

Tentamen i FYSIK E del II för E2

Lärare: Stig-Åke Lindgren, tel 7723346

Hjälpmedel: Valfri kalkylator och ett A4-blad med egenhändigt framställda anteckningar, Beta, Physics Handbook, TEFYMA eller motsvarande gymnasietabell

Rättningsprotokollet anslås senast 2005-04-04

Granskning: 2005-04-04 kl. 12.15-12.45 i rum: 1053 Soliden, Fysik.

1. I ett diffraktionsexperiment (Debye-Scherrer metoden) utfört vid 0 °C på ett metallprov (fcc struktur) och med röntgenvåglängden 1,54 Å registreras ett antal reflexer. Den minsta avböjningsvinkel som registreras är $2\theta = 47,6^\circ$ (Braggvinkeln är alltså $23,8^\circ$).

Hur stor är gitterkonstanten och hur stor är den största avböjningsvinkel som registreras?

(OBS två frågor att besvara; tillåtna reflexer: se nästa sida)

(4p)

2. I en behållare innesluts $1,0 \cdot 10^{-4}$ kg av den radioaktiva isotopen ^{210}Po som sönderfaller med α -sönderfall till ^{206}Pb . ^{210}Po har halveringstiden 138 dygn medan ^{206}Pb är stabil. Sönderfallsenergin blir till värme i behållarens väggar. Atommassorna för ^{210}Po , ^{206}Pb och ^4He är 209,982875 u, 205,974458 u och 4,002603 u respektive.

a) Hur stor effekt (uttryckt i W) utvecklas i behållaren vid försökets början?

b) Hur hög är den kinetiska energin (uttryckt i MeV) hos en emitterad α -partikel?

c) Hur mycket helium (uttryckt i kg) har bildats under de första 138 dygnen efter inneslutningen? (4p)

3. I ett laboratorium får en svärm av radioaktiva partiklar röra sig genom ett evakuerat rör med en kinetisk energi som är 500 % av partiklarnas viloenenergi. Efter att ha färdats 150 m i röret återstår pga sönderfall endast 60 % av partiklarna. Vilket värde bör återfinnas i tabellverk över halveringstider för dessa partiklar? (4p)

Lös. omv. till FYSIK del 2 för E2 (2005-03-29)

1) $Bragg: 2d_{hkl} \sin \theta = \lambda$ där $d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}}$

$d_{100} = \frac{a}{\sqrt{1^2+0^2+0^2}} = a = 3,48 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

$\theta_{\min} = 23,8^\circ$ för $h^2+k^2+l^2=3 \Rightarrow \frac{a}{\sqrt{3}} \sin 23,8^\circ = \lambda \Rightarrow \lambda = 1,54 \text{ \AA}$

$\Rightarrow \lambda = 1,54 \cdot \sqrt{3} \Rightarrow 2 \sin 23,8^\circ = 3,30 \text{ \AA} = 3,31 \text{ \AA} = S_{\text{max}}$

$\Rightarrow 2 \frac{a}{\sqrt{3}} \sin \theta = \lambda \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{\sin 23,8^\circ} \sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{\sin 23,8^\circ} \sin \theta_{\max} = 3,31 \text{ \AA}$

$\Rightarrow S = \frac{3}{\sin 23,8^\circ} \sin \theta = 18,42$ men s kretslängd ovan

$\Rightarrow S_{\text{max}} = 16 \Rightarrow \frac{2 \cdot a}{\sqrt{3}} \sin \theta_{\max} = \lambda \Rightarrow \theta_{\max} = \frac{2 \cdot \lambda}{a}$

Största avböjningsvinkel $= 2\theta_{\max} = 137,5^\circ$

2) ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\text{He}$; $Q = (m_{\text{Po}} - m_{\text{Pb}} - m_{\text{He}})c^2$

$= (209,982371 - 205,974457 - 4,002603) \text{ u} \cdot c^2 = 5,42 \text{ MeV}$

$P = A \cdot Q$ där $A = \frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N$

och $N =$ antal aktiva Po -kärnor $= \frac{m}{M_{\text{Po}}} \cdot N_A$

$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{138,243600} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$

$\therefore P = \lambda \cdot N \cdot Q = \frac{\ln 2}{138,243600} \cdot 2,77 \cdot 10^{20} \cdot 5,42 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{e}} = 14,5 \text{ W}$

6) $\begin{cases} E_{\text{He}} + E_{\text{Pb}} = Q \\ m_{\text{He}} v_{\text{He}} + m_{\text{Pb}} v_{\text{Pb}} = 0 \end{cases} \Rightarrow \frac{E_{\text{He}}}{m_{\text{He}}} = -\frac{E_{\text{Pb}}}{m_{\text{Pb}}} \Rightarrow \frac{E_{\text{He}}}{4} = \frac{E_{\text{Pb}}}{206}$

$\Rightarrow E_{\text{He}} = 14,5 \text{ MeV}$

7) Efter 138 dagar har hälften av Po -kärnorna sönderfallit och därmed har del bildats $\frac{1}{2}$ He -isotoper med massan $2 \cdot 77 \cdot 10^{20} \cdot 4,16 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

8) $E_{\text{He}} = 5 \text{ eV}$; $\frac{E_{\text{He}}}{m_{\text{He}}} = \frac{1}{2} v_{\text{He}}^2 \Rightarrow v_{\text{He}} = \sqrt{2 \cdot 5 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/e}} = 1,3 \cdot 10^4 \text{ m/s}$

$\frac{E_{\text{He}}}{m_{\text{He}}} = \frac{1}{2} v_{\text{He}}^2 \Rightarrow v_{\text{He}} = \sqrt{2 \cdot 5 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/e}} = 1,3 \cdot 10^4 \text{ m/s}$

men ty är halv tiden vänt med klorer i

och halvt av part när sig redovisat löst.

