

Oppgave 1

$$a) I(\lambda) = C Z \frac{1}{\lambda^2} \left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda} \right) \quad \text{Kramers' formel}$$

Her er λ bølglengden, λ_0 er kortbølglengden, Z er atomnummeret for materialet i röntgen-avroden og C er en konstant. I er intensitet som effekt pr. flateenhet.

$$b) \frac{dI}{d\lambda} = C Z \left(\frac{-2}{\lambda_0 \lambda^3} + \frac{3}{\lambda^4} \right) = 0$$

$$\lambda = \lambda_{\max} = \frac{3}{2} \lambda_0$$

$$eU = h \frac{c}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{eU} = \frac{6,624 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,602 \cdot 10^{-19} \cdot U}$$

Hvis λ_0 angis i Å og U angis i kV kan dette (ved misbruk av likhetstegnet) uttrykkes som

$$\lambda_0 (\text{Å}) = \frac{12,4}{U(\text{kV})}$$

c) Ved å dividere uttrykket for Kramers formel med energien av ett röntgenkvant, får vi uttrykket intensiteten som antall röntgenkvantar pr. tidsenhet pr. flateenhet

$$I(\lambda) = C Z \frac{1}{\lambda^2} \left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda} \right) \cdot \frac{\lambda}{hc} \quad \text{der } c \text{ er lyshastigheten}$$

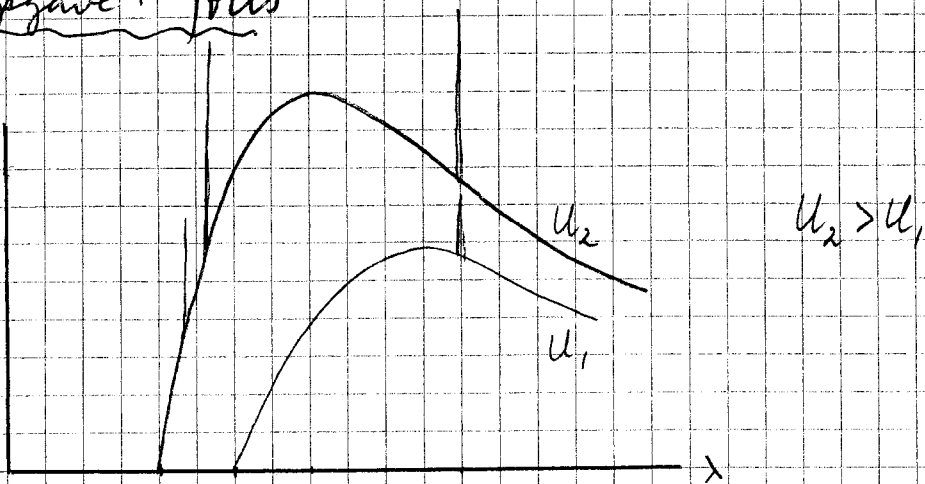
$$\underline{I(\lambda) = C' Z \left(\frac{1}{\lambda_0 \lambda} - \frac{1}{\lambda^2} \right)} \quad \text{der } C' = \frac{C}{hc} = \text{ny konstant}$$

$$\frac{dI}{d\lambda} = C' Z \left(-\frac{1}{\lambda_0 \lambda^2} + \frac{2}{\lambda^3} \right) = 0 \Rightarrow \lambda = \lambda_{\max} = 2 \lambda_0$$

2

Oppgave 1 forts

d)



Når U er større enn den kritiske spenningen for eksitasjon av et indre nivå, vil karakteristisk stråling oppstå i tillegg til den kontinuerlige.

e)

$$w_{Fe} = \frac{2 \cdot 55,85}{2 \cdot 55,85 + 3 \cdot 16,0} = 0,6994$$

$$w_o = 1 - w_{Fe} = 1 - 0,6994 = 0,3006$$

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{CoK\alpha} = \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{CoK\alpha}^{Fe} \cdot w_{Fe} + \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{CoK\alpha}^o \cdot w_o$$

$$= (52,8 \cdot 0,6994 + 17,8 \cdot 0,3006) \text{ cm}^2/\text{g} = 42,3 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{CoK\beta} = (349,0 \cdot 0,6994 + 13,3 \cdot 0,3006) \text{ cm}^2/\text{g} = 248,1 \text{ cm}^2/\text{g}$$

Tykkelsen av Fe_2O_3 -filteret er x , og $\rho \cdot x$ er den sølte masse av Fe_2O_3 pr cm^2 filter.

