

Universität Bielefeld Fakultät für Physik	Kernphysik WS 2022/2023	Prof. Dr. Jürgen Schnack jschnack@uni-bielefeld.de
--	----------------------------	---

Aufgabenblatt 8

8.1 d-d-Fusion

Für die Reaktion $d+d \rightarrow {}^3\text{He}+n$ müssen die Deuteriumkerne bis auf 10^{-13} m zusammenkommen.

- Berechnen Sie Coulomb-Energie der beiden Deuterium-Kerne im Abstand von 10^{-13} m.
- Welcher Temperatur entspricht diese Energie? Benutzen Sie zur Abschätzung den Gleichverteilungssatz für freie Punktteilchen. Wie lautet der Gleichverteilungssatz eigentlich?
- Stellen Sie die Energie- und Impulsbilanz für den ${}^3\text{He}$ -Kern sowie das Neutron auf. Nehmen Sie dazu an, dass die fusionierenden Deuteronen im Moment der Fusion ruhen. Berücksichtigen Sie die Coulomb-Energie. Wie groß sind jeweils die kinetischen Energien von ${}^3\text{He}$ -Kern und Neutron?

8.2 Wie radioaktiv sind Sie?

Diese schöne Aufgabe stammt von Prof. Nicolas Borghini.

Durch natürliche Prozesse wie Atmung, Nahrungsaufnahme und Rauchen werden verschiedene radioaktive Substanzen in den menschlichen Körper aufgenommen, insbesondere ${}^{14}\text{C}$, ${}^{40}\text{K}$ und ${}^{222}\text{Rn}$. In dieser Aufgabe soll die von diesen Elementen verursachte Aktivität Ihres Körpers abgeschätzt werden. Der Einfachheit halber wird angenommen, dass Frauen 65 kg und Männer 75 kg wiegen.¹

- **Kalium-40:** Kalium hat drei natürlich vorkommende Isotope: ${}^{39}\text{K}$ (Häufigkeit 93,26 %) und ${}^{41}\text{K}$ (Häufigkeit 6,73 %) sind stabil, während ${}^{40}\text{K}$ (heutige Häufigkeit 0,0117 %) instabil mit der Halbwertszeit $T_{1/2} = 1.227 \cdot 10^9$ Jahren ist. Berechnen Sie die Aktivität von einem Mol ${}^{40}\text{K}$ -Kernen. Die atomare Masse von ${}^{40}\text{K}$ ist 39.964 u. Welche Aktivität hat ein Kilogramm Kalium-40? Der Anteil an Kalium im menschlichen Körper beträgt im Schnitt 2.26 g pro kg Körpermasse bei Frauen bzw. 2.52 g pro kg Körpermasse bei Männern. Was ist dann die gesamte Aktivität des in Ihrem Körper enthaltenen ${}^{40}\text{K}$?

¹Sie dürfen gern Ihr eigenes Gewicht einsetzen.

- **Kohlenstoff-14:** Kohlenstoff ist viel häufiger als Kalium im Körper; seine Masse beträgt etwa 23 % der Körpermasse. Davon ist die natürliche Häufigkeit vom radioaktiven Isotop ^{14}C ungefähr $1.5 \cdot 10^{-12}$. Die spezifische Aktivität (d.h. die Aktivität pro Kilogramm Stoff) von Kohlenstoff ist 190 Bq/kg. Berechnen Sie die von ^{14}C verursachte Aktivität in Ihrem Körper.
- **Radon-222:** Radon ist das schwerste Edelgas mit vielen Isotopen, die alle instabil sind. Das langlebigste und häufigste davon ist ^{222}Rn mit einer Halbwertszeit von $T_{1/2} = 3.8$ Tagen. Berechnen Sie dessen Zerfallskonstante λ_{Rn} . Der Einfachheit halber wird angenommen, dass das Lungenvolumen 5 Liter beträgt und dass die ganze entsprechende Luft regelmäßig neu ersetzt wird, so dass die Häufigkeit von Radon in der in den Lungen enthaltenen Luft dieselbe ist, wie die mittlere Häufigkeit in der Erdatmosphäre, und zwar ein Radonatom auf 10^{21} Moleküle. Was ist die gesamte Aktivität von ^{222}Rn in Ihrem Körper? (Zur Erinnerung ist das molare Volumen idealer Gase bei Normbedingungen 22.4 Liter.)

Anmerkungen: Die jeweiligen biologischen Wirksamkeiten der oben betrachteten Quellen von Radioaktivität können sehr unterschiedlich sein. Wegen der relativ kurzen Halbwertszeit von Radon hängt seine Häufigkeit in der Luft stark vom geologischen Untergrund ab. Es gibt viel weniger ^{222}Rn in der Bielefelder Luft als in Süddeutschland, vgl.

http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/umwelt_node.html

8.3 Aktueller Status der Kernfusionsforschung

Lesen Sie den Artikel über den Stand der technischen Entwicklungen zur Nutzung der Kernfusion aus Spektrum der Wissenschaft 12/2012.

Studieren Sie auch neueste Meldungen zum Thema Fusion.

(a) Bei Lockheed Martin arbeiten echte Angeber; es ist nicht klar, ob da etwas rauskommt, aber wer weiß:

<http://www.lockheedmartin.com/us/products/compact-fusion.html>

(b) Bei focussed-energy arbeiten echte Experten, die sich schon lange mit Trägheitsfusion beschäftigen; es ist nicht klar, ob da etwas rauskommt, aber wer weiß:

<https://focused-energy.world>