

Institutt for fysikk

Eksamensoppgave i TFY4104 Fysikk

Faglig kontakt under eksamen: Jon Andreas Støvneng

Tlf.: 45 45 55 33

Eksamensdato: 18. desember 2013

Eksamenstid (fra-til): 0900-1300

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: *C (Godkjent kalkulator; Rottmann, Matematisk formelsamling)*

Annen informasjon: Kun ett av svarene er rett på hver av de 50 oppgavene. Du krysser av for A, B, C eller D i tabellen på side 17. Rett svar gir 2 poeng. Feil svar, flere svar eller ingen svar gir 0 poeng. Husk å skrive på riktig kandidatnummer i boksen over svartabellen på side 17. Det er tilstrekkelig å levere inn det ene arket med utfylt svartabell.

Oppgavene er utarbeidet av Jon Andreas Støvneng.

Sensuren er klar senest 18. januar, sannsynligvis lenge før.

Målform/språk: Bokmål

Antall sider med oppgaver: 12 (Side 1 – 12)

Antall sider vedlegg (formler etc): 4 (Side 13 – 16)

Antall sider med svartabell og julehilsen: 2 (Side 17 – 18)

I alt 9 dobbeltsidige ark i tillegg til forsidearket.

Kontrollert av:

Dato

Sign

FORMLER: Fete symboler angir vektorer. Symboler med hatt over angir enhetsvektorer. Formlenes gyldighetsområde og de ulike symbolenes betydning antas forøvrig å være kjent. Symbolbruk og betegnelser som i forelesningene.

MEKANISK FYSIKK

- Newtons andre lov: $\mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt$ $\mathbf{p} = m\mathbf{v} = m\dot{\mathbf{r}}$
- Konstant akselerasjon: $v = v_0 + at$ $x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$
- Konstant vinkelakselerasjon: $\omega = \omega_0 + \alpha t$ $\theta = \theta_0 + \omega_0t + \frac{1}{2}\alpha t^2$
- Arbeid: $dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$ Kinetisk energi: $K = \frac{1}{2}mv^2$
- Konservativ kraft og potensiell energi: $U(\mathbf{r}) = -\int_{\mathbf{r}_0}^{\mathbf{r}} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$ $\mathbf{F} = -\nabla U(\mathbf{r})$
- Friksjon, statisk: $f \leq \mu_s N$ kinetisk: $f = \mu_k N$
- Luftmotstand (liten v): $\mathbf{f} = -k\mathbf{v}$ Luftmotstand (stor v): $\mathbf{f} = -Dv^2\hat{v}$
- Tyngdepunkt: $\mathbf{R}_{CM} = \frac{1}{M} \sum_i \mathbf{r}_i m_i \rightarrow \frac{1}{M} \int \mathbf{r} \cdot dm$
- Sirkelbevegelse: $v = r\omega$ Sentripetalakselerasjon: $a = -v^2/r$ Baneakselerasjon: $a = dv/dt = r d\omega/dt$
- Dreiemoment: $\boldsymbol{\tau} = (\mathbf{r} - \mathbf{r}_0) \times \mathbf{F}$ Statisk likevekt: $\sum \mathbf{F}_i = 0$ $\sum \boldsymbol{\tau}_i = 0$
- Dreieimpuls: $\mathbf{L} = (\mathbf{r} - \mathbf{r}_0) \times \mathbf{p}$ N2 rotasjon: $\boldsymbol{\tau} = d\mathbf{L}/dt$
- Stive legemer, sylindersymmetri mhp rotasjonsaksen: $\mathbf{L} = \mathbf{L}_b + \mathbf{L}_s = (\mathbf{R}_{CM} - \mathbf{r}_0) \times M\mathbf{V} + I_0\boldsymbol{\omega}$
- Kinetisk energi, stivt legeme: $K = \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}I_0\omega^2$ Tregghetsmoment: $I = \sum_i m_i r_i^2 \rightarrow \int r^2 dm$
- Steiners sats (parallellakse-teoremet): $I = I_0 + Md^2$
- Gravitasjon: $\mathbf{F} = -\frac{GMm}{r^2}\hat{r}$ $U(r) = -\frac{GMm}{r}$ $\mathbf{g} = \mathbf{F}/m$
- Enkel harmonisk oscillator: $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$ $T = 2\pi/\omega_0$ $f = 1/T = \omega_0/2\pi$
Masse i fjær: $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ Matematisk pendel: $\omega_0 = \sqrt{g/L}$
- Fri, dempet svingning, langsom bevegelse i fluid: $m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0$
 $\Rightarrow \ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$ $\omega_0^2 = k/m$ $\gamma = b/2m$
Underkritisk damping ($\gamma < \omega_0$) $x(t) = Ae^{-\gamma t} \sin(\omega t + \phi)$ $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$
Overkritisk damping ($\gamma > \omega_0$) $x(t) = Ae^{-\alpha_1 t} + Be^{-\alpha_2 t}$ $\alpha_{1,2} = \gamma \pm \sqrt{\gamma^2 - \omega_0^2}$
Kritisk damping ($\gamma = \omega_0$) $x(t) = Ae^{-\gamma t} + Bte^{-\gamma t}$

