

Schwerpunkte der Klausur zum Thema Kernphysik

- Aufbau des Atomkerns (Bestandteile, Tröpfchenmodell)
- Spontanzerfall
- Arten und Eigenschaften radioaktiver Strahlung
- Nachweismethoden radioaktiver Strahlung
Hier beschränken wir uns auf den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohres (s. LB „Physik gymnasiale Oberstufe“ S. 498). Die anderen im Vortrag genannten Nachweismethoden sind nicht Gegenstand der Klausur.
- Reaktionsgleichungen für Kernreaktionen
- Zerfallsgesetz
- Massendefekt und Bindungsenergie

Aufgaben zur Vorbereitung auf die Klausur

Die Aufgaben sind dem LB „Physik gymnasiale Oberstufe“ S. 520 ff. entnommen.

Aufgaben 7; 8; 11 a, d, f (ohne Berechnung der Aktivität); 18a; 20 (Achtung! Hier ist die Bindungsenergie im Gegensatz zum Diagramm im Unterricht positiv dargestellt. In der Literatur findet man beide Varianten, d.h. Bindungsenergie positiv bzw. negativ dargestellt.)

Lösungen der Aufgaben

7. a) Im Diagramm ist die Absorption von γ -Strahlung in Abhängigkeit von der Schichtdicke von Blei dargestellt. Die Impulsrate der γ -Strahlung je Minute nimmt mit zunehmender Schichtdicke ab. Dabei ist die Abnahme nicht proportional, sondern exponentiell zur durchdrungenen Schichtdicke.
- b) Bei einer Schichtdicke von ca. 12 mm ist die Hälfte der Strahlung absorbiert. Das ist die Halbwertsdicke für Blei.
8. a)
$${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{92}^{236}\text{U} \rightarrow {}_{57}^{147}\text{La} + {}_{35}^{87}\text{Br} + 2{}_0^1\text{n}$$
- b)
$${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{92}^{236}\text{U} \rightarrow {}_{34}^{85}\text{Se} + {}_{58}^{148}\text{Ce} + 3{}_0^1\text{n}$$
11. a) Unter der Halbwertszeit versteht man die Zeit, in der jeweils die Hälfte der vorhandenen instabilen Atomkerne zerfällt.
Eine Möglichkeit zur Bestimmung der Halbwertszeit eines radioaktiven Nuklids ist folgende:
Bei einem Nuklid wird zur Zeit $t_0 = 0$ die Aktivität A_0 und zur Zeit t_1 die Aktivität A_1 angenommen.

$$f) N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

Mit $N = 0,1 N_0$ erhält man:

$$0,1 N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \text{ und damit}$$

$$0,1 = e^{-\lambda \cdot t}$$

Logarithmieren ergibt: $\ln 0,1 = -\lambda \cdot t$

$$t = -\frac{\ln 0,1}{\lambda}$$

$$t = -\frac{\ln 0,1 \cdot s}{1,57 \cdot 10^{-5}}$$

$$t = 1,47 \cdot 10^5 \text{ s} = 40,8 \text{ h}$$

$$d) \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{12,3 \text{ h}}$$

$$\lambda = 1,57 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{s}}$$

Nach etwa 41 Stunden sind bei dem Nuklid 90 % der Atomkerne zerfallen.

18. a) Gesucht: E_B

Gegeben: $m_K = 2,0135532 \text{ u}$

Lösung:

$$\Delta m = (m_p + m_n) - m_k$$

$$\Delta m = (1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg} + 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}) - 2,0135532 \cdot 1,660540 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\Delta m = 4 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

Für die Kernbindungsenergie gilt:

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

$$E = 4 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2$$

$$E = 3,6 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ eV} = 2,3 \text{ MeV}$$

20. a) E_B ist die Kernbindungsenergie je Nukleon. Es ist die Energie, die man aufwenden muss, um den Atomkern in Nucleonen zu zerlegen. Es ist zugleich die Energie, die frei wird, wenn sich der Kern aus Protonen und Neutronen zusammensetzt. A ist die Massenzahl, also die Anzahl der Nucleonen. Die Grafik zeigt: Die Bindungsenergie je Nukleon ist bei leichten Kernen gering, erreicht bei mittelschweren Kernen ein Maximum und fällt dann wieder ab. Daraus ergeben sich zwei grundsätzliche Möglichkeiten der Energiefreisetzung:

- Aufspaltung eines schweren Kerns in zwei mittelschwere Kerne (Kernspaltung),
- Fusion zweier leichter Kerne (Kernfusion).

b) Für den relativen Massendefekt gilt:

$$\Delta A = 27 \cdot A_p + 33 \cdot A_n - A_{Co}$$

$$\Delta A = 27 \cdot 1,00783 + 33 \cdot 1,00867 - 59,93381$$

$$\Delta A = 0,5637$$

Dann beträgt der Massendefekt:

$$\Delta m = \Delta A \cdot u$$

$$\Delta m = 0,5637 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 9,36 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

Als Bindungsenergie je Nukleon erhält man:

$$E = \frac{\Delta m \cdot c^2}{N}$$

$$E = \frac{9,36 \cdot 10^{-28} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2}{60}$$

$$E = 1,4 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 8,8 \text{ MeV}$$

c) $E = m \cdot c^2$

$$E = 0,22355 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2$$

$$E = 3,34 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 209 \text{ MeV}$$