

SS 07 2. Übung zu Physik 4 Kern- und Teilchenphysik

5. **Atommodell von Thomson** (Fortsetzung von Aufgabe 1):

Experimenteller Befund: beim Beschuss einer Goldfolie mit α -Teilchen tritt auch Streuung in die Rückwärtshemisphäre (Streuwinkel > 90 Grad) auf.

Fragestellung: erlaubt dies, das Thomson'sche Atommodell zu falsifizieren?

Dazu soll folgende Modellrechnung gemacht werden:

bei einem einzelnen Streuprozess (an einem e^-) soll das gestreute α -Teilchen mit je 50% Wahrscheinlichkeit um einen Winkel von 0.01° nach links bzw. 0.01° nach rechts abgelenkt werden (vergleiche mit dem maximalen Streuwinkel aus Aufgabe 1). Eine Goldfolie von $2 \mu\text{m}$ Dicke besteht aus ca. 10000 Atomlagen. Wir betrachten daher eine Folge von 10000 statistisch unabhängigen Streuprozessen von obigem Typ. In welchen Winkelbereich $[-\varphi, \varphi]$ werden 99.73% (dies sind 3σ im Sinne einer Gauß-Verteilung) aller einfallenden Teilchen gestreut?

Hinweis: um welche Verteilungsfunktion handelt es sich und wie gross ist deren Standardabweichung σ ? Sie können sich von folgender Simulation inspirieren lassen: <http://physik.uibk.ac.at/physik4> \rightarrow [A5] \rightarrow Galtonbrett

6. **Kernradien:**

- Welche Modelle für den Kernradius gibt es?
- Welche Dichte besitzt die Kernmaterie?
- Wieviel würde ein Stecknadelkopf ($r = 1 \text{ mm}$) Kernmaterie wiegen?
[Wie groß wäre eine so schwere Blei/Goldkugel?]

7. **Elektronen im Kern?**

- Mit Hilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation ist zu zeigen, dass das Elektron als unabhängiges Teilchen im Kern nicht existieren kann, wenn es durch die Coloumbkräfte gebunden ist (verwenden Sie für den Kernradius $r = 10^{-14} \text{ m}$ und nehmen Sie an, dass die positive Kernladung Z sowie die Ladungen der $Z-1$ anderen e^- homogen im Kern verteilt sind).
- Welche Geschwindigkeit muss das im Kern eingesperrte Elektron mindestens besitzen?
- Geben Sie das Potential innerhalb und ausserhalb des Kerns an
(Anschlussbedingungen! – vgl. Potential der homogenen Kugelladung von Aufg. 2)

8. **Rutherfordstreuung** [schriftlich abgeben, in der Übungsstunde]:

Überlegen Sie sich nochmal die Herleitung für den Rutherford-Streuquerschnitt (siehe z.B. VL-Skript).

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \left(\frac{zZe^2}{2Mv^2} \right)^2 \frac{1}{\sin^4(\theta/2)}$$

Machen Sie eine Skizze und überlegen Sie sich, was es bedeutet, dass der differentielle Wirkungsquerschnitt bei $\theta = 0$ divergiert. Zeigen Sie, dass diese Divergenz bei 0 nicht integrierbar ist. Daraus folgt, dass der totale Wirkungsquerschnitt (über den gesamten Raumwinkel integriert) unendlich wird. Wie kann man das verstehen?

9. **Ein Proton** stösst zentral auf einen ruhenden ^{238}U Kern
- Wenn die Geschwindigkeit des Protons in grosser Entfernung vom Kern $2.25 \cdot 10^7$ m/s beträgt, wie gross ist dann der minimale Abstand zwischen den Teilchen?
 - Vergleichen Sie diesen Abstand mit dem Radius von ^{238}U .
 - Was passiert, wenn man α -Teilchen derselben Geschwindigkeit verwendet?
 - Kann man aus diesen Experimenten Information über den Kerndurchmesser gewinnen?

10. **Ein α -Teilchen** der Energie 5.4 MeV wird an einer dünnen Goldfolie (Einfachstreuung) unter einem Winkel von 60° gestreut.

- Berechnen Sie den Stossparameter b unter der Annahme, dass sich die Kerne wie Punktladungen verhalten.
- Verifizieren Sie das Ergebnis mit dem interaktiven Streuprogramm (Web browser genügt), das Sie auf der home page finden (<http://physik.uibk.ac.at/physik4/>). Finden Sie weiters durch ein wenig Probieren ein Wertepaar (E, b) , sodaß die Trajektorie gerade die Oberfläche des Goldkerns berührt.
- Wer führte dieses Experiment das erste Mal aus und zu welchem Schluss kam er?

11. **Spezialaufgabe** (Zusatz zu Aufgabe 1)

- Für Experimentatoren:
Bestimmen Sie unter Verwendung der *Physlets* auf der home page mittels Probieren die maximalen Streuwinkel θ_{\max} bei einem Massenverhältnis 10:1 (leichtes Teilchen ruht vorher) für
 - Streuung harter elastischer Kugeln
 - Coulombstreuung von geladenen Teilchen

Wie gross sind jeweils die Stossparameter bei θ_{\max} ?

- Für Theoretiker:
(für alle: Antwort per email an Emmerich.Kneringer@uibk.ac.at abgeben):
Warum sind die maximalen Streuwinkel von i. und ii. gleich?
Allgemein: für welche Klasse von Wechselwirkungen ist der maximale Streuwinkel immer gleich? Was ist die Bedingung?