

1) Dotierung von Silizium

Bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen wird Silizium (Ordnungszahl 14) dotiert, d. h. ein Teil der Atome im Silizium-Kristallgitter wird durch andere Atome, z. B. Phosphor (Ordnungszahl 15), ersetzt. Für spezielle Anwendungen wird nicht das übliche Diffusionsverfahren angewandt, sondern der aufwendigere Weg von Kernumwandlungen beschnitten. Beim Bestrahlen mit thermischen Neutronen in einem Reaktor geht das Si-Isotop ^{30}Si in ^{31}Si über. ^{31}Si ist instabil und geht durch β^- -Zerfall in das stabile Phosphor-Isotop ^{31}P über.

- a) Was versteht man unter thermischen Neutronen?
Wie kann man freie Neutronen erzeugen?
Wie können schnelle Neutronen abgebremst werden (jeweils kurze Begründung)?
- b) Begründen Sie im Hinblick auf die besonderen Eigenschaften des Neutrons, warum das Bestrahlen von Silizium mit Neutronen zu einer Dotierung im gesamten Bereich des bestrahlten Siliziums führt.
- c) Schreiben Sie die Kernreaktionsgleichung für die Umwandlung von ^{30}Si in ^{31}P an.
- d) Begründen Sie durch Rechnung, dass die Kernumwandlung von Teilaufgabe c möglich ist. (Die kinetische Energie des Neutrons darf vernachlässigt werden.) Welche maximale kinetische Energie erhält ein emittiertes Elektron? [zur Kontrolle: $E_{\text{kin}}=0,44\text{ MeV}$]
- e) Begründen Sie warum die Elektronen eines β^- -Zerfalls kein diskretes Energiespektrum, sondern eine Geschwindigkeitsverteilung mit einer spezifischen Maximalenergie aufweisen.

Die Betastrahlung soll in einem homogenen Magnetfeld der Flussdichte $B = 6,0 \cdot 10^{-2}\text{ T}$ untersucht werden. Die Elektronen fliegen senkrecht zu den Feldlinien ins Feld hinein.

- f) Berechnen Sie die maximale Geschwindigkeit der Elektronen. Relativistische Rechnung erforderlich! [zur Kontrolle: $v=0,843c$]
- g) Im Magnetfeld werden die Elektronen abgelenkt. Skizzieren Sie die Bahn für ein in den Klausurbogen rein gerichtetes Magnetfeld.
Begründen Sie das Zustandekommen der Ablenkung.
- h) Berechnen Sie den Radius des entstehenden Kreisbogens. Relativistische Rechnung erforderlich!
- i) Direkt nach der Bestrahlung können die Siliziumstäbe nicht zur Verarbeitung weitergegeben werden, da die Radioaktivität des ^{31}Si erst abklingen muss. Wie lange dauert es, bis die Aktivität auf 0,1 % des Anfangswertes abgesunken ist? (Die Halbwertszeit von ^{31}Si beträgt 2,6 h.)
- j) Die thermischen Neutronen entstammen einem auch zur Energiegewinnung genutztem Siedewasserreaktor.
Skizzieren Sie den prinzipiellen Aufbau eines Siedewasserreaktors.
Erläutern Sie seine Funktion.
Gehen Sie auf den Unterschied zu einem Druckwasserreaktor ein.
Warum sind beide Reaktortypen bei einem Supergau (größter anzunehmender Unfall) vergleichsweise sicher?

2) Alter des „Ötzis“

1991 wurde im Gletschereis der Ötztaler Alpen eine mumifizierte Leiche gefunden, für die die Presse den Namen „Ötzi“ prägte. Zur Altersbestimmung wurden Gewebeproben nach der ^{14}C -Methode untersucht.

- Das Isotop ^{14}C entsteht aus einem Stickstoffatom ^{14}N der Luft durch Beschuss mit Neutronen. Geben Sie die Gleichung der Kernreaktion an. Untersuchen Sie, ob diese Reaktion energetisch möglich ist. ($m(^{14}\text{C}) = 14,0032420 \text{ u}$ und $m(^{14}\text{N}) = 14,003074 \text{ u}$)
- ^{14}C ist ein β^- -Strahler. Geben Sie dafür eine Begründung an und schreiben Sie die Zerfallsgleichung auf.
- Erklären Sie kurz die ^{14}C -Methode zur Altersbestimmung.

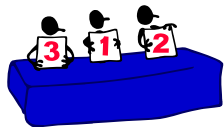
Durch Vergleich der Aktivität einer Probe des „Ötzi“ mit einer Probe, die heute einem lebenden Organismus entnommen wurde und die gleiche Menge ^{12}C enthält wurde Ötzis Alter auf 4500 a bestimmt. Die Halbwertszeit von ^{14}C beträgt 5730 Jahre.

- Berechnen Sie, wie viel der ursprünglichen Aktivität gemessen wurde.

3) Interferenz

Ein Gitter mit 500 Strichen pro Zentimeter wird senkrecht mit dem Licht eines Lasers der Wellenlänge 632 nm beleuchtet.

- Wie viele Hauptmaxima der Intensität sind höchstens zu erwarten?
- Das Interferenzbild wird auf einem 4,00 m vom Gitter entfernten, senkrecht zur Hauptrichtung aufgestellten Schirm aufgefangen. Berechnen Sie die Entfernung zwischen dem Hauptmaximum nullter Ordnung und dem zweiter Ordnung.



Viel Erfolg