

BOKMÅL

Studentnummer _____

Studieretning _____

NORGES TEKNISK NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

EKSAMEN I EMNE TFY 4120 FYSIKK

Fredag 7. desember 2007

Tid: kl 09:00 – 13:00

Faglig kontakt under eksamen: Arne Erikson, 73593634

Hjelpemidler:

Alternativ C

Godkjent lommekalkulator

Rottmann: Matematisk formelsamling (alle språkutgaver)

Barnett og Cronin: Mathematical Formulae

Eksamen består av:

1. Førstesiden (denne siden) **som skal leveres inn** som svar på flervalgsspørsmålene.
2. 3 ”normale” oppgaver: Oppgave 1 og 2 og 3 (Vedlegg A)
3. Et sett med flervalgsspørsmål. Oppgave 4 (Vedlegg B)
4. Oppgitte enheter (Vedlegg C)
5. Oppgitte formler (Vedlegg D)

De tre ”normale” oppgavene samlet teller 60 %, og flervalgsspørsmålene samlet teller 40 %. Ved besvarelsene av flervalgsspørsmålene skal bare ETT av svaralternativene A-E angis for hvert av de 20 spørsmålene. Riktig svar teller 2% mens feil svar teller 0%.

Spørsmål	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Svar										

Spørsmål	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Svar										

BOKMÅL

VEDLEGG A

Oppgave 1 : Magnetfelt

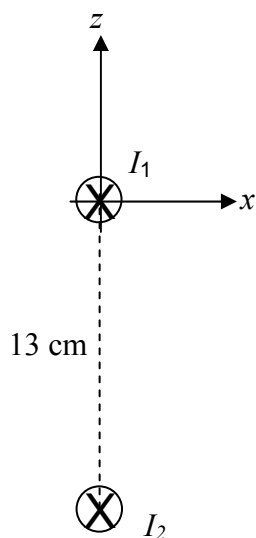
- a) Bruk Amperes lov og vis at magnetfeltet for en lang rett leder som fører en strøm I er gitt ved: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, hvor r er avstanden vinkelrett ut fra lederen.

(5,0 %)

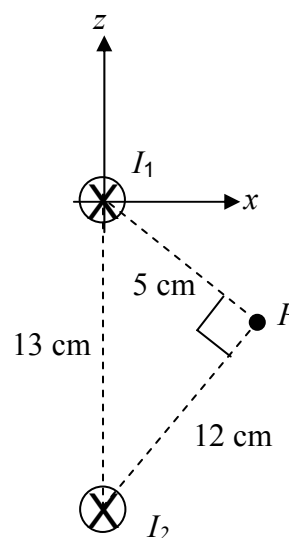
- b) To lange, rette og parallelle ledere fører strøm i samme retning (positiv y -retning, se figur b)). Leder 1 fører strøm $I_1 = 3$ A og leder 2 fører strøm $I_2 = 3$ A. Avstanden mellom lederne er 13 cm. Regn ut størrelsen av den magnetiske kraften $|\vec{F}_1|$ på leder 1 grunnet magnetfelt \vec{B}_2 fra leder 2. Bruk $l_1 = 1$ m.

Bruk standard enhetsvektorer (\hat{i} , \hat{j} , \hat{k}) og skriv kraften \vec{F}_1 som et vektoruttrykk.

(5,0 %)



Figur b)



Figur c)

- c) Bestem størrelse og retning for det totale magnetfeltet i et punkt P , som er i avstand 5 cm fra I_1 og 12 cm fra I_2 (se figur c)). (Svar Størrelse: $B = 13 \mu\text{T}$, retning: $-\hat{k}$)

(5,0 %)

