



# **TMM4100/MAST2200 - Materialteknikk, Eksamen 2024-08-06, med løsning**

---

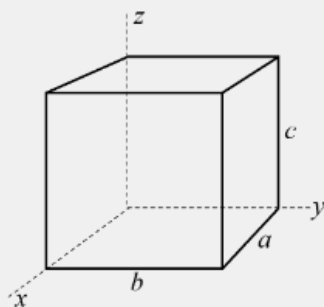
**Oppdatert 2024-08-12**

1  $\text{Li}_2\text{O}$  har kubisk krystallstruktur der litiumatom (Li) er plassert i følgende krystallografiske punkt:

$$\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}, \frac{1}{4} \frac{3}{4} \frac{1}{4}, \frac{3}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}, \frac{3}{4} \frac{3}{4} \frac{1}{4}, \frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{3}{4}, \frac{1}{4} \frac{3}{4} \frac{3}{4}, \frac{3}{4} \frac{1}{4} \frac{3}{4}, \frac{3}{4} \frac{3}{4} \frac{3}{4}$$

Tettheten til  $\text{Li}_2\text{O}$  er  $2.0 \text{ g/cm}^3$ .

Hva er verdien til gitterkonstanten  $a$  for enhetscellen til  $\text{Li}_2\text{O}$ ?



Velg ett alternativ:

☐  $< 100 \text{ pm}$

☐  $\approx 146 \text{ pm}$

☐  $\approx 183 \text{ pm}$

☐  $\approx 231 \text{ pm}$

☐  $\approx 291 \text{ pm}$

☐  $\approx 367 \text{ pm}$

☐  $\approx 462 \text{ pm}$

☐  $\approx 582 \text{ pm}$

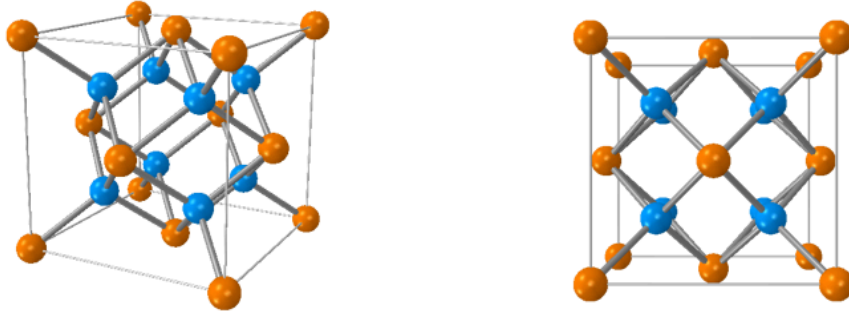
☐  $\approx 733 \text{ pm}$

☐  $> 800 \text{ pm}$

Maks poeng: 5 Sjekk svar

## Løsning

Det er angitt 8 punkt for posisjoner til Li-atom, og alle ligger innenfor enhetscellen, illustrert som blå atom i figuren under:



Den kjemiske formelen forteller at strukturen har ett oksygen for to litium, og dermed MÅ det nødvendigvis være 4 hele oksygen innenfor enhetscellen. Det er derfor egentlig ikke nødvendig å gjøre rede for posisjonene til oksygen, men for senere læring:

Det er  $8 \times 1/8$  på hjørner +  $3 \times 1/2$  på flater = 4 oksygen tilsammen.

Finner gitterkonstanten via tetthet:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{8A_{\text{Li}} + 4A_{\text{O}}}{a^3 N_A} \Rightarrow$$

$$a^3 = \frac{8A_{\text{Li}} + 4A_{\text{O}}}{\rho N_A} \Rightarrow$$

$$a = \left( \frac{8A_{\text{Li}} + 4A_{\text{O}}}{\rho N_A} \right)^{1/3}$$

```
In [1]: A_Li = 6.9*0.001    #kg/mol
        A_O  = 16.0*0.001  #kg/mol
        NA   = 6E23
        rho  = 2013

        a = ( (8*A_Li + 4*A_O)/((rho)*NA) )**(1/3)
        print('Svar: {:.0f} pm'.format(a*1E12))
        print()
```

Svar: 462 pm

**2**  $\text{CaF}_2$  har tilsvarende krystallstruktur som  $\text{Li}_2\text{O}$ , men der de krystallografiske posisjonene til fluor (F) i  $\text{CaF}_2$  er lik krystallografiske posisjoner til litium (Li) i  $\text{Li}_2\text{O}$ .

Gitterkonstant for  $\text{CaF}_2$  er  $a = 546 \text{ pm}$ .

Regn ut bindingslengden (senteravstand) mellom et  $\text{Ca}^{2+}$  ion og et  $\text{F}^-$  ion i  $\text{CaF}_2$ .

**Velg ett alternativ:**

☐  $< 100 \text{ pm}$

☐  $\approx 110 \text{ pm}$

☐  $\approx 131 \text{ pm}$

☐  $\approx 152 \text{ pm}$

☐  $\approx 173 \text{ pm}$

☐  $\approx 194 \text{ pm}$

☐  $\approx 215 \text{ pm}$

☐  $\approx 236 \text{ pm}$

☐  $\approx 257 \text{ pm}$

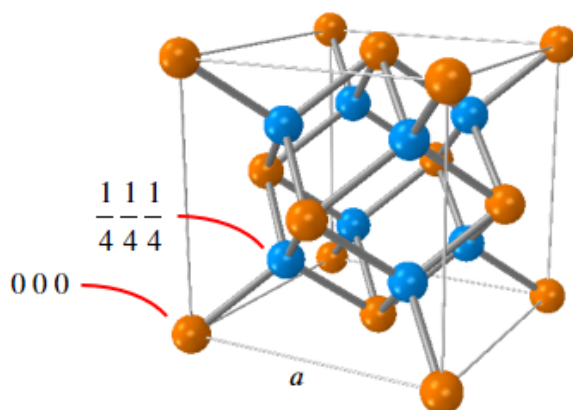
☐  $> 275 \text{ pm}$

Maks poeng: 5 Sjekk svar

## Løsning

Avstand mellom f.eks. kalsium i posisjon  $0\ 0\ 0$  og nærmeste fluor i posisjon  $\frac{1}{4}\ \frac{1}{4}\ \frac{1}{4}$  er

$$a \cdot \left( \left( \frac{1}{4} - 0 \right)^2 + \left( \frac{1}{4} - 0 \right)^2 + \left( \frac{1}{4} - 0 \right)^2 \right)^{1/2} = a \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} = 546 \cdot 0.433 = 236.4 \text{ pm}$$



```
In [2]: a = 546  
print('Svar: {:.0f} pm'.format(a*(3**(0.5))/4))
```

Svar: 236 pm

**3** Velg alle krystallografiske punkt som representerer posisjoner til atomer i en FCC-krystallstruktur:  
**Velg ett eller flere alternativer**

☐  $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$

☐  $\frac{1}{2} \frac{1}{2} 0$

☐  $0 1 \frac{1}{2}$

☐  $1 1 0$

☐  $\frac{1}{2} 1 \frac{1}{2}$

☐  $\frac{1}{2} 1 0$

☐  $1 0 \frac{1}{2}$

☐  $\frac{1}{2} 0 \frac{1}{2}$

☐  $1 \frac{1}{2} \frac{1}{2}$

☐  $\frac{1}{2} 1 1$

Prinsipp for poenggiving:

- 5 poeng for alt korrekt, som også er maksimal poengsum
- Delvis poeng for korrekte alternativ enkeltvis, og tilsvarende fratrekk ved valg av ikke-korrekt alternativ
- Minste poengsum er null.

