Studentnummer:______________________
Studieretning:________________________

NORGES TEKNISKNATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

EKSAMEN I EMNE TFY4120 FYSIKK

Fredag 9. desember 2005
Tid: kl 09.00-13.00

Faglig kontakt under eksamen:
Professor Jon Otto Fossum, 73593482, mob, 91139194

Hjelpemidler:
Alternativ C
Godkjent lommekalkulator
Rottman: Matematisk formelsamling (alle språkutgaver)
Barnett og Cronin: Mathematical Formulae

Eksamen består av:
1. Førstesiden (denne siden) **som skal leveres inn som svar på flervalgsspørmålene**.
2. 2 "normale" Oppgaver 1 og 2 (Vedlegg A)
3. Et sett med flervalgsspørmål, Oppgave 3 (Vedlegg B)

De to "normale" oppgavene samlet teller 50%, og flervalgspørsmålene samlet teller 50%. Ved besvarelsene av flervalgsspørmålene skal bare ETT av svaralternativene A-E angis for hvert av de 20 spørsmålene. Riktig svar gir ett poeng mens feil svar gir null poeng.

Svar på flervalgsspørmål i Vedlegg B:

Spørsmål	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Svar	B	B	E	A	E	B	C	E	E	E

Spørsmål	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Svar	C	D	A	C	B	B	B	C	B	E

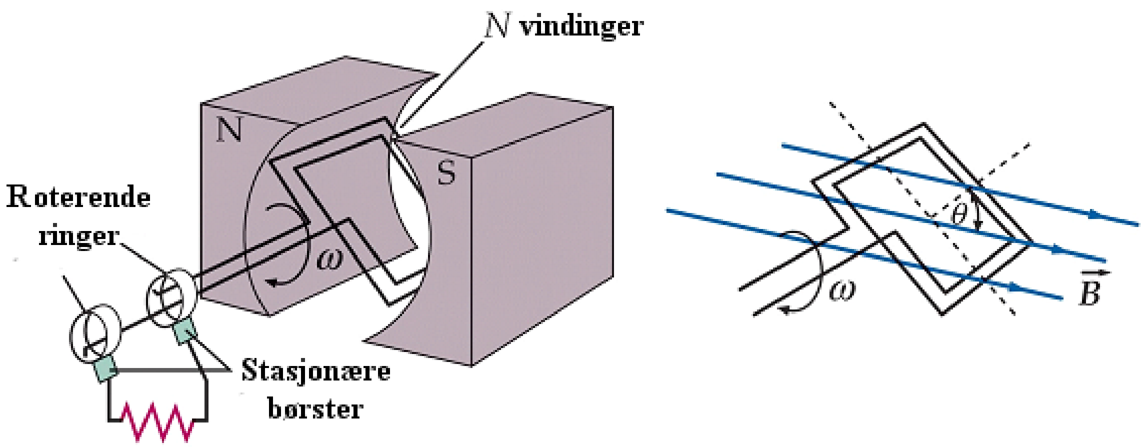
Oppgave 1: Elektrisitet og magnetisme.

a) Diskuter magnetisme i materialer vha ord/ligninger, inkludert følgende temaer:

- magnetisering
- magnetisk susceptibilitet
- diamagnetisme
- paramagnetisme
- ferromagnetisme

Løsning a):
Kap 27-5 I Tipler&Mosca: s847-876 fram til "Atomic magnetic moments"
Kort diskusjon av para-,ferro-,dia-magnetisme basert på s879-885

b)
Permanent magneter er laget av ferromagnetiske materialer. En anvendelse av en permanent magnet er som følger:



Figuren skisserer prinsippet for en vekslestrøms generator.

- Oppgave: Forklar med ord prinsippene for virkemåten for generatoren, og deretter
- Oppgave: Beregn spenningen ε som en slik generator produserer uttrykt ved hjelp av vinkelfrekvensen ω, magnet feltet B, antall spolevindinger N og spolearealet A.