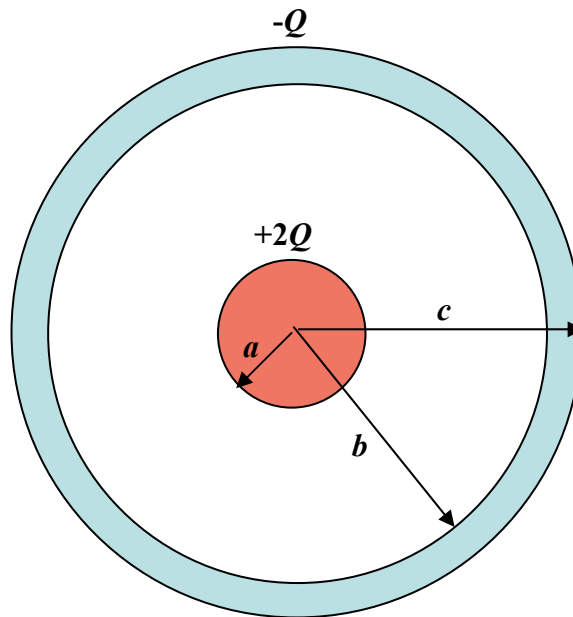
- d) Hvilke forskjeller er det mellom magnetiske feltlinjer og elektriske feltlinjer?

(5,0 %)

Vakuump permeabiliteten: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$

Oppgave 2: Elektrisk felt

En ledende kule med radius a har en netto positiv ladning $2Q$ (se figur). Et ledende kuleskall med indre radius b og ytre radius c er konsentrisk med den ledende kula og har en netto negativ ladning $-Q$.



- Bruk Gauss lov til å finne det elektriske felt i områdene $r < a$, $a < r < b$, $b < r < c$ og $r > c$.
(5,0 %)
- Hva er ladningen på den **indre** overflaten av det ledende kuleskallet. Hva er ladningen på den **ytre** overflaten av det ledende kuleskallet.
(5,0 %)
- Bestem det elektriske potensial V for områdene $r \geq c$, $b \leq r \leq c$, $a \leq r \leq b$ og $r \leq a$.
Anta $V = 0$ ved $r = \infty$.
(5,0 %)
- Skisser i en graf det elektriske potensial som funksjon av avstanden r fra sentrum ($r = 0$) av den ledende kula. Er det elektrisk felt kontinuerlig for $r = a$? Er det elektriske potensial kontinuerlig for $r = a$?
(5,0 %)

Oppgave 3: Svingninger

En masse $m = 2,0$ kg henger i en fjær med fjærstivheten $k = 50$ N/m. Vi ser bort fra fjærens masse. Systemet settes i svingninger og er dempet. Når massens hastighet er $0,5$ m/s er den dempende kraften, $|\vec{F}| = b|\vec{v}|$, $8,0$ N.

- a) Hva er systemets naturlige svingefrekvens, f_0 (dvs.hvis ikke demping var tilstede)?
(2,0 %)
- b) Bestem frekvensen f' for de dempede svingningene.
(3,0 %)
- c) Hvor lang tid tar det før amplituden er redusert til 1 % av opprinnelig verdi (verdi ved $t = 0$)?
(5,0 %)
- d) Bevegelseslikningen for dempede mekaniske svingninger er gitt ved:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = 0.$$

Skriv ned den analoge likningen for en RLC krets og identifiser dempingsleddet (skriv det ned).
(3,0 %)

Vinkelfrekvensen for RLC kretsen ved underdemping (underdamped) kan skrives som

$$\omega' = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}.$$

Hva er den naturlige vinkelfrekvensen ω_0 for dette systemet?
(2,0 %)

Finn et uttrykk for R når systemet er kritisk dempet.
(2,0 %)

En RLC krets har $L = 0,285$ H, $C = 4,60 \times 10^{-4}$ F, og en vinkelfrekvens $\omega' = \frac{1}{\sqrt{6LC}}$.