Maks poeng: 5 [Sjekk svar](#)

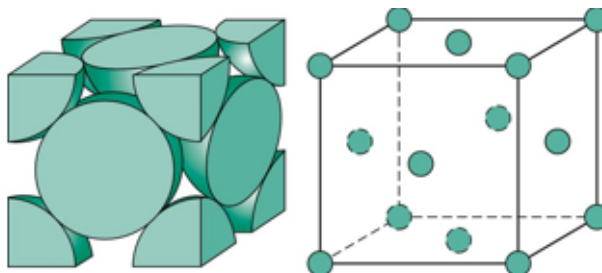
## Løsning

Følgende punkt er på flater, og dermed korrekt:

$$\frac{1}{2} \frac{1}{2} 0, \quad \frac{1}{2} 0 \frac{1}{2}, \quad 1 \frac{1}{2} \frac{1}{2}, \quad \frac{1}{2} 1 \frac{1}{2}$$

Ett punkt er på et hjørne, og dermed også korrekt:

$$1 \ 1 \ 0$$



Følgende punkte er på midten av kanter, altså ikke korrekt:

$$\frac{1}{2} \ 1 \ 1, \quad 0 \ 1 \ \frac{1}{2}, \quad 1 \ 0 \ \frac{1}{2}, \quad \frac{1}{2} \ 1 \ 0$$

Det er heller ikke et atom i midten av enhetscellen:

$$\frac{1}{2} \ \frac{1}{2} \ \frac{1}{2}$$

- 4 Velg alle krystallografiske punkt som representerer en oktaedral (octahedral) posisjon i en FCC-krystallstruktur.  
Velg ett eller flere alternativer

☐  $\frac{1}{2} \ 0 \ \frac{1}{2}$

☐  $1 \ 0 \ \frac{1}{2}$

☐  $0 \ 1 \ \frac{1}{2}$

☐  $\frac{1}{2} \ \frac{1}{2} \ \frac{1}{2}$

☐  $1 \ \frac{1}{2} \ \frac{1}{2}$

☐  $\frac{1}{2} \ 1 \ 0$

☐  $\frac{1}{2} \ 1 \ \frac{1}{2}$

☐  $\frac{1}{2} \ 1 \ 1$

☐  $1 \ 1 \ 0$

☐  $\frac{1}{2} \ \frac{1}{2} \ 0$

Prinsipp for poenggiving:

- 5 poeng for alt korrekt, som også er maksimal poengsum
- Delvis poeng for korrekte alternativ enkeltvis, og tilsvarende fratrekk ved valg av ikke-korrekt alternativ
- Minste poengsum er null.

Maks poeng: 5 Sjekk svar

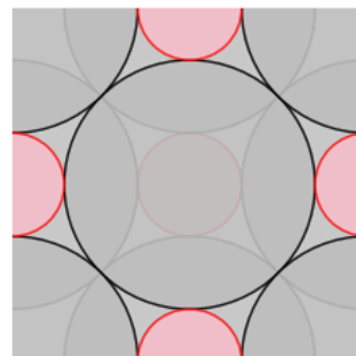
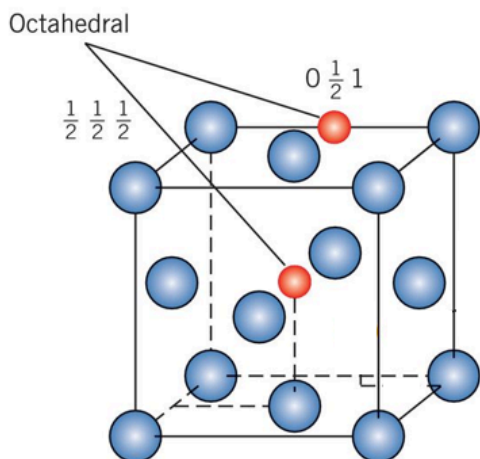


## Løsning

Korrekte alternativer er alle punkt på midten av kanter, samt punktet i midten av cellen:

$$\frac{1}{2} \ 1 \ 1, \quad 0 \ 1 \ \frac{1}{2}, \quad 1 \ 0 \ \frac{1}{2}, \quad \frac{1}{2} \ 1 \ 0$$

$$\frac{1}{2} \ \frac{1}{2} \ \frac{1}{2}$$



- 5
- Lag illustrasjoner som viser følgende krystallografiske plan in kubiske krystallstrukturer (6p):
    - (1 1 2)
    - (0 4 1)
    - (0  $\bar{1}$  2)
  - Planet (1 1 0) er et plan med spesiell interesse i en BCC krystallstruktur. Gjør rede for denne påstanden (4p)

Krav til illustrasjoner:

- Aksene er definert/vist på figurene
- Hensiktsmessig perspektiv og lett å tolke uten å måtte bruke magiske briller.

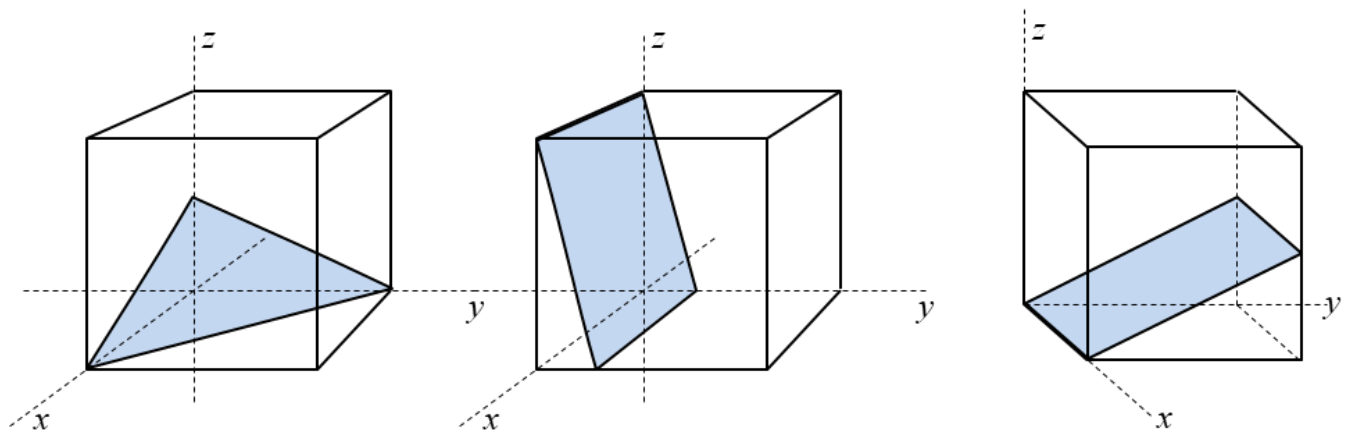
Skriv ditt svar på papir

Hjelp

Format | **B** | *I* | U |  $\times_2$  |  $\times^2$  |  $\mathcal{I}_x$  | | | | | | |  $\Omega$  | | |  $\Sigma$  |