$$\frac{I_{K\alpha}}{I_{K\beta}} = \frac{I_{K\alpha o} \cdot e^{-\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{K\alpha} \cdot \rho \cdot x}}{I_{K\beta o} \cdot e^{-\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{K\beta} \cdot \rho \cdot x}}$$

Oppgave 1 e) forts

3

$$\frac{100}{1} = \frac{5,7}{1} \exp(-\rho x (42,3 - 248,1)) = 5,7 \exp(\rho x \cdot 205,8)$$

$$\rho x = \frac{\ln 100 - \ln 5,7}{205,8} = 0,0139 \Rightarrow \underline{0,0139 \text{ g/cm}^2}$$

f) Intensitetsreduksjon av α -dubletten:

$$\frac{I_{\alpha\bar{\alpha}}}{I_{\alpha\bar{\alpha}0}} = e^{-42,3 \cdot 0,0139} = \underline{0,555}$$

Bølglengde ved bremsstrålemaksimum:

$$\lambda_{\max} = 2 \cdot \lambda_0 = 2 \cdot \frac{12,4}{35} \text{ \AA} = \underline{0,709 \text{ \AA}}$$

Det er ingen absorpsjonskante mellom λ_{\max} og λ_{komp} .

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{komp}} = C \lambda_{\text{komp}}^3$$

$$248,1 = C \cdot 1,621^3$$

$$C = \frac{248,1}{1,621^3} \frac{\text{cm}^2}{\text{g \AA}^3}$$

Ved $\lambda_{\max} = 0,709 \text{ \AA}$:

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\lambda_{\max}} = C \cdot \lambda_{\max}^3 = 248,1 \cdot \left(\frac{0,709}{1,621}\right)^3 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}} = 20,8 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

$$\frac{I_{\max}}{I_{\max 0}} = \exp(-20,8 \cdot 0,0139) = \underline{0,749}$$

Oppgave 1 forts

(4)

$$g) \frac{1}{\lambda R} = (Z - \sigma)^2 \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) \quad \text{Moseleys lov}$$

Her er λ bølglengden av den emiterte strålingen, R er Rydberghkonstanten, Z er atomnummeret for det emitterende atomet, σ er den midlere avskjermingskonstanten for de to atomnivåene (elektronnivåene) som er involvert, n_i er hovedkvantetallet for begynnelsenivået og n_f er hovedkvantetallet for sluttnivået for atomet.

Loven er en tilnærming, men viser at det er sammenheng mellom karakteristisk bølglengde og atomnummer og den åpner derfor for muligheten for analyse av de emitterende elementene.

Moseleys lov uttrykker differansen mellom hoveddelen av energien for start- og slutttilstand. Absorpsjonskantenes energier er også kvantisert, dvs. de representerer overganger mellom diskrete nivåer ^{i atomet}. Derfor kan en lignende relasjon settes opp for hoveddelen av disse energiene, men σ og $\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right)$ får andre verdier.

Oppgave 1 forts

(5)

b) $\sqrt{\frac{1}{\lambda}} = K_1 Z + K_2$

Moseleys lov der K_1 og K_2 er konstanter

$$\sqrt{\frac{1}{\lambda_{\text{GeK}\alpha}}} = \sqrt{\frac{1}{1,117 \cdot 10^{-10} \text{ m}}} \text{ m}^{-1/2} = 0,946 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1/2}$$

$$\sqrt{\frac{1}{\lambda_{\text{V}\alpha}}} = \sqrt{\frac{1}{2,269 \cdot 10^{-10} \text{ m}}} \text{ m}^{-1/2} = 0,664 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1/2}$$

$$0,946 \cdot 10^5 = K_1 \cdot 32 + K_2 \quad (1)$$

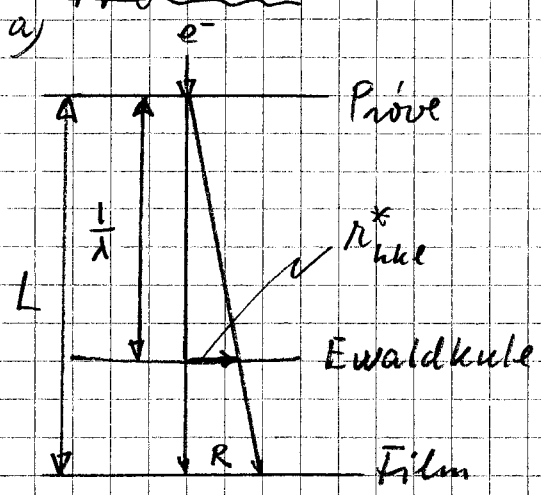
$$0,664 \cdot 10^5 = K_1 \cdot 23 + K_2 \quad (2)$$

$$\Rightarrow K_1 = 0,0313 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1/2} \quad K_2 = -0,0567 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1/2}$$

$$Z_{\text{ubj}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{\lambda_{\text{ubj}\alpha}}} - K_2}{K_1} = \frac{\sqrt{\frac{1}{1,488 \cdot 10^{-10} \text{ m}}} + 0,0567 \cdot 10^5}{0,0313 \cdot 10^5} = 28,0$$

