Norges teknisk-naturvitenskapelig universitet
Institutt for fysikk, NTNU
TFY4120 Fysikk

Studentnr……………………

Studieretning ……………….

Faglig kontakt under eksamen:
Navn: Ragnvald Mathiesen
Tlf.: 7359 3362

EKSAMEN I EMNE TFY4120 – FYSIKK

Lørdag 17. desember 2011

Tid: 09.00-13.00

Tillatte hjelpemidler: Kode C:

Typegodkjent kalkulator, med tomt minne
K. Rottmann: Matematisk Formelsamling
S. Barnett & T.M. Cronin: Mathematical Formulae

Eksamenssettet består av:

1. Førstesida (denne sida) som leveres inn med svar på flervalgspørsmålene
2. 2 vanlige oppgaver som totalt teller 75 %. Hvert oppgavepkt a) b) c) etc teller likt.
3. Et sett med 10 flervalgspørsmål (Oppgave 3) som til sammen teller 25 %.
4. Symbol- og formellister

Ved besvarelsen av flervalgspørsmål skal bare ett av svaralternativene A - E angis.
Riktig svar gir 1 poeng, feil svar 0 poeng.

Svar på flervalgspørsmål:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fysiske konstanter:

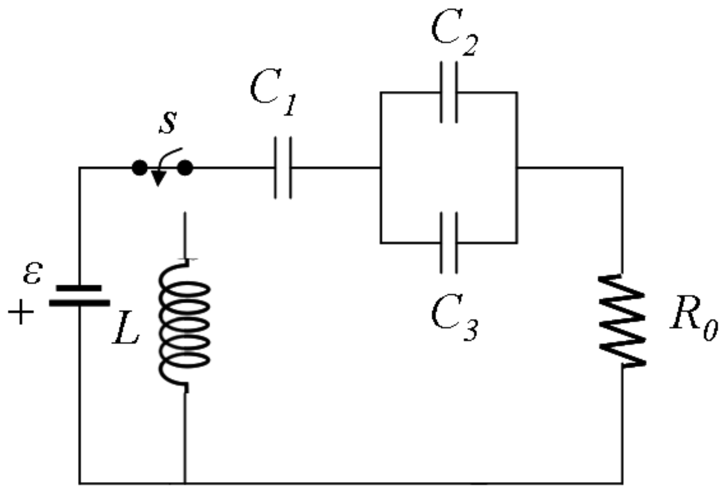
Ett mol: $M(^{12}\text{C}) = 12\,\text{g}$ $1\text{u} = m(^{12}\text{C})/12 = 1.660\,538 \cdot 10^{-27}\text{kg}$ $N_\text{A} = 6.02 \cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}$

$k_\text{B} = 1.38 \cdot 10^{-23}\,\text{J/K}$ $R = N_\text{A} k_\text{B} = 8.31\,\text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}\,\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$

$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\,\text{C}^2/\text{Nm}^2$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\,\text{N/A}^2$ $e = 1.6 \cdot 10^{-19}\,\text{C}$ $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}\,\text{kg}$

$c = 2.999\,724 \cdot 10^8\,\text{m/s}$ $h = 6.63 \cdot 10^{-34}\,\text{Js}$ $0°\text{C} = 273\,\text{K}$ $g = 9.8\,\text{m/s}^2$

Oppgave 1.



Figur 1.1 Likestrømskrets

I en kretsløyfe er en motstand R_0 koblet sammen med et arrangement av tre kondensatorer med lik kapasitans $C_1 = C_2 = C_3 = C$ (se figur 1.1).

a) Finn et uttrykk for ekvivalentkapasitansen C_{eq}, ved C, som erstatter de tre kondensatorene med en enkeltkondensator i serie med motstanden R_0.

b) RC-kretsen sluttes ved tiden t = 0 ved at bryteren s lukkes og kobler til en likestrømskilde ε, som vist i figuren. Etter en viss tid, $t = t_a$ (> 0), er kondensatorene fullt oppladet.

i. Hva vil strømmen $i(t)$ være ved tidene $t = 0$ og $t = t_a$?

