

SJØKRIGSSKOLEN  
Tirsdag 29.05.07

EKSAMEN VÅREN 2007

SENSORTEORI

Klasse OM2

Tillatt tid: 5 timer

Hjelpemidler:

Formelsamling Sensorteori KJK2 og OM2

Tabeller i fysikk for den videregående skole

Formelsamling i matematikk for den videregående skole

Kalkulator

Antall oppgaver: 5

Vektlegging er angitt i % på hver oppgave.

-----  
Jan. R. Lien  
Sensor

Per Vold  
Lærer

Leif Fausa  
Lærer

Lars Olav Tveita  
Lærer

**Oppg. 1 (25 %)**

- a) Ei fjør blir forlenga med 10 cm når vi hengjer eit lodd med masse 50 g i fjøra. Så lar vi loddet henge i fjøra og svinge vertikalt med amplitude 5,0 cm. Finn svingefrekvensen.
- b) Ei radarbølgje i fritt rom har maksimal elektrisk felt  $E_m = 30$  V/m og magnetisk flukstetthet  $B_m = 0,10$   $\mu$ T. Når  $E$ -feltet er retta nedover, er  $B$ -feltet retta mot oss. Finn fartsretningen til bølgja. Finn maksimal og gjennomsnittleg intensitet til radarbølgja i  $W/m^2$ .
- c) I eit laboratorieforsøk måler vi intensiteten til ei radarstråle som funksjon av vinkel i horisontalplanet. Resultatet er:

Vinkel [ $^\circ$ ]	0	2	4	6	8	10
$I [W/m^2]$	20	14	6,0	0,30	1,0	0,40

1. Finn den horisontale strålebreidda.
2. Finn dB-verdien til første sidelobe.
3. Radarbølgjene i oppg. c) har frekvens 3,0 GHz og sendeantenna har horisontal breidde 83 cm. Finn teoretisk strålebreidde for antenna.

Tilleggsopplysningar: Rektangulær belyningsfunksjon gir minst strålebreidde og kraftigst sidelobe (-13 dB).  $\cos^2 \theta$  – belyningsfunksjon gir størst strålebreidde og svakast sidelobe (-32 dB).

- d) Ein "Phased Array" radar har frekvens 3,0 GHz og avstand mellom antenneelementa er 8,0 cm. Finn retningen som hovedloben på radarstrålen peikar når faseskiftet mellom antenneelementa er  $100^\circ$ . Finn også retningen til eventuelle "grating-lobes" som kan gi falske radarsignal.

**Oppg. 2 (25 %)**

- a) Skisser eit sinus-signal med analog frekvens  $f=3,0$  Hz i tid 1,0 s. Bruk 10 cm til å representere 1,0 s på tidsaksen. Marker med kryss -x- samplingspunkta når du samplar med samplingsfrekvens  $f_s = 5$  Hz (ei sampling pr. 2 cm i  $t$ -retningen på grafen). Finn frekvensen til det digitale signalet vi får. Forklar skilnaden mellom analog og digital frekvens ut frå regelen om aliasing.
- b) Eit signal  $U(t)$  med grunnfrekvens 10 Hz har frekvensspektrum gitt i denne tabellen:

Harmonisk nr.	0	1	2
Amplitude	1,0 V	1,0 V	0,5 V
Fase for sinus-rekkje	$90^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$

Eit høgpasfilter har respons som gitt i denne tabellen:

Frekvens $f$	0 Hz	10 Hz	20 Hz
Respons $r$	0	0,45	0,71

1. Skriv eit matematisk uttrykk for  $U(t)$ .
  2. Skisser frekvensresponen til filteret.
  3. Teikn frekvensspektrum (for amplitude) etter at signalet  $U(t)$  har gått gjennom filteret.
- c) Filteret i c) er laga av ein kondensator med kapasitans  $10 \mu\text{F}$  og ein motstand  $R$ . Vis koplinga og finn resistansen til motstanden.
- d) Tabellen viser utsnitt av ein lydfartprofil:

Dybde $z$	5,0 m	50 m	100 m	150 m	200 m	250 m
Lydfart $c$	1460 m/s	1470 m/s	1480 m/s	1490 m/s	1480 m/s	1470 m/s

Vi antar at lydfarten varierer linært mellom dei oppgitte målepunkta.  
 Ei sonarstråle blir sendt ut ved dybde 5 m og med retning  $45^\circ$  under horisontal.

