NTNU
Det skapende universitet

Institutt for fysikk

Kontinuasjonseksamensoppgave i TFY4120 Fysikk

Faglig kontakt under eksamen: Ragnvald Mathiesen

Tlf.: 97692132

Eksamensdato: 13.08.2014

Eksamenstid (fra-til): 09:00-13:00

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: Kode C:

Typegodkjent kalkulator, med tomt minne

K. Rottmann: Matematisk Formelsamling

S. Barnett & T.M. Cronin: Mathematical Formulae

Annen informasjon:

Side 2 skal leveres inn som svar på flervalgsoppgaven (Oppgave 4).

Oppgavetekst, oppgave1-4	side 2-8
Vedlegg A: Formelark for emne TFY4120	side 9
Vedlegg B: Symbolliste for emne TFY4120	side 10

Hvert delspørsmål a) b) etc. i de vanlige oppgavene 1-3 teller likt, med til sammen 75 % for alle 10 delspørsmål. Oppgave 4 teller 25 %. I besvarelse av flervalgsoppgaver skal bare ett svaralternativ angis. Riktig svar gir 1 poeng, feil svar 0 poeng.

Målform/språk: Bokmål

Antall sider: 10 (inkl. forside og vedlegg).

Kontrollert av:

Dato Sign

Svar på flervalgsspørsmål i Oppgave 4
(riv ut denne siden, fyll svarene i tabellen og lever den inn sammen med besvarelsen)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fysiske konstanter:

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

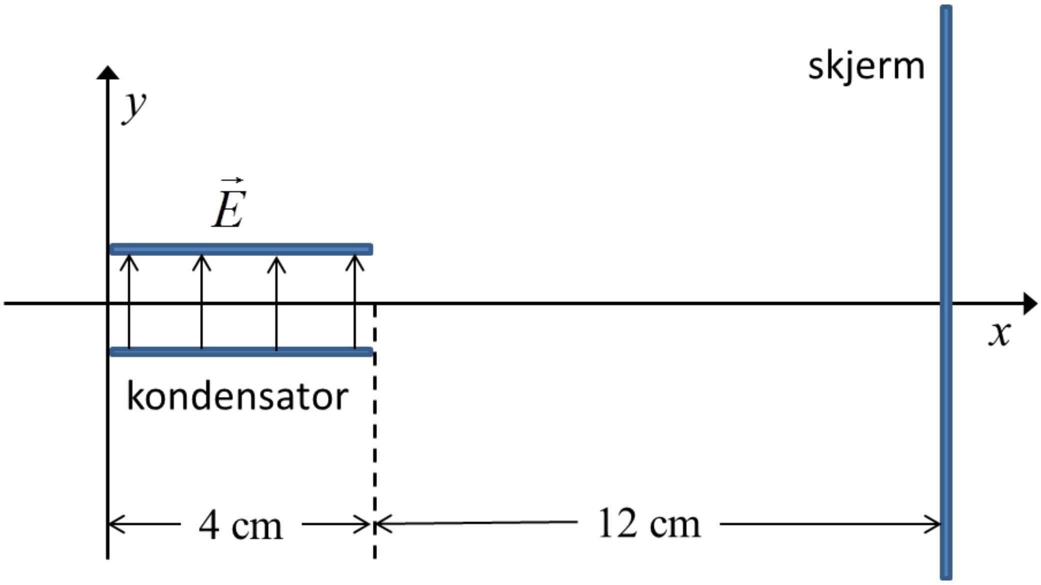
$k_\mathrm{B} = 1.38 \cdot 10^{-23}\,\mathrm{J/K}$ $\quad R = N_\mathrm{A} k_\mathrm{B} = 8.31\,\mathrm{J\,mol^{-1}K^{-1}}$ $\quad \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{Wm^{-2}K^{-4}}$

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

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

Oppgave 1.

Figuren viser snitt av innmaten i et katodestrålerør med avbøyning i vertikalretningen (|| $\hat{j}$).



