

Übungen zur Vorlesung Moderne Physik für Lehramtskandidaten, Geophysiker, Meteorologen und Ingenieurpädagogen	
Sommersemester 2023 Prof. D. Hunger, M.Sc. J. Hessenauer	Fakultät für Physik Physikalisches Institut

Übungsblatt Nr. 13 Bonusblatt

Ausgabe: 17.07.2023

Besprechung: 25.07.2023

Hinweis: Die auf diesem Blatt erworbenen Punkte verstehen sich als Bonuspunkte. Zur Bestehung des Übungsscheins sind also nur 70 % der bisher möglichen 120 P, also 84 P erforderlich.

Aufgabe 1: Supraleitung

- a) Diskutieren Sie den Unterschied zwischen einem idealen Leiter und einem Supraleiter anhand des Meißner-Ochsenfeld-Effekts. [1P]
- b) Erläutern Sie den Unterschied zwischen einem Typ-I und einem Typ-II Supraleiter anhand deren Magnetisierungskurven $M(H)$. [1P]

Aufgabe 2: Radioaktiver Zerfall und Radiokarbonmethode zur Altersbestimmung:

- a) Welche Arten radioaktiver Strahlung gibt es? Woraus besteht diese Strahlung? Nennen Sie jeweils eine Zerfallsreaktion zur Erzeugung dieser Strahlungsart. [0.5P]
- b) Bei der vollständigen Abbremsung von α -Teilchen in Luft wird je 35 eV ein Elektron-Ionen-Paar erzeugt. Die zur Ionisation erforderliche Energie beträgt jedoch nur 15 eV.

Welche Energie haben α -Teilchen, die bei einem Ionisationsvermögen von 2000 Ionenpaaren/mm eine Reichweite von 6,8 cm besitzen?

Welche anderen Prozesse außer der Ionisation können für den Energieverlust der α -Teilchen beim Durchgang durch Luft verantwortlich sein? [1P]

Radiokarbonmethode zur Altersbestimmung:

- c) Geben Sie die Reaktionsgleichung für den β -Zerfall (β^+ oder β^- ?) von ${}^{14}_6\text{C}$ und ${}^{11}_6\text{C}$ an. [0.5P]
- d) Geben Sie das radioaktive Zerfallsgesetz an, also die Zahl der von ursprünglich N_0 Kernen nach der Zeit t noch vorhandenen Kerne. Geben Sie den Zusammenhang zwischen der Halbwertszeit $T_{1/2}$ und der mittleren Lebensdauer τ an. [0.5P]

- e) Ein archäologisches Holzstück zeigt aufgrund des Zerfalls von $^{14}_6C$ eine Aktivität von 300 β -Zerfällen pro Minute ($A(T) = -\frac{dN(t)}{dt}$). Ein frisches Stück Holz (mit $t = 0$) mit der gleichen Kohlenstoff-Verteilung wie das archäologische Holzstück zeigt eine $^{14}_6C$ -Zerfallsrate von 1700 Zerfällen pro Minute. Bestimmen Sie mit Hilfe dieser Informationen das Alter des archäologischen Holzstücks. *Hinweis: Die Halbwertszeit von $^{14}_6C$ beträgt $T_{1/2} = 5730$ Jahre.* [0.5P]

Aufgabe 3: Struktur des Atomkerns

- a) Im Jahr 1911 waren als einzige Elementarteilchen Elektronen und Protonen bekannt. Warum ließ sich aus diesen beiden Teilchen kein befriedigendes Modell des Atomkerns bauen? [0.5P]
- b) 1920 postulierte Rutherford, dass der Atomkern neben Protonen aus ungeladenen Neutronen besteht. Wie löste dieses Postulat das Problem aus Aufgabe a)? [0.5P]
- c) In einem Heliumkern haben die Nukleonen voneinander einen mittleren Abstand von 10^{-14} m. Wie groß sind die abstoßenden elektrischen Kräfte zwischen zwei benachbarten Nukleonen? Wie groß sind die Gravitationskräfte zwischen diesen Nukleonen? [0.5P]

Aufgabe 4: Wirkungsquerschnitt

Beim Beschuss von Eisen ($^{56}_{26}Fe$) mit Protonen entsteht Kobalt ($^{56}_{27}Co$) und ein Neutron. Der Wirkungsquerschnitt für diesen Prozess ist 0.65 barn (1 barn = 1 "Scheunentor", 1 barn = $1 \cdot 10^{-28}$ m²). In einem Experiment wird ein Eisentarget (Dichte $\rho_{Fe} = 7,874$ g/cm³, Dicke 2 μ m, Fläche 1,5 cm²) mit einem homogenen Protonenstrahl (Intensität $2 \cdot 10^{13}$ Protonen/s) beschossen.

- a) Erklären Sie kurz, was ein Wirkungsquerschnitt ist. [0.5P]
- b) Wie viele Neutronen entstehen pro Sekunde in dem oben beschriebenen Experiment? [0.5P]
- c) Das in diesem Prozess künstlich erzeugte $^{56}_{27}Co$ zerfällt (mit einer Halbwertszeit von 77 Tagen) wieder in Eisen $^{56}_{26}Fe$. Über welche beiden Reaktionen ist dies möglich? Geben Sie die Reaktionsgleichungen an. [0.5P]

Aufgabe 5: Kernspaltung und Kernfusion

Der Atomkern (A, Z) besteht aus Z Protonen und insgesamt A Nukleonen.

- a) Beschreiben Sie kurz, unter welcher Bedingung Energie durch Kernfusion oder Kernspaltung gewonnen werden kann. Welches Element hat die maximale Bindungsenergie pro Nukleon? [0.5P]
- b) Skizzieren Sie den ungefähren Verlauf der Bindungsenergie von Kernen in Abhängigkeit von der Massenzahl. [0.5P]
- c) Wieviel Energie (in der Einheit MeV) entsteht bei der Fusion von 2 Mol Deuterium (2H) zu einem Mol Helium (4He)? [1P]

Hinweis: Masse von 2H : 2,014102 u, Masse von 4He : 4,002603 u, 1 u = $1,66053878 \cdot 10^{-27}$ kg.

Weitere Informationen und Updates zur Vorlesung/Übung finden Sie auch hier:
https://ilias.studium.kit.edu/goto.php?target=crs_2093879&client_id=produktiv