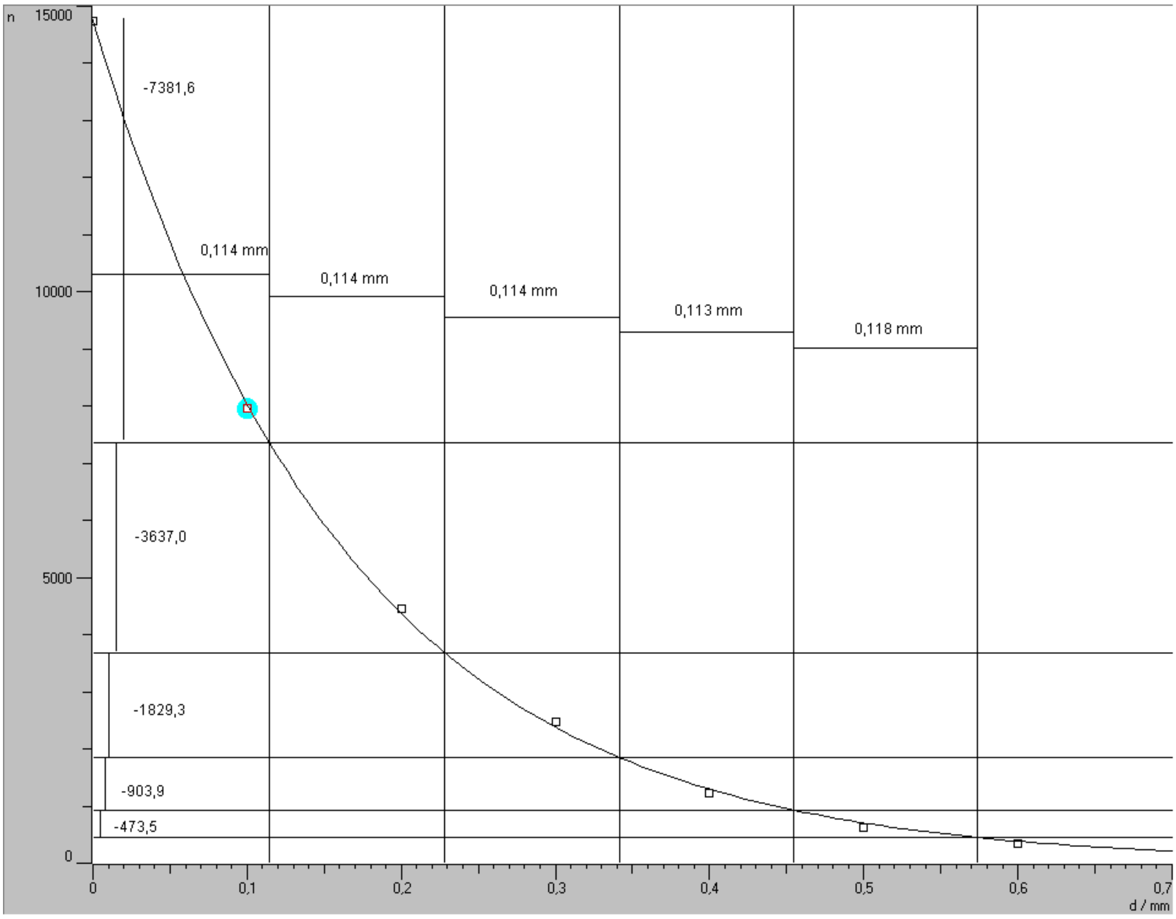
05.02.2002 Klausur 1 Kurs 13PH14/44 Physik Lk/Gk

Lösungsblatt

1 Ein β^--Strahler wird in festem Abstand vor einem Geiger-Müller-Zählrohr montiert. Abhängig von der Dicke eines zwischen Präparat und Zählrohr befindlichen Absorbers wird die Zahl der Impulse während je 60s registriert.
Messwerte:

Dicke des Absorbers in mm	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Impulse pro 60s	14749	7957	4455	2471	1225	621	340

a) Stellen Sie die Messwerte graphisch dar.



b) Begründen Sie, warum die Messwerte durch eine Exponentialfunktion und warum sie nicht durch eine Hyperbel-Funktion beschrieben werden können.

Lösung:

Die Kurve schneidet die y-Achse bei d=0mm, fällt zu positiven d-Werten hin ab und hat die d-Achse als Asymptote, alles Eigenschaften, die mit dem Verlauf einer Exponentialfunktion mit negativer Hochzahl übereinstimmen. Bei einer Hyperbel hingegen müsste es eine senkrechte Asymptote geben, die aus physikalischen Gründen unsinnig wäre.

c) Definieren Sie den neuen Begriff „Halbwertsdicke“ und zeigen Sie, dass er sich auf diesen Versuch anwenden lässt.

