

UNIVERSITETET I TRONDHEIM  
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE  
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen: P.C.Hemmer

Tlf. 3648

EKSAMEN I FAG 74305 TERMISK FYSIKK

Tirsdag 25. august 1992

kl.0900-1500

Tillatte hjelpemidler: Rottmann: Mathematische Formelsammlung  
Barnett and Cronin: Mathematical Formulae  
Godkjent kalkulator

Endel formler og konstanter er gitt i eget vedlegg.

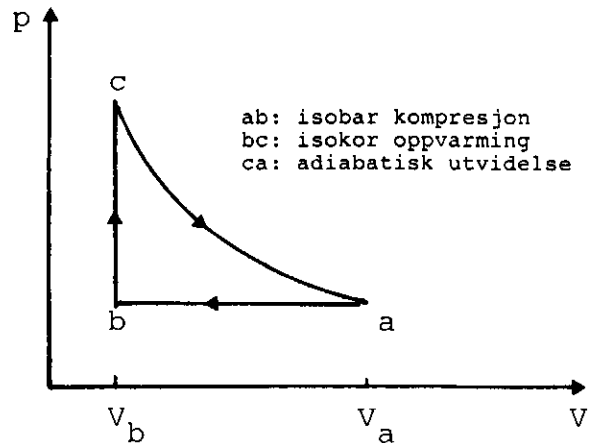
Oppgave 1

En ideell gass gjennomløper den reversible kretsprosessen som er vist i figuren.

De konstante varmekapasitetene  $C_p$ ,

$C_v$ , og kompresjonsforholdet

$r = V_a/V_b$ , anses kjent.



- a) Uttrykk  $U_c - U_a$ , forskjellen i indre energi mellom tilstandene c og a, ved temperaturen  $T_b$  i punkt b, kompresjonsforholdet og varmekapasitetene.

- b) Vis at prosessens virkningsgrad er gitt ved

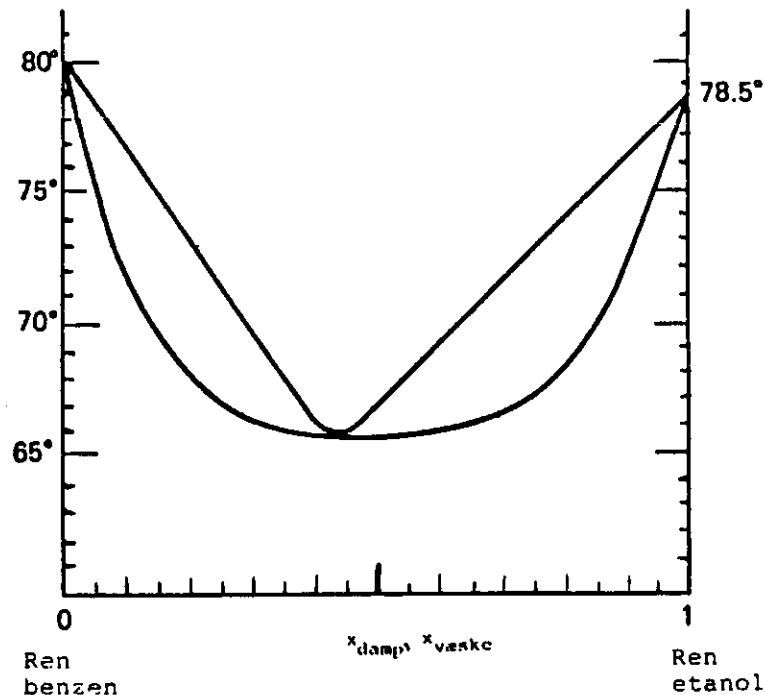
$$\eta = 1 - \gamma \frac{r-1}{r^\gamma - 1},$$

der  $\gamma = C_p/C_v$ .

- c) Beregn den numeriske verdi av  $\eta$  dersom arbeidssubstansen er en énatomig ideell gass og kompresjonsforholdet er  $r = 3$ .
- d) Gassens entropiinnhold  $S_a$  i tilstand a anses kjent. Finn uttrykk for  $S_b$  og  $S_c$ , gassens entropi i tilstandene b og c.

### Oppgave 2

Fasediagrammet for gass-væske likevekt av en benzen-etanol blanding under atmosfæretrykk er vist i figuren. Temperaturene er angitt i °C, og molbrøkene langs absissegaksen er for etanol.



En væskeblanding av benzen og etanol med molbrøken av etanol lik 0,85 varmes opp i en lukket beholder (med stempel) under atmosfæretrykk.

- a) Ved hvilken temperatur  $T_1$  koker blandingen? Hva sammensetningen ( $x_1$ ) i dampen når kokingen starter? Hvor høy må temperaturen ( $T_2$ ) være før all væske er fordampet? Og hva er sammensetningen ( $x_2$ ) i de siste væskedråpene?
- b) Anta at litt av den første dampen (når kokingen i punkt a begynner) hadde blitt tatt ut og kondensert til væske. Ved hvilken temperatur  $T_3$  vil denne væsken begynne å koke?

Det forventes bare omtrentlige svar, basert på avlesning av diagrammet. Det er ikke nødvendig å begrunne svarene.

### Oppgave 3

To identiske partikler med spinn  $\frac{1}{2}$  har to énpartikkeltilstander med energier  $\epsilon_0 = 0$  og  $\epsilon_1 = \epsilon$  tilgjengelige. Temperaturen er

$$T = \frac{\epsilon}{k \ln 2}, \text{ der } k \text{ er Boltzmanns konstant.}$$

- a) Beregn topartikkelsystemets midlere energi  $\langle E \rangle_a$  (uttrykt ved  $\epsilon$ ).
- b) Hva blir middelenergien  $\langle E \rangle_b$  dersom partiklene ikke er identiske?

### Oppgave 4

En kule med radius  $R$  er omgitt av en væske med varmeledningsevne  $\kappa$  og opprinnelig med uniform temperatur  $T_v$ . (Væsken kan i denne sammenheng anses som uendelig stor, og det forutsettes at en kan se bort fra strømning i væsken).

Kulen varmes opp og holdes på konstant overflatetemperatur  $T_0$ .

- a) Bestem temperaturfordelingen  $T(r)$  i væsken etter så lang tid at forholdene kan anses stasjonære.
- b) Finn et uttrykk for effekten  $P$  som er nødvendig for å holde kulens temperatur konstant?

## VEDLEGG

Noen av nedenforstående formler og konstanter kan vise seg nyttige.

Maxwells hastighetsfordeling:  $f(v)dv = \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-mv^2/2kT} 4\pi v^2 dv$

Ved gasstetthet  $n$  er antall støt mot vegg pr. tids- og flateenhet lik:  $\frac{1}{4} n\langle v \rangle$

Termodynamiske potensialer:

$$H = U + pV$$

$$F = U - TS$$

$$G = U + pV - TS$$

En termodynamisk identitet:

$$dG = V dp - SdT + \sum_i \mu_i dN_i$$

Adiabatisk prosess for ideell gass

$$pV^\gamma = \text{konstant.}$$

Fourier's lov:

$$\vec{j} = -\kappa \nabla T$$

Varmeledningslikningen:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D_T \nabla^2 T$$

Molekylvekt for  $H_2O$  er 18.

Avogadros tall:

$$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Boltzmanns konstant:

$$k = 1.381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

Gasskonstanten:

$$R = 8.31 \text{ J/K mol}$$

Plancks konstant:

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js.}$$