

Übungsblatt 2

2.1 Wirkungsquerschnitt

Die mittlere freie Weglänge schneller Neutronen in Pb ($A \approx 200$, $\rho = 10 \text{ g/cm}^3$) beträgt etwa 5 cm. Schätzen Sie den totalen Neutronen-Wirkungsquerschnitt in Pb ab!

2.2 Zerfallsgesetz und Wirkungsquerschnitt

In einem Bestrahlungsexperiment wird eine 0.02 cm dicke und 1 cm^2 große Goldfolie ($\rho_{Au} = 19,3 \text{ g/cm}^3$) mit thermischen Neutronen beschossen. Der Neutronenfluss beträgt 10^{12} Teilchen/s. Natürlich vorkommendes Gold liegt zu 100% als ^{197}Au vor. Bei der Bestrahlung entsteht das radioaktive Isotop ^{198}Au , das mit einer Halbwertszeit von 2,7 Tagen durch β -Emission zerfällt. Der Wirkungsquerschnitt für die Produktion von ^{198}Au ist $\sigma = 97,8 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$.

Die Folie wird für fünf Minuten bestrahlt. Wie groß ist direkt anschließend die ^{198}Au -Aktivität der Folie in Zerfälle/s?

2.3 Differentieller Wirkungsquerschnitt

Ein Tandem - Beschleuniger liefert einen Strahl von α -Teilchen der kinetischen Energie $E_{kin} = 20 \text{ MeV}$ mit einer Intensität $I = 1 \mu\text{A}$, der auf eine 0.1 mm dicke Goldfolie ($M = 197 \text{ g/Mol}$, $\rho = 19,3 \text{ g/cm}^3$) gelenkt wird. Berechnen Sie die Zählrate in einem $1 \times 1 \text{ cm}^2$ großen Detektor, der unter einem Winkel von 50° in einem Abstand von 50 cm vom Target aufgebaut ist!

Verwenden Sie den Wirkungsquerschnitt für die Rutherford-Streuung $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{zZ\alpha\hbar c}{4E_{kin}}\right)^2 \cdot \frac{1}{\sin^4(\Theta/2)}$, dabei ist E_{kin} die kinetische Energie der einfallenden Teilchen, Z deren Ladung und Θ der Streuwinkel.

2.4 Neutron-Proton-Streuung

Ein niederenergetischer Neutronenstrahl mit der Dichte n (Zahl der Neutronen pro Volumen) und der Neutronengeschwindigkeit v werde an Protonen gestreut. Bei kinetischen Energien der Neutronen unterhalb von 10 MeV beobachtet man, dass die Streuung gleichmäßig in alle Richtungen erfolgt und der totale Wirkungsquerschnitt σ nahezu unabhängig von der Neutronenenergie ist. Die Zahl der Streuungen pro Zeit und Proton ist laut Vorlesung gegeben durch $W = \sigma\Phi$, wobei Φ die Zahl der Neutronen pro Fläche und Zeit (der Neutronenfluss) ist.

Wie groß ist der Neutronenfluss Φ ? Welchen Zusammenhang gibt es zwischen den Übergangswahrscheinlichkeit w_{if} aus Fermis „Goldener Regel“ und W ? Wie hängt der Phasenraumfaktor $\rho(E)$ im nichtrelativistischen Grenzfall von v ab? Was folgt aus der Konstanz von σ für die Energieabhängigkeit des Matrixelements? (Hinweis: Benutzen Sie den Zwei-Teilchen-Phasenraum im nichtrelativistischen Grenzfall aus der Vorlesung!)