

NTNU  
Institutt for Fysikk

Faglig kontakt under eksamen:  
Bård Tøtdal, tlf 73593594 eller 73529782

### Kontinuasjoneksamen i SIF4026 Materialfysikk og Karakterisering

Fredag 17. august 2001  
Tid: 5 timer (kl 0900 – kl 1400)

Tillatte hjelpemidler:

Godkjent kalkulator **med tomt minne** i henhold til liste fra NTNU.

Barnett & Cronin: Mathematical Formulae.

Rottmann: Mathematische Formelsammlung.

Jahren & Knutsen: Formelsamling i Matematikk.

**Oppgave 1** (kfr noen opplysninger i slutten av oppgaven).

Intensiteten i det kontinuerlige røntgenspektret som funksjon av bølgelengden følger tilnærmet Kramers' formel, som kan uttrykkes som

$$I(\lambda) = CZ \frac{1}{\lambda^2} \left( \frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda} \right)$$

- Forklar betydningen av de forskjellige symbolene i formelen.
- Vis at maksimalpunktet for denne fordelingen er ved  $\lambda = \frac{3}{2} \lambda_0$  og uttrykk  $\lambda_0$  som funksjon av røntgenrørspenningen  $U$ .
- I den oppgitte Kramers' formel er intensiteten angitt som effekt per flateenhet. Vanligvis måler vi intensiteten som antall røntgenkvanter per tidsenhet per flateenhet. Vis hvordan Kramers' formel da blir seende ut, og finn ved hvilken bølgelengde vi da finner maksimalpunktet.
- Vis i skisse den totale intensitetsfordelingen fra et røntgenrør som funksjon av bølgelengden ved to forskjellige røntgenrørspenninger  $U_1$  og  $U_2$ .
- Som  $\beta$ -filter for et røntgenrør med Co-anode kan vi bruke et presset pulverpreparat av ferrioksid  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Beregn nødvendig masse av  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  per  $\text{cm}^2$  filter for å oppnå et intensitetsforhold  $I_{K\beta} : I_{K\alpha} = 1 : 100$  i den filtrerte strålingen. Før filtreringen er dette forholdet 1 : 5,7.
- I hvilket forhold reduseres også
  - Intensiteten av  $\alpha$ -doubletten  $I_{K\alpha}$ ?
  - Intensiteten  $I_{\max}$  ved maksimum i bremsestrålespekteret når røntgenrørspenningen er 35 kV?
- Moseleys lov for linjene i røntgenspekteret kan skrives som
 
$$\frac{1}{\lambda R} = (Z - \sigma)^2 \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right)$$

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

- h) Vi fjerner  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -preparatet som brukes som  $\beta$ -filter for Co-røret. Så måler vi absorpsjonen som funksjon av bølgelengden for henholdsvis Ge (atomnr. 32) og V (atomnr. 23), og vi finner at K-absorpsjonskantene for Ge og V opptrer ved de bølgelengdene som er angitt nedenfor. En tilsvarende bestemmelse for en ukjent folie viser  $\lambda_{\text{ukjKAbs}} = 1,488 \text{ \AA}$
- Hva er atomnummeret for den ukjente prøven?

Opgitt:

Absorbator (atomvekt)	$\frac{\mu}{\rho} (\text{cm}^2 / \text{g})$	
	$\text{Co}_{\text{K}\alpha}$	$\text{Co}_{\text{K}\beta}$
Fe (55,85)	52,8	349,0
O (16,0)	17,8	13,3

Strålingsbølgelengder:  $\lambda_{\text{CoK}\alpha} = 1,790 \text{ \AA}$        $\lambda_{\text{K}\beta} = 1,621 \text{ \AA}$

Absorpsjonskanter:  $\lambda_{\text{FeKAbs}} = 1,743 \text{ \AA}$        $\lambda_{\text{GeKAbs}} = 1,117 \text{ \AA}$        $\lambda_{\text{VKAbs}} = 2,269 \text{ \AA}$

Konstanter:  $h = 6,624 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$        $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$        $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$        $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$

Vi kan regne at mellom absorpsjonskanter varierer masseabsorpsjonskoeffisienter proporsjonalt med  $\lambda^3$ .