Nyttig ligning:
Faraday's lov:

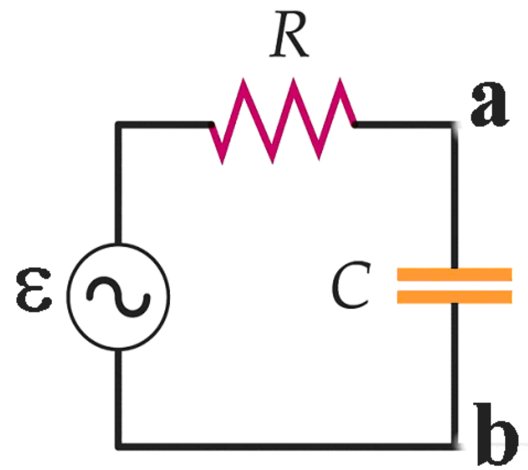
$$\mathcal{E} = -\frac{d\phi_m}{dt},$$

hvor den magnetiske fluksen er definert som:

$$\phi_m = \int_S \vec{B} \cdot \hat{n}\, dA = \int_S B_n\, dA$$

Løsning b):
Kap 29-2 i Tipler@Mosca.

c)



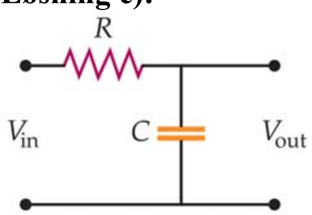
Plasser nå generatoren i a) i en krets som vist i figuren ovenfor.

- Oppgave: Beregn amplituden for spenningsfallet $V_{C0,}$ over C (dvs mellom punktene a og b) uttrykt ved ε_0, ω, C og R, hvor ε_0 er amplituden til ε.
- Oppgave: Forklar og skisser hvordan spenningfallet over C i dette tilfellet kan brukes til frekvensfiltrering.

Nyttige formler: Spenningsfall over en motstand R med strøm I: $V_R = IR$ (Ohm's lov). Spenningsfall over en kapasitans C med ladning Q: $V_C = Q/C$.

Svar: $V_{C0} = \varepsilon_0(1+(\omega RC)^2)^{-1/2}$

Løsning c):



I figuren ovenfor, anta at $V_{in} = V_{peak}\cos(\omega t)$. Vis at $V_{out} = V_L \cos(\omega t - \delta)$.

Kirchoff's sløyferegel gir: $$V_{in} - IR - V = 0$$

Ved direkte innsetting får vi at: $$V_{peak} \cos \omega t - R\frac{dQ}{dt} - V = 0$$

og $$\frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}[CV] = C\frac{dV}{dt}$$

som gir: $$V_{peak} \cos \omega t - RC\frac{dV}{dt} - V = 0$$

Vi antar formen: $$V = V_c \cos \omega t + V_s \sin \omega t$$

og sammenligner sinus og cosinus komponeter hver for seg:

$$V_c + \omega RCV_s = V_{peak}$$

$$V_s - \omega RCV_c = 0$$

som gir oss de to ligningene:

$$V_c = \frac{1}{1+(\omega RC)^2} V_{peak}$$

$$V_s = \frac{\omega RC}{1+(\omega RC)^2} V_{peak}$$

$$V_{out} = V_L \cos(\omega t - \delta)$$

Vi kn nå skrive at: $$V_L = \sqrt{V_c^2 + V_s^2}$$

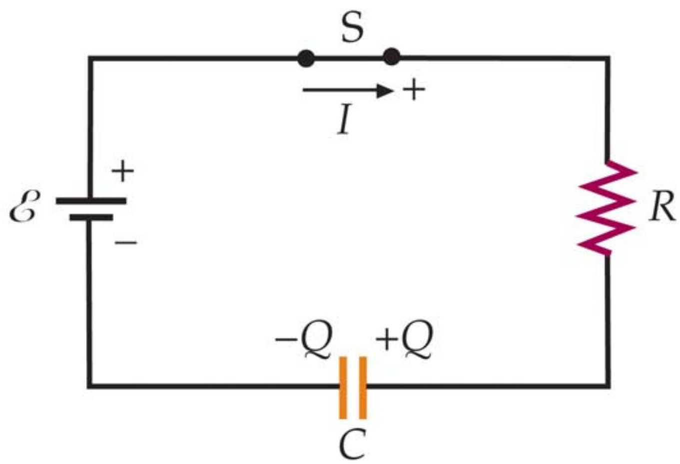
som gir at:

$$V_L = \sqrt{\left[\frac{1}{1+(\omega RC)^2} V_{peak}\right]^2 + \left[\frac{\omega RC}{1+(\omega RC)^2} V_{peak}\right]^2}$$

Dette kan forenkles til: $$\boxed{V_L = \frac{V_{peak}}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}}}$$

Vi ser at V_{out} amplituden V_L avtar når frekvensen øker og at "alt blokkeres" ved høye frekvenser, mens $V_L = V_{peak}$, dvs "alt slipper gjennom" når frekvensen går mot null, mao vi har et lavpassfilter.

d)



Erstatt nå vekselstrøms generatoren i c) med en likestrømskilde (batteri) slik som vist i figuren ovenfor.

