

Ćwiczenia III

Podstawy fizyki kwantowej

Zadanie 1

Wyprowadzając rutherfordowski przekrój czynny, znaleźliśmy jako wynik pośredni minimalną odległość na jaką cząstka alfa zbliża się do jądra:

$$r_{\min} = \frac{m\alpha + \sqrt{m^2\alpha^2 + 2mEJ^2}}{2mE},$$

gdzie m , E i J to masa, energia i moment pędu cząstki alfa zaś $\alpha = Z_1Z_2e^2 > 0$. Korzystając jedynie z zasady zachowania energii, wyprowadzić formułę na r_{\min} dla przypadku zerowego momentu pędu.

Zadanie 2

Wyprowadzając rutherfordowski przekrój czynny, znaleźliśmy jako wynik pośredni pochodną promienia wodzącego po kącie

$$\frac{dr}{d\varphi} = \frac{mr^2}{J} \sqrt{\frac{2}{m} \left(E - \frac{J^2}{2mr^2} - \frac{\alpha}{r} \right)}.$$

Należało tutaj zażądać, aby

$$E - \frac{J^2}{2mr^2} - \frac{\alpha}{r} \geq 0,$$

gdyż w przeciwnym wypadku wyrażenie pod pierwiastkiem byłoby ujemne. Rozważyć ten warunek i wyjaśnić jego fizyczny sens w przypadku oddziaływania odpychającego, gdy $\alpha > 0$ oraz oddziaływania przyciągającego, gdy $\alpha < 0$.

Zadanie 3

Rutherfordowski przekrój czynny wyprowadzony został na gruncie fizyki klasycznej. Zachodzi pytanie przy jakich wartościach parametrów występujących w problemie podejście klasyczne zgadza się kwantowym. Znaleźć odpowiednie warunki, rozważając przypadek oddziaływań z małym parametrem zderzenia rzędu rozmiaru jądra atomowego tj. $b = 10^{-15}$ m oraz z dużym parametrem zderzenia rzędu rozmiaru atomu tj. $b = 10^{-10}$ m. Przyjmąc, że rozważamy rozpraszanie cząstki alfa na jądrze miedzi, więc $Z_1 = 2$, $Z_2 = 29$, a zatem $\alpha = 58e^2$, przy czym $e^2 = \frac{\hbar c}{137}$ zaś $\hbar c = 200 \text{ MeV} \cdot \text{fm} = 2,0 \cdot 10^{-7} \text{ eV} \cdot \text{m}$. Masa cząstki alfa wynosi $m = 3,7 \cdot \text{GeV}/c^2 = 3,7 \cdot 10^9 \text{ eV}/c^2$.