

Übungen zur Vorlesung Moderne Experimental-physik I

KIT, Sommersemester 2019



Prof. Dr. G. Drexlin, Dr. K. Valerius, Dr. M. Schlösser, Dr. H. Seitz-Moskaliuk

Vorlesungen	Di 9:45 + Do 8:00, Gerthsen-Hörsaal
Sprechstunde	Prof. Drexlin: Di 11:30-12:30, Raum F2-34 (Flachbau)
Übungen	Mo 8:00, 9:45, 11:30
Sprechstunde	Dr. Schlösser, Dr. Seitz-Moskaliuk: nach Vereinbarung (magnus.schloesser@kit.edu, hendrik.seitz-moskaliuk@kit.edu)
Ilias	https://ilias.studium.kit.edu/goto_produkativ_crs_946736.html

Übungsblatt 10 – Bearbeitung bis 08.07.2019

WICHTIGER HINWEIS: Im Tutorium zu Blatt 11 (d.h. im Tutorium am 15.07.2019) wird der zweite kurze Test zu den bisherigen Übungsaufgaben 18-34 (Blatt 6-10) durchgeführt. Dabei gibt es zu jeder Aufgabe eine kurze, einfache Verständnisfrage (kein Rechnen notwendig!). Es handelt sich hierbei um eine reine Wiederholung des Stoffes. Wer also die Übungen selbst gelöst hat oder die Lösungen im Tutorium mitgeschrieben hat, sollte keine Probleme haben alle Fragen zu beantworten. Der Test ist wegen der Theoklausur in der letzten Vorlesungswoche um eine Woche nach vorne gezogen.

(32) Bethe-Weizsäcker-Massenformel

Die Bethe-Weizsäcker-Formel ist eine Formel zur Beschreibung der Bindungsenergie von Atomkernen nach dem sogenannten Tröpfchenmodell. Bindungsenergie kann als negative potentielle Energie betrachtet werden. Im Tröpfchenmodell werden die Nukleonen wie Moleküle eines inkompressiblen geladenen Flüssigkeitströpfchens betrachtet.

- Wie lautet die Bethe-Weizsäcker-Massenformel für die Bindungsenergie E_B ? Erklären Sie alle auftretenden Terme.
- Was bedeutet der Ausdruck E_B/A und welcher Term wird für große Kerne am dominantesten?
- Welcher Kern hat eine pro Nukleon größere Bindungsenergie, ^{60}Ni oder ^{52}Cr ?
- Warum kann man durch die Spaltung von Uran-235 Energie gewinnen? Nehmen Sie an, dass ^{235}U in zwei ungefähr gleich große Kernfragmente zerfällt und schätzen Sie dadurch die Energie ab, die durch diese Reaktion frei wird.
- Wie viel Energie wird frei, wenn 1 kg Uran gespalten wird? Vergleichen Sie diesen Wert mit der Energiemenge von konventionellen Sprengstoffen wie beispielsweise TNT ($\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$) mit einer Explosionswärme von $3725 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Tabelle 1: Spiegelkerne und ihre Bindungsenergien E_B . Die Bindungsenergien sind angegeben als Massenexzess $\Delta = mc^2 - A \cdot uc^2$ mit m der Kernmasse, A der Nukleonenzahl und u der atomaren Masseneinheit und c der Lichtgeschwindigkeit. Der Massenexzess gibt die Bindungsenergie relativ zu ^{12}C an.

Nuklid 1	$E_{B,1}$ in MeV	Nuklid 2	$E_{B,2}$ in MeV
$^{17}_8\text{O}$	-0,809	$^{17}_9\text{F}$	1,952
$^{21}_{10}\text{Ne}$	-5,732	$^{21}_{11}\text{Na}$	-2,184
$^{27}_{13}\text{Al}$	-17,197	$^{27}_{14}\text{Si}$	-12,384
$^{39}_{19}\text{K}$	-33,807	$^{39}_{20}\text{Ca}$	-27,274
$^{59}_{29}\text{Cu}$	-56,357	$^{59}_{30}\text{Zn}$	-47,260

(33) Spiegelkerne und Kernradius

Spiegelkerne sind hilfreich beim Verständnis des Coulomb-Terms in der Bethe-Weizsäcker-Formel und bei der Konstruktion daraus abgeleiteter anschaulicher Konzepte wie dem Kernradius.

- Was sind Spiegelkerne?
- Zeigen Sie, dass sich die Bindungsenergie von Spiegelkernen nur im Coulombterm unterscheidet.
- Tabelle 1 zeigt Spiegelkerne und ihre Bindungsenergien. Berechnen Sie die Konstante a_C des Coulombterms der Bethe-Weizsäcker-Massenformel aus den angegebenen Bindungsenergien pro Spiegelkernpaar und mitteln Sie Ihr Ergebnis.
- Für den Kernradius R gilt der aus der Vorlesung bekannte Zusammenhang $R = r_0 \cdot A^{1/3}$. Berechnen Sie r_0 aus a_C unter der Annahme einer homogenen Ladungsverteilung innerhalb des Kerns.
- Warum findet man Spiegelkerne nur bis zu einer Nukleonenzahl von $A \approx 60$ und bei schwereren Kernen nicht mehr?

(34) Fermigas-Modell

Wie bereits in der vorherigen Aufgabe gesehen, kann der Radius eines Kerns der Nukleonenzahl A durch folgenden Ausdruck abgeschätzt werden

$$R = 1,2 \text{ fm} \cdot A^{1/3} . \quad (1)$$

- Berechnen Sie die Größe von ^{56}Fe - und von ^{238}U -Kernen. In welcher Zeit kann ein Nukleon mit einer kinetischen Energie von 40 MeV, die der sogenannten Fermi-Energie entspricht, einen ^{56}Fe - sowie einen ^{238}U -Kern durchqueren?
- Schätzen Sie aus der Heisenberg'schen Unschärferelation den typischen Impuls eines Nukleons in den genannten Kernen ab. Was ist die entsprechende typische Energie? Vergleichen Sie die Energien mit Fermienergie-Werten aus der Vorlesung.

(*) Punkteverteilung

Aufgabe	Teilaufgabe	Punkte
32	a	1,5
32	b	0,5
32	c, d, e	je 1
33	a, b, e	je 0,5
33	c, d	je 1
34	a, b	je 1

Bei Verständnisfragen gerne das Wiki im ILIAS nutzen oder eine Mail an die Übungsleiter schreiben.