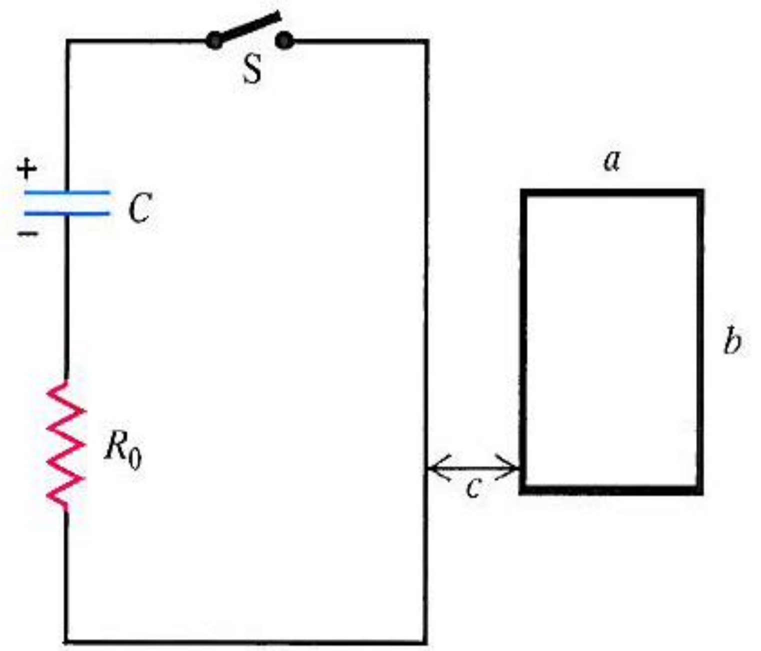
Et elektron med kinetisk energi $K = 2.0 \cdot 10^{-16}$ J kommer inn i origo i aksesystemet ved tiden t=0 og beveger seg mot høyre langs x-aksen. Mellom avbøyningsplatene er det et elektrisk felt som virker i positiv y-retning: $\vec{E}(t) = (a - b \cdot t) \cdot \hat{j}$, hvor konstantene $a = 1.91 \cdot 10^{4}\,\mathrm{V/m}$ og $b = 1 \cdot 10^{13}\,\mathrm{V/(m \cdot s)}$. Feltet er null utenfor området mellom platene. Tyngdekraftens påvirkning på elektronet kan neglisjeres.

a) Bruk Newtons lover og opplysningene i oppgaveteksten til å finne bevegelsesligninger for elektronet i området mellom platene, og finn uttrykk for elektronets posisjon $y(x)$, evt. $(x(t), y(t))$ i dette området.

b) Hvor langt ut fra x-aksen er elektronet kommet idet det går ut av området mellom platene? Bestem vinkelen for elektronets bevegelsesretning i forhold til x-aksen idet det forlater området mellom platene. I hvilken avstand fra x-aksen vil elektronet treffe skjermen?

Oppgave 2.

I kretsen i figuren under har kondensatoren kapasitans C=20 μF (1 μF=10^{-6} F), og den er i utgangspunktet ladet opp til spenning V_0 =100 V, med polaritet som angitt i figuren. Motstanden har resistans R_0 =10 Ω. Bryteren S lukkes ved tid t=0. Den lille rektangulære kretsen har dimensjonene a=10,0 cm, b= 20,0 cm, og avstanden c=5,0 cm. Den lille kretsen er ikke koplet til den store, og vi antar at bare den strømførende lederen nærmest den lille kretsen setter opp et magnetfelt gjennom den lille kretsen (de øvrige ledersegmentene i den store kretsen antas å ha mye større avstand til den lille kretsen enn det som antydes i figuren). Motstanden i den lille kretsen er R=0,60 Ω. Begge kretsene holdes i ro.



a) Se først bort fra den lille kretsen. Sett opp differensialligningen som bestemmer strømmen $i(t)$ i den store kretsen etter at bryteren lukkes ved tid t=0. Løs differensialligningen for $i(t)$, skisser resultatet, og regn ut strømstyrken ved t=200 μs.

b) Finn magnetfeltet som settes opp av strømmen i det rette lederstykket nærmest den lille kretsen, og bestem deretter den magnetiske fluksen fra dette feltet gjennom den lille kretsen.

c) Vis at den induserte strømmen i den lille kretsen, $i_{ind}(t)$, kan uttrykkes

$$i_{ind}(t) = \frac{\mu_0 b}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{a}{c}\right) \frac{i(t)}{RR_0 C}$$

Regn ut strømstyrken ved t=200 μs. Hvilken retning har strømmen ?

d) Finn et uttrykk for nettokraften som virker på den lille kretsen som funksjon av strømmen i den store kretsen, og angi retningen på nettokraften.