Ved full oppladning er den totale ladningen på C_{eq}, $q_{eq}(t = t_a) = Q_0$.

ii. Hvordan fordeles denne ladningen på kondensatorene C_1, C_2 og C_3 ?

I resten av oppgaven erstattes de tre kondensatorene med en enkeltkondensator med kapasitans C_{eq}.

c) I det C_{eq} er fullt oppladet, vris bryteren s om slik at spenningskilden ε kobles ut og spolen L kobles inn. Vi har nå en LRC-seriekrets, og tenker oss at vi registrerer strømmen i kretsen som funksjon av tiden $t_1 = t - t_0$ hvor $t_0 > t_a$ er startidspunktet for registreringen.

i. Sett opp ei differensiallikning for strømmen $i(t_1)$ i LRC-kretsen, og spesifiser betingelsen som må gjelde for at standardløsningen av denne likninga skal kunne skrives på formen:

$$i(t_1) = I_0 e^{-\gamma t_1} \cos(\omega' t_1 + \varphi) = I(t_1) \cos(\omega' t_1 + \varphi)$$

ii. Uttrykk deretter γ og ω' ved størrelser gitt i oppgaveteksten og bestem φ når $i(t_1 = 0) = 0$, $\left(\frac{di}{dt}\right)_{t_1=0} > 0$, og I_0 = konst > 0.

d) Finn et utrykk for tiden $t_1(R_0)$ det tar til strømamplituden $I(t_1(R_0)) = 0.1 \cdot I_0$.

Motstanden er laget av en tynn tråd i et materiale med temperaturavhengig resistans og neglisjerbar termisk utvidelse. Temperaturavhengigheten kan uttrykkes

$$R(T) = R_0(1 + \alpha(T - T_0))$$

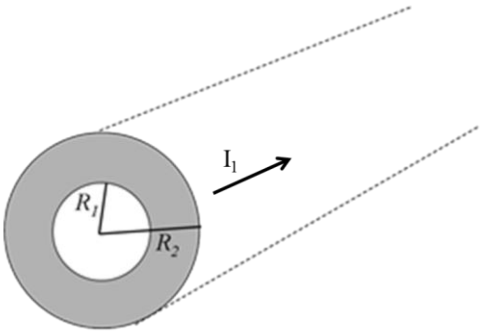
hvor $R_0 = 0.01\ \Omega$ er motsanden ved temperatur $T_0 = 293$ K, mens $\alpha = 0.005\ \Omega$/K.

Vi ønsker å bruke kretsen over til å måle temperaturer i en ikke-ledende væske. Vi kobler bryteren *s* tilbake slik at spenningskilden tilsluttes og senker motstanden $R(T)$ ned i væsken. Spenningskilden holdes tilkoblet lenge nok til at motstanden innstiller seg i termisk likevekt med væsken. Deretter vris *s* igjen til posisjon som kobler ut ε og slutter *LRC*-kretsen. Væsken har god varmeledningsevne og væskebeholderen er stor nok til at vi kan neglisjere oppvarming fra motstanden.

e) Vi måler strømmen med et Ampermeter som ikke påvirker kretsen, og registrerer at $I(t_1)$ er redusert til $0.1 \cdot I_0$ etter $0.8\ t_1(R_0)$ (fra oppgave d). Hva er temperaturen i væsken?

f) Et alternativt opplegg til målemetoden vi valgte i oppg. e) er å måle tiden det tar fra vi starter klokka til strømmen i kretsen har svingt et bestemt antall perioder. Hvilken av de to metodene vil gi mest nøyaktige temperaturmålinger? Grunngi svaret. (Oppgitt: $L = 4$ mH, $C = 0.4$ mF).