## Oppgave 2

Diffraksjon fra en monoklin krystall med b-aksen som unik akse studeres i et transmisjons-elektronmikroskop (TEM). Når [010]-retningen er parallell med den innsendte strålen, observeres avstandene fra den direkte stråle, O, til de nærmeste diffraksjonsfleckene, A og C, på filmen som

$$\text{OA} = 8,5 \text{ mm} \qquad \text{OC} = 11,0 \text{ mm}$$

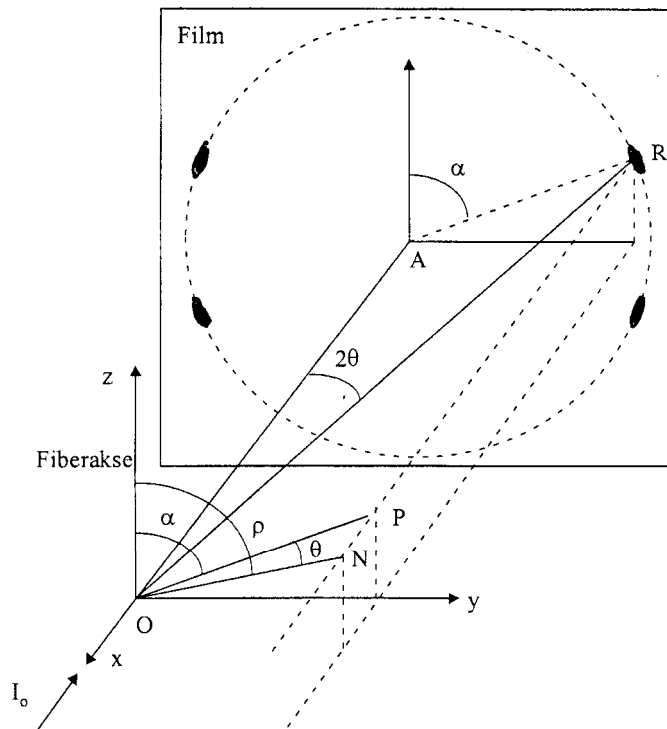
Vinkelen mellom  $\overline{OA}$  og  $\overline{OC}$  er  $85^\circ$  og kamerakonstanten er  $K = 64 \text{ \AA mm}$ . Det er ingen systematiske utslukninger.

- Bestem gitterparametrene a, c og  $\beta$ . Se bort fra mulige utslukninger.
- En annen monoklin krystall har romgruppesymbol  $P \frac{2_1}{c}$  (Fullt utskrevet:  $P1 \frac{2_1}{c} 1$ ).  
Hvilke utslukninger vil kunne observeres i [010]-projeksjonen i dette tilfellet?
- Forklar, gjerne støttet av en skisse, hvordan vi oppnår mørkfeltavbildning i transmisjonselektronmikroskopet. Nevn eksempler på nytten av slik avbildning.
- Forklar, gjerne støttet av en skisse, virkemåten for et sveipelektronmikroskop (SEM), og forklar hva slags informasjon vi kan hente ut av et slikt instrument.

## Oppgave 3

Vi ønsker å studere tekstur i en metalltråd ved hjelp av røtgendiffraksjon. Figuren på neste side viser oppstillingen ved frontrefleksjonsmetoden. Z-aksen ligger langs fiberretningen, og yz-planet er parallellt med filmplanet. OP ligger i yz-planet, og er parallell med AR. ON er retningen av plannormalen til et nettpian i refleksjonsstilling (Braggposisjon) for røntgenstrålen.  $\angle AOR$  er  $2\theta$ , slik at  $\angle PON$  blir  $\theta$ . Vinklene  $\rho$  og  $\alpha$  fremgår av figuren. Metallet i tråden er kubisk med gitterparameter  $a = 3,1650 \text{ \AA}$ . Vi bruker Cu-stråling med bølgelengde  $\lambda_{\text{CuK}\alpha} = 1,5418 \text{ \AA}$ . Avstanden prøve – film er 30 mm. Tabellen på side 3 viser

målte middelverdier av diameteren  $D$  for diffraksjonsbuer på filmen, og de tilhørende vinklene  $\alpha$ .



