

UNIVERSITETET I OSLO
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen: MEF 3000 / MEF 4000 – Funksjonelle materialer
Dag/tid: Fredag 9. desember, kl. 14.30 – 17.30
Varighet: 3 timer
Oppgavesettet er på: 9 sider inkludert 4 vedlegg (5 oppgaver)
Tillatte hjelpemidler: Kalkulator, farger, linjal og lignende
Målform: Norsk bokmål

Kandidatnummer:

Merk:

Før på kandidatnummeret ditt på side 1, samt kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

Alle spørsmålene krever kun korte svar. Husk derfor å svare kort for å komme gjennom settet i tide.

Oppgave 1: Struktur (30%).

Gitt følgende strukturdata:

Imm2

$$a = 3.5024 \text{ \AA}, b = 5.3789 \text{ \AA}, c = 5.5209 \text{ \AA}$$

Na	2a	$z = 0.58833$
N	2a	$z = 0.12277$
O	4c	$x = 0, y = 0.19646$

I tabellen over denne romgruppen er det gitt følgende informasjon om posisjonene:

Positions			Coordinates			
			(0,0,0)+	(1/2, 1/2, 1/2)+		
Multiplicity,	Wyckoff letter,	Site symmetry				
8	e	1	x, y, z	-x, -y, z	x, -y, z	-x, y, z
4	d	m..	0, y, z	0, -y, z		
4	c	.m.	x, y, 0	-x, -y, 0		
2	b	mm2	0, 1/2, z			
2	a	mm2	0, 0, z			

- a) Hva slags krystallsystem er dette?
Hva er det tilhørende Bravais gitteret?
Gi den korresponderende punktgruppen for den aktuelle romgruppen.
- b) Hva er den kjemiske formelen for materialet?
Hvor mange formelenheter inneholder strukturen?
- c) Lag en stereografisk projeksjon av punktgruppen og angi hvor mange ganger en generell posisjon blir repetert.
- d) Tegn opp strukturen som en projeksjon på **bc** planet. Tegn på N–O bindingene. (Bruk gjerne en ett av rutenettene som er lagt ved til besvarelsen.)
- e) Hva er avstanden mellom N og ett av de nærliggende O?
- f) Kan du ut fra den stereografiske projeksjonen, og strukturtegningen angi hvorvidt forbindelsen med denne strukturen kan være piezoelektrisk eller ikke?
- g) Ved høyere temperatur skjer det en faseomvandling til romgruppen Immm. Strukturen kan visualiseres ved å legge til atomene:

$$\begin{array}{lll} \text{Na} & 2a & z = 1 - 0.58833 = 0.41167 \\ \text{N} & 2a & z = 1 - 0.12277 = 0.87723 \end{array}$$

til tegningen som du gjorde i b), gjør dette.
I praksis er dette en speiling av alle punktene langs c-aksen.

Hvert atom som speiles vil da få et okkupasjonsstall på 0.5. På den måten er det 50% sjans for å finne et atom på den posisjonen eller ikke. Samt at en unngår så nære atomavstander operasjonen ellers ville gitt. Sagt på en annen måte så hopper atomene fort frem og tilbake mellom de to nærmeste posisjonene i strukturen

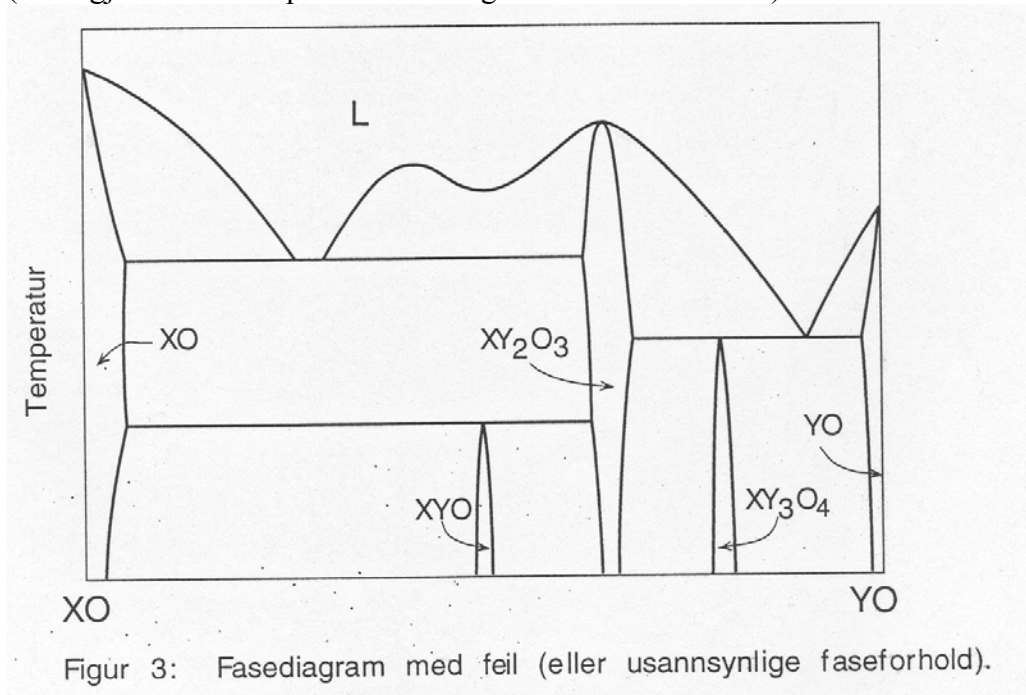
- h) Tegn en stereografisk projeksjon for den korresponderende punktgruppen til romgruppen Immm. Tegn inn en generell posisjon og hvordan denne blir repetert.
- i) Kan du ut fra den nye stereografiske projeksjonen, og den nye strukturtegningen angi hvorvidt forbindelsen ved høy temperatur kan være piezoelektrisk eller ikke?