Oppgave 3. Elektrostatikk

En veldig lang ledende Cu-tråd med radius r_1=2.0 mm er omgitt av en konsentrisk tynn koppersylinder med radius r_2=20 mm. Kopperträden er på et potensiale av størrelse +1000 volt relativt til jord (referansepotensial på 0 V). Kopperträdens (kontinuerlige) overflateladningstetthet angis med σ (Coulomb per m^2).

a) Finn et utrykk for linjeladningstettheten λ (Coulomb per m) i koppertråden basert på størrelsene angitt i oppgaveteksten. Bestem deretter λ også for innsiden og utsiden av den ytre sylinderen. (Hint: Regn på et stykke av tråden med lengde L)

b) Utled et uttrykk for det elektriske feltet $E(r)$ mellom Cu-tråden og sylinderen. Hva kan du si om retning av feltet? (Begrunn svaret).

c) Utled et uttrykk for potensialforskjellen mellom Cu-tråden og sylinderen.

d) Finn kapasitansen per lengdeenhet for systemet. Bestem tilslutt tallverdiene til linjeladningstettheten λ, og kapasitansen C per lengdeenhet. Permittiviteten ε_0 = 8.85 10^{-12} C^2/Nm^2.

Oppgave 4. Flervalgsspørsmål (Svarene skrives på side 2, som leveres inn.)

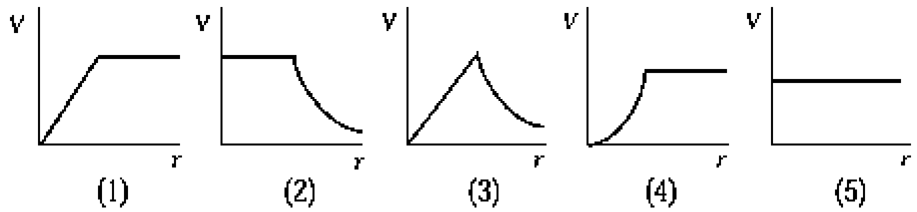
1. Det elektriske potensialet i et område av rommet er gitt som

$$V(x) = 50 \text{ V} + (15 \text{ V/m})\, x.$$

Det elektriske feltet i dette området av rommet er da

A) 50 V $\hat{i}$
B) (15 V/m)x $\hat{i}$
C) (50 V/m + 15 V/m) $\hat{i}$
D) (15 V/m) $\hat{i}$
E) –(15 V/m) $\hat{i}$

2.



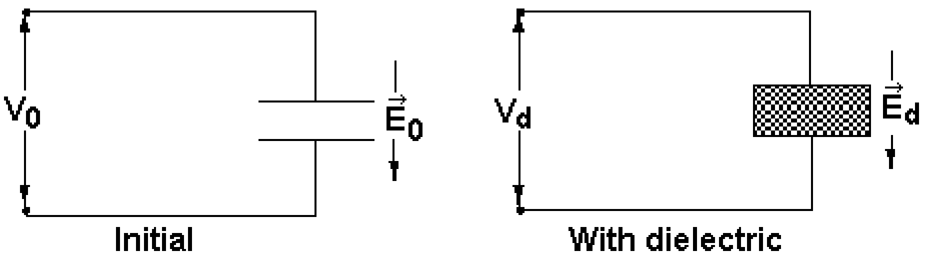
Den grafen som best representerer det elektriske potensialet fra et uniformt ladet kuleskall, som funksjon av avstanden fra kuleskallets senter, er

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

3. En ball beveger seg i harmonisk svingning fram og tilbake langs en linje med total lengde 12 cm. Når ballen er 4 cm fra venstre ende av banen, har den en akselerasjon på 24 cm/s^2. Når ballen er 1 cm fra venstre ende av banen, er akselerasjonen

A) 15 cm/s^2 B) 30 cm/s^2 C) 3 cm/s^2 D) 60 cm/s^2 E) 88 cm/s^2

4.



En ladet kondensator har til å begynne med et elektrisk felt $\vec{E}_0$ og en potensialforskjell V_0 mellom platene. Den er ikke koplet til noen spenningskilde. Et dielektrisk materiale ($\kappa > 1$) settes inn mellom platene. Med dielektrisk mellomlag blir det elektriske feltet mellom platene $\vec{E}_d$, og potensialforskjellen blir V_d. Hvilket av utsagnene under gir det riktigste bildet av endringene i feltstyrke og potensialforskjell forårsaket av det dielektriske mellomlagsmaterialet?

