

# Übungen zur Vorlesung Moderne Experimentalphysik 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	<a href="https://ilias.studium.kit.edu/goto_produkativ_crs_946736.html">https://ilias.studium.kit.edu/goto_produkativ_crs_946736.html</a>

---

## Übungsblatt 11 – Bearbeitung bis 15.07.2019

### (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.

- 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.
- 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?
- Was bedeuten die magischen Zahlen bei Kernen? Listen Sie alle doppelt-magischen Kerne auf.
- 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  $J = 1$ .

- Welche möglichen Zustände kann das Deuteron besetzen?

**Tabelle 1:** Massen einiger Kerne (1 amu = 931,5 MeV).

Nuklid	Masse in amu	Nuklid	Masse in amu
$^1_0\text{n}$	1,00866	$^{11}_5\text{B}$	11,00931
$^1_1\text{H}$	1,00783	$^{12}_6\text{C}$	12,00000
$^2_1\text{H}$	2,01410	$^{13}_6\text{C}$	13,00335
$^3_2\text{He}$	3,01605	$^{14}_7\text{N}$	14,00307
$^4_2\text{He}$	4,00260	$^{15}_7\text{N}$	15,00011
$^{10}_5\text{B}$	10,01294	$^{15}_8\text{O}$	15,00307

- (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  $\mu_d$  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 ( $\mu_n = 0$ ) besitzt?

### (37) Kernreaktionen

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



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

### (\*) Punkteverteilung

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

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