<u>Oppgave 2.</u>

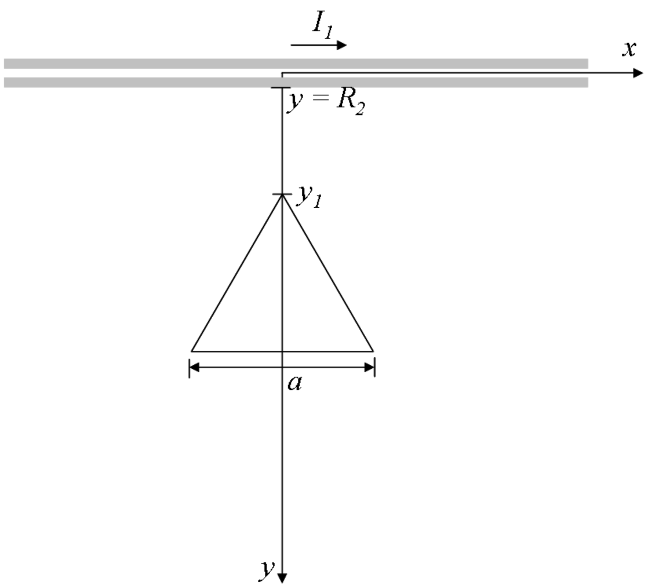


Figur 2.1: Tverrsnitt av uthulet leder

En lang og rett uthulet metallisk sylinder med indre radius R_1 og ytre radius $R_2 = 2R_1$ fører en strøm I_1 (se figur 2.1). Strømtettheten i sylinderskallet er homogen.

a) Bruk Amperes lov, og bestem styrken og retningen til magnetfeltet $\vec{B}$ i områdene i) $r < R_1$, ii) $R_1 < r < R_2$ og iii) $r > R_2$. Skisser tilslutt $B(r)$ for alle områdene i en samlet figur.

Vi legger den rette lederen med senterlinjen langs *x*-aksen i et kartesisk koordinatsystem. En likesidet trekantet ledersløyfe ( ): alle sidekanter og vinkler er like) med indre motstand *R* og sidekant *a* befinner seg i avstand $y_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}a$ fra lederen (se figur 2.2).



Figur 2.2 Skisse av rett leder og likesidet trekantsløyfe

b) Vis at den magnetiske fluksen gjennom ledersløyfa er gitt ved

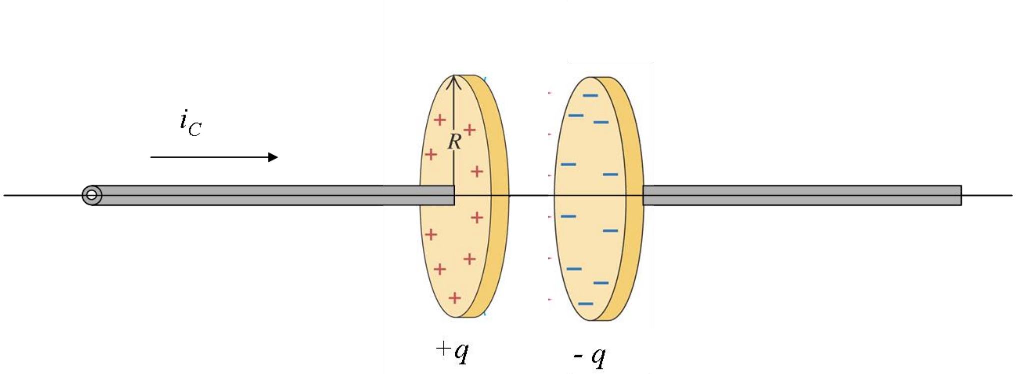
$$\phi_B = 0.307 \frac{\mu_0 I_1}{4\pi} a$$

Strømmen I_1 i den rette lederen varierer som funksjon av tiden t som $I_1(t) = k_1 \cdot t + k_2 \cdot t^2$, hvor k_1 og k_2 er konstanter.

c) Finn et utrykk for den induserte strømmen i sløyfa, i_{ind} ,og angi retningen den har når $I_1(t)$ har samme retning som i figur 2.2 fra oppgave b).

d) Hva blir netto magnetisk kraft på strømsløyfa ? (Gi både størrelse og retning).

Vi kobler nå en platekondensator med sirkulære metalliske plater med radius R til den uthulede rette lederen fra oppgave a) (se figur 2.3), og fjerner ledersløyfa.



Figur 2.3 Uthulet leder og sirkulær platekondensator.

Amperes lov på generell form er gitt ved:

$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0(i_C + i_D) = \mu_0(i_C + \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt})$$

e) Forklar størrelsene som inngår, og benytt denne til å bestemme magnetfeltet som oppstår på grunn av endringer i det elektriske feltet i kondensatoren. Gi en kort sammenlikning med resultatene for feltet du fant i oppgave a) (evt. likheter/forskjeller).

<u>Oppgave 3.</u> Flervalgsspørsmål (Svarene skrives på side 1, som leveres inn.)

1. En masse på 0.5 kg henger i en masseløs fjær med fjærkonstant 79 N/m. Massen trekkes ut til en posisjon 0.1 m i retning nedover fra likevektsposisjonen, hvorpå den slippes ved tiden *t*=0. Vi angir nedoveretningen som negativ.

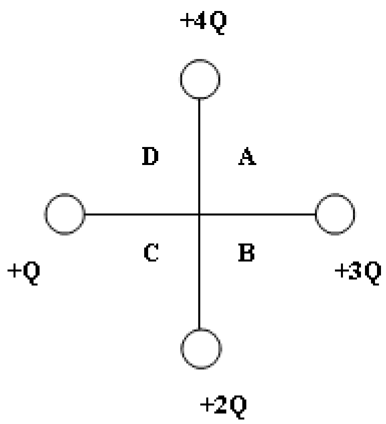
   Hvilken av funksjonene angitt under beskriver massens posisjon *y(t)*, relativt til likevekstposisjonen?

   A) $y(t) = 0.1\cos(158t - \pi)$
   B) $y(t) = 0.2\cos(158t - \pi)$
   C) $y(t) = 0.1\cos(12.6t - \pi)$
   D) $y(t) = 0.2\cos(12.6t + \pi)$
   E) $y(t) = 0.1\cos(2t + \pi)$

2. En kompakt sfærisk leder med radius 15 cm gir opphav til et elektrisk felt med styrke 800 N/C målt i en avstand av 30 cm fra sentrum i lederen.

   Hva er flateladningstettheten, σ, på lederoverflata?
   A) 7.1×10^{-9} C/m^2
   B) 1.0×10^{-8} C/m^2
   C) 1.4×10^{-8} C/m^2
   D) 2.8×10^{-8} C/m^2
   E) 1.1×10^{-7} C/m^2

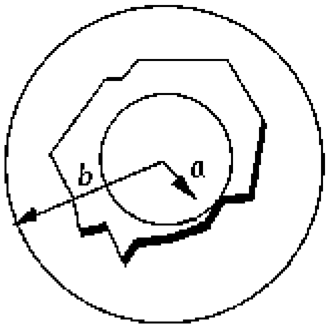
3.



Vi tenker oss at vi plasserer en ladning +2Q i origo (aksekorset hvor den horisontale og vertikale linjen skjærer hverandre) i figuren ovenfor. Hvilken kvadrant vil nettokraften på ladningen i origo være rettet inn i?

A) A B) B C) C D) D E) Ingen, da netto kraft er 0.

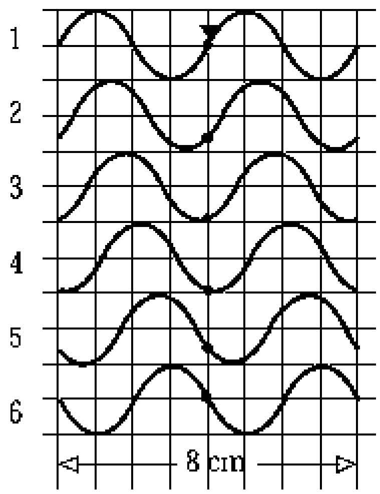
4.



En kompakt kule av ikke-ledende materiale har radius *a* og er konsentrisk med et hult metallisk kuleskall med radius *b*, hvor $b > a$. Den kompakte kula har en uniform romladningstetthet som summerer til en totalladning $+Q$. Kuleskallet har totalladning $-Q$. Det radielt rettede elektriske feltet ved radius *r*, hvor $r >$ b, er da ($k = (4\pi\epsilon_0)^{-1}$):

A) kQ/r^2 B) kQr/a^3 C) kQ/a^2 D) kQ/b^2 E) Null

5.