A) $\vec{E}_d > \vec{E}_0$; $V_d > V_0$

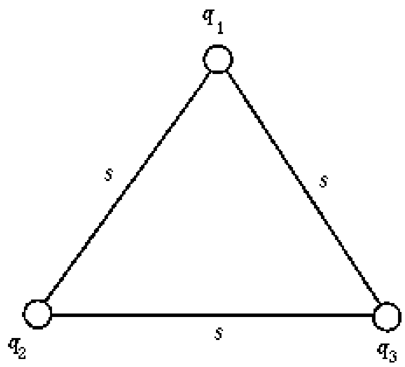
B) $\vec{E}_d = \vec{E}_0$; $V_d > V_0$

C) $\vec{E}_d > \vec{E}_0$; $V_d = V_0$

D) $\vec{E}_d < \vec{E}_0$; $V_d > V_0$

E) $\vec{E}_d < \vec{E}_0$; $V_d < V_0$

5.

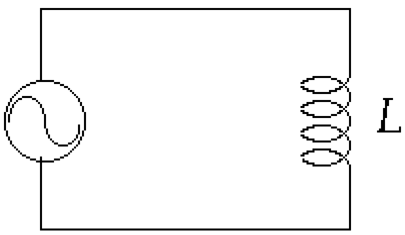


$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8.99\cdot 10^9\ \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

Elektrostatisk potensiell energi for et system av tre punktladninger, hvor q_1 = 1 µC, q_2 = –2 µC, og q_3 = 3 µC befinner seg i hjørnene av en likesidet trekant med sidekant s = 40 cm, er

A) 1,10 J B) 0,990 J C) –0,631 J D) 2,25 J E) –0,112 J

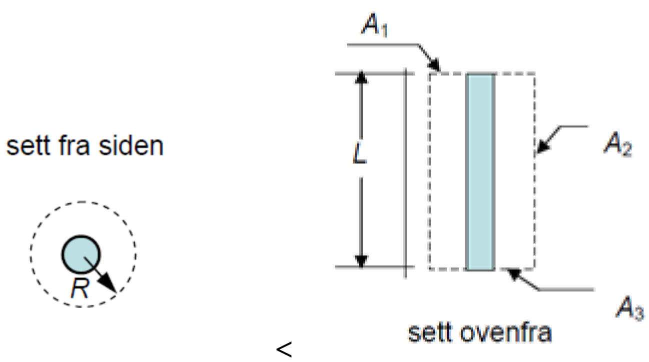
6.



Hvis du dobler frekvensen i den viste kretsen, så vil den induktive reaktansen til spolen

A) øke med en faktor 2.
B) forbli uendret.
C) avta med en faktor 2.
D) øke med en faktor 4.
E) avta med en faktor 4.

7.