Lösung:

Wächst die Dicke des Absorbers additiv um immer den selben Betrag, so halbiert sich jeweils die Zählrate. In der Zeichnung ist das durch die waagrechten und senkrechten Linien angedeutet. „Fehler“ bei den senkrechten Abständen resultieren aus der fehlenden Ablesegenauigkeit des benutzten Programms.

c) Berechnen und bestimmen Sie die für diese Messung gültige Exponentialfunktion mit Hilfe der graphischen Darstellung.

Lösung:

Der Mittelwert der Dicken, nach denen jeweils eine Halbierung der Zählrate auftritt, beträgt 0,1146 mm. Da zu Beginn 14749 Impulse gemesen wurden, ergibt sich nach der Zerfallsformel: $N(d) = 14749 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{0{,}1146 mm} \cdot d}$.

---

2 Bei einem unbekannten radioaktiven Präparat misst man 2761 Impulse pro Sekunde.
Hält man zwischen Präparat und Zählrohr
α) ein Stück Pappe, β) eine Metallscheibe und γ) einen Bleiziegel
ohne dabei den anderen Versuchsaufbau zu ändern, so misst man
α) 1189 Impulse/Sekunde, β) 1205 Impulse/Sekunde und γ) 7 Impulse/Sekunde.

a) Geben Sie mit Begründung an, welche Strahlenart das Präparat aussendet.

Lösung:

Das Präparat sendet α-Strahlen aus, da die Messrate deutlich zurück geht, wenn Pappe als Absorber benutzt wird. Da die Zählrate aber dabei nicht auf 0 fällt, muss noch eine andere Strahlenart beteiligt sein. β-Strahlen können es nicht sein, weil durch Aluminium die Zählrate nicht beeinträchtigt wird, aber es sind γ-Strahlen, weil durch Blei sämtliche Strahlung (bis auf den Nulleffekt) absorbiert wird.

b) Dem Experimentator wird vorgeworfe, er habe falsch gemessen, weil das Ergebnis bei β) größer als das bei α) ist. Nehmen Sie zu diesem Vorwurf Stellung.

Lösung:

Der Vorwurf ist unberechtigt, weil die Zählraten bei α und β im Rahmen der normalen statistischen Abweichung gleich sind.

---

3 Nennen Sie mindestens drei Möglichkeiten, sich vor zu viel radioaktiver Strahlung zu schützen.

Lösung:

1. Abstand halten, 2. kurze Einwirkungszeit, 3. Abschirmung, 4. nicht rauchen und keine Nahrungsaufnahme

---

4 Ersetzen Sie in der folgenden Zerfallskette die ? durch die richtigen Angaben.

$${}^{?}_{?}Po \xrightarrow{?} {}^{?}_{?}? \xrightarrow{?} {}^{?}_{?}? \xrightarrow{\alpha} {}^{207}_{81}Tl \xrightarrow{\beta} {}^{?}_{?}?$$

Lösung:

$${}^{215}_{84}Po \xrightarrow{\alpha} {}^{211}_{82}Pb \xrightarrow{\beta^-} {}^{211}_{83}Bi \xrightarrow{\alpha} {}^{207}_{81}Tl \xrightarrow{\beta^-} {}^{207}_{82}Pb$$

---

5 Die Zerfallskonstante von Radium ist $\lambda_{Ra} = 1{,}38 \cdot 10^{-11}\,\frac{1}{s}$, die des Thoriums $\lambda_{Th} = 1{,}58 \cdot 10^{-18}\,\frac{1}{s}$.
Zur Zeit t=0s liegen jeweils 1 mg (ca. $2{,}6 \cdot 10^{18}$ Atome) dieser Substanzen vor.

a) Berechnen Sie, wie viel Atome von jedem Stoff innerhalb der nächsten Sekunde zerfallen.

Lösung:

Da die Halbwertzeit wesentlich größer als eine Sekunde ist, muss in beiden Fällen mit der Formel $\Delta N = -\lambda \cdot N(t) \cdot \Delta t$ *gearbeitet werden.*

Radium: $\Delta N = -1{,}38 \cdot 10^{-11}\,\frac{1}{s} \cdot 2{,}6 \cdot 10^{18} \cdot 1s = -35.880.000$

Thorium: $\Delta N = -1{,}58 \cdot 10^{-18}\,\tfrac{1}{s} \cdot 2{,}6 \cdot 10^{18} \cdot 1s = -4{,}108$

Vom Radium sind also etwa 36 Millionen Atome und vom Thorium 4 Atome zerfallen.

b) Berechnen Sie, wie viel Atome vom Radium nach 80000 Jahren noch vorhanden sind.

Lösung:

Da hier die Zeitdifferenz in der Größenordnung der Halbwertzeit liegt, muss mit der Formel $N(t) = N(0) \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ *gearbeitet werden:* $N(t) = 2{,}6 \cdot 10^{18} \cdot e^{-1{,}38 \cdot 10^{-11}\frac{1}{s} \cdot 80000 \cdot 365{,}25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 s} \approx 1925$

Es sind also noch knapp 2000 Atome vorhanden.