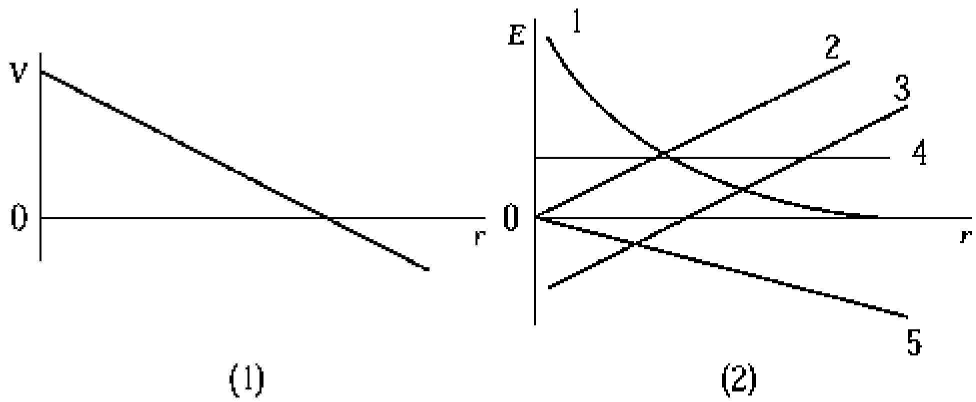


En bølge forplanter seg på en streng i retning mot høyre i figuren over. Det tas bilder fra et område av strengen hvert sekund (1 til 6), hvor vi kan følge bevegelsen av en partikkel som er festet til strengen (markør angitt i midten av figuren).

Dersom bredden angitt i figuren er 8.0 cm, hva er bølgens periode?

A) 0.2 s B) 10 s C) 3 s D) 6 s E) 12 s

6.

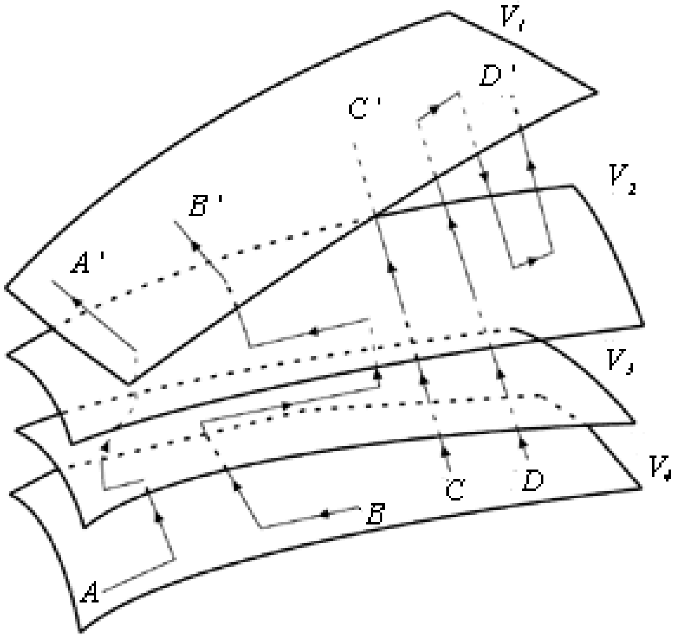


Figuren til venstre (1), angir potensialet V som funksjon av avstand, r, fra en tenkt elektrostatisk ladningsfordeling i r = 0.

Hvilken av kurvene i figuren til høyre (2) angir formen på E(r) som svarer best til V(r)?

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

7.



Figuren viser områder tatt fra fire ulike ekvipotensialflater med følgende relasjon mellom potensialene: $V_1 > V_2 > V_3 > V_4$. Linjene som er angitt i figuren viser fire ulike baner (A → A', B→ B', C → C', D → D'). Vi tenker oss at vi beveger en testladning q langs hver av disse banene. Arbeidet vi må gjøre ved å bevege testladningen kan sies å være:

A) Størst for bane A → A'.
B) Størst for bane B → B'.
C) Størst for bane C → C'.
D) Størst for bane D → D'.
E) Det samme for alle banene.