Sått är $t_{1/2} =$ halv tiden i vila $= t_{1/2} \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

4) a) enstaka $\text{\AA} \approx 10^{10} \text{ atomer}$ S starkt ordn. A

d) några eV S några eV E Jum S några eV

b) 700 eV S någon \AA S 10^{16} m^{-3} S 10^{-3} S någon \AA S

5) $\lambda = 177 \text{ nm}$



$\frac{1}{2} m_{\text{max}} \cdot \frac{1}{2} m_{\text{max}} = \frac{h^2}{2m} \Rightarrow \frac{1}{2} m_{\text{max}} = \frac{h}{\sqrt{2m}}$

$\Rightarrow \phi = \frac{h}{2m} - E_{\text{fotokat}} = 70 \text{ eV} - 4,8 \text{ eV} = 22 \text{ eV} = S_{\text{max}}$

a) $E_{\text{fotokat}} = \frac{h^2}{2m} - E_{\text{min}} = 70 \text{ eV} - 0 = 70 \text{ eV} = S_{\text{var i a}}$ (se fig)

b) $E_f = E_{\text{fotokat}} - \phi = 70 - 22 = 48 \text{ eV}$ (se figur)

Men $E_f = \frac{h^2}{2m} (3\pi^2 \frac{N}{V})^{2/3}$ där $\frac{N}{V} = \frac{2}{a^3} \cdot 1$ ty $\frac{2}{a^3}$ atomer / cell

$\therefore E_f = \frac{h^2}{2m} (6\pi^2)^{2/3} \frac{1}{a^2} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} E_f = 48 \text{ eV} \\ m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \end{array} \right\} \Rightarrow$

$\Rightarrow a \approx 3,5 \text{ \AA}$

6) 200 g Si innehåller $\frac{0,2 \text{ kg}}{M_{\text{Si}}}$ st Si-atomer

$7 \mu\text{g}$ av dopanten innehåller $\frac{7 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{M_{\text{dopant}}}$ st dopanter

dopant koncentrationen blir: $\frac{7 \cdot 10^{-6} \cdot M_{\text{Si}}}{M_{\text{dopant}} \cdot 0,2}$

$\left\{ \begin{array}{l} n = p = N_D \\ n = n_{\text{eff}} \cdot \rho_{\text{Si}} \cdot 16,8 \cdot (2 \mu\text{m})^3 \\ n \cdot \rho = n_{\text{eff}} \cdot 1,9 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-3} \end{array} \right.$

$\Rightarrow n = \frac{N_D}{2} \approx 10^{21} \text{ m}^{-3} \Rightarrow n = N_D$

$\Rightarrow n = \frac{N_D}{2} \approx 10^{21} \text{ m}^{-3} \Rightarrow n = N_D$

$\Rightarrow n = \frac{N_D}{2} \approx 10^{21} \text{ m}^{-3} \Rightarrow n = N_D$

$\Rightarrow n = \frac{N_D}{2} \approx 10^{21} \text{ m}^{-3} \Rightarrow n = N_D$

$\Rightarrow n = \frac{N_D}{2} \approx 10^{21} \text{ m}^{-3} \Rightarrow n = N_D$

4. Ange typiska numeriska värden med korrekta enheter på nedanstående storheter. För varje rätt svar erhålles 1/3 p.
- Atomavståndet i metaller
 - Atomtätheten i fasta ämnen
 - Våglängden hos röntgenstrålning
 - Fermienergin i metaller
 - Bandgapet i isolatorer
 - Ljusvåglängd över vilken Si blir genomskinlig
 - Utträdesarbete för metaller
 - Jonisationsenergi för praktiskt använda donatorer i Si
 - Största d_{hkl} i metaller
 - n_i vid rumstemperatur för Si
 - n_i vid rumstemperatur för Ge
 - Den reciproka gittervektorn G_{111}

(4p)

5. En monovalent frielektronliknande metall har bcc struktur och belyses med monokromatiskt ljus vars våglängd är 177 nm. De elektroner som fotoemitteras direkt och som inte råkat ut för några kollisioner på vägen ut ur metallen har hastigheter i intervallet $5,0 \cdot 10^3 - 1,3 \cdot 10^6$ m/s.

- Bestäm
- potentialsteget (i eV) vid ytan (dvs $E_{p,vakuum} - E_{p,inre}$)
 - gitterkonstanten
 - utträdesarbetet (i eV)

(4p)

6. 200 g Si dopas med $7,0 \mu\text{g}$ av ett ämne som är okänt sånär som på att man vet att det antingen är As, P eller Sb. Vid rumstemperatur har provet en ledningsförmåga som är $16,8 (\text{m})^{-1}$. Bestäm (genom att beräkna dopatomens massa) vilket av ämnena man dopat med.
(I beräkningarna skall Du använda dig av följande Si data: atommassa= 28,1 u, atomtäthet= $5,0 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$, $n \cdot p = 1,9 \cdot 10^{32} \text{ m}^{-6}$. (vid den aktuella temperaturen), elektron och hålmobiliteterna är $0,16 \text{ m}^2/\text{Vs}$ och $0,05 \text{ m}^2/\text{Vs}$ respektive) (4p)

Figur till uppgift 1

Tillåtna reflexer för olika kubiska strukturer:

