nm} \text{ (długość fali fotonu)}$$

- 2) **(2p.)** Oblicz:

- a. Z jaką największą dokładnością można wyznaczyć położenie elektronu poruszającego się wzdłuż linii prostej z prędkością o wartości 500 m/s, jeśli wartość prędkości wyznaczono z dokładnością 0,01%?

$$\Delta p_x = m\Delta v = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 9.1 \cdot 10^{-35} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

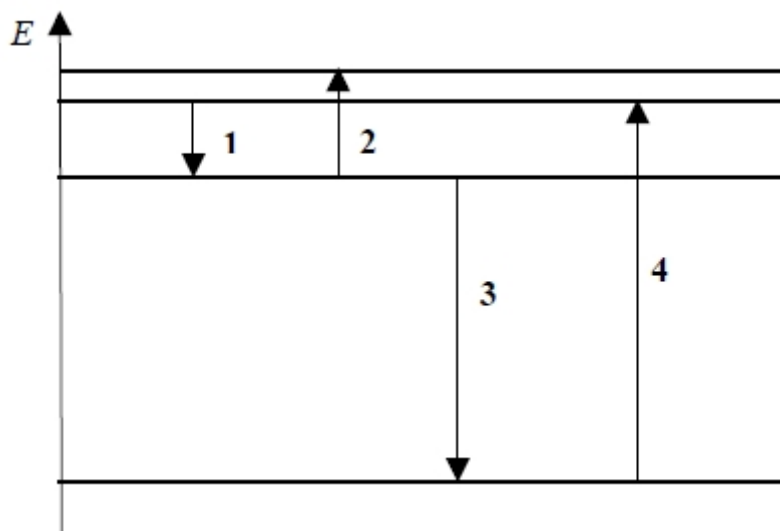
$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi} \rightarrow \Delta x_{\min} = \frac{h}{4\pi \Delta p_x} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{4\pi \cdot 9.1 \cdot 10^{-35} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}} = 0.58 \text{ m} \\ = 58 \text{ cm}$$

- b. Z jaką największą dokładnością można wyznaczyć położenie pocisku o masie 10 g poruszającego się wzdłuż linii prostej z prędkością o wartości 500 m/s, jeśli wartość prędkości wyznaczono z dokładnością 0,01%?

$$\Delta p_x = m\Delta v = 0.01 \text{ kg} \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 10^{-6} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi} \rightarrow \Delta x_{\min} = \frac{h}{4\pi \Delta p_x} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{4\pi \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}} = 5.28 \cdot 10^{-29} \text{ m}$$

- 3) **(3p.)** Rysunek przedstawia poziomy energetyczne atomu oraz możliwe przejścia elektronu, którym towarzyszy emisja lub absorpcja promieniowania.



- a. Uzupełnij zdania:
 Emisji promieniowania odpowiadają przejścia oznaczone numerami ..1 i 3..., a absorpcji - przejścia oznaczone numerami2 i 4...
 Powstawanie jasnych prążków widmowych jest powodowane przez przejścia oznaczone numerami1, 3....., a powstawanie ciemnych prążków na jasnym tle - przez przejścia oznaczone numerami2, 4...
- b. Niech $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ będą długościami fali promieniowania emitowanego lub absorbowanego w przejściach oznaczonych na rysunku. Która z tych czterech wielkości jest największa? Zapisz i uzasadnij swój wybór.

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow E \sim \frac{1}{\lambda}$$

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_4$$

- 4) **(2p.)** W swobodnym, wzbudzonym atomie wodoru elektron przeskakuje z orbity drugiej na pierwszą. Atom emituje wówczas w próżni kwant światła o długości fali $1.219 \cdot 10^{-7} \text{m}$.

- a. Wyjaśnij, dlaczego w wyniku emisji fotonu pęd atomu wodoru ulega zmianie.
 $p_f = \frac{h}{\lambda_f}$: Zgodnie z zasadą zachowania pędu, jeśli foton zostanie wyemitowany posiada pewien pęd, to także pęd atomu musi ulec zmianie.
- b. Oblicz energię emitowanego fotonu

$$E = E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.219 \cdot 10^{-7} \text{m}} = 1.632 \cdot 10^{-18} \text{J} = 10.2 \text{eV}$$

- 5) (2p.) Podaj nazwę zjawiska, które decyduje o tym, że światło laserowe jest spójne, podczas gdy inne źródła emitują światło o małym stopniu spójności. Dwa lasery mają jednakową moc. Pierwszy laser wysyła światło o częstotliwości $5.4 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$, natomiast drugi światło o częstotliwości $4.1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$. Napisz, który laser wysyła więcej fotonów w tym samym czasie. Uzasadnij odpowiedź.

Odpowiedź:

- a) W laserze, dzięki odpowiedniemu przygotowaniu ośrodka świecącego (chodzi głównie o szybkie dostarczenie energii, i to nie byle gdzie, tylko we właściwe miejsce, tzn. obsadzenie właściwych poziomów energetycznych w atomach czy cząsteczkach) możemy doprowadzić do sytuacji, w której dominuje emisja wymuszona: kolejna porcja energii jest wyświecana dopiero, kiedy zostanie „wyzwolona” przez światło krążące we wnętrzu lasera. To, że światło z lasera jest spójne i mało rozbieżne, jest bezpośrednią konsekwencją tego, że powstało w wyniku emisji wymuszonej: spójność bierze się z zachowania relacji fazowych, a mała rozbieżność z zachowania kierunku emisji.

- b) $E = nh\nu \rightarrow n = \frac{E}{h\nu}$; $P = \frac{E}{t} \rightarrow E = Pt$ i stąd dla mamy

$$E_1 = Pt = nh * 5.4 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \text{ i } E_2 = Pt = mh * 4.1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$n * 5.4 \cdot 10^{15} \text{ Hz} = m * 4.1 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \rightarrow \frac{m}{n} = \frac{5.4 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}{4.1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}} = \frac{5.4}{4.1} > 1 \rightarrow m > n$$

Więcej fotonów wysyła drugi laser.

Sylwia Majchrowska
14.05.2021r.