8. Intensitetsfordelingen i diffraksjonsmønsteret fra en enkeltspalt med spalteåpning a kan beskrives ved $I(\theta) = I_0 \dfrac{\sin^2\beta}{\beta^2}$, hvor I_0 = konstant, og $\beta = \pi \cdot \dfrac{a}{\lambda} \cdot \sin\theta$. Videre er λ lysets bølgelengde og θ vinkelutslaget i diffraksjonsmønsteret i forhold til en normal ut fra midten av spalteåpningen.

Under hvilken betingelse vil $I(\theta)$ være uten nullpunkter?

A) Aldri
B) Alltid
C) Når $a = \lambda$
D) Når $a > \lambda$
E) Når $a < \lambda$

9. Lys forplanter seg i en gitt retning i et medium med brytningsindeks n_2, og faller inn mot grenseflaten til et annet medium med brytningsindeks n_1.

Gitt at innfallsvinkelen er tilstrekkelig stor, hvilken av de følgende betingelser må være oppfylt for at total (indre) refleksjon skal skje?

A) $n_1 < n_2$
B) $n_1 > n_2$
C) $n_1 = 2 \cdot n_2$
D) Total indre refleksjon vil kunne skje uansett, bare innfallsvinkelen blir stor nok.
E) Ingen av disse betingelsene vil kunne gi opphav til totalrefleksjon, uansett hvor stor innfallsvinkelen er.

10. Hvilken av disse ”kildene” vil vi kunne gi opphav til fullstendig lineærpolarisert lys ?

A) Fotoemittert stråling fra et atom eller molekyl.
B) Varmestråling fra et legeme.
C) Ved bestemte strålingsgeometriske vilkår vil lys transmittert gjennom et materiale kunne være lineærpolarisert.
D) Ved bestemte strålingsgeometriske vilkår vil lys reflektert spekulært fra en overflate kunne være lineærpolarisert.
E) Lyset vil ikke være lineærpolarisert for noen av disse tilfellene

VEDLEGG

OPPGITTE FORMLER

Bevegelsesligning for udempede harmoniske svingninger:

$$-kx = m\frac{d^2x}{dt^2}$$

Løsning:

$$x = A\cos(\omega t + \delta)$$

der vinkelfrekvensen er $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Bevegelsesligning for dempede svingninger:

$$-kx - b\frac{dx}{dt} = m\frac{d^2x}{dt^2}$$

Løsning:

$$x = A_0 e^{-(b/2m)t}\cos(\omega' t + \delta)$$

der vinkelfrekvensen er

$$\omega' = \omega_0\sqrt{1-\left(\frac{b}{2m\omega_0}\right)^2}$$

Bevegelsesligning for tvungne svingninger: $m\frac{d^2x}{dt^2} + b\frac{dx}{dt} + m\omega_0^2 x = F_0\cos\omega t$

Løsning:

$$x = A\cos(\omega t - \delta)$$

A er gitt ved

$$A = \frac{F_0}{\sqrt{m^2\left(\omega_0^2-\omega^2\right)^2 + b^2\omega^2}}$$

δ er gitt ved

$$\tan\delta = \frac{b\omega}{m\left(\omega_0^2-\omega^2\right)}$$

Harmonisk bølgefunksjon i +x retning:

$$y(x,t) = A\sin(kx - \omega t)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Doppler effekt: Mottatt frekvens: $f_r = \left(\frac{v \pm u_r}{v \mp u_s}\right) f_s$

(øvre fortegn i teller og nevner velges ved bevegelse <u>mot;</u> nedre fortegn velges ved bevegelse <u>fra</u>)

Coulombs lov: $\vec{F}_{1,2} = k\frac{q_1 q_2}{r_{1,2}^2}\hat{r}_{1,2}$

Coulombs konstant: $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

Elektrisk feltstyrke fra en kontinuerlig ladningsfordeling: $\vec{E} = \int \frac{k\,dq}{r^2}\hat{r}$

Gauss'lov: $\Phi_{net} = \oint_S \vec{E}\cdot\hat{n}\,dA = \oint_S E_n\,dA = \frac{Q_{inside}}{\varepsilon_0}$