- Oppgave: Beregn og skisser strømmen (som funksjon av tiden t) for kretsen i figuren, når bryteren S lukkes ved tiden t = 0. Anta at kapasitansen C ikke har ladning før tiden t = 0.
- Oppgave: Regne-eksempel: Anta at batteriet er 6 volt og at batteriet har null indre motstand. Anta at C = 2 μF, og at R = 100 Ohm. Beregn tiden det tar for ladningen Q å oppnå 90% av sin endelige verdi.

Løsning d):

Ligning 25-35 i Tipler&Mosca gir:	$\frac{dQ}{dt} = \frac{\mathcal{E}C - Q}{RC}$
Som kan omskrives til:	$\boxed{\frac{dQ}{\mathcal{E}C - Q} = \frac{dt}{RC}}$
Vi integrerer mellom 0 og Q, og mellom 0 og t:	$\int_0^Q \frac{dQ'}{\mathcal{E}C - Q'} = \frac{1}{RC}\int_0^t dt'$
Som gir	and $\ln\left(\frac{\mathcal{E}C}{\mathcal{E}C - Q}\right) = \frac{t}{RC}$
dvs	$\frac{\mathcal{E}C}{\mathcal{E}C - Q} = e^{\frac{t}{RC}}$
som kan omskrives til:	$Q = \mathcal{E}C\left(1 - e^{-t/RC}\right) = \boxed{Q_f\left(1 - e^{-t/RC}\right)}$

som er ligning 25-36 i Tipler&Mosca.

Strømmen finnes nå ved å derivere med hensyn på tiden, dvs svaret er gitt av ligning 25-37

Regneeksemplet er Eksempel 25-19 i Tipler&Mosca.

e)
I a) brukte vi at spenningsfallet over en kapastians$V_C = \int E \cdot dl = Q/C$. Dette er definisjonen på kapastitans.
Gauss' lov sier at netto elektrisk fluks (ϕ_{net}) gjennom en lukket flate S er lik $4\pi k$ multiplisert med total netto ladning (Q_{inside}) innefor flaten S;

$$\phi_{net} = \int_S E_n \, dA = 4\pi k Q_{\text{inside}}$$

hvor E_n er komponenten av det elektriske feltet som er normal til flateelementet dA.

- Oppgave: Bruk Gauss' lov til å vise at formelen for kapasitansen for en parallell platekondensator er
  $C = \varepsilon_0 A/d$

hvor $4\pi k = \varepsilon_0^{-1}$. Vi antar at platearealet A >> plateavstanden d. Vi antar også at det er uniform ladningsfordeling på platene, og at det er luft mellom platene.

Fyll nå gapet mellom kondensatorplatene fullstendig med et dielektrikum med dielektrisitetskonstant, kappa, $\kappa > 1$, dvs nå kan kapasitansen skrives som
$C = \kappa \, \varepsilon_0 A/d$

- Oppgave: Beskriv med ord det fysiske innholdet i dielektrisitetskonstanten κ. (dvs hva skjer inne i materialet på molekylært nivå, når et slikt dielektrisk materiale plasseres mellom kondensatorplatene). Hva slags materiale har vi når κ er tilnærmet uendelig stor.

Anta nå at vi har to kapasitanser C_1 og C_2 koblet i serie:

- Oppgave: Bruk definisjonen $V_C = Q/C$ til å utlede ekvivalentkapasitansen for to kapasitanser i serie kobling.