$Z_{\text{ubj}} = 28 \Rightarrow$ Den ubkjente prøven er Ni

Oppgave 2



Kamerallengden er L , avstand på filmen er R

$$\frac{r_{hkl}^*}{\frac{1}{\lambda}} = \frac{R}{L} = \frac{1}{d_{hkl}}$$

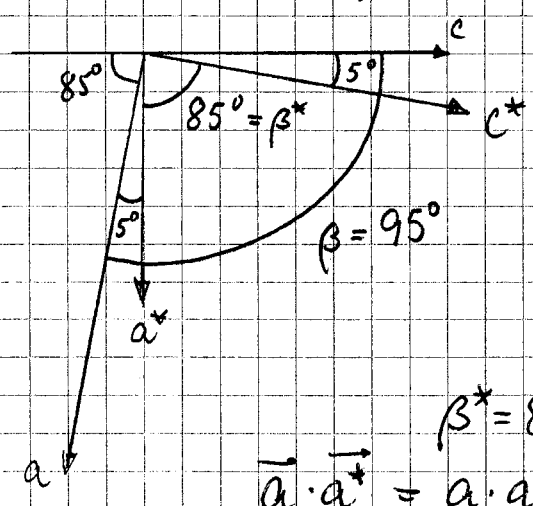
$$\Rightarrow R \cdot d = \lambda \cdot L = \text{konst} = K$$

$$\Rightarrow d = \frac{K}{R}$$

$$d_A = \frac{64 \text{ Åmm}}{8.5 \text{ mm}} = 7.53 \text{ Å}$$

$$d_C = \frac{64 \text{ Åmm}}{11.0 \text{ mm}} = 5.82 \text{ Å}$$

[010]-projeksjonen har reflekser kun av typen $h00$ og $00l$
 De nærmeste (til direktestrålen) refleksene må da være av typen $h00$ og $00l$



$$a^* = \frac{1}{d_A} = \frac{1}{7.53} \text{ Å}^{-1} = 0.133 \text{ Å}^{-1}$$

$$c^* = \frac{1}{d_C} = \frac{1}{5.82} \text{ Å}^{-1} = 0.172 \text{ Å}^{-1}$$

$$\beta^* = 85^\circ \Rightarrow \beta = 180^\circ - 85^\circ = 95^\circ$$

$$\vec{a} \cdot \vec{a}^* = a \cdot a^* \cdot \cos 5^\circ = 1$$

$$a = \frac{1}{a^* \cos 5^\circ} = \frac{1}{0.133 \cos 5^\circ} \text{ Å} = \underline{7.55 \text{ Å}}$$

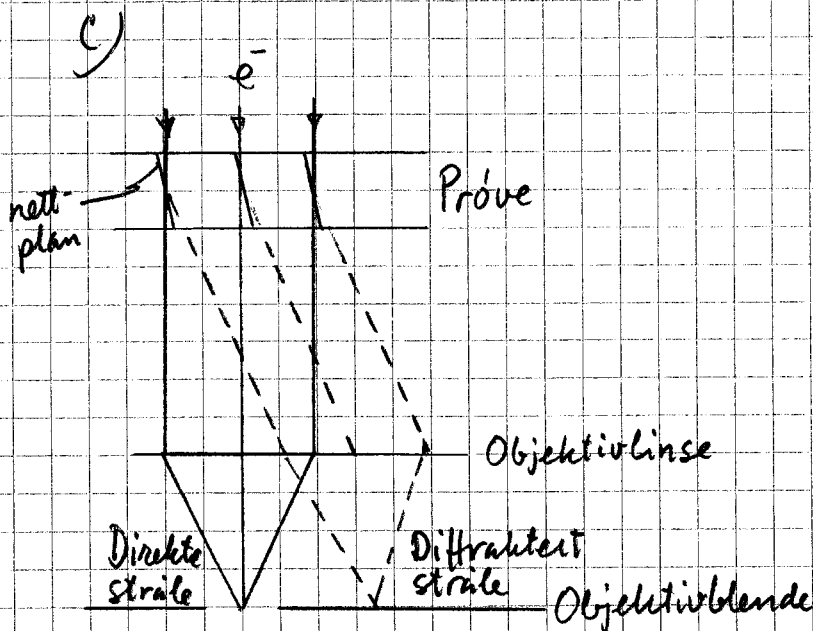
$$c = \frac{1}{c^* \cos 5^\circ} = \frac{1}{0.172 \cos 5^\circ} \text{ Å} = \underline{5.84 \text{ Å}}$$