Elektrisk potensial:

$$V_b - V_a = -\int_a^b \vec{E}\cdot\vec{dl}$$

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}V$$

Potensiell energi til en ladning i elektrisk felt:

$$U = qV$$

Permittivitet:

$$\varepsilon = \kappa\varepsilon_0$$

Kapasitans:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Kapasitans for en platekondensator:

$$C = \varepsilon\frac{A}{d}$$

Elektrisk energi lagret i kondensator:

$$U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

Parallellkopling av kondensatorer:

$$C_{eq} = \sum_i C_i$$

Seriekopling av kapasitanser

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_i \frac{1}{C_i}$$

Magnetisk kraft på

i) ladning i bevegelse $\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$

ii) strømførende leder $d\vec{F} = Id\vec{l}\times\vec{B}$

Biot-Savarts lov: $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\vec{l}\times\hat{r}}{r^2}$

Amperes lov: $\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I_C$

Faradays lov: $\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt}$

der Φ_m er magnetisk fluks: $\Phi_m = \int_S \vec{B}\cdot\hat{n}\,dA$

Indusert ems: $\varepsilon = \oint_C \vec{E}\cdot d\vec{l}$

Selvinduksjon: $\varepsilon = -L\frac{dI}{dt}$

Avbildning ved tynn linse:

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

Snells brytningslov

$$n_1\sin\theta_1 = n_2\sin\theta_2$$

Feilforplantning:

$$\Delta f = \left(\left(\frac{\partial f}{\partial x}\Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\Delta y\right)^2 + \cdots\right)^{\frac{1}{2}}$$

VEDLEGG C

Størrelse		**SI -enhet**	
Navn	**Symbol og def.**	**Symbol**	**Navn**
elektrisk feltstyrke	$\vec{E} = \vec{F} / q$	V/m=N/C	
elektrisk potensial	V	V=J/C=kgm^{2}s^{-3}A^{-1}	volt
elektrisk ladning	Q, q	C=As	coulomb
elektrisk ladningstetthet; rom flate linje	 ρ σ λ	 C/m^3 C/m^2 C/m	
elektrisk dipolmoment	$\vec{p} = q\vec{L}$	Cm	
elektrisk fluks	$\Phi_E = \int_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA$	Vm=Nm^{2}C^{-1}	
permittivitet	ε	F/m	
relativ permittivitet	$\varepsilon_r = \varepsilon / \varepsilon_0$	1	
elektromotorisk spenning/kraft (ems)	$\mathcal{E}$	V	
elektrisk strøm	I	A	ampere
elektrisk potensialdifferanse, spenning	V	V	volt
kapasitans	$C=Q/V$	F=AsV^{-1}	farad
magnetisk fluks	$\Phi_B = \int_S \vec{B} \cdot \hat{n} dA$	Wb=Vs	weber
magnetisk flukstetthet	$\vec{B}$	T=Wb/m^2=NA^{-1}m^{-1}	tesla=10^4 gauss
permeabilitet	μ	H/m=Tm/A=VsA^{-1}m^{-1}	
relativ permeabilitet	$\mu_r=\mu/\mu_0$	1	
intensitet	I	W/m^2	
induktans	L	H=VsA^{-1}	henry
resistans	R	Ω=VA^{-1}	ohm
resistivitet	ρ	Ωm	
konduktivitet	$\sigma = 1/\rho$	(Ωm)$^{-1}$	
impedans	Z	Ω	
masse	m	kg	kilogram
hastighet	v	m/s	
kraft	$\vec{F}$	N=kgms^{-2}	newton
arbeid, energi	W, E	J=Nm	joule
effekt	P	W=J/s	watt
vinkel	$\alpha, \theta, \gamma, \cdots$	rad	radian
vinkelfrekvens	ω	rad/s	
lengde	l	m	meter
areal	A	m^2	
volum	V	m^3	
tid	t	s	sekund
frekvens	f	Hz	hertz
bølgelengde	λ	m	
bølgetall	$k = 2\pi / \lambda$	1/m	