- Tvungen svingning, harmonisk ytre kraft: $m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F_0 \cos \omega t$
 (partikulær-)løsning: $x(t) = A(\omega) \sin(\omega t + \phi(\omega))$
 amplitude: $A(\omega) = \frac{F_0/m}{\sqrt{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + (2\gamma\omega)^2}}$

ELEKTRISITET OG MAGNETISME

Elektrostatikk

- Coulombs lov:

$$\mathbf{F} = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

- Elektrisk felt og potensial:

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

$$\Delta V = V_B - V_A = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

- Elektrisk potensial fra punktladning:

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

- Elektrisk dipolmoment; for punktladninger $\pm q$ i avstand $\mathbf{d}$:

$$\mathbf{p} = q\mathbf{d}$$

- Elektrisk polarisering = elektrisk dipolmoment pr volumenhet:

$$\mathbf{P} = \Delta \mathbf{p} / \Delta V$$

- Lineær respons:

$$\mathbf{P} = \chi_e \epsilon_0 \mathbf{E} \quad \mathbf{E} = \mathbf{E}_0 / \epsilon_r \quad \epsilon_r = 1 + \chi_e \quad \epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$$

- Kapasitans:

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

Seriekobling, parallellkobling:

$$C = (\sum_j C_j^{-1})^{-1} \quad C = \sum_j C_j$$

- Parallellplatekondensator (ideell):

$$E = \sigma / \epsilon \quad , \quad C = \epsilon A / d$$

- Energitetthet i elektrisk felt:

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Elektrisk strøm

- Strømstyrke, strømtetthet:

$$I = dQ/dt \quad , \quad j = I/A$$

- Ohms lov:

$$\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E} \quad , \quad V = RI$$

- Resistans:

$$R = l/\sigma A = \rho l/A, \quad \sigma = \text{konduktivitet}, \quad \rho = \text{resistivitet}$$

Seriekobling, parallellkobling:

$$R = \sum_j R_j \quad , \quad R = (\sum_j R_j^{-1})^{-1}$$

- Elektrisk effekt:

$$P = VI$$

Magnetostatikk

- Magnetisk fluks:

$$\phi = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

- Magnetfelt fra strømførende leder (Biot–Savarts lov):

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int \frac{d\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

- Magnetisk dipolmoment; for plan strømsløyfe:

$$\mathbf{m} = I\mathbf{A} = IA\hat{\mathbf{n}}$$

- Magnetisering = magnetisk dipolmoment pr volumenhet:

$$\mathbf{M} = \Delta\mathbf{m}/\Delta V$$

- Lineær respons:

$$\mathbf{M} = \frac{\chi_m}{1 + \chi_m} \frac{1}{\mu_0} \mathbf{B} \quad \mathbf{B} = \mu_r \mathbf{B}_0 \quad \mu_r = 1 + \chi_m \quad \mu = \mu_r \mu_0$$

