

Übungen zur moderne Experimentalphysik I (Physik IV, Atome und Kerne) KIT, Sommersemester 2017



Prof. Dr. Guido Drexlin, Dr. Kathrin Valerius

Vorlesungen	Di 9:45 + Do 8:00, Gerthsen-Hörsaal
Sprechstunde	Drexlin: Di 11:30-12:30, Valerius: Do 9:45-10:45
Übungen	Mo 8:00, 9:45, 11:30 (Anmeldung im Ilias)
Sprechstunde	Erhard, Schlösser: Mo 13:00-14:00
Ilias	https://ilias.studium.kit.edu/goto.php?target=crs_661999&client_id=produktiv

Übungsblatt 9 (Version 1.1)– Bearbeitung bis 10.07.2017

(31) Fermi-Gas Modell

Der Radius eines Kerns der Massenzahl A kann durch folgenden Ausdruck abgeschätzt werden

$$R = 1.3 A^{1/3} \text{ fm} . \quad (1)$$

- (a) 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?
- (b) Berechne die Größe von ^{56}Fe und von ^{238}U Kernen. Schätzen Sie damit aus der Heisenberg'schen Unschärferelation den typischen Impuls eines Nukleon in den genannten Kernen ab. Was ist die entsprechende, typische Energie? Vergleichen sie diese Werte zu denen aus der Vorlesung.

(32) Schalenmodell

Das Tröpfchen-Modell, zu dem auf dem letzten Übungsblatt ausführlich gerechnet wurde, 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 beispielsweise, da im Kern nicht nur die Coulombwechselwirkung vorherrscht, sondern ebenfalls die starke Kernkraft (siehe *Tensorkraft* in Vorlesung). Außerdem spielen zwei Sorten von Nukleonen eine Rolle - das geladenen Proton und das ungeladene Neutron (und nicht nur eine wie beim Atom - dort nämlich das Elektron). Ebenso, wie beim Atom gibt es eine Feinstrukturaufspaltung.

- (a) Die Spin-Bahn Kopplung ist für die ersten 5 Schalen bei den Neutronen und die Protonen dieselbe. Die Aufspaltung können Sie der Vorlesung entnehmen (AK19, Folie 30). Diesem Schema können Sie die Werte für den Spin und die Parität J^P der folgenden Kerne entnehmen: ^3He , ^{14}C , ^{19}F , ^{27}Mg , ^{31}P , ^{37}Ar , ^{39}Ar , ^{39}K , ^{42}K , ^{48}Ca .

(Hinweis: Dazu notieren Sie die Werte für A , Z und N der Kerne und bestimmen Sie dazu in welchem Niveau das letzte ungepaarte Nukleon ist.)

- (b) Berechnen Sie außerdem für jedes Nukleid den sogenannten Isospin I und I_3 (Falls, die Vorlesung dazu nicht ausreicht: Siehe Kapitel 2.4 im Buch *Teilchen und Kerne* von POVH, RITH, SCHOLZ UND ZETSCHE - das Buch ist bei SpringerLink verfügbar .) Was bedeutet das Konzept des Isospins?

- (c) Was bedeuten die magischen Zahlen bei den Kernen? Welches sind alle doppel-magische Kerne?
- (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}O (111.9556 MeV), ^{16}O (127.6193 MeV) und ^{17}O (131.7627 MeV).

(33) Das Deuteron - der einfachste zusammengesetzte Kern

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

- (a) Welche möglichen Zustände könnte das Deuteron besitzen?
- (b) Das Deuteron besitzt ein magnetisches Moment von $\mu_d = 0.857 \mu_N$ welches ungefähr die Summe der Momente von Proton ($\mu_p = 2.793 \mu_N$) und Neutron ($\mu_n = -1.913 \mu_N$). Was kann man hieraus für 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 könnte es liegen, dass das Neutron kein magnetisches Moment besitzt, dass genau $\mu_n = 0$ ist?

(34) Kernreaktionen

- (a) In einem Plasma, z.B. in einem Fusionsreaktor, sollen leichte Kerne verschmolzen werden.



- Wie hoch ist dabei die Coulombbarriere V_{coulomb} und welcher Temperatur entspräche diese Energie?
 - Wieso kann die Reaktion bereits bei kinetischen Energien (z.B. Temperaturen) unterhalb dieser Coulombbarriere passieren?
- (b) Mit einem sogenannten Van-de-Graaff Generator können sehr hohe Spannung erzeugt werden. Diese kann dann dazu verwendet werden geladene Teilchen zu beschleunigen und z.B. Kernreaktionen damit zu untersuchen (wie z.B. am nun stillgelegten Karlsruher Van-der-Graaff Beschleuniger des Institut für Kernphysik am damaligen Forschungszentrum Karlsruhe)
- Ein 3 MV Van-der-Graaff Beschleuniger wird so ausgerüstet, dass er Protonen, Deuteronen, sowie doppelt ionisierte ^3He und ^4He beschleunigen kann. Was sind die maximalen Energien für die genannten Ionen?
 - Es soll das radioaktive Isotop ^{15}O durch Kernreaktion aus den möglichen 'Projektile' mit stabilen Targetmaterialien erzeugt werden. Schreiben alle Reaktionen durch die das Isotop erzeugt werden kann. (Hinweis: Beispiel für die Erzeugung von ^7Li : $^3\text{H} + ^4\text{He} \rightarrow ^7\text{Li} + \gamma$ oder $^7\text{Be} + n \rightarrow ^7\text{Li} + p^+$. Ebenfalls ist es wichtig auf die Energie zu achten. In Tabelle 1 sind die Massen von verschiedenen Kerne aufgelistet.

Nukleid	Masse (amu)	Nukleid	Masse (amu)
^1n	1.00866	^{10}B	10.01294
^1H	1.00783	^{11}B	11.00931
^2H	2.01410	^{12}C	12.00000
^3He	3.01605	^{13}C	13.00335
^4He	4.00260	^{14}N	14.00307
^{15}O	15.00307	^{15}N	15.00011

Tabelle 1: Massen einiger Kerne (1 amu = 931.5 MeV).

(*) Punkteverteilung

Übungsblatt	Aufgabe	Teilaufgabe	Punkte
9	31	a, b	je 1
9	32	a, d	je 2
9	32	b, c	je 1
9	33	a	1,5
9	33	b, c	je 1
9	33	d	0,5
9	34	a	1
9	34	b	1



Geh wählen!

03.-07. Juli in der Fachschaft