Oppgave 2: Fasediagram (14%).

a) Tegn ett eller flere skjematiske fasediagram som til sammen inneholder minst ett av hver av følgende reaksjoner:

- Eutektisk reaksjon
- Peritektisk reaksjon
- Kongruent smelting
- Eutektoid reaksjon
- Peritektoid reaksjon

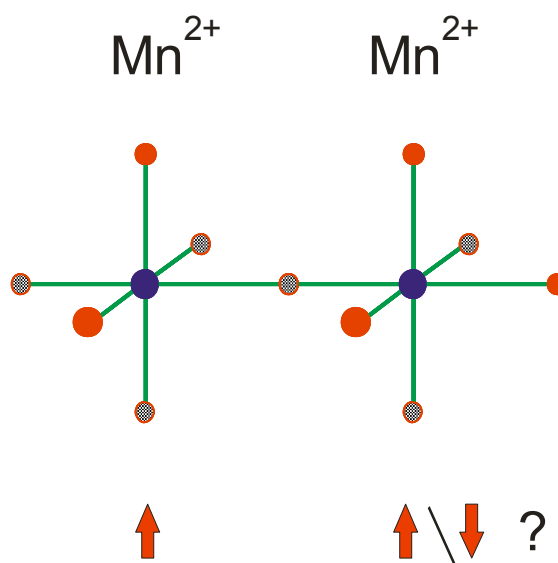
b) I fasediagrammet i figuren under er det feil (eller svært spesielle situasjoner). Avmerk disse på figuren og diskuter disse situasjonene i lys av faseregelen. (Bruk gjerne en av kopiene som er lagt ved for besvarelsen.)



c) Betrakt et hypotetisk binært oksidsystem $AO_2 - B_2O_3$ med en inkongruent smeltende fase AB_2O_5 . Anta at der ikke er noen fast oppløselighet. Vis hvordan fasediagrammet ser ut.

Oppgave 3: Magnetisme (13%).

- Hva menes med magnetisk susceptibilitet? Forklar kort.
- Skriv Curie og Curie-Weiss forløpet for ferromagnetisk, paramagnetisk og anti-ferromagnetisk materialer. Tegn $1/\chi$ mot temperatur (χ er magnetisk susceptibilitet) og forklar hvordan konstanten θ varierer mellom magnettypene.
- Hva kjennetegner en hard og en myk magnet? Forklar kort.
- Betrakt strukturelementene under for to oktaedre av MnO_6 som er koblet sammen i hjørnene. Dersom elektronspinnnet er orientert opp for det første manganet hvilken orientering er det sannsynlig at det andre manganet har?



Hvordan vil en tilting / rotering av disse oktaederene i forhold til hverandre påvirke den magnetiske overføringen og omvandlingstemperaturen?

Oppgave 4: Dielektriske materialer (13%).