Oppgave 2 forts

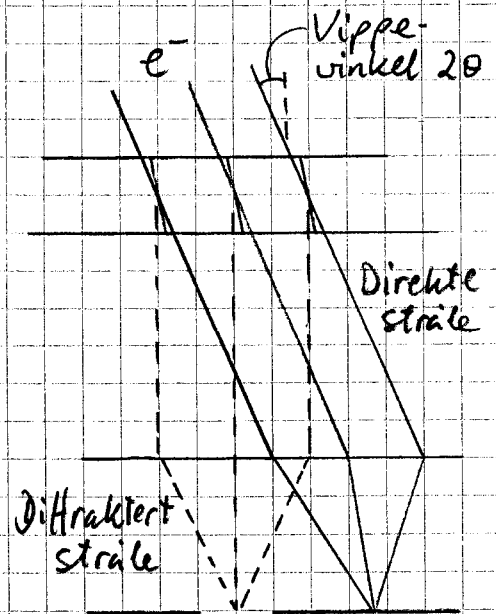
7

b) $p \perp \frac{2c}{\lambda}$

Skiveaksen 2, langs b-aksen gir utstrekning av $0k0$ for odde k og slik utstrekning vil derfor ikke observeres i $[010]$ -projeksjonen som kun kan reflekser av typen $h0l$.
Glideplanet c gir utstrekning av $h0l$ -reflekser for odde l .



Lysfelt



Mørkfelt

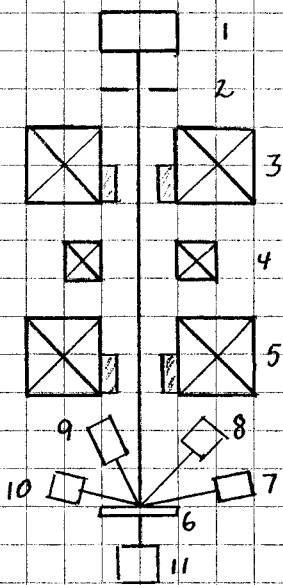
Når en objektivblende settes i objektivlinsens fokalplan slik at et begrenset antall Bragg-spredte stråler får bidra til mikroskopbildet sammen med direktestrålen, har vi lysfeltaabildning. Dersom vi elektronisk vipper den innsendte strålen slik at en

Oppgave 2 c forts

diffraکتert stråle slipper gjennom objektivblenden, vil bare den diffrakterte strålen bidra til mikroskopbildet, og vi har mørkfeltavbildning.

Denne teknikken er nyttig bl.a. for å undersøke utfellingene i en matrix, for faseidentifikasjon og for å studere gitterfeil.

d)



En elektronkilde på negativ ladingspenning (en elektronkanon) (1) frigjør elektroner som passerer anoden (2) som er jordet. Ved hjelp av kondenserlinsen (3) og objektivlinsen (5) fokuseres elektronstrålen på prøven (6). Ved hjelp av sveipespoler (4) kan elektronstrålen sveipes i et raster over prøveoverflaten. Sekundærelektroner (7) og tilbakespredte elektroner (8) kan registreres med

elektron-detektorer, og emitert röntgenstråling kan registreres ved hjelp av en energidispersiv röntgen-detektor (9). I enkelte instrumenter er det også arrangementer for registrering av luminescens (10) og transmitterte elektroner (11). Elektronstrålen kan sveipes i et raster over

Oppgave 2 d forts

9

prøveoverflaten mens vi kan detektor-signalet modulere lysintensiteten på en oscilloskop-skjerm der elektronstrålen går synkront med elektronstrålen i mikroskopet. Vi kan dermed få frem topografi, atomnummerfordeling eller konsentrasjonsfordeling av elementer avbildet på oscilloskopskjermen. Vi kan også måle konsentrasjoner (masseprosjoner) i punkter på prøven, eller vi kan veise elektronstrålen langs en linje og dermed få frem konsentrasjonsfordelingen langs linjen. Den geometriske oppløsningen i sekundælektro-
bildet kan komme ned under 30 \AA med LaB_6 -katode og ned mot 10 \AA med feltemissionskatode.