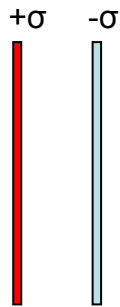
Finn motstanden R i kretsen.
(3,0 %)

VEDLEGG B

(Hvert spørsmål teller 2,0 %)

Oppgave 4: Flervalgsspørsmål

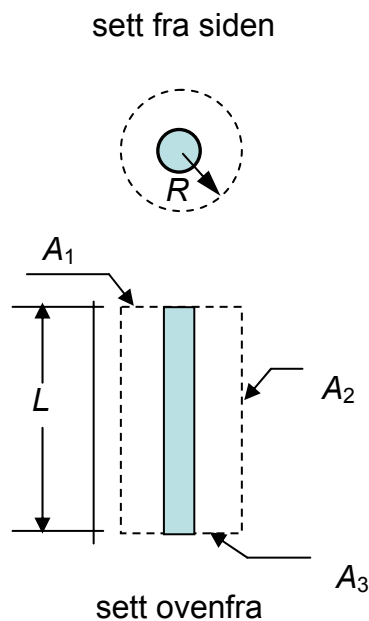
1. Tema: Elektriske felt: kontinuerlige ladningsfordelinger



To uendelig store tynne plater som er isolatorer er vist i figuren over. En positiv ladningstetthet $+\sigma$ er på den venstre platen og en negativ ladningstetthet $-\sigma$ er på den høyre platen. Det elektriske felt mellom platene er:

- A) 0 B) σ/ϵ_0 C) $\sigma/2\epsilon_0$ D) $\epsilon_0 A/d$ E) ingen av svar alternativene er riktige

2. Tema: Beregning av E fra Gauss' lov



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 sylindrerformet Gaussflate med lengde L og radius R brukes (stiplet). Beregningen vil gå som følger: (A_2 er areal av krum sylindrerflate, A_1 og A_3 er areal av sylindrerendestykkene)

$$\oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \frac{Q_{inside}}{\epsilon_0} \quad (1)$$

$$\oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \int_{A_1} \vec{E} \cdot \hat{n} dA + \int_{A_2} \vec{E} \cdot \hat{n} dA + \int_{A_3} \vec{E} \cdot \hat{n} dA \quad (2)$$

$$\oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \int_{A_2} \vec{E} \cdot \hat{n} dA \quad (3)$$

Vi kan gå fra likning (2) til likning (3) fordi:

- A) der er ingen ladning på flatene A_1 og A_3
- B) \vec{E} er lik null på A_1 og A_3
- C) Bidragene fra integralene over A_1 og A_3 er like store med motsatt fortegn og kansellerer dermed
- D) \vec{E} er vinkelrett på \hat{n} over A_1 og A_3
- E) \vec{E} er konstant over flatene.

3. Tema: Enkel harmonisk svinging

Hvilket av de følgende utsagn er sant for kraften som forårsaker enkel harmonisk bevegelse?

- A) Dens størrelse er direkte proporsjonal med forflytningen
- B) Dens størrelse er omvendt proporsjonal med forflytningen
- C) Den følger en invers kvadratisk lov.
- D) Den er en konstant kraft forårsaket av gravitasjonen.
- E) Den er alltid vinkelrett på retningen til bevegelsen.

4. Tema: Elektromagnetiske bølger

Hva er den essensielle forskjellen mellom mikrobølger og blått lys?

- A) En har elektrisk ladning, den andre ikke.
- B) En kan brytes, den andre ikke.
- C) En er en type stråling, den andre ikke.
- D) Blått lys er en stråle med fotoner. Mikrobølger er ikke fotoner
- E) Der er ikke noen essensiell forskjell mellom mikrobølger og blått lys annet enn en forskjell i frekvens og bølgelengde.

