

# Übungen Physik VI (Kerne und Teilchen)

Sommersemester 2007

Übungsblatt Nr. 11

Bearbeitung bis 19.07.2007

---

## Anwendungen der Kernphysik

### Aufgabe 37: $^{14}\text{C}$ -Methode

Durch die Höhenstrahlung wird in der Atmosphäre das Isotop  $^{14}\text{C}$  mit einer konstanten Rate erzeugt. Da  $^{14}\text{C}$  mit einer Halbwertszeit von 5730 Jahren zerfällt, bildet sich in der Atmosphäre ein konstantes Verhältnis von  $^{14}\text{C}$  zum stabilen Isotop  $^{12}\text{C}$ . Dieses Verhältnis beobachtet man auch in allen Lebewesen, die den Kohlenstoff durch ihren Stoffwechsel aufnehmen. Die durch den Zerfall von  $^{14}\text{C}$  hervorgerufene spezifische Aktivität beträgt 0.255 Bq pro Gramm Kohlenstoff in natürlichem, lebendem Gewebe. Sobald ein Lebewesen stirbt, nimmt die  $^{14}\text{C}$ -Konzentration durch den radioaktiven Zerfall ab. Diese Tatsache nutzt man z.B. in der Archäologie zur Altersbestimmung.

- Aus welcher Zeit stammt eine Probe von 2 g Kohlenstoff mit einer Aktivität von 0.404 Bq?
- Wieviele  $^{14}\text{C}$ -Atome waren zu dieser Zeit in der Probe? Wieviele sind es jetzt?
- Wie lange muss die Aktivität der Probe gemessen werden, um ihr Alter mit einem relativen statistischen Fehler von 1% zu bestimmen? Zur Erinnerung: Der statistische Fehler einer Messung von  $N$  Ereignissen ist  $\sqrt{N}$ .

### Aufgabe 38: Kernspaltung

#### a) Vier-Faktoren-Formel

Wie groß muß das Verhältnis von Uranatomen  $^{235}\text{U}$  zu Moderatoratomen  $^{12}\text{C}$  sein, um in einem unendlich ausgedehnten Kernreaktor eine Kettenreaktion aufrecht zu erhalten? Die Neutronen-Absorptionsquerschnitte betragen  $\sigma(^{235}\text{U}) = 694\text{b}$  und  $\sigma(^{12}\text{C}) = 0.0045\text{b}$ . Der Vermehrungskoeffizient ( $\eta$  = Anzahl der Spaltneutronen/Anzahl der absorbierten Neutronen) beträgt  $\eta = 2.07$ . 36 % der Neutronen gehen durch  $(n,\gamma)$ -Reaktionen am  $^{238}\text{U}$  verloren. Die Spaltung von  $^{235}\text{U}$  durch schnelle Neutronen wird durch den Schnellspaltfaktor  $\epsilon = 1.03$  berücksichtigt. Berechnen Sie mit Hilfe dieser Angaben zunächst den erforderlichen thermischen Nutzfaktor  $f$ , um eine Kettenreaktion aufrechtzuerhalten.

## b) Kritische Masse

Wie groß ist die kritische Masse einer homogenen Kugel aus reinem  $^{235}\text{U}$ ? Die Absorptionsquerschnitte für schnelle Neutronen betragen  $\sigma_{n,f} = 5$  b (Absorption führt zur Spaltung (engl. fission)) und  $\sigma_{n,\gamma} = 0.5$  b (Absorption führt zur  $\gamma$ -Emission.). Es werden  $\nu = 2.6$  Neutronen pro Spaltung frei. Berechnen Sie zunächst den Vermehrungskoeffizienten  $\eta$  mit Hilfe der angegebenen Absorptionsquerschnitte.

Vernachlässigen Sie die Moderation der Neutronen durch Stöße mit  $^{235}\text{U}$ . Der Reproduktionsfaktor ist gegeben durch  $k = P\eta$ , wobei  $P$  die Wahrscheinlichkeit dafür ist, dass ein Neutron in der Kugel bleibt. Benutzen Sie das folgende einfache Modell zur Berechnung von  $P$ : Neutronen innerhalb einer mittleren freien Weglänge vom Rand verlassen die Kugel mit der Wahrscheinlichkeit  $w = 2/3$ . Alle anderen Neutronen werden absorbiert. Die Dichte beträgt  $\rho = 19\text{g/cm}^3$ .

Die Übungsaufgaben finden Sie auf dem Netz unter der URL:  
<http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~jwagner/SS07>

**DIE FACHSCHAFTEN**

MATHEMATIK  
PHYSIK  
INFORMATIK

Laden ein zum gemeinsamen  
**3-EULENFEST**  
Am **17.07.** im **INFOBAU**

Ab 19 Uhr bieten wir euch:  
Grillstand, Lounge, DJ, Livemusik von „Mother“  
und einen Special Guest an der Akustik-Gitarre

Fachschaft Informatik Mathematik Universität Karlsruhe (TH)  
Rothaus  
FACHSCHAFT PHYSIK UNI-KARLSRUHE