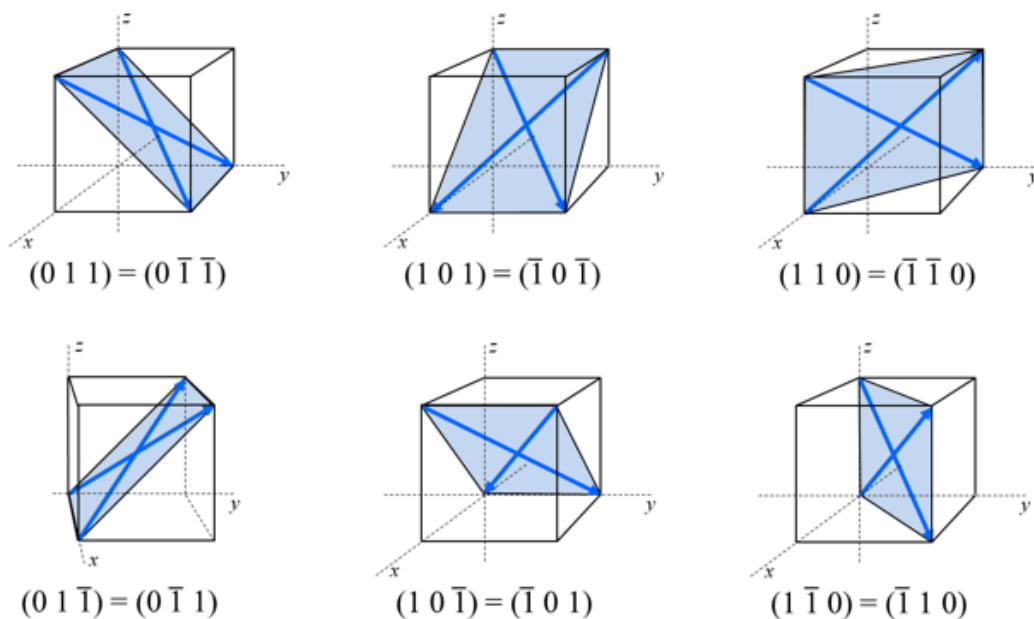
## Løsning

### 1. Noe sånt:

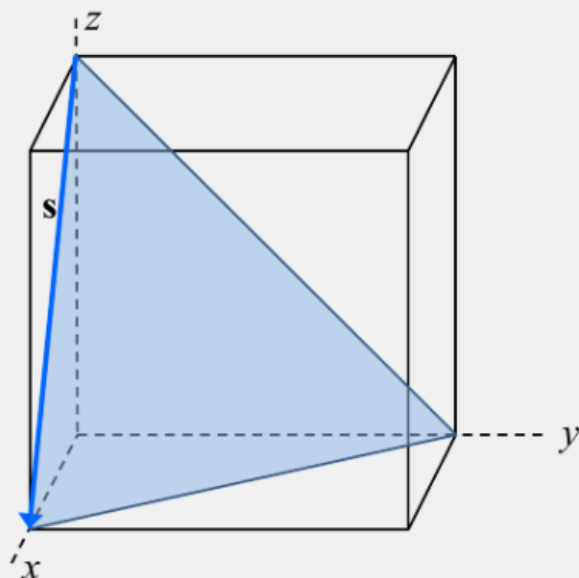


2. Planet  $(1\ 1\ 0)$  er, sammen med 5 andre plan i BCC, et tettpakket plan, som igjen er grunnlaget for glidesystem (tettpakket retning i tettpakket plan)

Dislokasjonsbevegelser skjer i glidesystem, og dislokasjonsbevegelse er mekanismen for plastisk deformasjon i metall.



6 Figuren viser et plan i en kubisk krystallstruktur samt en retning  $\mathbf{s}$  som ligger i dette planet.



Finn utløst skjærspenning (resolved shear stress) i dette planet langs retningen  $\mathbf{s}$  når det virker en spenning  $\sigma = 50$  MPa i retningen  $[1\ 1\ 0]$ .

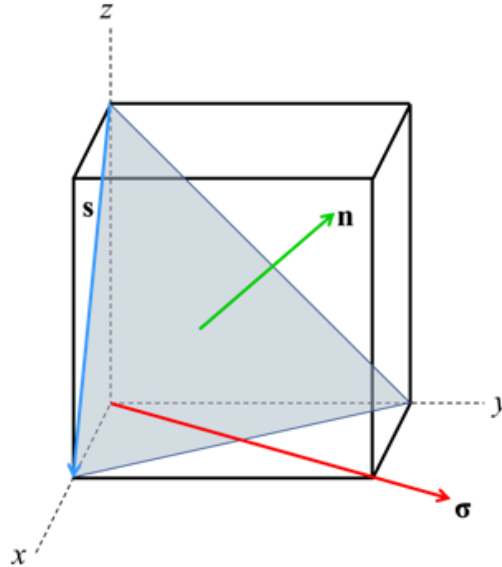
Velg ett alternativ:

- ☐  $\approx 0$  MPa
- ☐  $\approx 2$  MPa
- ☐  $\approx 4$  MPa
- ☐  $\approx 6$  MPa
- ☐  $\approx 8$  MPa
- ☐  $\approx 10$  MPa
- ☐  $\approx 12$  MPa
- ☐  $\approx 14$  MPa
- ☐  $\approx 16$  MPa
- ☐  $\approx 18$  MPa
- ☐  $\approx 20$  MPa

Maks poeng: 5 [Sjekk svar](#)

## Oppgave: Utløst skjærspenning

Planet har normal  $[111]$  og retningen er  $[10\bar{1}]$ .



Utløst skjærspenning:

$$\tau_R = \sigma \cdot \cos(\phi) \cos(\lambda) = \frac{\sigma \cdot \mathbf{n}}{|\sigma||\mathbf{n}|} \frac{\sigma \cdot \mathbf{s}}{|\sigma||\mathbf{s}|} = 50 \cdot \frac{2}{\sqrt{2}\sqrt{3}} \frac{1}{\sqrt{2}\sqrt{2}} = 50 \frac{1}{\sqrt{6}} = 20.41 \text{ MPa}$$

```
In [1]: print('Svar: {:.2f} MPa'.format(50*1/(6**0.5)))

# Sjekk:
import numpy as np
sig, n, s = [ 1, 1, 0], [ 1, 1, 1], [ 1, 0,-1]
cosphi = (np.dot(sig,n))/(np.linalg.norm(sig) * np.linalg.norm(n))
coslam = (np.dot(sig,s))/(np.linalg.norm(sig) * np.linalg.norm(s))
tau_resolved = 50*cosphi*coslam
print('Svar: {:.2f} MPa'.format(tau_resolved))
```

Svar: 20.41 MPa

Svar: 20.41 MPa

7 Tettheten til krystallinsk polypropylen (PP) er  $945 \text{ kg/m}^3$ .

Krystallsystemet til krystallinsk PP er monoklinsk (monoclinic) med følgende parameter:

$$a = 666 \text{ pm},$$

$$b = 2078 \text{ pm},$$

$$c = 650 \text{ pm},$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ,$$

$$\beta = 99.62^\circ \text{ } (\beta \text{ er vinkelen mellom } x\text{-aksen og } z\text{-aksen})$$

Hvor mange repeterende enheter av PP er innenfor en enhetscelle?

