
Übungen zur Vorlesung Physik IV – Kern- und Teilchenphysik –

Prof. C. Zeitnitz, Dr. F. Ellinghaus, Dr. A. Pollmann

Sommersemester 2016

Universität Wuppertal

BLATT II

ABGABE BIS MITTWOCH, DEN 4. MAI 2016, 18:30

1. Weizsäckersche Massenformel

(12 Punkte)

In der Vorlesung wurde die Massenformel von Weizsäcker besprochen, die die Abhängigkeit der Masse $M(A, Z)$ von Atomkernen als Funktion der Massenzahl A und der Kernladungszahl Z im Rahmen des Tröpfchenmodells beschreibt.

Nehmen Sie folgendes für die Parameter an:

$$a_V = 15.6 \text{ MeV}/c^2, a_S = 17.2 \text{ MeV}/c^2, a_C = 0.7 \text{ MeV}/c^2, a_A = 90 \text{ MeV}/c^2.$$

Vernachlässigen Sie im folgenden, abgesehen von Teil a), die Paarungsenergie.

- Wie ist der funktionale Zusammenhang zwischen $M(A, Z)$ und der Kernladungszahl Z für eine Isobarenreihe (Isobare sind Kerne mit gleicher Massenzahl A)? Gibt es einen Unterschied für den Fall, dass A gerade bzw. ungerade ist? Skizzieren Sie für beide Fälle den Zusammenhang zwischen $M(A, Z)$ und der Kernladungszahl Z .
- Bestimmen Sie analytisch aus der Weizsäckerschen Massenformel die Ladungszahl Z des jeweils stabilsten Kerns in Abhängigkeit von A . Nehmen Sie dabei A und Z als kontinuierlich an. Berechnen Sie die Ladungszahl des stabilsten Kerns für $A = 10, 100$ und 200 und skizzieren Sie die gefundene Relation in einem Diagramm, welches Z als Funktion der Neutronenzahl N zeigt.
- Wird Energie frei bzw. benötigt bei der Fusion von zwei ^{12}C Kernen? Geben Sie die Energiedifferenz in der Einheit MeV an.
- Bestimmen Sie die Energiedifferenz (in MeV) bei der Spaltung eines $^{238}_{92}\text{U}$ -Kerns in zwei identische Bruchstücke (symmetrische Spaltung). Wird die Energie frei oder wird Sie benötigt?
- Zeigen Sie, dass für eine spontane Spaltung eines Kerns in zwei gleich schwere Spaltprodukte die Bedingung $Z^2/A > k$ erfüllt sein muss. Welchen Wert hat k ?

2. Vierervektoren: Absorption

(3 Punkte)

Ein ruhendes Teilchen der Masse m absorbiert ein Photon der Energie E_γ . Was ist die Masse m' des Teilchens nach der Absorption? Warum ist der Massenzuwachs nicht $\Delta m = E_\gamma/c^2$?

3. Vierervektoren: Teilchenerzeugung

(5 Punkte)

Im Jahr 1954 wurde am LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) in Berkeley, USA, ein Protonenbeschleuniger in Betrieb genommen. Protonen (p) sollten auf genügend Energie beschleunigt werden um in der Streuung an einem ruhenden Proton (p) zum ersten Mal ein Anti-Proton (\bar{p}) nachweisen zu können. Dieses Anti-Proton kann nur zusammen mit einem weiteren Proton kreiert werden (z.B. wegen Ladungserhaltung). Die Reaktion lautet also:

$$p + p \rightarrow p + p + \bar{p} + p$$

Die Entdeckung des Anti-Protons konnte im folgenden Jahr bekannt gegeben werden, der Nobelpreis folgte ein paar Jahre später.

- (a) Welche Energie muss der Protonenstrahl mindestens gehabt haben? Die Masse m des Protons ist gleich der Masse des Anti-Protons.
- (b) An einem Proton-Proton Collider wie dem LHC (Large Hadron Collider) werden Protonen gleicher Energie miteinander zur Kollision gebracht. Welche Energie muss jedes der beiden Protonen nun mindestens haben um ein Proton-Antiproton Paar zu erzeugen?