

Faglig kontakt under eksamen:  
Navn: Helge Redvald Skullerud  
Tlf: 73593625

**EKSAMEN I FAG SIF 4002 FYSIKK**

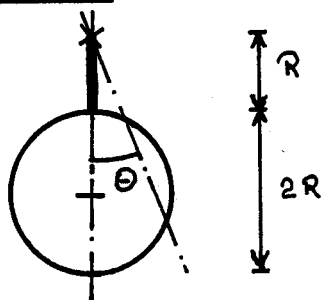
Onsdag 27. mai 1998

Tid: 0900-1500

Hjelpemidler: B2 - Godkjent lommekalkulator  
Rottmann/Matematisk formelsamling

Ved bedømmelsen teller alle 9 deloppgaver likt.

Oppgave 1



En pendel er utformet som en jevntykk, sirkulær skive med radius  $R$  og masse  $M$ , opphengt i en arm med lengde lik radien i skiven og med neglisjerbar masse (figur 1). Skive og arm er begge laget av messing.

Figur 1. Pendel

**a.** Finn først et uttrykk for dreiemomentet  $\tau$  som virker på pendelen, som funksjon av vinkelutslaget  $\theta$  fra vertikal hvileposisjon.

Vis så at for små utslag blir tidsforløpet  $\theta(t)$  en enkel harmonisk bevegelse med vinkelfrekvens  $\omega_0 = \frac{2}{3}\sqrt{g/R}$ , hvor  $g$  er tyngdens akselerasjon.

OPPGITT:

$$I = \frac{9}{2}MR^2 \quad \text{Pendelens treghetsmoment om rotasjonsaksen}$$
$$\tau = I\ddot{\theta} \quad \text{'Dreiemoment-ligningen'}$$

**b.** Pendelen brukes som tidsbestemmende ledd i et stueur.

Det er ønsket at perioden skal være  $t_0 = 0.5$  s. Hvor stor må radien  $R$  velges?

Anta så at uret går riktig ved en temperatur  $T = 20$  °C. Når temperaturen senkes til 12 °C, avtar perioden slik at uret går 7 s for fort pr. døgn.

Hva er den lineære varmeutvidelseskoeffisienten  $\alpha$  for messing?

OPPGITT:

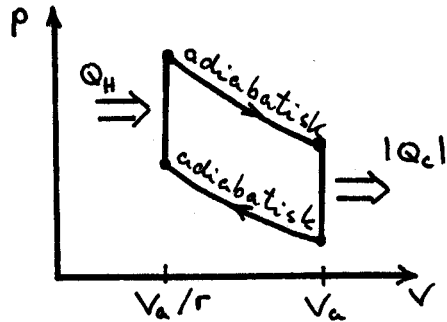
$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 \quad \text{Tyngdens akselerasjon}$$
$$\Delta\ell/\ell = \alpha\Delta T \quad \text{Definisjon av } \alpha$$

**c.** Vis at treghetsmomentet til pendelen er som oppgitt i **a**,  $I = \frac{9}{2}MR^2$ .

OPPGITT:

$$I = I_T + Mr_T^2 \quad \text{Parallell akse-teoremet}$$

## Oppgave 2



I denne oppgaven skal vi ta for oss noen delproblemer ved beskrivelsen av en Otto-prosess, illustrert i  $pV$ -diagram i figur 2.

Figur 2. Otto-prosess

**a.** En beholder med volum  $V_a$  inneholder  $n = 0.01 \text{ mol}$  av en idéell, toatomig gass med temperatur  $T_a = 300 \text{ K}$  og trykk  $p_a = 100 \text{ kPa}$ .

Hvor stort er volumet  $V_a$ ?

Gassen varmes så opp, ved konstant volum, til en temperatur  $T_d = 400 \text{ K}$ . Hvor stor varmemengde  $Q$  (tilsvarende  $|Q_C|$  i figur 2) må tilføres gassen?

OPPGITT:

$pV = nRT$  med  $R = 8.3145 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$  Tilstandsligning  
Gassen kan antas å ha  $N = 5$  frihetsgrader pr. molekyl, og indre energi  $\frac{1}{2}RT$  pr. mol og molekylær frihetsgrad.