Velg ett alternativ:

☐ 1

☐ 2

☐ 4

☐ 6

☐ 8

☐ 10

☐ 12

Maks poeng: 5 Sjekk svar

## Løsning

Nå trenger vi jo ikke komme frem til et nøyaktig svar, så her kan mye avrundes:

Vinkelen  $\beta$  kan avrundes til 90 grader for å estimere volumet av enhetscellen:

$$V_c \approx abc = 9 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3$$

```
In [4]: a, b, c = 666E-12, 2078E-12, 650E-12      # [m]
        Vc = a*b*c
        print(Vc)
```

8.995662e-28

Massen innenfor enhetscellen:

$$\rho = \frac{M}{V_c} \Rightarrow$$

$$M = \rho V_c = 945 \cdot 9 \cdot 10^{-28} = 8.5 \cdot 8.5 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

```
In [5]: m = 945*(9E-28)
print(m)

8.504999999999999e-25
```

Antall repeterende enheter:

$$M = \frac{n \cdot 42 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{23}} \Rightarrow$$

$$n = \frac{M \cdot 6 \cdot 10^{23}}{42 \cdot 10^{-3}} = 12.14$$

```
In [6]: n = (8.5E-25)*(6E23)/(42E-3)
print(n)

12.142857142857142
```

Altså er svaret  $n = 12$

Med nøyaktig utregning av volumet:

$$V_c = abc \cdot \sin(\beta)$$

slik at:

$$n = \frac{M \cdot N_A}{m} = \frac{\rho \cdot V_c \cdot N_A}{m}$$

```
In [7]: import math
import matek

a = 666
b = 2078
c = 650
B = 99.62
rho = 945

m_PP=(3*matek.A['C']+6*matek.A['H'])*0.001/matek.NA # masse av repeterende enhet, [kg]
Vc = (1E-36)*a*b*c*math.sin(math.radians(B)) # volum av celle, [m3]
n = rho*Vc/m_PP # antall rep. enhet er
print('n = {:.1f}'.format(n))

n = 12.0
```

**8** En PP-PE kopolymer er polymerisert fra en blanding av etylen og propylen og inneholder 1000 kg med repeterende enheter av PP og 200 kg med repeterende enheter av PE.

Regn ut forholdet mellom antall repeterende enheter av PE ( $n_{PE}$ ) og antall repeterende enheter av PP ( $n_{PP}$ )

**Velg ett alternativ:**

- ☐  $n_{PE} / n_{PP} \approx 0.1$
- ☐  $n_{PE} / n_{PP} \approx 0.2$
- ☐  $n_{PE} / n_{PP} \approx 0.3$
- ☐  $n_{PE} / n_{PP} \approx 0.4$
- ☐  $n_{PE} / n_{PP} \approx 0.5$
- ☐  $n_{PE} / n_{PP} \approx 0.6$
- ☐  $n_{PE} / n_{PP} \approx 0.7$
- ☐  $n_{PE} / n_{PP} \approx 0.8$
- ☐  $n_{PE} / n_{PP} \approx 0.9$

Maks poeng: 5 Sjekk svar

## Løsning

Masse av repeterende enheter:

$$m_{PE} = 2 \cdot 12 + 4 \cdot 1 = 28 \text{ g/mol} \quad \text{og} \quad m_{PP} = 3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 = 42 \text{ g/mol}$$

Fra total masse av hver polymer,

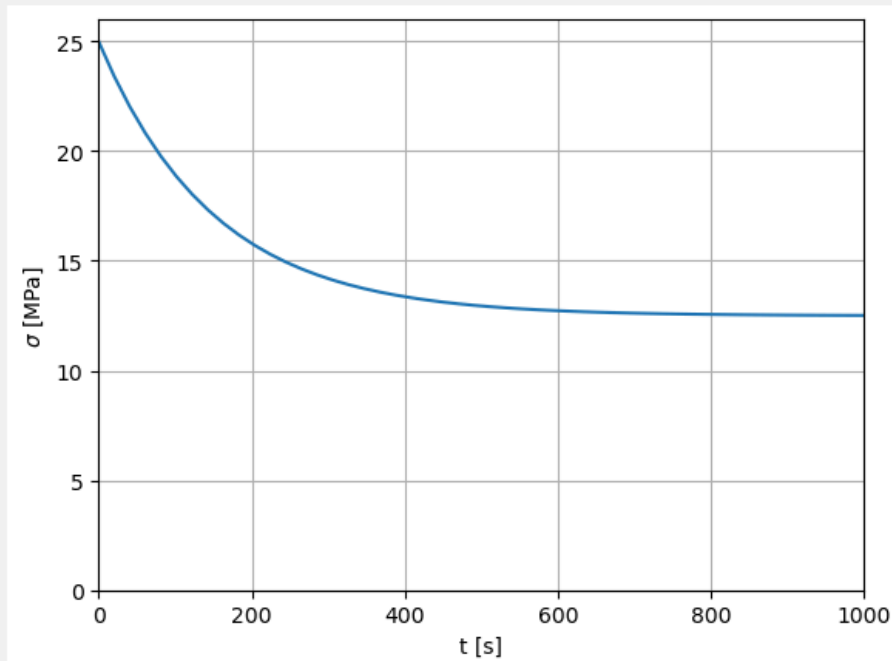
$$n_{PE} \cdot m_{PE} = 200, \quad \text{og} \quad n_{PP} \cdot m_{PP} = 1000$$

$$\Rightarrow \frac{n_{PE}}{n_{PP}} = \frac{200 \cdot 42}{1000 \cdot 28} = 0.3$$

In [8]: `print('Svar: {}'.format((200*42)/(1000*28)))`

Svar: 0.3

- 9 Figuren viser spenning som funksjon av tid for en relaksasjonstest av et viskoelastisk material. Materialet blir umiddelbart utsatt for en tøyning lik 0.01 ved tid  $t = 0$ , og materialet oppfører seg perfekt i henhold til 3-parameter modellen.



