

NTNU
Institutt for Fysikk

Faglig kontakt under eksamen:
Bård Tøtdal, tlf 73593594

Eksamen i SIF4026 Materialfysikk og karakterisering

Mandag 27. mai 2002

Tid: 5 timer (kl 0900 - kl 1400)

Tillatte hjelpemidler:

Godkjent kalkulator av type **HP 30 S**

Barnett & Cronin: Mathematical Formulae

Rottmann: Mathematische Formelsammlung

Jahren & Knutsen: Formelsamling i Matematikk

Oppgave 1

(Noen nødvendige konstanter er oppgitt i slutten av oppgaven).

Det skal brukes et røntgenrør med Au-anode for spektroskopiske undersøkelser. Au har blant annet disse karakteristiske emisjonslinjene og absorpsjonskantene (i Å):

	$\lambda_{K\bar{\alpha}_{1,2}}$	$\lambda_{K\beta_1}$	λ_{K-kant}	$\lambda_{L\bar{\alpha}_{1,2}}$	$\lambda_{L\beta_1}$	λ_{L-kant}
Au	0,1818	0,1590	0,1534	1,2802	1,0836	1,0399

Intensitetsfordelingen fra et røntgenrør kan skrives tilnærmet som

$$I(\lambda) = KZ \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda} \right)$$

når intensiteten er gitt som antall røntgenkvanter pr. tidsenhet.

- Hva menes med kortbølgegrensen λ_0 i primærsppekteret, og hva er den fysiske forklaringen på dette begrepet? Utled et uttrykk for λ_0 for en røntgenrørspenning på U kV, og beregn λ_0 for U = 40 kV.
- Hvor stor må rørspenningen være for å eksitere K-linjene fra Au-anoden? Svaret skal begrunnes. Vil da også L-linjene bli eksitert?
- Bestem maksimalpunktet for fordelingen $I(\lambda)$, og tegn en skisse av primærsppekteret for rørspenning 40 kV.
- Moseleys lov for linjene i røntgenspekteret kan skrives som $\frac{1}{\lambda} = R(Z - \sigma)^2 \gamma$.

Interpreter størrelsene, og forklar innholdet i loven. Hvorfor kan en relasjon av denne formen også brukes for de karakteristiske absorpsjonskantene?

- Tre metallfolier, to kjente av henholdsvis Cu (Z=29) og Sn (Z=50) og en av et ukjent element X, undersøkes for å identifisere X. Som analysatorokrystall brukes en LiF-krystall. "Reflekterende" nettplan (200) for analysatorokrystallen har d-verdi 2,0133 Å. K-absorpsjonskantene bestemmes til følgende verdier for 2θ :

Element	Cu	Sn	X
$2\theta_{K-kant}$	40,10°	12,11°	19,70°

Beregn de tilsvarende verdiene for λ_{K-kant} og bruk Moseleys lov, analytisk eller grafisk, til å bestemme atomnummeret for det ukjente elementet X.

- Hvilke alternative metoder kan du foreslå for å identifisere X?

Oppgitt:

Elektronladningen: $e = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

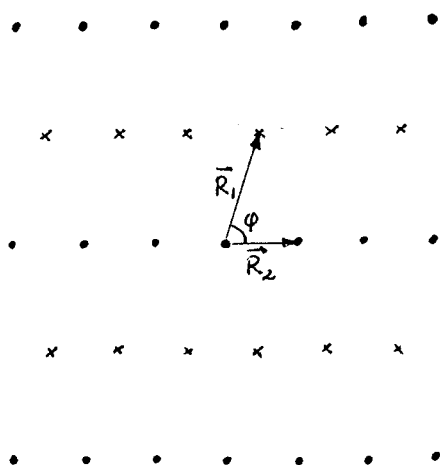
Lyshastigheten: $c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Plancks konstant: $h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$

Oppgave 2

MgS krystalliserer i en kubisk struktur som kan tenkes sammensatt av to enkle kubisk



flatesentrerte strukturer av henholdsvis Mg og S med innbyrdes forskyvning på en halv sidekant. Et transmisjonselektron-diffraksjonsbilde av et kubisk stoff som vi **tror** er MgS, ser ut som i figuren. Fylte sirkler representerer sterke reflekser, mens kryss representerer svake reflekser. Vi måler $R_1 = 34,8 \text{ mm}$, $R_2 = 21,0 \text{ mm}$ og vinkelen $\varphi \approx 72^\circ$.

- Indiser bildet og finn soneaksen.
 - Bestem strukturfaktoren for MgS for vilkårlige verdier av indeksene hkl uttrykt ved atomformfaktorene f_{Mg} og f_{S} av henholdsvis Mg og S.
- Bestem eventuelle utslukningsregler for MgS, og finn om noen indeksskombinasjoner gir systematisk sterke eller systematisk svake reflekser.
 - Er det samsvar mellom strukturfaktoren for MgS og antagelsen om at diffraksjonsbildet stammer fra MgS? Begrunn svaret.

Oppgave 3

- Hvordan innvirker atomenes termiske vibrasjoner på intensitetene ved diffraksjon av røntgenstråling?
- På hvilken måte vil skrueaksesympetri vise seg i diffraksjonsdiagrammer fra enkrystaller?
- Vis i en skisse hvordan absorpsjonskoeffisienten for et element varierer med bølgelengden, og forklar kort karakteristiske detaljer i skissen.
- Utlede utslukningsregelen for diffraksjon fra en C-sentrert enkrystall.
- Forklar prinsippet for optisk emisjonsspektrometri ved hjelp av glimutladning (GDOES), og nevnt eksempler på nytten av denne teknikken.
- Forklar prinsippet for Augerelektron-spektroskopi (AES). Nevnt eksempler på nytten av denne teknikken.
- Forklar prinsippet for mørkfeltavbildning i TEM. Nevnt eksempler på nytten.
- Forklar prinsippet for røntgenfluorescensspektroskopi.
- Laues interferensfunksjon for **endimensjonal** krystall kan skrives som

$$|R_1|^2 = \frac{\sin^2(N_1 \frac{\psi_1}{2})}{\sin^2 \frac{\psi_1}{2}} \quad \text{der } \psi_1 = 2\pi \bar{a} \bar{S} \quad \text{og } \bar{a} \text{ er primitivtranslasjonen.}$$

Forklar betydningen av N_1 , \bar{S} og ψ_1 , og vis i en skisse hvordan $|R_1|^2$ blir seende ut som funksjon av $\psi_1/2$ ved henholdsvis små (<10) og store ($>10^4$) verdier av N_1 . Hva uttrykker Laues interferensfunksjon?