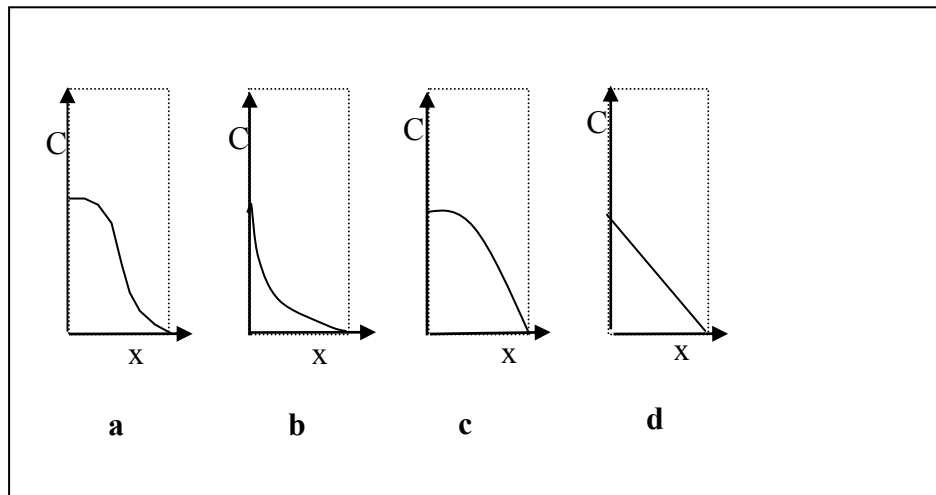
- Hvordan klassifiserer en de isolerende materialene i undergrupper?
- Hva er forskjellen mellom et rent piezoelektrisk og et ferroelektrisk materiale? Forklar kort.
- Hvilke mekanismer/effekter oppstår det i et dielektrisk materiale når det påtrykkes elektrisk felt? Med andre ord, hva er det som blir polarisert i materialet? Nevn kort.

Hvordan er den relative responsen av disse effektene ettersom frekvensen på det ytre feltet varieres? Med andre ord, ranger effektene etter deres respons/utslag i tid.

- Hva er pooling av et materiale? Beskriv kort.

Oppgave 5: Diffusjon, ledningsevne og optiske egenskaper (30%).

- a) Hydrogen diffunderer gjennom en Pd:Ag membran holdt ved 400 °C. På en side av membranen tilføres H₂ fra en gassblanding hvis trykk holdes konstant. På den andre siden forbrukes all H₂ av en motor som går med konstant hastighet og holder konsentrasjonen nær null. Systemet har gått i lang tid. Nedenfor er vist skjematisk hvorledes konsentrasjonen, C, av hydrogen varierer med tykkelsen, x, gjennom membranen i fire hypotetiske tilfeller. (Den stiplede linjen angir utstrekning av membranen.)



Velg den riktige konsentrasjonsprofilen og grunngi ditt valg.

- b) En student skal gjøre et eksperiment der de optiske egenskaper av et nytt syntetisert materiale undersøkes ved å studere vekselvirkningen med enkeltvise fotoner. Hun har en laser med bølgelengde 435 nm og en lyseffekt på 0.1 mW. Først må hun justere lysintensiteten slik at fotonene kan detekteres enkeltvis. Hun har en meget følsom detektor som gir ut en elektrisk puls hver gang den blir truffet av et foton. For at signalene ikke skal overlape i tid og kan bli telt korrekt, må telleraten være mindre enn 10 kHz. Hun kan justere telleraten ved å la laserstrålen passere gjennom et glassmateriale med absorpsjonskoeffisient på 10^4 m^{-1} . Hvor tykt bør glasset være?

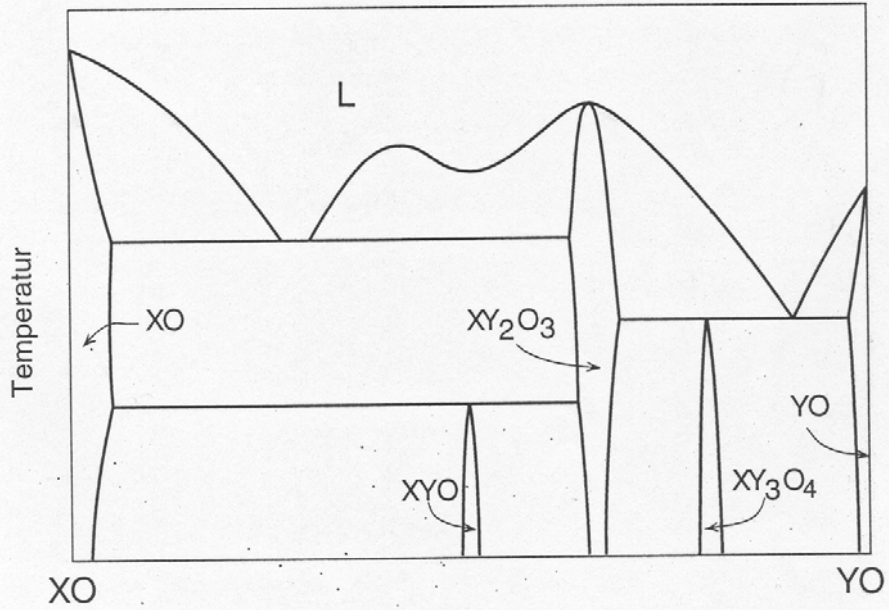
Hint: Du trenger fysiske konstanter som er i tabellen til slutt i settet.

