

UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR ALMEN FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:
Navn: Ola Hunderi
Tlf.: 3411

EKSAMEN I FAG 70540 FYSIKK
Avd. III (Bygg)
2. juni 1987
Tid: kl. 0900-1600

Tillatte hjelpemidler: Lommekalkulator
K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk
O.H. Jahren og K.J. Knutsen: Formelsamling i matematikk
K. Rottmann: Matematische Formelsammlung

Oppgave 1

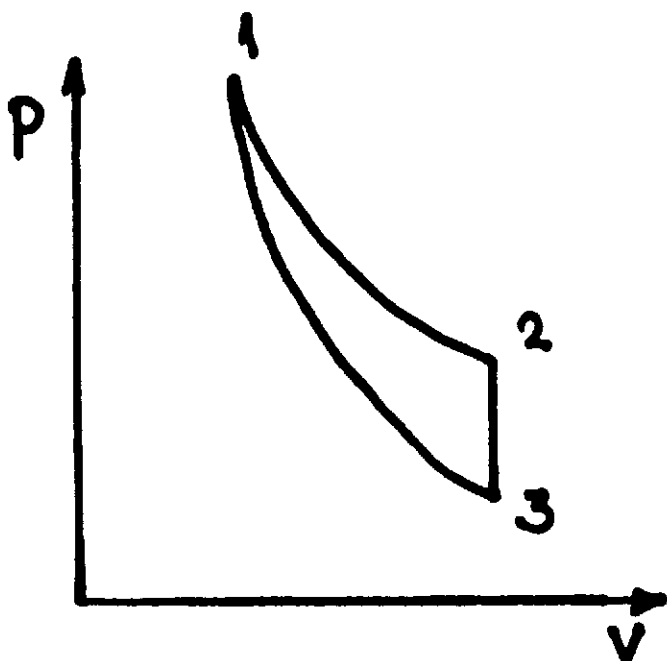
a) Hva vil det si at en termodynamisk prosess er

- reversibel
- adiabatisk

Beskriv Carnotprosessen og definer prosessens virkningsgrad. Skriv ned, uten utledning et uttrykk som angir hvordan virkningsgraden avhenger av temperaturer.

b) Anta at et varmekraftverk leverer 1000 MW effekt fra dampturbiner. Dampen går inn i turbinen overopphetet ved 520 K og avgir den ubenyttede varmen i en elv med temperatur 290 K. Anta at turbinen opererer som en reversibel Carnotmaskin. Beregn den varmemengde som avgis til elvevannet pr. sekund når kraftverket leverer 1000 MW. Beregn temperaturøkningen i elva nedenfor kraftverket dersom vannføringen i elva er $40 \text{ m}^3/\text{s}$.

c)



Et mol ideelle toatomige gassmolekyler gjennomløper en kretsprosess som består av en isotherm ($1 \rightarrow 2$ i figuren), en isochor ($2 \rightarrow 3$) og en adiabat ($3 \rightarrow 1$). Tilstand 3 er gitt ved

$$p_3 = 1 \text{ atm} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa,}$$

$$T_3 = 293 \text{ K.}$$

Beregn gassens volum i tilstand 3 og dens trykk volum og temperatur i tilstandene 1 og 2 når $T_2 = 373 \text{ K}$.

- d) Beregn arbeidet utført av gassen ved et omløp av kretsprosessen samt prosessens virkningsgrad (formel og tallsvar).