Oppgave 3

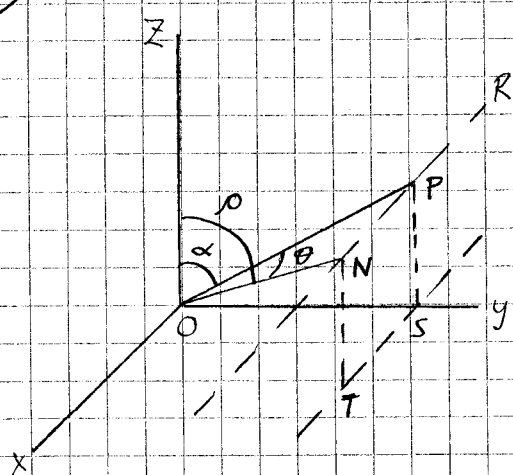
a)

Fibertekstur: krystallittene i et polykrystallinsk materiale er ordnet med en eller to krystallografiske retninger i en bestemt orientering i rommet (enkel eller dobbel fibertekstur). Orienteringene i planet normalt til fiberaksen kan være vilkårlig.

Fibertekstur kan oppstå i f.eks. metalliske materialer ved ekstrudering eller trekking.

(Det finnes også en rekke eksempler på naturlig fibertekstur hos andre stofftyper, f.eks. hos biologiske polymerer som cellulose, DNA)

b)



Enhetsvektorene $\frac{\vec{OZ}}{|\vec{OZ}|}$ og $\frac{\vec{ON}}{|\vec{ON}|}$
 Komponent av \vec{ON} langs \vec{OZ} :
 $|\vec{OP}| \cos \alpha = |\vec{ON}| \cos \theta \cos \alpha$
 $\cos \phi = \frac{\vec{OZ} \cdot \vec{ON}}{|\vec{OZ}| \cdot |\vec{ON}|} = \frac{|\vec{OZ}| \cdot |\vec{ON}| \cos \theta \cos \alpha}{|\vec{OZ}| \cdot |\vec{ON}|}$

$$\Rightarrow \cos \phi = \cos \theta \cdot \cos \alpha$$

Eller: $\cos \phi = \frac{NT}{ON} = \frac{PS}{ON}$ $\cos \theta = \frac{OP}{ON}$ $\cos \alpha = \frac{PS}{OP}$

$$\Rightarrow \cos \phi = \cos \theta \cdot \cos \alpha$$

Oppgave 3 forts

(11)

$$c) \tan 2\theta = \frac{d}{2 \cdot 0A}$$

$$\tan 2\theta_1 = \frac{51.0}{2 \cdot 30} \implies \theta_1 = 20.18^\circ$$

$$\tan 2\theta_2 = \frac{98.3}{2 \cdot 30} \implies \theta_2 = 29.30^\circ$$

Kubisk gitter: $d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} = \frac{a}{\sqrt{N}}$ der $N =$ helt tall

$$\lambda = 2d \sin \theta = 2 \cdot \frac{a}{\sqrt{N}} \sin \theta$$

$$N = \frac{4a^2}{\lambda^2} \sin^2 \theta$$

$$N_1 \approx \frac{4 \cdot 3,1650^2}{1,5418^2} \cdot \sin^2 20,18^\circ = 2,006 \implies N_1 = 2$$

$$N_2 \approx \frac{4 \cdot 3,1650^2}{1,5418^2} \cdot \sin^2 29,30^\circ = 4,036 \implies N_2 = 4$$

\implies Indekser for binesett 1 er (110)

Indekser for binesett 2 er (200)

\implies Materialet er kubisk romsentret

$$d) \text{ Korrigerte } \theta\text{-verdier: } \sin \theta = \frac{\lambda \sqrt{N}}{2a}$$

$$\sin \theta_1 = \frac{1,5418 \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot 3,1650} \implies \theta_1 = 20,15^\circ$$

$$\sin \theta_2 = \frac{1,5418 \cdot \sqrt{4}}{2 \cdot 3,1650} \implies \theta_2 = 29,15^\circ$$

Oppgave 3 d forts

(12)

$$\cos \rho = \cos \alpha \cdot \cos \theta$$

D (mm)	hkl	θ	α	ρ	Måling fiberaksindeks
51.0	110	20.15°	58°	60.17°	110
			90°	90°	110
98.3	200	29.15°	36.5°	45.41°	110
			90°	90°	110

Materialet har fiberretning [110]