- c) Beskriv kort den geometriske strukturen til amorft silika (SiO₂).
d) Hvilke material(er) består en optisk fiber for kommunikasjon av?

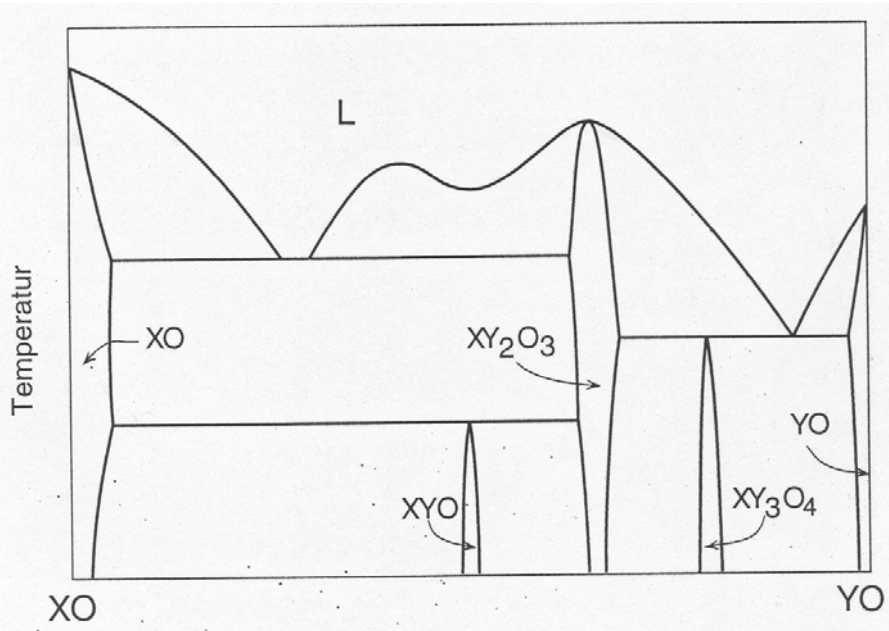
Hvilke materialparametere er relatert til svekking av signalet i en optisk fiber og hvilke fysiske eller kjemiske prosesser er viktig i denne sammenheng?

- e) Betrakt halvlederen Si_{0.9}Ge_{0.1}. Tegn skjematisk hvordan Fermi-nivået vil variere med temperatur. Ta med posisjonen til ledningsbåndet og valensbåndet i diagrammet og kommenter lav og høy temperaturgrensene.

Kandidatnummer:

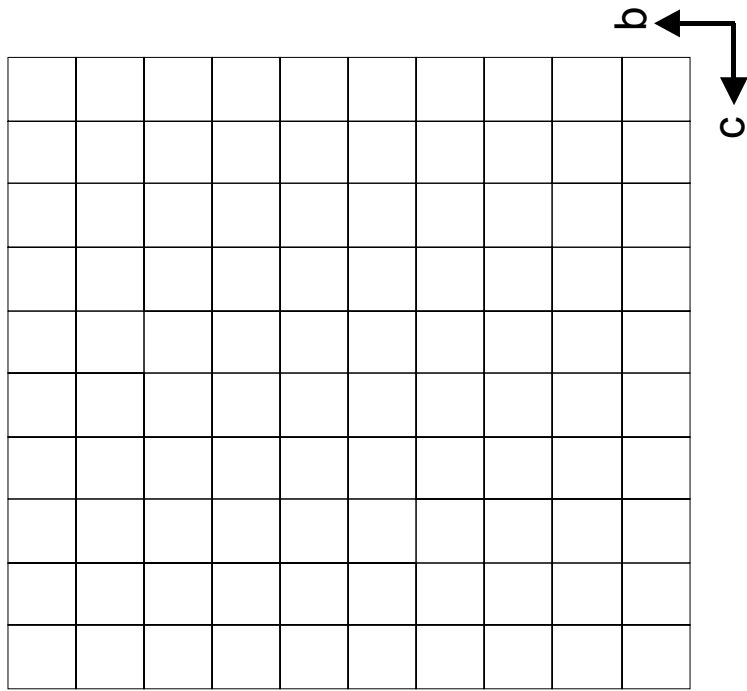
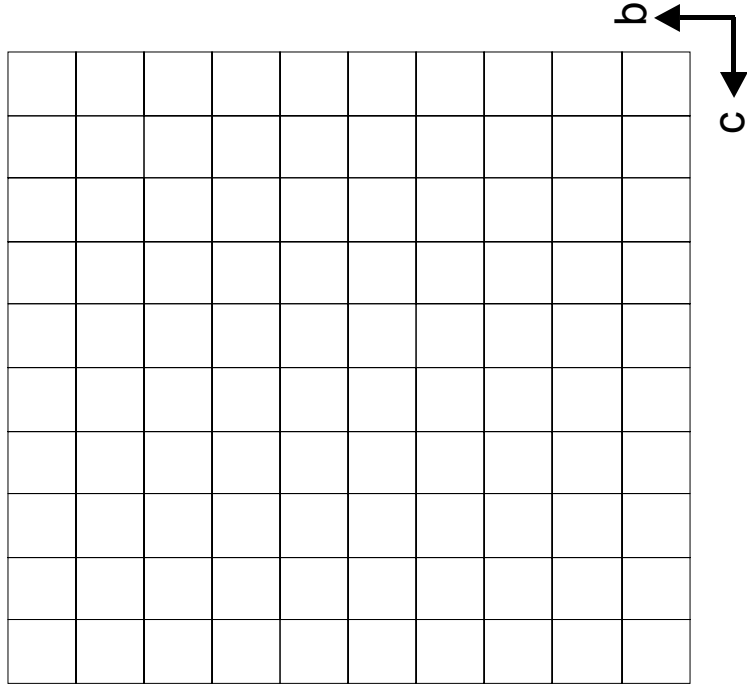