Oppgitte konstanter:

$$\begin{aligned} \text{For toatomig gass: } R &= 8.31 \text{ J/mol}\cdot\text{K} \\ C_v &= 20.79 \text{ J/mol}\cdot\text{K} \\ \gamma &= C_p / C_v = 1.40 \end{aligned}$$

$$\text{For vann : } C_{\text{H}_2\text{O}} = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$$

Oppgave 2

- a) Gjør rede for analogien mellom varmestrøm og elektrisk strøm. Hvordan lyder "Ohms" lov for varmestrøm? Hvilke faktorer bestemmer termisk resistans i en plan, lagdelt vegg med uendelig overflate?
- b) En vaske med temperatur $t_1 = 100^\circ \text{C}$ blir oppbevart i en kuleformet metallbeholder med ytre radius $r_0 = 25 \text{ cm}$. Vi regner med at varmeledningsevnen til materialet i beholderen er så høy at vi har samme temperatur i vasken og på utsiden av beholderen. Vi vil varmeisolere beholderen med et materiale som har spesifikk varmeledningsevne

$$\lambda = 0.5 \frac{\text{J}}{\text{s}\cdot\text{m}\cdot\text{K}}$$

Isolasjonslaget dannet et kuleskall i kontakt med beholderen. Varmetapet fra utsiden av isolasjonslaget kan beskrives ved en varmeovergangskoeffisient

$$\alpha = 3 \frac{\text{J}}{\text{s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}}$$

Omgivelsenes temperatur er $t_0 = 20^\circ \text{C}$. Isolasjonslaget har en tykkelse x slik at den ytre radius i hele systemet blir $r = r_0 + x$.

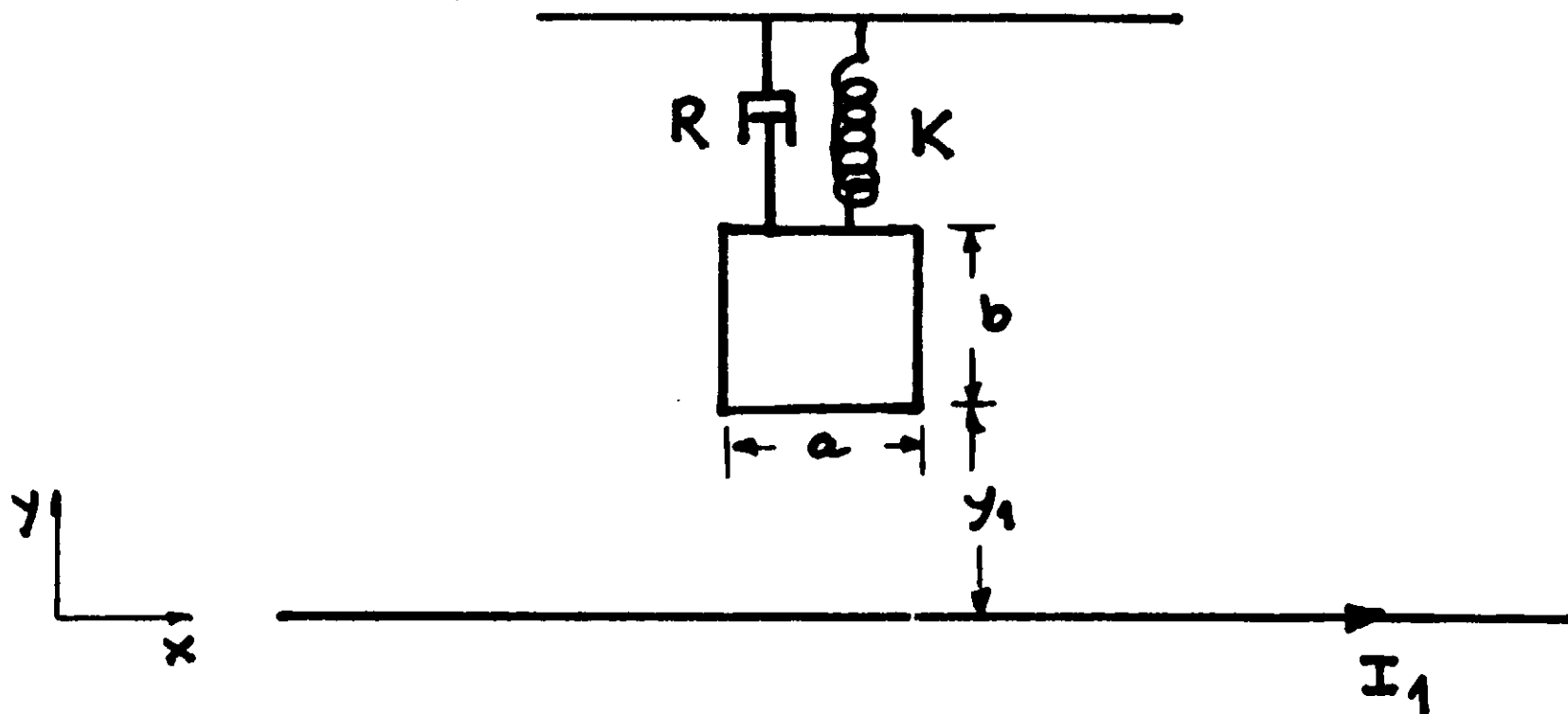
Vi tenker oss at x kan varieres.

