

Übungen zur Vorlesung Mod. Experimentalphysik I

KIT, Sommersemester 2024

Prof. Dr. T. Müller, Dr. D. Hinz



Vorlesungen	Di 9:45 + Do 11:30, Gerthsen-Hörsaal 30.21
Übungen	Mo 8:00, 9:45, 11:30 (Anmeldung im Ilias)
Sprechstunde	Dr. Hinz: nach Vereinbarung (dominic.hinz@kit.edu)
Ilias	s.kit.edu/ex4ss24

Übungsblatt 11 – Bearbeitung bis 15.07.2024

(34) 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.

- (a) Was sind Spiegelkerne?
- (b) Zeigen Sie, dass sich die Bindungsenergie von Spiegelkernen nur im Coulombterm unterscheidet.
- (c) 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.

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

- (d) 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.
- (e) Warum findet man Spiegelkerne nur bis zu einer Nukleonenzahl von $A \approx 60$ und bei schwereren Kernen nicht mehr?

(35) Schalenmodell

Das Tröpfchen-Modell kann Beobachtungen wie magische Protonen- und Neutronenzahlen sowie Kernanregungen nicht erklären. Daher wurde das Schalenmodell entwickelt, das dem Atommodell sehr ähnlich ist. Abweichungen gibt es, da im Kern nicht nur die Coulombwechselwirkung vorherrscht, sondern auch die starke Kernkraft. Außerdem spielen zwei Sorten von Nukleonen eine Rolle – das geladene Proton und das ungeladene Neutron (im Atom nur das geladene Elektron). Wie beim Atom gibt es auch im Kern eine Feinstrukturaufspaltung.

- (a) Die Spin-Bahn-Kopplung ist für die ersten 5 Schalen bei den Neutronen und den Protonen dieselbe (für die Größe der Aufspaltung siehe Vorlesung). Geben Sie die Werte für den Spin und die Parität J^P der folgenden Kerne an: ${}^3\text{He}$, ${}^{14}\text{C}$, ${}^{19}\text{F}$, ${}^{27}\text{Mg}$, ${}^{31}\text{P}$, ${}^{37}\text{Ar}$, ${}^{39}\text{Ar}$, ${}^{39}\text{K}$, ${}^{42}\text{K}$, ${}^{48}\text{Ca}$.
Hinweis: Notieren Sie die Werte für A , Z und N der Kerne und bestimmen Sie, in welchem Niveau das letzte ungepaarte Nukleon ist.
- (b) Berechnen Sie für jedes Nukleon den sogenannten Isospin I und I_3 (schauen Sie dazu auch in Kapitel 2.4 im Buch *Teilchen und Kerne* von B. Povh et al.). Was bedeutet das Konzept des Isospins?
- (c) Was bedeuten die magischen Zahlen bei Kernen? Listen Sie alle doppelt-magischen Kerne auf.
- (d) Berechnen Sie die Energiedifferenz zwischen den Neutronenschalen $1p_{1/2}$ und $1d_{5/2}$ für Kerne mit $A \approx 16$ aus der gesamten Bindungsenergie E_B von ${}^{15}\text{O}$ (111,9556 MeV), ${}^{16}\text{O}$ (127,6193 MeV) und ${}^{17}\text{O}$ (131,7627 MeV).

(36) Das Deuteron – der einfachste zusammengesetzte Kern

Das Deuteron ${}^2\text{H}$ besteht aus einem Proton und einem Neutron und hat einen Gesamtdrehimpuls von $J = 1$.

- (a) Welche möglichen Zustände kann das Deuteron besetzen?
- (b) Das Deuteron besitzt ein magnetisches Moment von $\mu_d = 0,857\mu_N$, welches ungefähr der Summe der magnetischen Momente von Proton ($\mu_p = 2,793\mu_N$) und Neutron ($\mu_n = -1,913\mu_N$) entspricht. Was kann man hieraus für den Bahndrehimpuls L ableiten?
- (c) Was bedeutet es, dass μ_d nicht exakt gleich $\mu_n + \mu_p$ ist? (Hinweis: Die Parität eines gemischten Zustands muss klar definiert sein!).
- (d) Woran liegt es, dass das Neutron kein verschwindendes magnetisches Moment ($\mu_n \neq 0$) besitzt?

(*) Punkteverteilung

Aufgabe	Teilaufgabe	Punkte
34	a, b, e	je 0,5
34	c, d	je 1
35	a, d	je 2
35	b, c	je 1
36	a	1,5
36	b, c	je 1
36	d	0,5

Bei Verständnisfragen gerne das Forum im ILIAS nutzen.