Figur 3: Fasediagram med feil (eller usannsynlige faseforhold).



Figur 3: Fasediagram med feil (eller usannsynlige faseforhold).

Kandidatnummer:
Candidate number:



		Main groups																			
															18	8A					
		1	2											17	18						
		1A	2A											7A	8A						
Period		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1		1	2											3A	4A	5A	6A	7A	8A		
2		3	4											5	6	7	8	9	10		
3		11	12											13	14	15	16	17	18		
4		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
5		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
6		55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72		
7		87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104		
		Fr	Ra	Ac	Lanthanides										Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
					Actinides										81	82	83	84	85	86	
					58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	
					Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	84	85	
					90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
					Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	107	108	109

Conversion factors and other relationships

atmosphere (atm): $1(\text{atm}) = 101.325 \text{ kPa}$

electron volt (eV): $1(\text{eV}) = 96.485 \text{ kJ mol}^{-1}$
 $(\text{eV}) \times 1.60218 \times 10^{-19} \rightarrow (\text{J})$
 $(\text{J}) \times 6.24150 \times 10^{18} \rightarrow (\text{eV})$

atomic mass unit (u): $1(\text{u}) = 9.31494 \times 10^8 \text{ eV}$
 electron mass = $5.48580 \times 10^{-4} \text{ u}$
 neutron mass = 1.00866 u
 proton mass = 1.00728 u

calorie (cal): $1(\text{cal}) = 4.184 \text{ J}$

$RT = 2.4790 \text{ kJ mol}^{-1}$

$RT/F = 25.693 \text{ mV}$

$hc = 1.98645 \times 10^{-25} \text{ J m}$

Constants

Quantity	Symbol	Value	Units
atomic mass unit	$u = m[^{12}\text{C}]/12$	1.66054×10^{-27}	kg
Avogadro constant	N_A	6.02214×10^{23}	mol^{-1}
Bohr magneton	$\mu_B = eh/4\pi m_e$	9.27402×10^{-24}	J T^{-1}
Bohr radius	$a_0 = \epsilon_0 h^2 / \pi m_e e^2$	5.29177×10^{-11}	m
Boltzmann constant	k	1.38066×10^{-23}	J K^{-1}
elementary charge	e	1.60218×10^{-19}	C
electron mass	m_e	9.10939×10^{-31}	kg
Faraday constant	$F = N_A e$	9.6485×10^4	C mol^{-1}
gas constant	$R = N_A k$	8.31451	$\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
neutron mass	m_n	1.67493×10^{-27}	kg
Planck constant	h	6.62608×10^{-34}	J s
	$\hbar = h/2\pi$	1.05457×10^{-34}	J s
proton mass	m_p	1.67262×10^{-27}	kg
Standard acceleration due to gravity	g	9.80665	m s^{-2}
vacuum permeability	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$	H m^{-1}
vacuum permittivity	ϵ_0	8.85419×10^{-12}	F m^{-1}
velocity of light	c	2.99792×10^8	m s^{-1}