Übungen zur Experimentalphysik IV

Serie 3, Termin: 10./11./12. Mai 2017

Diese Übungsserie setzt Stoff voraus, der erst am Montag, 8.5. 2017 behandelt wird!

3.0 Farm Hall

Was war Farm Hall?

3.1 Tröpfchenmodell

Schreiben Sie ein Programm, welches die Bindungsenergie eines Kernes nach dem Tröpfchenmodell berechnet. Verwenden Sie dafür die Konstanten aus der Vorlesung (P4_V3.pdf Seite 38). Berechnen Sie nun die Bindungsenergien von:

$^{16}_8\text{O}$:

$^{56}_{26}\text{Fe}$:

$^{197}_{79}\text{Au}$:

$^{208}_{82}\text{Pb}$:

$^{212}_{82}\text{Pb}$:

$^{235}_{92}\text{U}$:

$^{235}_{94}\text{Pu}$:

3.2 Bindungsenergien von Kernen

Schreiben Sie ein Programm oder ein python-Skript, welches die Bindungsenergien aus der Datei binding_energies.txt liest. Diese befindet sich auf derselben Web-Seite, wie die Übungen. Die Bindungsenergie ist in der fünften Kolonne gegeben. Vergleichen Sie nun die nach Tröpfchenmodell berechnete Bindungsenergie mit der in der Tabelle. Wie groß sind die Unterschiede?

3.3 Bindungsenergien von Kernen II

Passen Sie Ihr erstes Programm jetzt so an, dass Sie die Tabelle binding_energies.txt als input verwenden können.

- a) Reproduzieren Sie nun die Abbildung auf Seite 13 in P4_V3.pdf in der die Bindungsenergie pro Massenzahl gegen die Masse des Kerns aufgetragen wird.
- b) Stellen Sie die Bindungsenergie aus der Tabelle graphisch gegen die Bindungsenergie aus dem Tröpfchenmodell dar.
- c) Bestimmen Sie für alle Kerne die Differenz der Bindungsenergien aus dem Tröpfchenmodell und der Tabelle, $E_{\text{Tropf}} - E_{\text{Tab}}$, und stellen Sie das Resultat graphisch als Funktion der Anzahl Neutronen $N = A - Z$ dar. Was fällt Ihnen auf?

3.4 Korrelation etc.

Wie gut stimmen die Bindungsenergien aus dem Tröpfchenmodelle mit den gemessenen in der Tabelle überein? Können Sie den Korrelationskoeffizienten bestimmen?

3.5 Dosisleistung von ^{40}K im menschlichen Körper

Der menschliche Körper besteht zu ca. 0.2% aus Kalium. Bestimmen Sie die Anzahl Zerfälle pro Sekunde in einem Menschen der Masse $m = 75$ kg. Bestimmen Sie nun die Dosisleistung (in Gy/h).

3.6 Entdeckung des Neutrons

Zu Zeiten Rutherfords war bekannt, dass die Massenzahl von Kernen etwa der doppelten Kernladungszahl entsprach. Bekannt waren damals das Proton und das Elektron. Man vermutete deshalb eine Weile lang, dass die etwa Hälfte der Elektronen sich im Kern befinden würden und dort die Hälfte der Protonen "neutralisieren" würden.

- a) Zeigen Sie, dass dies nicht stimmen kann. Dazu müsste die de-Broglie-Wellenlänge $\lambda = h/p$ des Elektrons in den Kern passen. Schätzen sie daraus die kinetische Energie des Elektrons ab. Achtung, dies muss relativistisch korrekt sein. Geben Sie Ihre Antwort in MeV an.
- b) Vergleichen Sie den erhaltenen Wert für E_e mit der maximal möglichen Bindungsenergie eines Elektrons im Kern. Geben Sie Ihre Antwort in MeV an.
- c) Bothe und Becker¹ konnten zeigen, dass die α -Strahlung aus ^{210}Po aus leichten Elementen wie Beryllium eine stark penetrierende elektrisch neutrale Strahlung erzeugte. Diese wurde ursprünglich als γ -Strahlung interpretiert. Joliot und Curie² konnten zeigen, dass diese aus Paraffin Protonen mit einer kinetischen Energie von 5,3 MeV herausschlug. Zeigen Sie, dass wenn dies durch Compton-Streuung von γ -Strahlung an Protonen geschehen wäre, die Photonen eine Energie von ca. 55 MeV haben müssten.

Chadwick konnte dann zeigen, dass es sich bei der stark penetrierenden neutralen Strahlung um Teilchen handeln musste, die etwa gleich schwer waren, wie das

¹Bothe & Becker, *Z. Phys.*, **66**, 289, (1930)

²Comptes Rendus, **194**, (1932), 273

Proton. Dazu beschoss er Bor mit α -Strahlen und mit den daraus entstehenden Neutronen ein Stickstoffgas.

$$\frac{1}{2}m_{\alpha}v_{\alpha}^2 + m_{\alpha}c^2 + m_Bc^2 = \frac{1}{2}m_Nv_N^2 + m_Nc^2 + \frac{1}{2}m_nv_n^2 + m_nc^2.$$

Daraus lässt sich leicht die Masse des Neutrons isolieren. Mit der gemessenen energie der Stickstoffkerne und unter der Annahme, dass das Proton aus c) dieselbe Geschwindigkeit habe, wie die Neutronen, konnte Chadwick dessen Masse berechnen.