5. Tema: Interferens

Dersom to identiske lysstråler skal interferere destruktivt må forskjellen i deres veilengder

- A) være null
- B) være et oddetalls halve bølgelengder
- C) være et partalls halve bølgelengder
- D) være et heltalls bølgelengder
- E) ikke tilfredstille noen av alternativene A), B), C) eller D)

6. Tema: Refleksjon og bryting

Lys som forplanter seg i et medium med brytningsindeks n_2 treffer en grenseflate til et annet medium med brytningsindeks n_1 . Gitt at lyser faller inn ved en tilstrekkelig innfallsvinkel, hvilken av de følgende betingelser må være tilfredstilt for at totalrefleksjon skal skje?

- A) $n_1 < n_2$
- B) $n_1 > n_2$
- C) $n_1 = n_2$
- D) Alle kan være korrekte
- E) Ingen er korrekte

7. Tema: Magnetisk energi

Et element som hovedsakelig brukes for å lagre energi i magnetiske felt er

- A) en induktor B) en resistans C) en kondensator D) et galvanometer E) et dielektrikum

8. Tema: Bølger

Hva er perioden til bølgen beskrevet ved: $y(x,t) = (8,2 \text{ m})\sin(77 \text{ m}^{-1}x - 166 \text{ s}^{-1}t)$

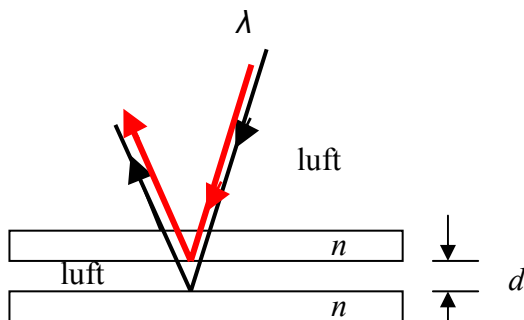
- A) 37,8 ms B) 81,6 ms C) 13,0 ms D) 0,492 ms E) 6,02 ms

9. Tema: Motstand og Ohms lov

Samme potensialforskjell settes over to ledninger med hver sin motstand. Ledning A fører dobbelt så mye strøm som ledning B. Dersom motstanden i ledning B er R , hva er motstanden i ledning A?

- A) R B) $2R$ C) $R/2$ D) $4R$ E) $R/4$

10. Tema: Interferens i tynne filmer (thin films)



To parallelle glassplater med brytningsindeks n har en luftfilm med tykkelse d mellom seg. Lys med bølgelengde λ i luft treffer platene tilnærmet vinkelrett. Dette lyset vil ved refleksjon interferere konstruktivt når

- A) $2d = m\lambda$ B) $2d = m\lambda/n$ C) $2d = mn\lambda$ D) $2d = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$ E) $2nd = m\lambda/2$

Tips: Når lys går fra medium 1 og treffer overflaten av medium 2, hvor $n_1 < n_2$, vil det reflekterte lyset få en faseendring π . Faseendring grunnet veforskjell: $\delta = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta r$

11. Tema: Linser

Når du står i vann opptil knærne, synes føttene å være

- A) nærmere enn vanlig
- B) lenger borte enn vanlig
- C) ved samme posisjon som vanlig.
- D) For å svare på dette må du vite høyden og dybden av vannet.
- E) For å svare på dette må du vite fokallavstanden.

12. Tema: Lysets egenskaper, regnbuen

Primærregnbuen (primary bow) fremkommer på grunn av

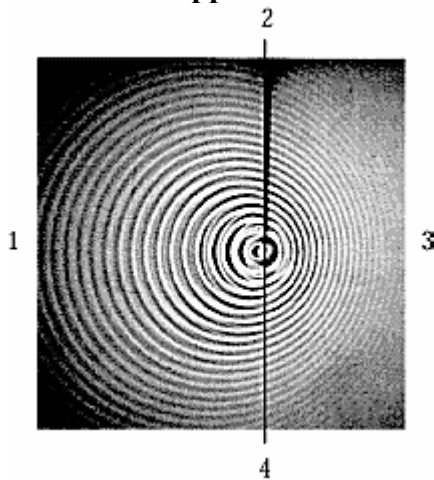
- A) Dobbeltbrytning (birefringence)
- B) Aberrasjon
- C) To brytninger, en refleksjon og dispersjon
- D) En blanding av diffraksjon og interferens
- E) Kun interferens