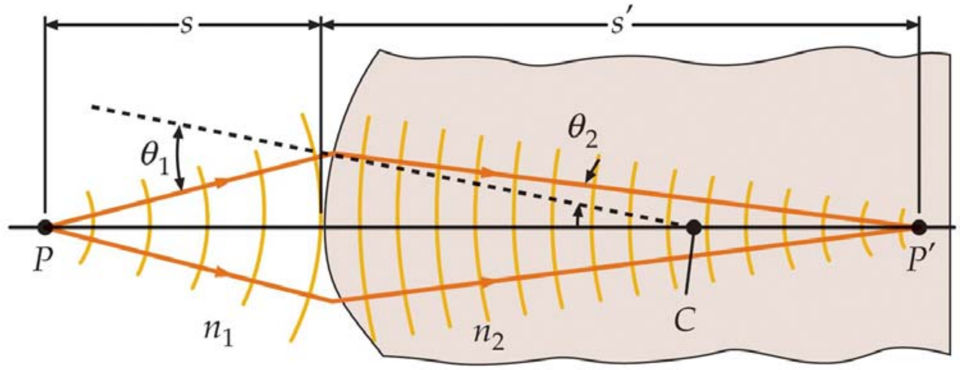
Erstatt nå dielektrikumet mellom kondensatorplatene ovenfor med et tilsvarene dielektrikum laget av identisk materiale men som nå kun fyller ¾ av gapet mellom platene. Materialet berører en av kondensatorplatene.

- Oppgave: Finn et utrykk for kapasitansen for en parallell platekondensator fylt med ¾ dielektrikum og ¼ luft. Hva skjer når κ er tilnærmet uendelig stor?

Løsning e):
Side 753 i Tipler&Mosca
Side 767, side 772-773, side 775 i Tipler&Mosca
Side 763-764 i Tipler&Mosca
Eksempel 24-10 side 768-769 i Tipler&Mosca

Oppgave 2: Lys og optikk.

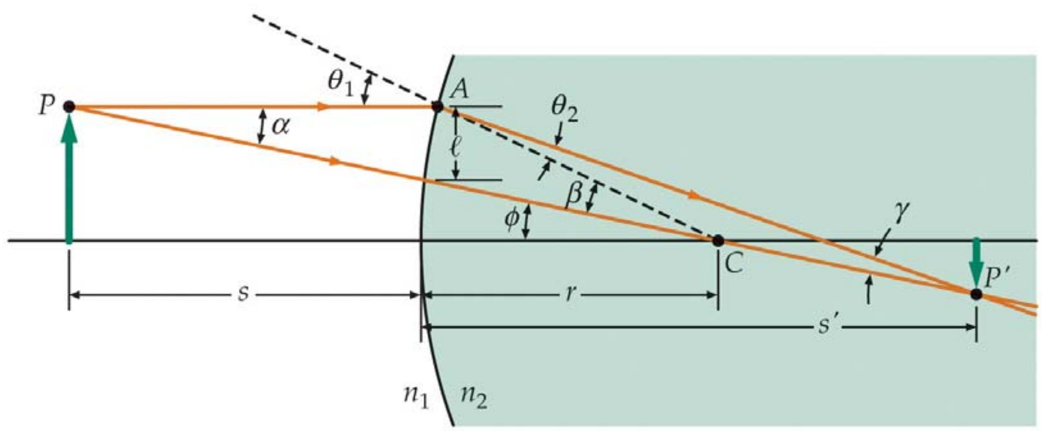
a)



En ende av en lang gjennomsiktig sylinder er formet og polert til å danne en konveks sfærisk overflate. Figuren viser hvordan et bilde i P' av et objekt i P dannes ved brytning ved en slik overflate. Anta at sylinderen befinner seg i et medium med brytningsindeks n_1, og at brytningsideksen for materialet som sylinderen er laget av er $n_2>n_1$. Betrakt kun paraksielle stråler, dvs småvinkel approksimasjonen gjelder, og vis at en ligning som relaterer bildeavstand til objektavstand can skrives som:

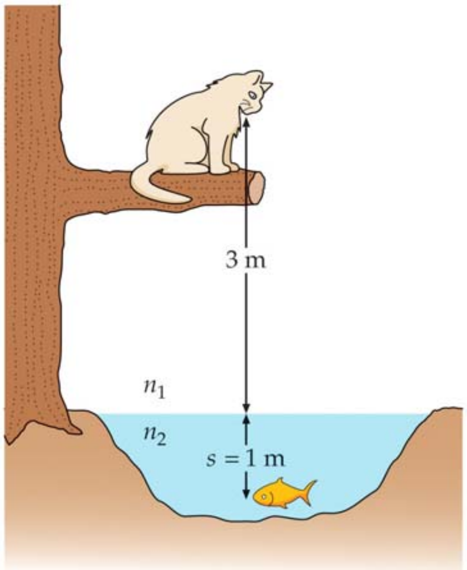
$$\frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = \frac{n_2 - n_1}{r},$$

hvor r er krumningsradiusen for grenseflaten, og s og s' er slik som definert i figuren.
Hint: Bruk geometriske argumenter sammen med den følgende figuren, for små vinkler:



Løsning a):
Kap 32-2 i Tipler&Mosca:
Side 1049

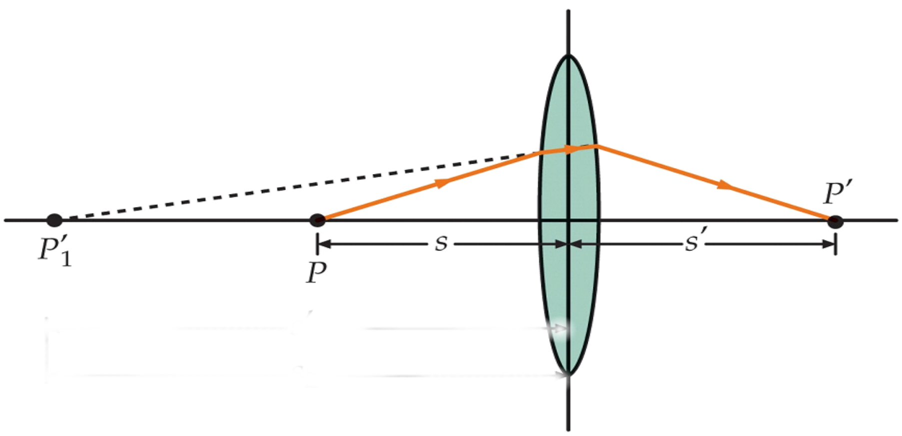
b)



Bruk resultatet i a) til å beregne posisjonen til bildet av fisken sett fra kattens posisjon som vist i figuren til vesntre.
Hint: En flat overflate har uendelig stor krumningsradius.

Løsning b):
Kap 32-2 i Tipler&Mosca:
Eksempel 32-6 side 1052

c)



Figuren viser en tynn linse (linsens brytningsideks ants å være n) laget av to krumme overflater (krumningsradier henholdsvis r_1 og r_2) i luft (luft brytningsideks lik 1 antas).
Bruk resultatet i a) for dette tilfellet med to krumme overflater til å utlede **tynnlinse ligningen**:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f},$$

hvor f gis av **linsemaker ligningen**:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

Løsning c):
Kap 32-2 i Tipler&Mosca:
Side 1052-53

d)
Hva er fokallengden f' for linsen i c) når linsen plasseres i vann (brytningsindeks n_w)? Utrykk f' ved f, n og n_w.

Løsning d):

For vann-linse grenseflaten:

$$\frac{n_w}{s} + \frac{n}{s_1'} = \frac{n - n_w}{r_1}$$

For linse-vann grenseflaten:

$$\frac{n}{-s_1'} + \frac{n}{s'} = \frac{n_w - n}{r_2}$$

som kan komineres til:

$$n_w\left(\frac{1}{s} + \frac{1}{s'}\right) = (n - n_w)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

og omformes til:

$$\frac{n_w}{f'} = (n - n_w)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

Linsemakerligningen (for linsen i luft) er:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} = \frac{1}{(n-1)f}$$

$$\frac{n_w}{f'} = (n - n_w)\left(\frac{1}{(n-1)f}\right)$$

Som gir:

$$f' = \boxed{\frac{n_w(n-1)}{n - n_w} f}$$

e)
Beskriv hvordan regnbuer dannes.
Deretter vis/skisser så detaljert du kan hvordan vi kan beregne hvor høyt på himmelen en regnbue er, sett fra vårt ståsted.
Noen ganger kan vi observere doble regnbuer, en primær, og en sekundær over den primære. Forklar og beskriv dette fenomenet med ord.

Løsning e):
Side 1019-1021 i Tipler&Mosca