Estimer verdien av  $E_{\infty}$ . Svar:  [MPa]. Toleranse:  $\pm 5\%$

Estimer verdien av  $E_0$ . Svar:  [MPa]. Toleranse:  $\pm 5\%$

Estimer verdien av tidskonstanten  $\tau_r$ . Svar:  [s]. Toleranse  $\pm 10\%$

Maks poeng: 5 Sjekk svar



## Løsning

Relaksasjonsmodul er

$$E(t) = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma(t)}{0.01}$$

Dermed:

$$E_{\infty} = \frac{12.5}{0.01} = 1250 \text{ MPa}$$

basert på at spenningen ser ut til å konvergere mot 12.5 MPa for uendelig tid,

og

$$E_0 = \frac{25}{0.01} = 2500 \text{ MPa}$$

Finner tidskonstanten fra

$$E(t) = E_{\infty} + (E_0 - E_{\infty}) \exp\left(-\frac{t}{\tau_r}\right)$$

Leser av f.eks.  $t = 200 \Rightarrow \sigma \approx 16 \Rightarrow E(t) = 1600$

$$1600 = 1250 + (2500 - 1250) \exp\left(-\frac{200}{\tau_r}\right)$$

$$350 = 1250 \exp\left(-\frac{200}{\tau_r}\right)$$

$$0.28 = \exp\left(-\frac{200}{\tau_r}\right)$$

$$\ln(0.28) = -\frac{200}{\tau_r}$$

$$-1.27 = -\frac{200}{\tau_r}$$

$$\tau_r = 200/1.27 = 157$$

Svar mellom 135 og 165 aksepteres.

10 Gjør rede for følgende konsept/begrep i polymerteknologi:

- a) Termoplast (2p)
- b) Kryssbinding (2p)
- c) Smeltetemperatur (2p)
- d) Glasstransisjonstemperatur (2p)
- e) Kondensasjonspolymerisasjon (2p)

Skriv ditt svar her eller på papir

 Hjelp

Format                               

## Løsning

### a) Termoplast:

- består av lineære polymermolekyl (med eller uten forgreninger)
- molekyl holdes sammen med kun sekundære bindinger (van der Waals, osv.)
- kan formes (plastisk bearbeides) i smeltet tilstand

### b) Kryssbinding:

- Hovedsaklig: ulike former av kovalent bindinger mellom lineære polymermolekyl.
- Materialer med kryssbinding er herdeplaster som ikke kan smeltes og formes etter at kryssbindinger er dannet.

### c) Smeltetemperatur:

- Temperaturen der sekundære bindinger i krystallinsk polymere materialer bryter opp

### d) Glasstransisjonstemperatur

- Temperaturen der det oppstår en stor endring i fritt volum i amorf fase i polymere materialer
- Markerer overgang fra sprø (glass) til duktil oppførsel

### e) Kondensasjonspolymerisasjon

- Polymerisasjon med to ulike monomerer, nylon et godt eksempel
- Gir et biprodukt i prosessen (typisk vann) derav begrepet 'kondensasjon'.
- Prinsippielt noe sånt:  $\text{H-A-OH} + \text{H-B-OH} = \text{H-A-B-OH} + \text{H}_2\text{O}$ , etc.. eller  $\text{H-A-H} + \text{OH-B-OH} = \text{H-A-B-OH} + \text{H}_2\text{O}$ , etc..

11 8 kg glassfiber som har tetthet 2550 kg/m<sup>3</sup> blandes med 5 kg av en polymer som har tetthet 1150 kg/m<sup>3</sup>.

Hva blir tettheten til komposittmaterialet? Svar:  [kg/m<sup>3</sup>]. Toleranse: ± 1%

Hva blir fibervolumfraksjonen til komposittmaterialet? Svar:  [tall mellom 0 og 1]. Toleranse: ± 1%

Maks poeng: 6 [Sjekk svar](#)

## Løsning

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_f + m_m}{v_f + v_m} = \frac{m_f + m_m}{m_f/\rho_f + m_m/\rho_m} = \frac{8 + 5}{8/2550 + 5/1150} = 1737 \text{ kg/m}^3$$

```
In [9]: print( 'Tetthet til kompositt: {:.0f} kg/m3'.format( (8+5)/(8/2550+5/1150) ) )
```

Tetthet til kompositt: 1737 kg/m3

$$V_f = \frac{v_f}{v_f + v_m} = \frac{m_f/\rho_f}{m_f/\rho_f + m_m/\rho_m} = \frac{8/2550}{8/2550 + 5/1150} = 0.419$$

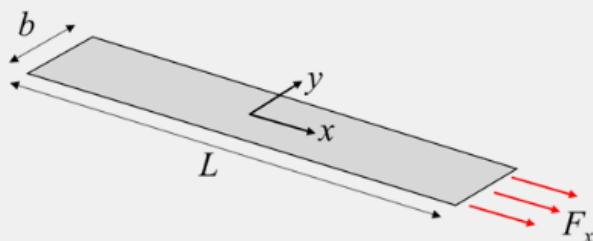
```
In [10]: print( 'Vf = {:.3f}'.format( (8/2550)/(8/2550+5/1150) ) )
```

Vf = 0.419

- 12 Et laminat består av 3 lag. Hvert lag består av ensrettet karbonfiber i en epoxymatrise der  $E$ -modul i fiberretning er 150 GPa og  $E$ -modul på tvers av fiberretning er 10 GPa.

Hvert lag har tykkelse 0.5 mm, og orienteringer på lag er  $[0/90/0]$  der 0-retning og x-retning sammenfaller.

Laminatet har dimensjoner  $L = 1000$  mm og  $b = 100$  mm, se figur:



Hva må kraften  $F_x$  være for at laminatet skal forlenge seg med 2 mm (altså få en deformert lengde lik 1002 mm)?

Velg alternativet som representerer et realistisk estimat.

**Velg ett alternativ:**

☐  $\approx 75$  kN

☐  $\geq 300$  kN

☐  $\approx 30$  kN

☐  $\approx 175$  kN

☐  $\approx 150$  kN

☐  $\approx 50$  kN

☐  $\approx 100$  kN

☐  $\leq 15$  kN

Maks poeng: 4 Sjekk svar

## Løsning

Her er det stor avstand mellom alternativene, så enkle avrundinger og forenklinger er helt greit!

Siden E-modulen på tverse er mye mindre enn E-modulen på langs av fiber, kan vi anta at det meste av spenningen går gjennom i 0-lag, og dermed neglisjere last gjennom 90-laget.