Buesett	$D(\text{mm})$	$\alpha$
1	51,0	$58^\circ$ $90^\circ$
2	98,3	$36,5^\circ$ $90^\circ$

- Forklar hva som menes med fibertekstur. Gi eksempler på hvordan slik tekstur kan oppstå.
- Vis at  $\cos \rho = \cos \alpha \cdot \cos \theta$  (kfr figur)
- Finn indeksene for de to buesettene (sirklene) på filmen. Hvilket Bravaisgitter har krystallene? Det er ingen spesielle utslukninger (skrueakser eller glideplan).
- Finn verdiene av  $\rho$ , og bestem teksturretningen(e) i metalltråden ved hjelp av tabellen på side 4. Tabellen viser interplanare vinkler (mulige vinkler mellom forskjellige plannormaler) i kubiske krystaller.

3.8. CUBIC SYSTEM

TABLE 3.8.5B  
Cubic Interplanar Angles

	100	110	111	210	211	221	310	311	320	321	411	331	332	511	531	
P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7	5	9	8	9	100
I	2	1	5	8	3	4	4	4	9	6	7	5	9	8	9	110
F	2	3	1	6	7	6	4	4	6	6	4	5	9	8	9	111
100	2 of 90° 0'	2 of 45° 0'	3 of 54° 44'	26° 34'	35° 16'	2 of 48° 11'	18° 26'	25° 14'	33° 41'	36° 42'	19° 28'	2 of 46° 30'	2 of 50° 14'	15° 48'	32° 19'	
		90° 0'	70° 32'	63° 26'	2 of 65° 54'	70° 32'	71° 34'	2 of 72° 27'	56° 19'	57° 41'	2 of 76° 22'	76° 44'	64° 46'	2 of 78° 54'	59° 32'	
			90° 0'	90° 0'	90° 0'	90° 0'	90° 0'	90° 0'	90° 0'	74° 30'	90° 0'	90° 0'	90° 0'	90° 0'	80° 16'	
110	4 of 45° 0'	4 of 60° 0'	3 of 35° 16'	18° 26'	2 of 30° 0'	19° 28'	26° 34'	2 of 31° 29'	11° 19'	19° 6'	2 of 33° 33'	13° 16'	25° 14'	2 of 35° 16'	17° 1'	
	2 of 90° 0'	90° 0'	3 of 90° 0'	2 of 50° 46'	54° 44'	2 of 45° 0'	2 of 47° 52'	3 of 64° 46'	2 of 53° 58'	40° 54'	2 of 60° 0'	2 of 49° 33'	2 of 41° 5'	2 of 57° 1'	44° 11'	
				3 of 71° 34'	2 of 73° 13'	2 of 76° 22'	63° 26'	90° 0'	2 of 66° 54'	55° 28'	70° 32'	2 of 71° 4'	2 of 81° 20'	74° 12'	2 of 61° 26'	
				2 of 77° 5'	90° 0'	90° 0'	2 of 77° 5'	78° 41'	78° 41'	2 of 79° 6'	90° 0'	90° 0'	90° 0'	90° 0'	2 of 76° 10'	
111	4 of 54° 44'	2 of 35° 16'	3 of 70° 32'	2 of 39° 14'	19° 28'	15° 48'	2 of 43° 5'	29° 30'	2 of 36° 49'	22° 12'	35° 16'	22° 0'	10° 2'	38° 57'	28° 34'	
		2 of 90° 0'	2 of 90° 0'	2 of 75° 2'	2 of 61° 52'	54° 44'	2 of 68° 35'	2 of 58° 31'	2 of 80° 47'	51° 53'	2 of 57° 1'	48° 32'	60° 30'	2 of 56° 15'	46° 55'	