**b.** En Otto-prosess har som arbeidsmedium  $n = 0.01 \text{ mol}$  av en idéell gass, med varmekapasitet ved konstant volum  $C_V = 20.8 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ , og forhold mellom varmekapasitet ved konstant trykk og ved konstant volum  $C_p/C_V \equiv \gamma = 1.4$ .

Gassen komprimeres adiabatisk fra et volum  $V_a$  til et volum  $V_b = V_a/r$ , hvor  $r = 9$ .

Før kompresjonen er temperatur og trykk  $T_a = 300 \text{ K}$  og  $p_a = 100 \text{ kPa}$ . Hva er temperatur  $T_b$  og trykk  $p_b$  etter kompresjonen?

Og hvor stort arbeid  $W_{ab}$  utføres på gassen under kompresjonen?

OPPGITT:

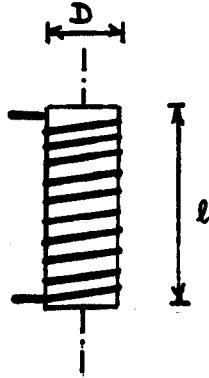
$$\left. \begin{aligned} pV^\gamma &= \text{konstant} \\ TV^{\gamma-1} &= \text{konstant} \end{aligned} \right\} \text{ 'Adiabatligningene'}$$

$$dQ = dU + p dV \quad \text{Energibevarelse}$$

**c.** Vis - med utgangspunkt i energibevarelsesligning og tilstandsligning - at for en idéell gass som undergår en adiabatisk prosess gjelder relasjonen mellom temperatur og volum oppgitt i **b**,  $TV^{\gamma-1} = \text{konstant}$ .

## Oppgave 3

a.



En lang, rett spole med lengde  $\ell = 100 \text{ mm}$  er viklet opp på en sylindrisk hylse med diameter  $D = 8 \text{ mm}$ . Viklingene består av koppertråd med diameter  $d \ll D$  og resistans pr. lengdeenhet  $r = 0.54 \Omega/\text{m}$ , og spolen er luftfylt. Det er ønsket at spolen skal ha en induktans  $L \approx 50 \mu\text{H}$ .

Figur 3. Lang, rett spole

Bestem hvor mange viklinger  $N$  spolen må ha.

Hvor stor blir spolens resistans  $R$ ?

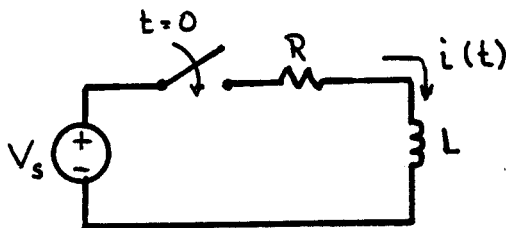
Hva ville spolens induktans bli hvis hylsen ble erstattet av en ferrittkjerne – med lengde  $\ell$  og diameter  $D$  som før – med relativ permittivitet  $\mu_r = 4000$ ?

OPPGITT:

$$L = \mu_0 N^2 A / \ell \quad \text{Induktans for lang, rett, luftfylt spole}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

b.



En  $RL$  seriekopling, med  $R = 4 \Omega$  og  $L = 0.2 \text{ H}$ , koples ved tid  $t = 0$  til en likespenningskilde  $V_S = 6 \text{ V}$ .

Bruk først spenningsbalanseligningen for kretsen (Kirchhoffs spenningslov) til å finne en differensialligning for strømmen  $i(t)$ , for  $t > 0$ .

Figur 4.  $RL$ -krets

Løsningen av differensialligningen skal kunne skrives på form

$i(t) = I_0(1 - e^{-t/\tau})$ . Hva blir verdiene av  $I_0$  (ampère) og  $\tau$  (sekunder)?

OPPGITT:

$$v_R = Ri \quad ; \quad v_L = L di/dt \quad \text{'Komponentligninger'}$$

c. Bruk først Ampères lov til å finne uttrykk for magnetfeltet  $\vec{B}$  og den magnetiske fluksen  $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$  i en lang, rett og luftfylt spole med  $N$  viklinger, lengde  $\ell$ , tverrsnitt  $A$  og strøm  $i$ .

Bruk så Faradays induksjonslov til å vise at spolens induktans blir som oppgitt i a,  $L = \mu_0 N^2 A / \ell$ .

OPPGITT:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I \quad \text{Ampères lov}$$

$$\epsilon = -d\Phi_B/dt \quad \text{Faradays induksjonslov}$$