Skisser lydfartprofilen og banen sonarstrålen følgjer nedover i sjøen.

**Oppg. 3 (15 %)**

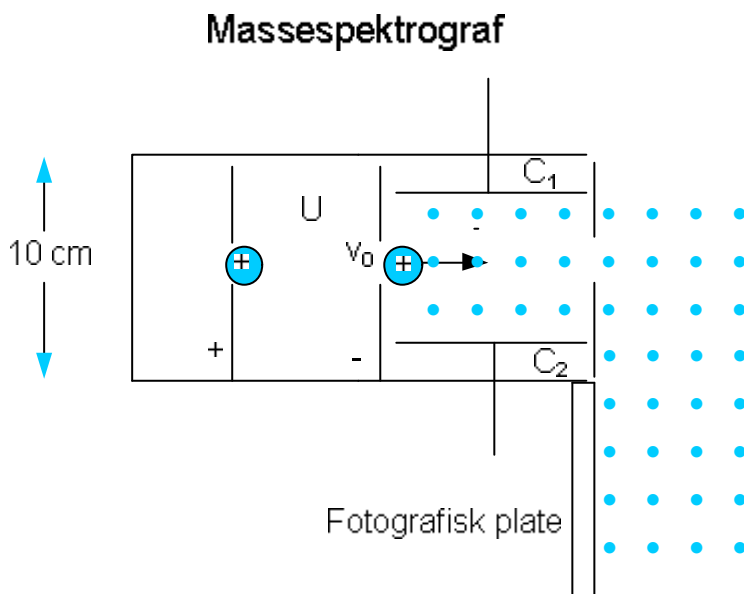
Figur 1 viser en prinsippskisse av en massespektrograf. Den brukes til å analysere den kjemiske oppbygningen av et stoff. Stoffet varmes opp og fordamper. Det omdannes så til et positivt ion ved at elektroner ioniserer gassen. Det er illustrert på figuren hvor det forutsettes at ionet er i ro idet det kommer inn i det elektriske feltet ved den positive platen.

Spenningen  $U$  mellom platene er 10 V. Ladningen til ionet  $q = 3.2 \cdot 10^{-19}$  C og massen er  $6,64 \cdot 10^{-27}$  kg.

a) Bestem den potensielle energien til ionet ved den positive platen og vis at farten til ionet idet det passerer den negative platen er  $v_0 = 3,1 \cdot 10^4$  m/s.

b) Som vist på figuren kommer ionet så inn i et kombinert elektrisk og magnetisk felt (hastighetsfilter). Det elektriske feltet mellom platene  $C_1$  og  $C_2$  er gitt og er 200 V/m. Magnetfeltet har retning ut av papirplanet. Ionet går rett fram uten å bli avbøyd. Bestem retningen på det elektriske feltet og verdien på den magnetiske flukstettheten.

c) Bestem hvor ionet treffer den fotografiske platen.



Figur 1

**Oppg. 4** (10 %)

a)

To ladninger  $Q_1 = +10 \text{ nC}$  og  $Q_2 = -10 \text{ nC}$  er plassert 3,0 cm fra hverandre. Bestem kreftene på en tredje ladning  $q_3 = 1,0 \text{ nC}$  som er plassert midt mellom de to ladningene, fra ladning  $Q_1$  og  $Q_2$ . Verdi og retning. Bestem også resultantkraften på  $q_3$ .