				2 of 78° 54'	90° 0'	2 of 78° 54'	2 of 78° 54'	79° 58'	79° 58'	72° 1'	74° 12'	2 of 82° 23'	2 of 75° 45'	70° 32'	72° 59'	
										90° 0'				84° 24'		
210	4 of 26° 34'	2 of 18° 26'	6 of 39° 14'	3 of 36° 52'	2 of 24° 6'	2 of 26° 34'	8° 8'	2 of 19° 17'	7° 8'	17° 1'	2 of 18° 26'	2 of 22° 34'	2 of 30° 54'	2 of 18° 47'	10° 40'	
	4 of 63° 26'	4 of 50° 46'	6 of 75° 2'	53° 8'	2 of 43° 5'	2 of 41° 49'	2 of 31° 57'	4 of 47° 36'	29° 45'	2 of 33° 13'	2 of 42° 27'	2 of 44° 6'	2 of 40° 17'	2 of 39° 45'	2 of 33° 45'	
	4 of 90° 0'	6 of 71° 34'		4 of 66° 25'	4 of 56° 47'	2 of 53° 24'	2 of 45° 0'	2 of 66° 8'	2 of 41° 55'	3 of 53° 18'	2 of 50° 46'	4 of 59° 8'	2 of 48° 8'	2 of 52° 57'	47° 8'	
				2 of 78° 28'	2 of 79° 29'	2 of 63° 26'	2 of 64° 54'	4 of 82° 15'	3 of 68° 15'	2 of 61° 26'	2 of 71° 34'	2 of 72° 4'	2 of 67° 35'	4 of 75° 2'	3 of 58° 3'	
				90° 0'	2 of 90° 0'	2 of 90° 0'	3 of 81° 52'		2 of 75° 38'	2 of 83° 8'	2 of 73° 50'	2 of 84° 7'	2 of 73° 23'	2 of 85° 4'	2 of 67° 48'	
									82° 53'	90° 0'	2 of 83° 57'		2 of 84° 32'	2 of 85° 4'	76° 54'	
211	4 of 35° 16'	4 of 30° 0'	3 of 19° 28'	2 of 24° 6'	2 of 33° 33'	2 of 17° 43'	2 of 23° 21'	10° 2'	2 of 25° 4'	10° 54'	15° 48'	2 of 20° 31'	2 of 16° 47'	19° 28'	14° 58'	
	8 of 65° 54'	4 of 54° 44'	6 of 61° 52'	2 of 43° 5'	2 of 48° 11'	35° 16'	4 of 49° 48'	4 of 42° 24'	2 of 33° 34'	29° 12'	2 of 39° 40'	3 of 41° 28'	29° 30'	3 of 51° 3'	2 of 34° 6'	
	2 of 90° 0'	2 of 90° 0'	3 of 90° 0'	2 of 56° 47'	2 of 60° 0'	2 of 60° 30'	2 of 58° 55'	3 of 60° 30'	2 of 55° 31'	2 of 40° 12'	2 of 47° 39'	3 of 68° 0'	2 of 52° 28'	2 of 61° 53'	2 of 46° 22'	
				2 of 79° 29'	70° 32'	2 of 65° 54'	2 of 75° 2'	2 of 75° 45'	2 of 63° 4'	49° 6'	54° 44'	4 of 79° 12'	2 of 64° 12'	2 of 61° 53'	56° 30'	
				2 of 90° 0'	4 of 80° 24'	3 of 74° 12'	2 of 82° 35'	2 of 90° 0'	4 of 83° 30'	56° 56'	2 of 61° 14'		2 of 69° 38'	2 of 61° 53'	56° 30'	
						2 of 82° 11'				3 of 70° 54'	2 of 73° 13'		79° 58'	2 of 71° 41'	2 of 65° 32'	
										77° 24'	2 of 84° 29'		2 of 85° 0'	2 of 80° 58'	73° 59'	
										83° 44'			2 of 85° 0'	82° 4'	2 of 90° 0'	
										90° 0'				2 of 90° 0'		