- Magnetisk kraft på strømførende leder; generelt:

$$\mathbf{F} = \int_L d\mathbf{F} = I \int_L d\mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

- Magnetisk kraft på rett strømførende leder:

$$\mathbf{F} = I\mathbf{L} \times \mathbf{B}$$

- Energitetthet i magnetfelt:

$$u_B = \frac{1}{2\mu_0} B^2$$

Elektrodynamikk og elektromagnetisk induksjon

- Faradays induksjonslov:

$$\Delta V = -\frac{d\phi}{dt}$$

- (Selv-)Induktans:

$$L = \frac{\phi}{I}$$

- Spole (ideell):

$$B = \mu(N/l)I \quad , \quad L = \mu N^2 A/l$$

- Energitetthet i elektromagnetisk felt:

$$u = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2\mu_0} B^2$$

Kretser

- Spenning over motstand, kapasitans, induktans:

$$RI \quad Q/C \quad L dI/dt$$

- Tidskonstanter, RC -krets og RL -krets:

$$\tau = RC \quad \tau = L/R$$

KONSTANTER, OMREGNINGSFAKTORER OG DEKADISKE PREFIKSER

- Fundamentale konstanter:

$$\begin{aligned} G &= 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \quad (g = 9.81 \text{ m/s}^2) \\ m_e &= 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \\ m_p = m_n &= 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \\ e &= 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ \epsilon_0 &= 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} &= 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \\ \mu_0 &= 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \\ k_B &= 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \\ N_A &= 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\ h &= 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \\ c &= 3.00 \cdot 10^8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- Omregningsfaktorer:

$$\begin{aligned} 1 \text{ eV} &= 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ 1 \text{ \AA} &= 10^{-10} \text{ m} \end{aligned}$$

- Dekadiske prefikser: p = piko = 10^{-12} , n = nano = 10^{-9} , μ = mikro = 10^{-6} , m = milli = 10^{-3} , c = centi = 10^{-2} , k = kilo = 10^3 , M = mega = 10^6 , G = giga = 10^9

Kandidatnummer:

Oppgave	A	B	C	D	Oppgave	A	B	C	D
1	☐	☐	☐	☐	26	☐	☐	☐	☐
2	☐	☐	☐	☐	27	☐	☐	☐	☐
3	☐	☐	☐	☐	28	☐	☐	☐	☐
4	☐	☐	☐	☐	29	☐	☐	☐	☐
5	☐	☐	☐	☐	30	☐	☐	☐	☐
6	☐	☐	☐	☐	31	☐	☐	☐	☐
7	☐	☐	☐	☐	32	☐	☐	☐	☐
8	☐	☐	☐	☐	33	☐	☐	☐	☐
9	☐	☐	☐	☐	34	☐	☐	☐	☐
10	☐	☐	☐	☐	35	☐	☐	☐	☐
11	☐	☐	☐	☐	36	☐	☐	☐	☐
12	☐	☐	☐	☐	37	☐	☐	☐	☐
13	☐	☐	☐	☐	38	☐	☐	☐	☐
14	☐	☐	☐	☐	39	☐	☐	☐	☐
15	☐	☐	☐	☐	40	☐	☐	☐	☐
16	☐	☐	☐	☐	41	☐	☐	☐	☐
17	☐	☐	☐	☐	42	☐	☐	☐	☐
18	☐	☐	☐	☐	43	☐	☐	☐	☐
19	☐	☐	☐	☐	44	☐	☐	☐	☐
20	☐	☐	☐	☐	45	☐	☐	☐	☐
21	☐	☐	☐	☐	46	☐	☐	☐	☐
22	☐	☐	☐	☐	47	☐	☐	☐	☐
23	☐	☐	☐	☐	48	☐	☐	☐	☐
24	☐	☐	☐	☐	49	☐	☐	☐	☐
25	☐	☐	☐	☐	50	☐	☐	☐	☐

NB: Kontroller at du har satt nøyaktig ETT kryss for HVER av de 50 oppgavene!

GOD JUL!