

Efekty: fotoelektryczny i Comptona, fala de Broglie'a, zasada nieoznaczoności Heisenberga.

Stała Plancka  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  J·s; prędkość światła  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s;  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  kg;  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg;

1. Obowiązuje znajomość zjawiska fotoelektrycznego:
  - a. Dlaczego nie można wyjaśnić tego zjawiska na gruncie fizyki klasycznej?
  - b. Zapisz równanie na energię kinetyczną fotoelektronu, jakie można się spodziewać w fizyce klasycznej.
  - c. Wyjaśnij w jaki sposób można wyznaczyć stałą Plancka z pomiarów zjawiska fotoelektrycznego.
  - d. Światło pomarańczowe o częstotliwości  $\nu_1 = 5 \cdot 10^{14}$  Hz, padając na pewien metal wybija z niego fotoelektrony. Częstotliwość ta jest częstotliwością graniczną dla zjawiska fotoelektrycznego w tym metalu. ( $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  J). Jaka barwa światła wywoła na pewno zjawisko fotoelektryczne ?
  - e. Oblicz pracę wyjścia z tego metalu mając daną stałą Plancka  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J·s
  - f. Czy oświetlając płytkę światłem o długości  $\lambda_2 = 0,8 \lambda_1$  zaobserwujemy efekt fotoelektryczny? Jeżeli tak, to określ jak wówczas zmieni się ilość i prędkość fotoelektronów.

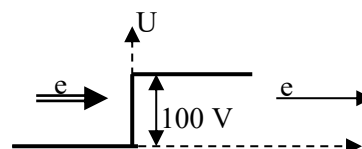
2. Badając zjawisko fotoelektryczne wykorzystano dwie fotokomórki – jedną z fotokatodą z cezu, a fotokatoda drugiej wykonana była z nieznanego metalu. W tabeli przedstawione są przykładowe prace wyjścia dla różnych metali:

Pierwiastek	cez	rubid	lit	wapń
Praca wyjścia [eV]	1,88	2,3	2,4	2,79
Praca wyjścia [ $10^{-19}$ J]	3,01	3,68	3,84	4,46

Jako źródła fotonów w doświadczeniu użyto źródła światła białego oraz zestawu 4 filtrów. Wyniki pomiarów napięcia hamowania przedstawia druga tabela:

	cez	X	częstotliwość fali $\cdot 10^{14}$ [Hz]
filtr	$U_H$ [V]	$U_H$ [V]	
A	0,3	0	
B	0,56	0,14	
C	0,82	0,4	
D	1,01	0,6	

- A. Uzupełnij tabelę, obliczając częstotliwości światła przepuszczane przez poszczególne filtry.
  - B. Narzucić wykres napięcia hamowania w funkcji częstotliwości światła dla obu fotoelementów.
  - C. Oblicz pracę wyjścia dla nieznannej fotokatody i określ, z jakiego metalu jest ona wykonana.
3. Oblicz maksymalną zmianę długości fali fotonów w zjawisku Comptona, przy ich rozproszeniu na swobodnych elektronach.
  4. Foton promieniowania rentgenowskiego ulega rozproszeniu pod kątem  $60^\circ$ , na swobodnym elektronie, uzyskując długość  $\lambda'$ . Oblicz pęd padającego fotonu.
  5. Obliczyć kąt, pod jakim został rozproszony w zjawisku Comptona foton o energii początkowej 1,2 MeV, na elektronie swobodnym, jeżeli długość fali fotonu rozproszonego równa jest tzw. *comptonowskiej długości fali*  $h/(m_0 \cdot c)$ .
  6. Jeżeli długości fal de Broglie'a odpowiadających elektronowi i protonowi są równe, to co można powiedzieć o ich pędach i energiach – które są większe i dlaczego?
  7. Napięcie przyspieszające wiązkę elektronów wzrosło czterokrotnie. Oblicz:
    - a) Jak zmieniła się długość fali de Broglie'a odpowiadająca tym elektronom oraz
    - b) Jak (ile razy) zmieni się dokładność określenia ich położenia, jeżeli ich prędkość wyznaczana jest z dokładnością N% ?
  8. Długość fali de Broglie'a najszybszych elektronów emitowanych w wyniku zjawiska fotoelektrycznego wynosi  $\lambda_d = 2,2$  nm. Praca wyjścia dla tego zjawiska wynosi 1,88 eV. Obliczyć długość fali padającego światła. Efektów relatywistycznych nie uwzględniać.
  9. Elektron o energii 0,5 keV porusza się w dodatnim kierunku osi X, w jednowymiarowym polu potencjalnym pokazanym na rysunku. Ile razy zmieni się długość fali de Broglie'a tego elektronu przy jego przejściu przez skok potencjału 100 V? Dany ładunek elementarny  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C.



10. Różnica potencjałów 120 V przyspiesza wiązkę elektronów. Pomiar prędkości tego elektronu wykonano z dokładnością 0,5%.
  - a) Z jaką dokładnością można jednocześnie wyznaczyć położenie elektronu ?
  - b) Oblicz długość fali de Broglie'a elektronów i określ czy efekty falowe będą obserwowalne.
  - c) Jakie powinno być wynosić napięcie przyspieszające elektron aby uzyskał on prędkość  $v = c$  ?