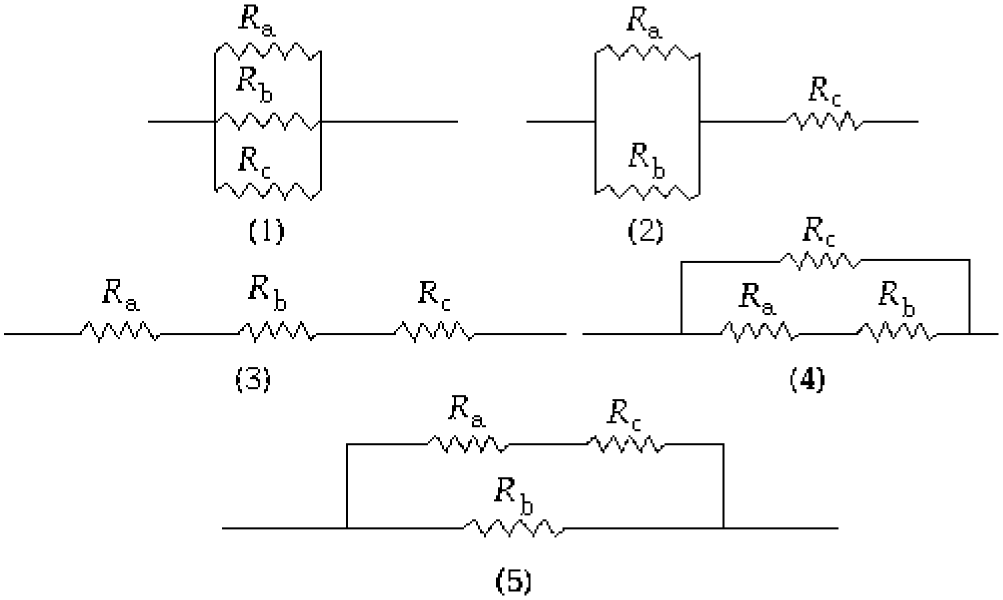
<

Et stykke (lengde L) av en uendelig lang og tynn linjeladning med uniform ladningstetthet λ er tegnet sett fra siden og sett ovenfra i figuren. For å finne det elektriske felt alle steder kan en koaksial sylinderformet Gaussflate med lengde L og radius R brukes (stiplet). Beregningen vil gå som følger: (A_2 er areal av krum sylinderflate, A_1 og A_3 er areal av sylinderens endeflater)

$$\oint_S \vec{E}\cdot\hat{n}dA \underset{(1)}{=} \int_{A_1}\vec{E}\cdot\hat{n}dA + \int_{A_2}\vec{E}\cdot\hat{n}dA + \int_{A_3}\vec{E}\cdot\hat{n}dA \underset{(2)}{=} \int_{A_2}\vec{E}\cdot\hat{n}dA = \frac{Q_{encl}}{\varepsilon_0}$$

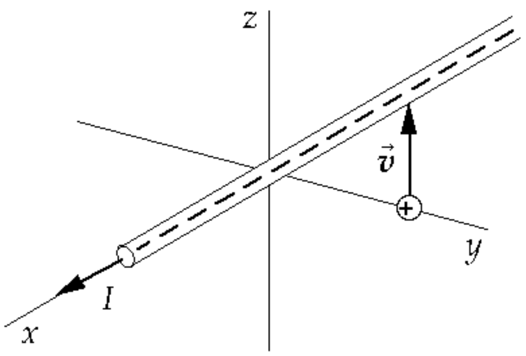
Likhetstegnet markert som (2) er gydlig siden:
A) ladningen er null på flatene A_1 og A_3
B) $\vec{E}$ -feltet er null på A_1 og A_3
C) Bidragene fra integralene over A_1 og A_3 er like store, men med motsatt fortegn slik at de kansellerer.
D) $\vec{E}$ er vinkelrett på $\hat{n}$ over A_1 og A_3
E) $\vec{E}$ er konstant over A_1 og A_3

8.



Dersom tre motstander er plassert i en krets, i de ulike konfigurasjonene vist ovenfor, hvilken konfigurasjon vil gi samme strøm i alle motstandene:
A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
E) 5

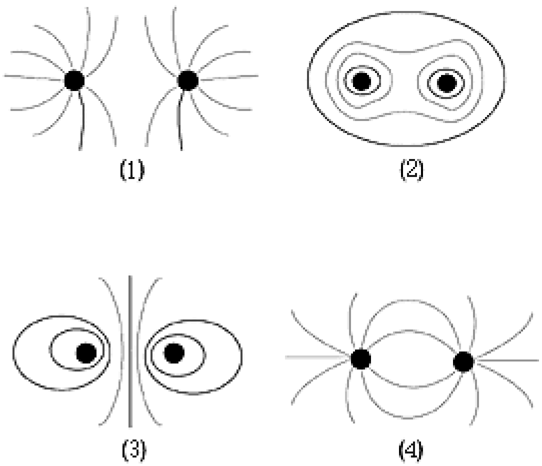
9.



En rett leder fører strøm i retning som vist i figuren, langs positiv x-akse. Et proton i bevegelse med hastighet langs positiv z, er lokalisert i en avstand $-z_0$ fra lederens sentrum. Protonet vil «oppleve»:

A) en magnetisk kraft i positiv x-retning.
B) en magnetisk kraft i negativ x-retning.
C) en magnetisk kraft i positiv z-retning.
D) en magnetisk kraft i positiv y-retning.
E) en magnetisk kraft i negativ y-retning.

10.



En elektrisk dipol består av en positiv ladning adskilt fra en negativ ladning med en liten avstand mellom dem. Hvilket av diagrammene representerer de elektriske feltlinjene rundt en elektrisk dipol?

A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
E) ingen av diagrammene er korrekt.

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: $\vec{E} = \int \frac{kdq}{r^2}\hat{r}$

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: $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_m}{dt}$

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

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

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

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	