

UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR FYSIKK

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

EKSAMEN I FAG 74140/70540 FYSIKK
Avd. III (Bygg)
12. august 1991
Tid: kl. 0900–1500

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator
K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk
O.H. Jahren og K.J. Knutsen: Formelsamling
i matematikk
K.Rottmann: Matematische Formelsammlung
C. Barrett/T.M. Crown: Mathematical
Formula

Oppgave 1

Et hus har totalt veggareal $A = 132 \text{ m}^2$. Huset er en reiseverkkonstruksjon med glassull som isolasjonsmateriale. For enkelthets skyld neglisjeres reiseverket, veggen regnes som bestående av 10 cm isolasjonsmateriale pluss inner- og ytterpanel, begge med tykkelse 2 cm. Temperaturen i luften inne i huset er $T_1 = +20,0 \text{ C}$ og i luften ute $T_2 = -15,0 \text{ C}$. Vi regner med stasjonære forhold.

- Beregn den totale varmestrøm J ut av huset når vi ser bort fra vinduer og dører og antar at all varme transporteres gjennom veggene.
- Hva er temperaturen T_3 på innsiden av veggen og T_4 på utsiden av veggen.
- Huset oppvarmes av en reversibel varmepumpe (Carnot varmekraftmaskin som er reveresert). Varmepumpen arbeider imidlertid ikke ideelt. Effektfaktoren er 55% av effektfaktoren for en ideell varmepumpe. Hvor stor elektrisk eller mekanisk effekt P må tilføres varmepumpen når denne skal holde lufttemperaturen inne konstant lik $T_1 = +20,0 \text{ C}$ og det kalde reservoaret har temperaturen $T_2 = -15,0 \text{ C}$?

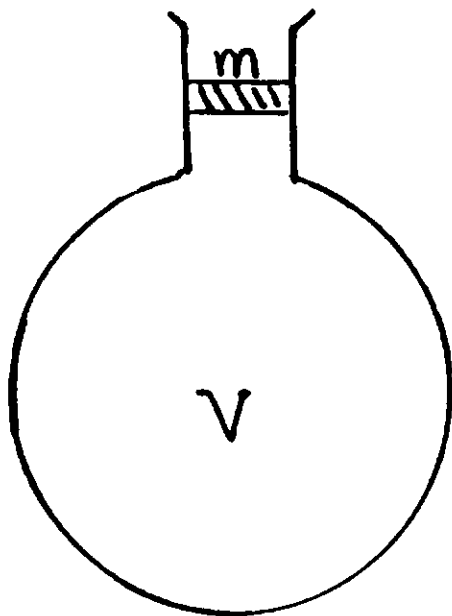
Varmeledningskoeffisienten for glassull		$\lambda_i = 0,047 \text{ W/mK}$
"	for panel	$\lambda_g = 0,14 \text{ W/mK}$
Varmeovergangstall	luft/vegg inne	$h_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$
"	luft/vegg ute	$h_u = 30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Oppgave 2

- a) Formuler termodynamikkens 1. hovedsetning. Skriv ned tilstandslikningen til n mol av en ideell gass. Hva er den indre energi til en slik gass, dersom den består av (i) ènatomige molekyler, (ii) toatomige molekyler? Definer de molare varmekapasitetene C_p og C_v .
- b) Hva kjennetegner en adiabatisk prosess? 5 mol av en ideell gass med toatomige molekyler (adiabatkonstant $\gamma = 7/5$) opptar et volum på $0,121 \text{ m}^3$ ved $1,0 \text{ atm}$. Gassen ekspanderer adiabatisk til et volum på $0,750 \text{ m}^3$. Bestem temperaturen før og etter ekspansjonen. Finn også endringen i indre energi. Hvor stort er arbeidet utført av gassen? Hva blir tilført varme, $Q = \Delta U + W$.

Oppgitt: $R = 8,31 \text{ J/mol K}$, $1 \text{ atm} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

c)



I halsen til en glassbeholder (se figuren) kan et stempel med radius r og masse m bevege seg friksjonsløst opp og ned. Stemplet slutter tett til. Det utvendige trykket på stemplet er p_0 . I likevekt er volumet til gassen i beholder V . Stemplet gis et dytt nedover i halsen, og settes derved i svingninger. Disse svingningene er ikke raskere enn at vi med rimelighet kan regne som om gassen til

enhver tid er i termodynamisk likevekt. På den annen side er svingningene raske nok til at varmeutvekslingen gjennom beholderens vegger kan neglisjeres, og prosessen derved regnes som adiabatisk. Vi regner også gassen i beholderen som ideell.

Finn stemplets bevegelseslikning når du antar adiabatisk ekspansjon/kompresjon og utnytter at endringene i den innestenge gassens volum er relativt små under svingebevegelsen. Hva er stemplets egenfrekvens ω_0 (sirkelfrekvens) uttrykt ved γ , r , m , V , p_0 og tyngdens akselerasjon g ?

Hint: Foreta en rekkeutvikling til første orden i stemplets bevegelse x og finn derav en effektiv "fjærkonstant".

- d) Vi vil måle C_p/C_v , og observerer at stemplet utfører 10 hele svingninger i løpet av $15,4 \text{ s}$. Dessuten er $r = 1 \text{ cm}$; $m = 20 \text{ g}$; $V = 50 \text{ l}$; $p_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Nm}$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Regn ut γ . Kan gassen i beholderen være luft?

Oppgave 3

- a) En platekondensator (kondensator I) består av to plane, sirkulære plater med $R = 100 \text{ mm}$ plassert rett overfor hverandre i luft (vakuu) i avstand $L = 2.0 \text{ mm}$. Finn kapasitansen C_1 av denne kondensator. Finn kraften F på kondensatorplatene når kondensatoren er ladet opp til spenningen $U_1 = 100 \text{ V}$.
- b) I rommet mellom kondensatorplatene i a) skyver man inn en $d = 1,0 \text{ mm}$ tykk plate av et dielektrisk materiale, med relativ permittivitet $\epsilon_r = 5,0$. Finn kapasitansen C_1' av kondensatoren.
- c) En kulekondensator (kondensator II) består av to konsentriske kuleskall med radier r_1 og r_2 . Utled en formel for feltstyrken E mellom kuleskallene som funksjon av r når kondensatoren har ladning Q . Utled en formel for kapasitansen av kulekondensatoren. Finn kapasitansen C_2 når $r_1 = 50 \text{ mm}$ og $r_2 = 80 \text{ mm}$.
- d) Man skal tenke seg en kuleflate som er konsentrisk med kuleskallene i kondensator II og som deler området mellom kuleskallene i to deler som hver inneholder en halvpart av feltenergien i kondensatoren. Finn radien r_0 i denne kuleflate.
- e) Kondensator I er ladet opp til $U_1 = 100 \text{ V}$ og uten forbindelse med noen spenningskilde. Kondensator II er uten ladning. Vi forbinder så polene i de to kondensatorene parvis med hverandre. Hva blir den felles spenning U_2 på kondensatorene?