Finn en formel for termisk resistans R_1 hos isolasjonslaget uttrykt ved r_0 , x og λ . Varmeovergangen fra isolasjonslag til omgivelser er ikke tatt med her. Man skal regne eksakt slik at man tar hensyn til at isolasjonslaget er et kuleskall.

- c) Finn en formel for termisk resistans R_2 hos isolasjonslaget når man tar med overgangen fra isolasjonslagets overflate til omgivelsene.
- d) Varmemotstanden R_2 har et minimum for en bestemt x . Finn en formel for denne verdi (x_0) av tykkelsen på isolasjonslaget. Finn tallverdien for x_0 med de data som er oppgitt i oppgaven. Finn varmetapet fra vasken til omgivelsene når isolasjonslaget har nettopp tykkelsen x_0 og vi ser bort fra annen termisk resistans enn R_2 .

Oppgave 3

En firkantet ledersløyfe av masse m er opphengt i en masseløs fjær med fjærstivhet K og dempingskonstant (resistans) R slik som vist på figuren. Ledersløyfen ligger i xy -planet og dens sidekanter er parallelle med x - og y -aksene.



En rett leder ligger i samme plan som ledersløyfen, langs x -aksen og fører strømmen I_1 (likestrøm).

a) Hvor stor er den magnetiske fluks Φ gjennom ledersløyfens plan når sløyfen er i ro. Avstanden fra lederen til den nærmeste sidekant i ledersløyfen er y_1 .

b) Vi lar så ledersløyfen føre en likestrøm I_2 . Vi observerer da at sløyfen forskyves en distanse y_0 når strømmen i sløyfen økes fra null til I_2 .

Finn på grunnlag av det som er oppgitt et uttrykk for strømstyrken I_2 . Anta at forskyvningen $y_0 \ll y_1$.

Beregn I_2 når $K = 1 \text{ N/m}$, $I_1 = 200 \text{ A}$, $y_0 = 10^{-3} \text{ m}$ og $a = b = y_1 = 0.1 \text{ m}$.

c) Vi sender så vekselstrøm med $I = I_0 \cos \omega t$ gjennom den rette lederen. Ledersløyfen fører fortsatt likestrømm I_2 .

Finn et uttrykk for den kraft som virker på ledersløyfen.

Anta at den indre resistans i ledersløyfen er så stor at vi kan se bort fra induisert strøm i sløyfen. Anta igjen utslagene $\ll y_1$.

d) Finn en formel for amplituden av de svingninger som sløyfen nå utfører.

e) Hva måtte frekvensen av vekselstrømmen være for at vi skulle få resonans når sløyfens masse er 0.04 kg og fjærstivheten er som i punkt b).? Anta liten demping, $R = 10^{-2} \text{ N s/m}$.

Hvor stor vil amplituden av svingningen være ved resonans dersom $I_0 = 50 \text{ A}$, $I_2 = 50 \text{ A}$ og andre data er som oppgitt i punkt b)?