221	8 of 48° 11'	2 of 19° 28'	3 of 15° 48'	2 of 26° 34'	2 of 17° 43'	2 of 27° 16'	2 of 32° 31'	2 of 25° 14'	2 of 22° 24'	11° 29'	2 of 30° 12'	6° 13'	5° 46'	2 of 33° 30'	16° 42'	
	4 of 70° 32'	4 of 45° 0'	3 of 54° 44'	2 of 41° 49'	35° 16'	4 of 63° 37'	2 of 42° 27'	3 of 45° 17'	2 of 42° 18'	27° 1'	2 of 45° 0'	3 of 32° 44'	2 of 22° 30'	2 of 45° 7'	2 of 32° 19'	
				2 of 53° 24'	2 of 47° 7'	4 of 63° 37'	4 of 58° 12'	2 of 59° 50'	2 of 49° 40'	2 of 36° 42'	51° 3'	2 of 57° 38'	44° 43'	3 of 54° 44'	42° 54'	
				2 of 63° 26'	2 of 65° 54'	2 of 83° 37'	2 of 65° 4'	4 of 72° 27'	2 of 68° 18'	2 of 57° 41'	2 of 56° 38'	2 of 67° 31'	2 of 60° 10'	2 of 63° 19'	51° 42'	
				2 of 72° 39'	3 of 74° 12'	2 of 90° 0'	2 of 83° 57'	84° 14'	2 of 79° 21'	63° 33'	2 of 66° 52'	4 of 85° 37'	2 of 69° 11'	2 of 71° 17'	2 of 59° 32'	
				2 of 90° 0'	2 of 82° 11'					2 of 74° 30'	2 of 71° 41'		2 of 81° 50'	2 of 71° 17'	2 of 59° 32'	
										79° 44'	90° 0'		2 of 85° 55'	86° 19'	2 of 73° 38'	
										2 of 84° 53'	90° 0'		2 of 85° 55'	2 of 80° 16'	2 of 80° 16'	
														86° 46'		
310	4 of 18° 26'	2 of 26° 34'	6 of 43° 5'	8° 8'	2 of 25° 21'	2 of 32° 31'	2 of 25° 51'	2 of 17° 33'	15° 15'	21° 37'	2 of 14° 19'	2 of 29° 28'	2 of 36° 0'	2 of 13° 10'	15° 49'	
	4 of 71° 34'	2 of 47° 52'	4 of 49° 48'	36° 52'	2 of 40° 17'	36° 52'	2 of 40° 17'	2 of 40° 17'	3 of 37° 52'	32° 19'	2 of 34° 56'	2 of 43° 29'	2 of 42° 8'	2 of 31° 34'	31° 13'	
	4 of 90° 0'	4 of 77° 5'	2 of 58° 55'	53° 8'	2 of 55° 6'	4 of 72° 33'	4 of 72° 33'	2 of 67° 35'	2 of 58° 15'	40° 29'	2 of 58° 39'	2 of 54° 31'	2 of 52° 39'	2 of 60° 52'	2 of 41° 33'	
				4 of 72° 33'	2 of 75° 2'	4 of 65° 4'	4 of 72° 33'	2 of 79° 0'	2 of 58° 15'	47° 28'	2 of 72° 39'	4 of 64° 12'	2 of 61° 50'	2 of 75° 55'	50° 6'	
				2 of 73° 34'	2 of 82° 35'	2 of 83° 57'	2 of 84° 16'	2 of 79° 0'	3 of 74° 45'	2 of 53° 44'	2 of 81° 26'	2 of 90° 0'	2 of 66° 8'	4 of 83° 1'	57° 41'	
				3 of 81° 52'			90° 0'	2 of 90° 0'	2 of 79° 54'	59° 32'	2 of 85° 44'	2 of 90° 0'	2 of 78° 20'	2 of 64° 41'	2 of 64° 41'	
										2 of 65° 0'	2 of 85° 44'			71° 18'	71° 18'	
										75° 19'				77° 39'	77° 39'	
										90° 0'				83° 52'	83° 52'	
														90° 0'	90° 0'	