13. Tema: Superposisjon av bølger

To toner med samme amplitude men med en liten forskjell i frekvens blir sendt ut av en lydkilde. Dette gir opphav til

- A) stående bølger
- B) destruktiv interferens
- C) konstruktiv interferens
- D) sveving (beats)
- E) forsterking (amplification)

14. Tema: Doppler effekten



Objektet vist i figuren beveger seg

- A) fra 2 mot 4
- B) fra 3 mot 1
- C) fra 1 mot 3
- D) fra 4 mot 2
- E) ikke

15. Tema: Kapasitans

Dersom arealet på platene til en parallell-plate kondensator dobles, vil kapasitansen

- A) ikke endre seg B) dobles C) halveres
D) øke med en faktor 4 E) minke med en faktor $\frac{1}{4}$

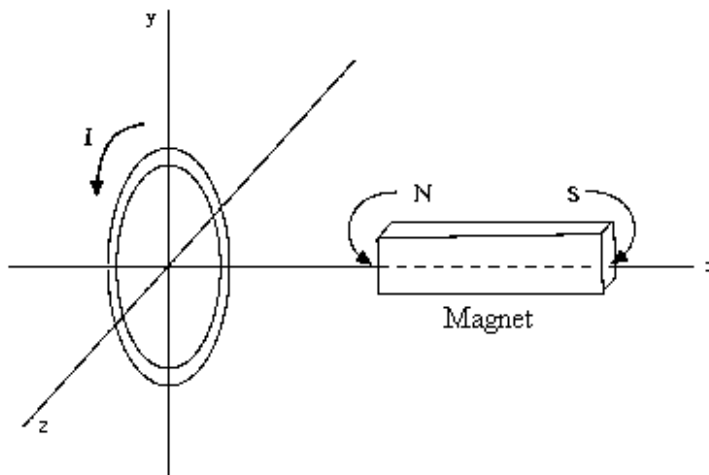
16. Tema: Stående bølger

En havbølge treffer en molo vinkelrett på forplantningsretningen og reflekteres. Den innkommende bølgen har en hastighet 0,79 m/s og en periode på 4,8 s. Den reflekterte bølgen har samme hastighet og periode som den innkommende bølgen, men er snudd på hodet (fase-endring π). Det dannes en stående bølge med et knutepunkt (node) i veggen.

Hvor langt fra veggen er den nærmeste buk (antinode) i den stående bølgen?

- A) 0,95 m B) 0,47 m C) 0,71 m D) 1,4 m E) 0,76 m

17. Tema: Lenz's lov



En kopperring ligger i yz -planet slik som vist i figuren. Magnetens akse ligger langs x -aksen. Indusert strøm går gjennom ringen slik som vist. Magnetens må

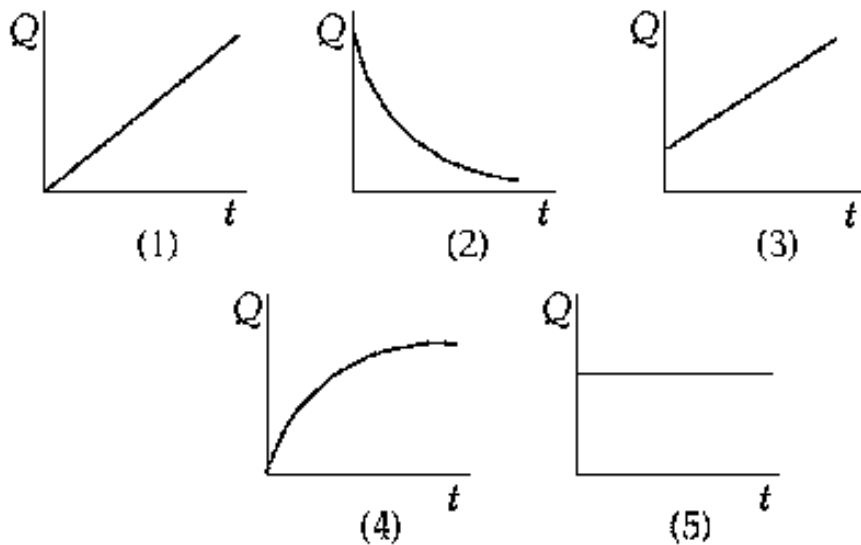
- A) bevege seg vekk fra ringen
B) bevege seg mot ringen
C) bevege seg enten vekk fra eller mot ringen
D) ikke nødvendigvis bevege seg, dvs. det spiller ingen rolle
E) holdes helt i ro for at strømmen skal gå gjennom ringen

