



## Übung 1

(Ausgabe: 20.10.2015, Abgabe: 27.10.2015)

### Einfache Fragen (werden in der Übung besprochen – unbewertet)

#### **Frage 1:**

Beschleunigte Teilchen werden genutzt, um kleinste Strukturen zu untersuchen. Aktuelle Teilchenbeschleuniger liefern zum Beispiel folgende Energien:

- FN-Tandem-Beschleuniger (IKP, Köln): Protonen mit 20 MeV,
- Elektron-Stretcher-Anlage ELSA (HISKP, Bonn): Elektronen mit 3,5 GeV,
- Large Hadron Collider LHC (CERN, Genf): Protonen mit 14 TeV.

Wie groß ist die De-Broglie-Wellenlänge der beschleunigten Teilchen? Welche Strukturen bzw. physikalischen Systeme können Sie mit den jeweiligen Sonden untersuchen?

#### **Frage 2:**

Ein Tandem-Beschleuniger, wie am Institut für Kernphysik in Köln, kann die angelegte Terminalsapannung durch einen Umladeprozess in der Mitte des Beschleunigertanks zweimal nutzen. Dadurch werden z.B. Protonen durch eine 10 MV Terminalsapannung auf 20 MeV/u und He<sup>2+</sup>-Ionen auf 7,5 MeV/u beschleunigt. Auf welche maximale Energie kann ein vollständig-ionisierter Sauerstoff-Ionenstrahl mit dieser Terminalsapannung beschleunigt werden, wenn er vor dem Umladeprozess einfach-ionisiert war?

#### **Frage 3:**

Was versteht man unter dem Wirkungsquerschnitt einer Reaktion und wie ist der totale Wirkungsquerschnitt definiert? Nennen Sie die typische Größenordnung von Wirkungsquerschnitten für kernphysikalische Reaktionen.

#### **Frage 4:**

Wie lässt sich die Ladungsverteilung eines Atomkerns experimentell bestimmen? Welche Schwierigkeiten treten dabei auf? Welche Projektile eignen sich besonders für diese Messung?

#### **Frage 5:**

Skizzieren Sie die Ladungsdichte  $\rho(r)$  und den Formfaktor  $F(q)$  eines Positrons  $e^+$ , eines <sup>9</sup>Be- und eines <sup>90</sup>Zr-Atomkerns!

#### **Frage 6:**

Beschreiben Sie kurz das Rutherfordsche Streuexperiment. Welche Eigenschaft von Atomen konnte aus dem Experiment abgeleitet werden?

(Bitte wenden)

**Übungsaufgaben (werden in der Übung am 27.10. eingesammelt und am 3.11. zurück gegeben und besprochen – zulassungsrelevant)**

**Aufgabe 1: Rutherford'sches Streuexperiment (14 Punkte)**

Die Rutherford'sche Streuformel ist gegeben durch:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left( 1.44 \text{ MeVfm} \frac{zZ}{4E_\alpha} \right)^2 \cdot \frac{1}{\sin^4 \theta/2}$$

- a) Eine  $\alpha$ -Quelle mit einer Intensität von  $I = 10^8$  Zerfällen/s liefert  $\alpha$ -Teilchen mit einer Energie von  $E_\alpha = 5$  MeV. Diese werden an einem  $^{197}\text{Au}$  Target gestreut. Die Goldfolie befindet sich in einem Abstand  $a = 20$  cm zur Quelle, hat einen Durchmesser von 1 cm und eine Dicke von  $d = 50$   $\mu\text{m}$ . Berechnen Sie den differentiellen Wirkungsquerschnitt des Streuprozesses unter den Winkeln  $\theta = 20^\circ$ ,  $100^\circ$  und  $140^\circ$  für reine Rutherford-Streuung. (4 Punkte)
- b) Unter den genannten Winkeln, siehe a), werden nun Teilchendetektoren platziert. Diese haben eine kreisförmige Fläche mit einem Durchmesser von  $d_{\text{Detektor}} = 2$  cm und einen Abstand von  $a = 20$  cm zur Goldfolie. Wie viele  $\alpha$ -Teilchen werden pro Sekunde in jedem Detektor nachgewiesen? Nehmen Sie zur Vereinfachung an, dass der Wirkungsquerschnitt über die Kreisfläche der Detektoren konstant bleibt. (5 Punkte)
- c) Wie lange müssen Sie mit der experimentellen Anordnung in b) mindestens messen, um einen statistischen Fehler, d.h.  $\sigma$  aus der Poissonverteilung, von weniger als 2% zu erreichen? Wie könnten Sie die benötigte Messzeit verringern? (4 Punkte)
- d) Wann wird die Rutherford'sche Streuformel ungültig? Skizzieren Sie einen möglichen Verlauf des differentiellen Wirkungsquerschnitts als Funktion von  $E_\alpha$  für einen gegebenen Detektionswinkel. (1 Punkt)  
(Tipp: Nützliche Informationen können in den empfohlenen Lehrbüchern gefunden werden.)

**Aufgabe 2: Coulombwall (4 Punkte)**

Mit welcher Energie muss ein  $\alpha$ -Teilchen auf einen Silberkern ( $A = 107$ ) geschossen werden, damit sich beide Kerne berühren?

**Aufgabe 3: Nuklidkarte (12 Punkte)**

- a) Wie viele stabile Kalzium-Isotope gibt es? Nennen Sie diese. (4 Punkte)
- b) Wie viele stabile  $N = 50$  Isotone gibt es? Nennen Sie diese. (3 Punkte)
- c) Wie viele stabile Isobare der Massen  $A = 48$ ,  $130$ ,  $154$ , und  $198$  gibt es? Nennen Sie diese. Fällt Ihnen etwas auf? (5 Punkte)

Eine Nuklidkarte finden Sie z.B. hier: <http://www.nndc.bnl.gov/chart/>

Jede Übung wird mit 30 Punkten bewertet werden. Für die Zulassung zur Klausur benötigen Sie 50% der Punkte aus den Übungen und den Nachweis der aktiven Beteiligung an mindestens einem Femto-Projekt. Abgaben in Gruppen von bis zu drei Studenten sind erlaubt und werden empfohlen.

Für weitere Hinweise beachten Sie bitte auch die Informationen auf der Webseite <http://www.ikp.uni-koeln.de/groups/zilges/vorl/kern/kern.html> zu dieser Veranstaltung!