Samlet tverrsnitt av 0-lag er

$$A = 2 \cdot 0.5 \cdot 100 = 100 \text{ mm}^2$$

Ved en tøyning lik

$$\varepsilon = \frac{dL}{L_0} = \frac{2}{1000} = 0.002$$

blir spenningen

$$\sigma = E_1 \varepsilon_1 = 150000 \cdot 0.002 = 300 \text{ MPa}$$

og kraften blir dermed

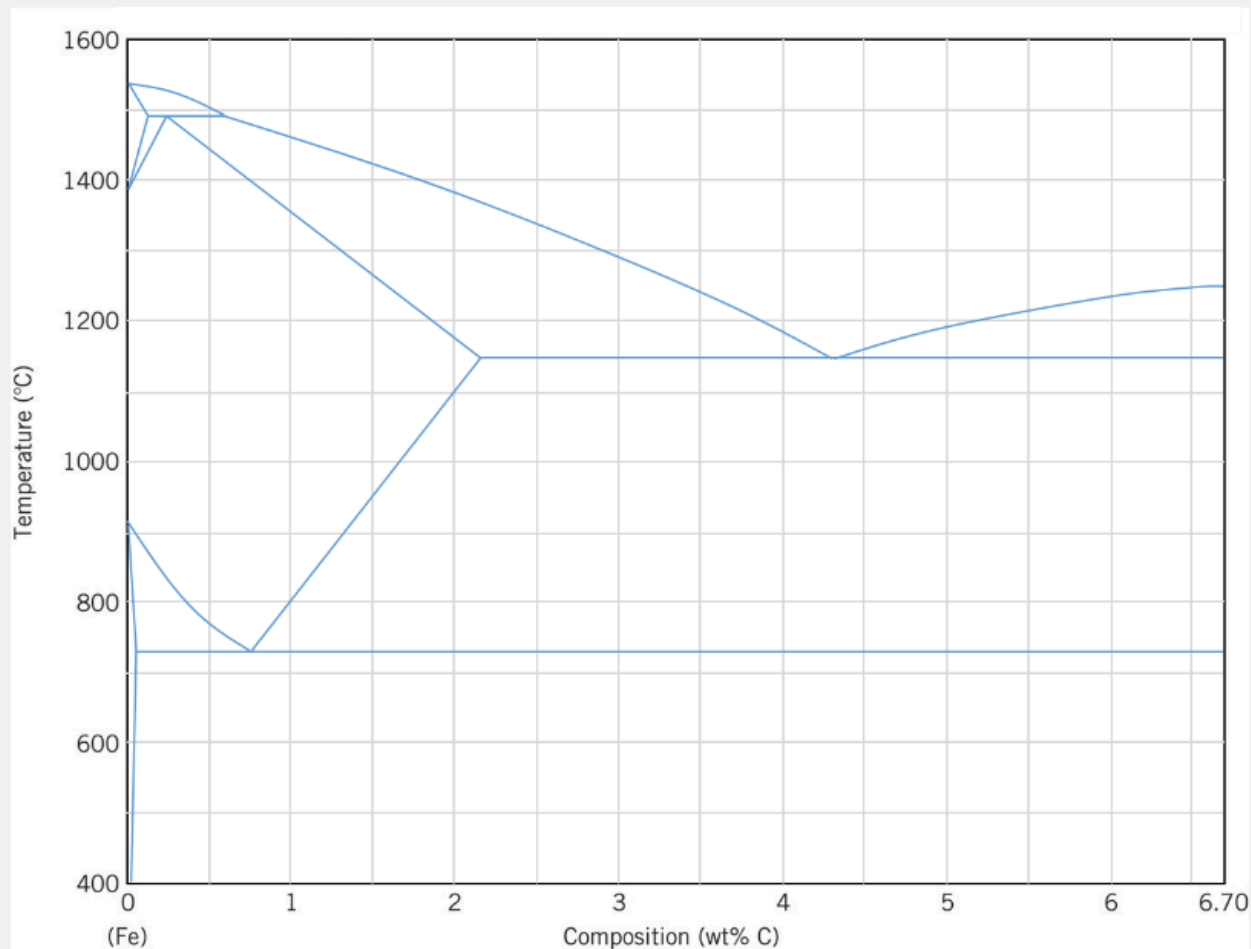
$$F_x = \sigma \cdot A = 300 \cdot 100 = 30 \text{ kN}$$

Eventuelt mer nøyaktig estimat:

```
In [11]: E1=150000
E2= 10000
Ex=(E1*2+E2*1)/3
t=0.5
b=100
A=b*3*t
ex=2/1000
sx=Ex*ex
Fx=sx*A
print('Fx = {:.2f} kN'.format(Fx/1000))
```

Fx = 31.00 kN

- 13 Fasediagrammet for systemet jern-karbon er vist under. Estimer maksimal løselighet av karbon i austenitt ved 850°C og velg det mest presise alternativet. Legg merke til enheter i alternativene.



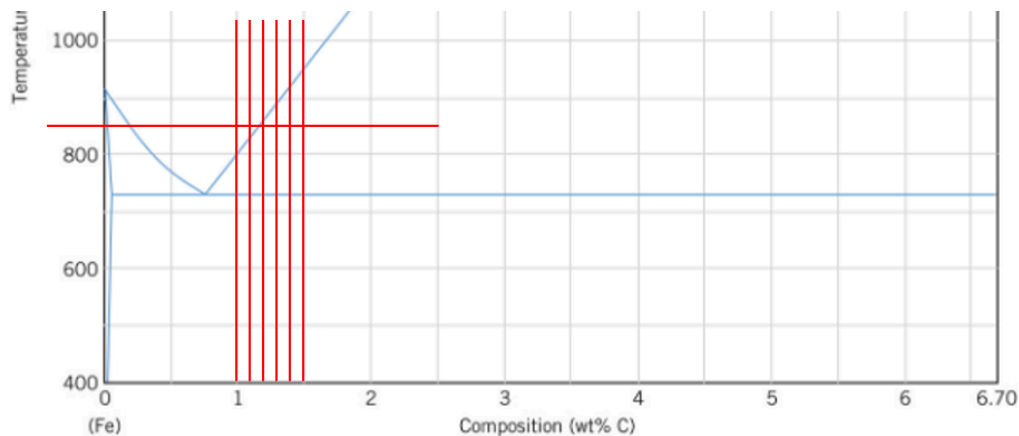
Velg ett alternativ

- ☐  $\leq 1 \text{ at}\%$
- ☐  $\approx 2 \text{ at}\%$
- ☐  $\approx 3 \text{ at}\%$
- ☐  $\approx 4 \text{ at}\%$
- ☐  $\approx 5 \text{ at}\%$
- ☐  $\approx 6 \text{ at}\%$
- ☐  $\approx 7 \text{ at}\%$
- ☐  $\geq 8 \text{ at}\%$

Maks poeng: 3 Sjekk svar

## Løsning

Leser av løslighet til ca 1.15 wt% karbon ved 850°:



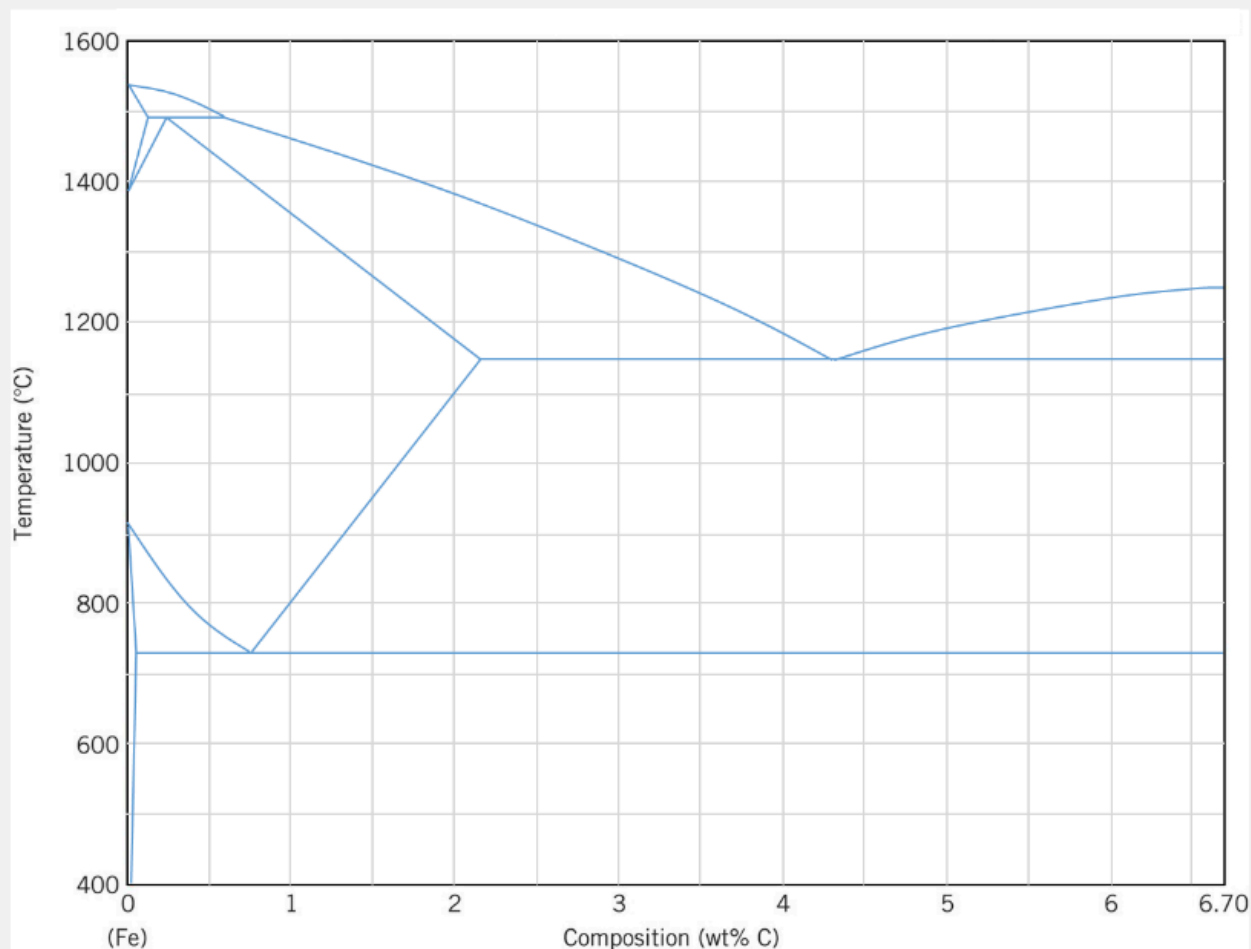
Regner om til atomprosent:

$$C'_1 = \frac{C_1 A_2}{C_1 A_2 + C_2 A_1} 100 = \frac{1.15 \cdot 55.8}{1.15 \cdot 55.8 + 98.85 \cdot 12.0} 100 = 5.13 \text{ [at\%]}$$

```
In [12]: print('Svar: {:.3f} at%'.format(100*(1.15*55.8)/(1.15*55.8+98.85*12)))
```

Svar: 5.132 at%

- 14 Fasediagrammet for systemet jern-karbon er vist under. En likevekts-struktur av karbonstål med 1.75 wt% karbon består av austenitt og 12 wt%  $\text{Fe}_3\text{C}$ . Hva er temperaturen? Velg intervallet som inneholder svaret.



Velg ett alternativ

- ☐ 400°C < T < 500°C
- ☐ 500°C < T < 600°C
- ☐ 600°C < T < 700°C
- ☐ 700°C < T < 800°C
- ☐ 800°C < T < 900°C
- ☐ 900°C < T < 1000°C
- ☐ 1000°C < T < 1100°C
- ☐ 1100°C < T < 1200°C

Maks poeng: 3 Sjekk svar



## Løsning

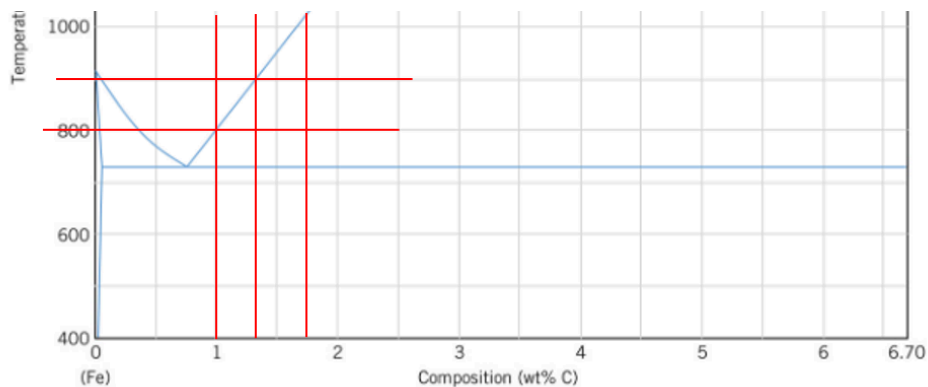
Ved 800C blir det for høy andel av Fe<sub>3</sub>C (ca. 13 wt%) og ved 900C blir det for lav (ca. 7.5 wt%) og dermed er svaret innenfor dette intervallet (800-900C):

Ved 800C:

$$\frac{1.75 - 1.0}{6.7 - 1.0} 100 = 13.15 \text{ wt\%}$$

Ved 900C:

$$\frac{1.75 - 1.35}{6.7 - 1.35} 100 = 7.48 \text{ wt\%}$$



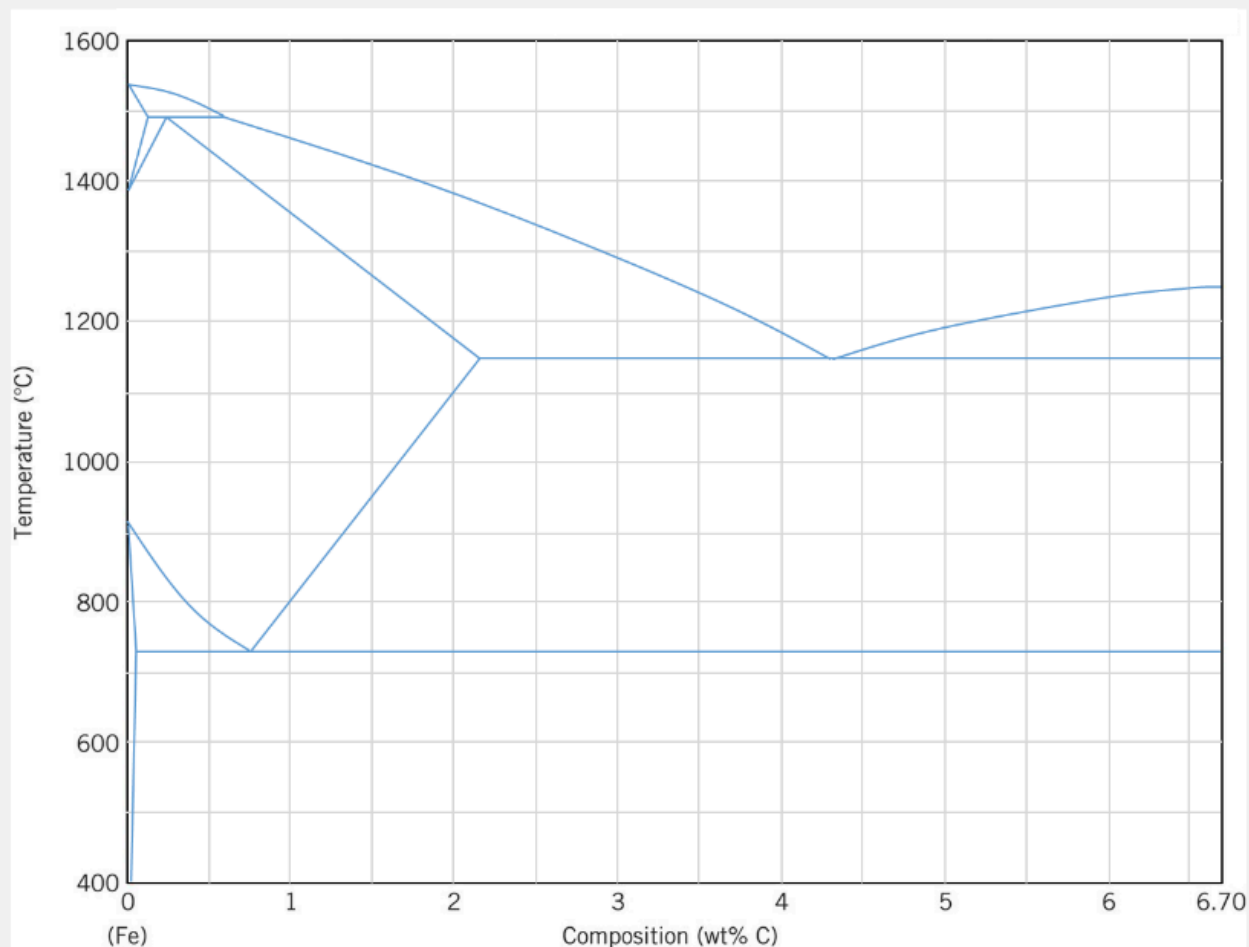
```
In [13]: # Ved 800C
print( 100*(1.75-1.0)/(6.7-1.0) )

# Ved 900C
print( 100*(1.75-1.35)/(6.7-1.35) )
```

