

ZESTAW 4

WSTĘP DO FIZYKI KWANTOWEJ I STATYSTYCZNEJ

Kontakt: Radosław Strzałka, pok. 315/D10, mail: strzalka@fis.agh.edu.pl

Zestawy dostępne pod adresem: http://galaxy.agh.edu.pl/~strzalka/#dydaktyka#fk_ft

Tematyka: fundamentalne doświadczenia mechaniki kwantowej, kwantowa natura materii i fal.

4.1. Zjawisko fotoelektryczne

- Praca wyjścia dla miedzi wynosi 4,65 eV. Proszę obliczyć częstotliwość progową i graniczną długość fali dla zjawiska fotoelektrycznego. Jeśli na płytkę miedzianą pada promieniowanie o długości fali 1,54 Å, to ile wynosi napięcie hamowania, maksymalna energia i prędkość fotoelektronów? (Czy elektrony są jeszcze „klasyczne”?)
- W eksperymencie (podobnym do ćw. 82 oraz 123* z II pracowni fizycznej WFiIS) uzyskano następujące wartości napięcia hamowania U_h w funkcji długości fali λ światła padającego na metalową płytkę - Tabela 1. Na podstawie zebranych danych proszę znaleźć pracę wyjścia (i na jej podstawie spróbować oszacować, jaki materiał mógł być użyty do budowy fotokatody), a także wielkość stałej Plancka.
- [Baj IV.25.] Na powierzchnię metalu w jednostce czasu pada N_f fotonów o energii $E = h\nu$, przekazując całą swą energię elektronom (nie jest to w próżni). Prawdopodobieństwo, że foton, który dotarł do metalu, będzie „wykorzystany” na wybitcie elektronu, wynosi $P(h\nu)$. Elektron, by wyjść z metalu, musi pokonać barierę potencjału o wysokości równej pracy wyjścia W z metalu. Zakładając, że rozkład kierunków pędu wzbudzonych elektronów jest izotropowy oraz że elektrony mogą wyjść z metalu tylko przez powierzchnię oświetloną (poruszające się w innych kierunkach elektrony szybko tracą swoją energię wskutek zderzeń), obliczyć liczbę elektronów wychodzących z metalu w jednostce czasu.

4.2. Krecja i anihilacja

- Dlaczego w wyniku anihilacji pary cząstka-antycząstka muszą powstać 2 fotony? Jaka jest energia fotonów wytworzonych w wyniku anihilacji pary elektron-pozyton?
- [Irodow 4.229.] Proszę pokazać, że swobodny elektron nie może wyemitować (ani zaabsorbować) fotonu. Należy skorzystać ze wzorów relatywistycznych.
- [Baj IV.23.] Pokazać, że foton w próżni nie może wytworzyć pary elektron-pozyton.
- Ile wynosi pęd fotonów powstałych w wyniku anihilacji protonu i antyprotonu, z których każdy ma energię 7GeV?

4.3. Granica krótkofalowa widma promieniowania X

- W lampie rentgenowskiej promieniowanie X jest produkowane w procesie hamowania elektronów na tarczy (antykatodzie). Obliczyć jaka jest najkrótsza możliwa emitowana długość fali, jeśli napięcie przyspieszające elektrony ma wartość 20 kV (jaka jest prędkość takich elektronów?)
- [Irodow2 1.36] Obliczyć prędkość elektronów docierających do antykatody lampy rentgenowskiej, jeśli długość granicy krótkofalowej ciągłego widma rentgenowskiego wynosi $\lambda_{gr} = 0,157 \text{ \AA}$.
- [Irodow2 1.37] Przy uyciu jako antykatody lampy rentgenowskiej cienkiej metalowej folii, rozkład widmowy promieniowania hamowania ma postać $I_\lambda = 10^{-5} \frac{P \cdot Z}{\lambda^2}$ (gdzie P - moc prądu w lampie, Z - liczba atomowa pierwiastka, z którego zbudowana jest antykatoda, λ - długość fali promieniowania wyrażona w Å). Oblicz współczynnik sprawności lampy, jeśli napięcie na niej wynosi $U = 80 \text{ kV}$, a jako antykatody użyto złotej folii. *Wskazówka.* Sprawność lampy definiuje się jako stosunek całkowitej zdolności emisyjnej lampy do mocy pobranego prądu.
- [Irodow 4.223.] Wąska wiązka promieni rentgenowskich pada na monokryształ NaCl. Najmniejszy kąt ugięcia, dla którego można jeszcze obserwować odbicie wiązki od układu płaszczyzn atomowych w kryształcie o odległości między płaszczyznami $d = 2,8 \text{ \AA}$ równy jest $\theta = 4,1^\circ$. Obliczyć napięcie przyłożone do lampy rentgenowskiej.

4.4. Zjawisko Comptona

- Proszę wyprowadzić wzór na długość fali rozproszonego promieniowania. Następnie proszę przekształcić ten wzór do postaci na energię. Ile wynosi tzw. komptonowska długość fali?

- (b) Foton γ o dł. fali 5 pm rozprasza się na elektronie tak, że ten uzyskuje prędkość $v = 0,5c$. Obliczyć zmianę długości fali fotonu i kąt rozpraszania.
- (c) Jaką energię kinetyczną uzyskuje elektron w zjawisku Comptona (wyprowadzić wzór)? Jaką maksymalną energię uzyska elektron, na którym rozprasza się promieniowanie o dł. fali $\lambda = 0,84 \text{ \AA}$?
- (d) [Irodow 4.234.] Foton o energii 200 keV uległ rozproszeniu na swobodnym elektronie, w wyniku czego jego długość fali zwiększyła się o $\Delta\lambda = 0,04 \text{ \AA}$. Proszę obliczyć kąt odrzutu elektronu komptonowskiego.

Tabela 1: Dane do zad. 4.1.b.

λ [nm]	U_h [V]
457	1,424
522	1,082
593	0,800
635	0,606