



Übung 5

(Ausgabe: 17.11.2015, Abgabe: 24.11.2015)

Übungsaufgaben (zulassungsrelevant)

Aufgabe 1: Molekülstrahl-Experiment nach Rabi (8 Punkte)

Werten Sie das folgende Molekülstrahl-Experiment aus. Es handelt sich um die Originaldaten aus I.I. Rabi *et al.*, Phys. Rev. **53**, 318 (1938). Es wurde ein Lithium-Chlorid-Strahl verwendet. Die notwendigen Daten und Parameter finden Sie in der Abbildung. Nehmen Sie im Folgenden an, dass Lithium zu 100% aus ${}^7\text{Li}$ mit Kernspin $I=3/2$ besteht.

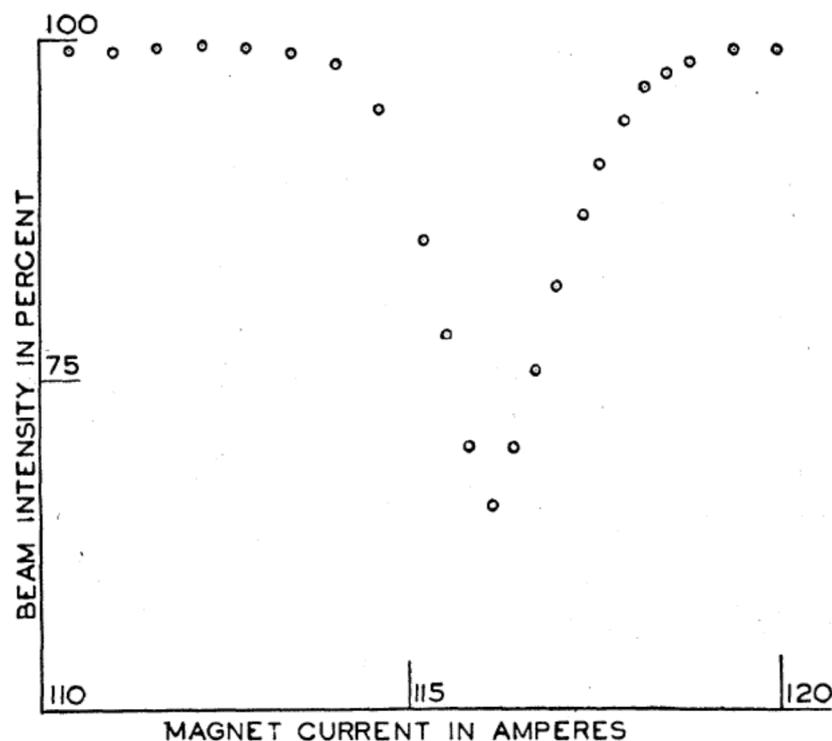


FIG. 1. Curve showing refocused beam intensity at various values of the homogeneous field. One ampere corresponds to about 18.4 gauss. The frequency of the oscillating field was held constant at 3.518×10^6 cycles per second.

- Erklären Sie qualitativ das Messergebnis! Gibt es nur die in der Abbildung sichtbare Resonanzfrequenz? (2 Punkte)
- Berechnen Sie den g_I -Faktor und das magnetische Moment μ in Einheiten von μ_K für ${}^7\text{Li}$! (2 Punkte)
- Wieso verwendet Rabi in seinem Experiment einen LiCl-Strahl und nicht etwa einen ${}^7\text{Li}$ -Atomstrahl oder einen ${}^7\text{Li}$ -Ionenstrahl? (2 Punkte)
- Könnte man auch das Magnetfeld B festhalten und die Frequenz der eingestrahlten Hochfrequenz variieren, um g_I und μ zu bestimmen? (1 Punkt)
- Wieso geht die Intensität im Minimum nicht auf 0 zurück? (1 Punkt)

(bitte wenden)

Aufgabe 2: Allgemeines zum α -Zerfall (7 Punkte)

- Welche Voraussetzung zwischen Ausgangskern und Zerfallsprodukt muss erfüllt sein, damit ein Kern spontan zerfallen kann? Welche Beiträge im Tröpfchenmodell bewirken einen spontanen Zerfall von protonen- bzw. neutronenreichen Kernen? (2 Punkte)
- Wodurch wird die Zerfallswahrscheinlichkeit eines Atomkerns gegenüber α -Zerfall bestimmt? Warum ist der Cluster-Zerfall in der Regel stark unterdrückt? (3 Punkte)
- Wie sieht das Energiespektrum von α -Teilchen beim α -Zerfall aus? Warum weicht die Energie des α -Teilchens vom Q-Wert des Zerfalls ab? (2 Punkte)

Aufgabe 3: α -Zerfall von ^{236}U (7 Punkte)

Der Atomkern ^{236}U besitzt gegenüber α -Zerfall einen Q-Wert von $Q_\alpha = 4573 \text{ keV}$. In einem Experiment vermessen Sie die Energie des emittierten α -Teilchens.

- Welche Energie erwarten Sie für das emittierte α -Teilchen? Berücksichtigen Sie hierbei die Rückstoßenergie des Tochterkerns! (3 Punkte)
- In Ihrer Messung zeigen sich zwei verschiedene α -Energien. Unter anderem detektieren Sie zu einem sehr kleinen Bruchteil α -Teilchen mit einer Energie von $E_\alpha = 4447 \text{ keV}$. Welche Schlussfolgerungen können Sie aus dieser Messung für den Tochterkern ^{232}Th ziehen? (2 Punkte)
- Diskutieren Sie, warum der α -Zerfall von gg-Kernen hauptsächlich im Grundzustand des Tochterkerns landet! Warum gilt diese Aussage nicht zwingend für ug/gu- bzw. uu-Kerne? (2 Punkte)

Aufgabe 4: α -Zerfall und das Alter unseres Sonnensystems (8 Punkte)

Das Alter unseres Sonnensystems wurde durch Wissenschaftler im Jahr 2002 durch präzise Analyse des $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopen-Verhältnisses in Meteoriten auf 4,56 Milliarden Jahre datiert (**Für Interessierte:** Y. Amelin *et al.*, SCIENCE **297**, 1678 (2002)). Während ^{207}Pb aus der Zerfallskette von ^{235}U entsteht, wird ^{206}Pb durch den Zerfall von ^{238}U produziert. Heute besteht natürliches Uran zu 99.28% aus ^{238}U und 0.72% aus ^{235}U .

- Zeigen Sie, dass die Annahme, natürliches Uran habe zu gleichen Mengen aus ^{235}U und ^{238}U bei der Bildung unseres Sonnensystems bestanden, nicht zum gemessenen Alter des Sonnensystems führt! Welches Isotopenverhältnis muss tatsächlich vorgeherrscht haben? (4 Punkte)
- In einer der ältesten Gesteinsproben wurde das Massenverhältnis $m(^{206}\text{Pb})/m(^{238}\text{U})=0.77$ gemessen. Bestimmen Sie das Alter der Gesteinsprobe! (4 Punkte)

(**Hinweis:** Die aktuellen Isotopenhäufigkeiten und Halbwertszeiten finden Sie in der Nuklidkarte z.B. hier: <http://www.nndc.bnl.gov/chart/>.)