13.157894736842104

7.476635514018691

15 Fasediagrammet for systemet jern-karbon er vist under. En likevekts-struktur av karbonstål består av 90 wt% perlitt og 10% proeutektisk sementitt ved romtemperatur. Hva er sammensetningen?



### Velg ett alternativ

- ☐  $\approx 0.30 \text{ wt\% C}$   
☐  $\approx 0.45 \text{ wt\% C}$   
☐  $\approx 0.60 \text{ wt\% C}$   
☐  $\approx 0.75 \text{ wt\% C}$   
☐  $\approx 0.90 \text{ wt\% C}$   
☐  $\approx 1.05 \text{ wt\% C}$   
☐  $\approx 1.35 \text{ wt\% C}$   
☐  $\geq 1.50 \text{ wt\% C}$

Maks poeng: 4 Sjekk svar

## Løsning

Det er 100% perlitt ved 0.76 wt% karbon, og 100% sementitt ved 6.7 wt% karbon. Dermed en lineær interpolasjon mellom 0.76 og 6.7:

$$\frac{x - 0.76}{6.7 - 0.76} = 0.1 \Rightarrow x = 0.1(6.7 - 0.76) + 0.76 = 1.35$$


```
In [14]: print( (0.1)*(6.7-0.76) + 0.76 )
```

1.354

**16** Gjør rede for følgende konsept/begrep som anvendes for å beskrive mekaniske egenskaper og/eller oppførsel til materialer:

- a) Elastisk deformasjon (2p)
- b) Resiliens (2p)
- c) Fastning (2p)
- d) Seighet (2p)
- e) Duktilitet (2p)

Skriv ditt svar her eller på papir

 Hjelp

Format | **B** | *I* | U |  $\times_2$  |  $\times^2$  |  $\mathcal{I}_x$  |  |  |  |  |  |  |  $\Omega$  |  |  |  $\Sigma$  | 

## Løsning

a) Elastiske deformasjon betyr:

- deformasjon som ikke er permanenet
- materialet går tilbake til opprinnelig fasong (geometri) når lasten er fjernet

b) Resiliens er

- materialets evne til å absorberer elastisk energi per volum
- arealet under den elastiske delen av en spenning-tøyningskurve

c) Fastning er

- materialer (primært metaller) får øket styrke gjennom plastisk deformasjon
- er en herde/styrkemekanisme som oppstår gjennom f.eks. valsing og smiing

d) Seighet er


- materialets evnet til å absorbere energi per volum ved deformasjon
- hovedsaklig knyttet til plastisk deformasjon
- tilsvarer arealet under spenning-tøyningskurven

e) Duktilitet er

- materialets evne til forlengelse
- hovedsaklig knyttet til plastisk (eller ikke-elastisk) deformasjon
- måles gjerne i tøyning til brudd

- 17
- a) Hvorfor regnes aluminium som generelt mer duktilt enn titan? (2p)
- b) En karbonfiber er anisotrop mens en glassfiber er isotrop. Gi en kort forklaring på hva dette betyr og hva som er årsaken til denne forskjellen (2p)
- c) PVC (polyvinylklorid) har mye høyere smeltetemperatur enn PP (polypropylen). Gi en kort forklaring på årsaken(e) til dette. (2p)
- d) Noen materialer har en utmattingsgrense. Hva betyr det? (2p)
- e) Hva er prinsipiell forskjell på en ionisk forbindelse og en polar kovalent forbindelse? (2p)

Skriv ditt svar her eller på papir

 Hjelp

Format   ▾   **B**   *I*   U    $\times_2$     $\times^2$     $\mathcal{I}_x$                       $\Omega$           $\Sigma$    

## Løsning

- a)** Her inneholder spørsmålet 'generelt', så altså ikke et spørsmål om nyanser. Det viktigste som skiller aluminium og titan er krystallstrukturen: Aluminium har FCC (mange glidesyste = duktilt) mens titan har HCP (få glidesystem = mindre duktilt)
- b)** Glassfiber består av (bombe...) glass... som per. definisjon ikke har noe preferert orientering av struktur og molekyl. Dermed blir egenskaper like i alle retninger. Karbonfiber har grafittstruktur, og denne strukturen består av flak av grafen der egenskaper normalt på grafenflat er svært ulike egenskaper i planet til grafen. Dermed blir strukturen anisotrop (ulike egenskaper i ulike retninger)
- c)** Klor og metyll ( $\text{CH}_3$ ) er begge sidegrupper til molekylkjenden for henholdsvis PVC og PP. Klor gir en bra tydelig forskyving av ladning, som dermed skaper en relativt sterk dipol og dermed dipol-dipol-binding mellom molekylene. Dette er ikke tilfelle for metyllgrupper i PP, som dermed har svakere binding mellom molekyler og dermed lavere smeltetemperatur.
- d)** Kort fortalt at dersom lasten (spenning) er under en viss grense, vil ikke materialet bli utmattet uansett uendelig antall sykler
- e)** Ved ionisk forbindelse er det stor forskyving i ladning mellom atomene som inngår, mens i en polar kovalent forbindelse er bindingen primært kovalent, men med en viss/betydelig forskyving i ladning (det kan oversettet til at en polar kovalent binding er en blanding av kovalent og ioniske binding)