18. Tema: Kraft fra et magnetfelt på en ladd partikkel

Dersom magnetfeltvektoren har retning mot nord og en positivt ladet partikkel beveger seg mot øst, hva er retningen til den magnetiske kraften på partikkelen?

- A) opp B) vest C) sør D) ned E) øst

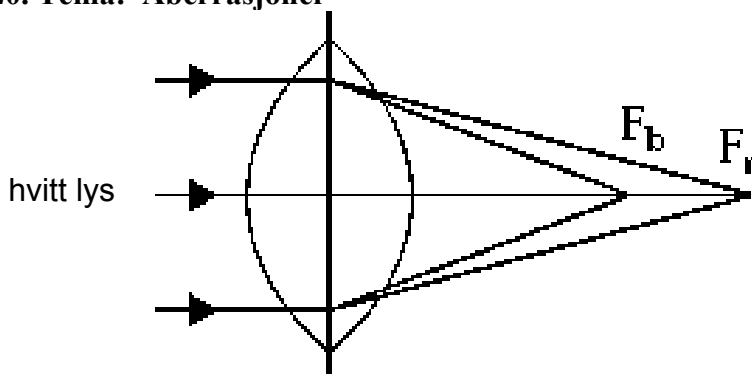
19. Tema: RC kretser



Ved opplading av en kondensator gjennom en motstand (RC -krets) vil kurven som på beste måte representerer ladning på en kondensator som funksjon av tid være

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

20. Tema: Aberrasjoner



Hvitt lys treffer en tykk linse: Rød bølglengde og blå bølglengde vil ha fokus i forskjellig avstand fra linseaksen (F_b er fokus for blå bølglengde og F_r er fokus for rød bølglengde). Linsen sies å fremvise

- A) hypermetropia B) myopia C) astigmatisme
 D) kromatisk aberrasjon E) sfærisk aberrasjon

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	ρ	C/m ³	
flate	σ	C/m ²	
linje	λ	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	$\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0$	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	$\Omega=VA^{-1}$	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	$\alpha, \theta, \gamma, \dots$	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	

VEDLEGG D

OPPGITTE FORMLER

Bevegelsesligning for udedempede harmoniske svingninger:

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

Løsning:

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

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

Bevegelsesligning for dempede svingninger:

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

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

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

Løsning:

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

A er gitt ved

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

δ er gitt ved

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

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 mot; nedre fortegn velges ved bevegelse fra)

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

$$\text{Coulombs konstant: } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Elektrisk feltstyrke fra en kontinuerlig

$$\text{ladningsfordeling: } \vec{E} = \int \frac{k dq}{r^2} \hat{r}$$

$$\text{Gauss' lov: } \Phi_{net} = \oint_S \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \oint_S E_n dA = \frac{Q_{inside}}{\epsilon_0}$$

Elektrisk potensial:

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

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

Potensiell energi til en ladning i elektrisk felt:

$$U = qV$$

Permittivitet:

$$\epsilon = \kappa \epsilon_0$$

Kapasitans:

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

Kapasitans for en platekondensator:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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:

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