6

In einem Pharaonengrab wurde eine Trinkschale mit Rückständen von Gerstensaft gefunden.

Man stellte $1{,}82 \cdot 10^{10}$ Kerne des Isotops C-14 pro 1g Kohlenstoff fest. In der Atmosphäre sind $3{,}0 \cdot 10^{10}$ C-14-Kerne in 1g Kohlenstoff zu finden. Die Halbwertzeit von C-14 beträgt 5730 Jahre.

a) Amenemhet lebte um 2000, Hatschepsut um 1500 vor Christus. Berechnen Sie nur aus den hier gegebenen Werten, aus wessen Grab diese Schale stammen kann.

Lösung:

Im Folgenden wird mit einer (ja beliebig zu wählenden) Masse von 1g gerechnet.

Es gilt $N_{C-14}(0) = 3{,}0 \cdot 10^{10}$ *und* $N_{C-14}(heute) = 1{,}82 \cdot 10^{10}$.

Damit gilt für das aus C-14 gebildete stabile N-14:

$N_{N-14}(heute) = N_{C-14}(0) - N_{C-14}(heute) = 1{,}18 \cdot 10^{10}$

Einsetzen in die Formel $t = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(1 + \frac{N_Y(t)}{N_X(t)}\right)$ *ergibt:* $t = \frac{5370a}{\ln 2} \cdot \ln\left(1 + \frac{1{,}18 \cdot 10^{10}}{1{,}82 \cdot 10^{10}}\right) = 4132a$

Da Amenemhet vor etwa 4000 Jahren und Hatschepsut vor etwa 3500 Jahren gelebt haben, wird die Schale aus dem Grab des Amenemhet stammen.

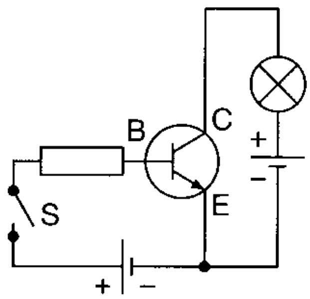
b) Erläutern Sie, was für eine zuverlässigere Zeitbestimmung mit der C-14-Methode noch beachtet werden müsste.

Lösung:

Man müsste genau die C-14-Konzentration zur Zeit des Amenemhet kennen. Der C-14-Gehalt der Luft ändert sich nämlich im Laufe der Zeit. Eine Eichung der C-14-Uhr kann über die Dendrochronologie erfolgen (Altersbestimmung mittels Auszählen von Jahresringen in Bäumen).

7

Aufgabe nur für den Leistungskurs!!!



a) Erklären Sie, was man unter Löcherleitung versteht.

Lösung:

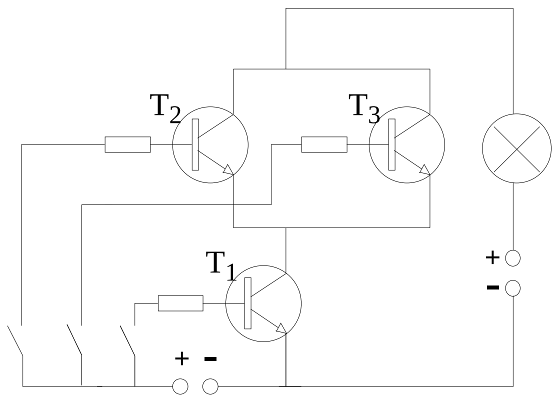
Ist in einem Halbleiter der Platz eines Bindungs-Elektrons unbesetzt, so wirkt diese Lücke oder dieses Loch wie eine positive Ladung. Aus benachbarten Biundungen können nun Elektronen auf diesen Platz wechseln, wobei das Loch danach an einer anderen Stelle ist. Es ist so, als ob das Loch (die positive Ladung) gewandert sei. Man spricht deshalb von Löcherleitung.

b) Geben Sie mit Begründung an, ob der nebenstehend abgebildete Transistor ein n-p-n- oder ein p-n-p-Transistor ist.

Lösung:

Es ist ein n-p-n-Transistor, da der Emitter am Minuspol liegt und die Basis am Pluspol. Der Pfeil im Transistorschaltzeichen zeigt deshalb auch von der Basis zum Emitter.

c) Ähnlich wie in der Abbildung soll der Stromfluss in dem Bereich der Glühlampe durch drei Transistoren T1, T2 und T3 geschaltet werden, und zwar soll die Lampe leuchten, wenn T1 und mindestens einer der Transistoren T2 und T3 auf Durchlass geschaltet werden. Zeichnen Sie das Schaltbild.



Formeln:

$$\Delta N = -\lambda \cdot N(t) \cdot \Delta t \qquad N(t) = N(0) \cdot e^{-\lambda \cdot t} \qquad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}}$$

Für ein radioaktives Element X und sein stabiles Folgeprodukt Y gilt: $N_X(0) = N_X(t) + N_Y(t)$

$$t = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(1 + \frac{N_Y(t)}{N_X(t)}\right)$$