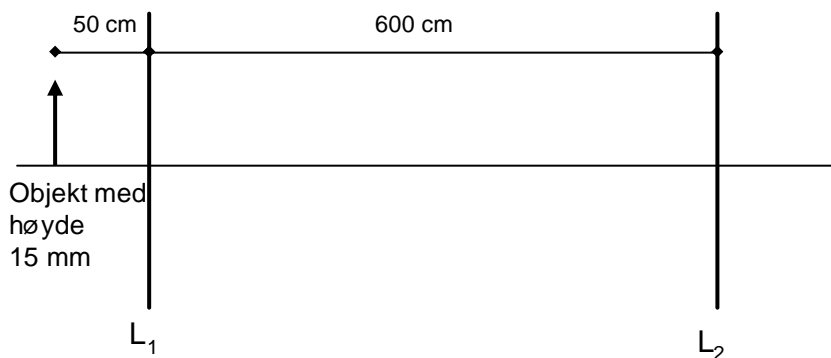
b)

Bestem det totale elektriske feltet midt mellom de to ladningene.

**Oppg. 5** (25 %)

a)

Tegningen viser et objekt og et linsesystem som består av linsene  $L_1$  og  $L_2$ .  $L_1$  er en samlelinse med brennvidde 40 cm, mens  $L_2$  er en spredelinse med brennvidde 60 cm i absoluttverdi. Nødvendige data ellers er gitt på tegningen.



Beregn plassering og størrelse på det bildet som dannes av  $L_2$ . Er det reelt eller virtuelt? Lag også en tegning som viser strålegangen (prinsippstråler).

b)

En gjenstand har overflatetemperatur  $15\text{ }^\circ\text{C}$ .

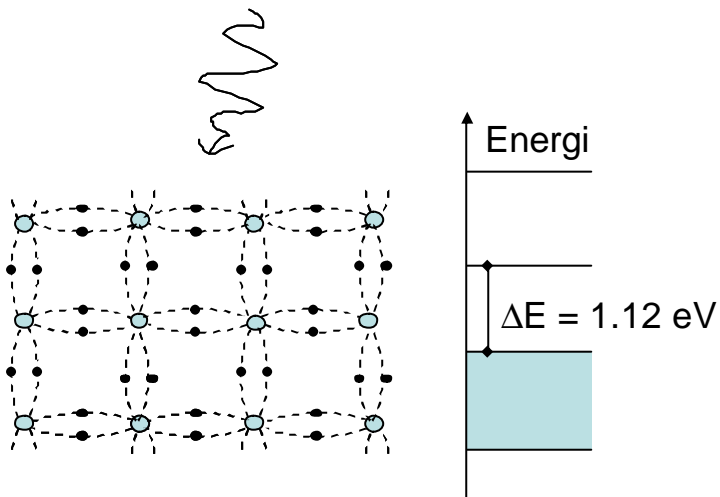
- Finn bølgelengden for maksimum i den termiske strålingen fra gjenstanden. Lag en skisse av Planckkurven, og forklar hva den uttrykker.
- Med hvor mange prosent øker strålingsintensiteten hvis temperaturen øker til  $30\text{ }^\circ\text{C}$ ?

c)

Vi bestråler en blank metallflate med fiolett lys. Fra metallflaten slås det ut elektroner med farten  $v = 3,5 \cdot 10^5\text{ m/s}$ . Ta stilling til disse påstandene:

- Vi kan øke farten på elektronene ved å bruke UV-stråling i stedet for fiolett lys.
- IR-stråling kan ikke slå ut elektroner fra denne metallflaten.

d)



Tegningens venstre del viser et foton som er i ferd med å trenge inn i en halvlederkrystall (Si). Den høyre delen viser et energibåndskjema. Gi en kort forklaring på sammenhengen. Dersom krystallen skal brukes som sensor, hva er den lengste bølgelengden du kan forvente å påvise?