

UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:
Professor J.S.Høyve
Tlf. 93654

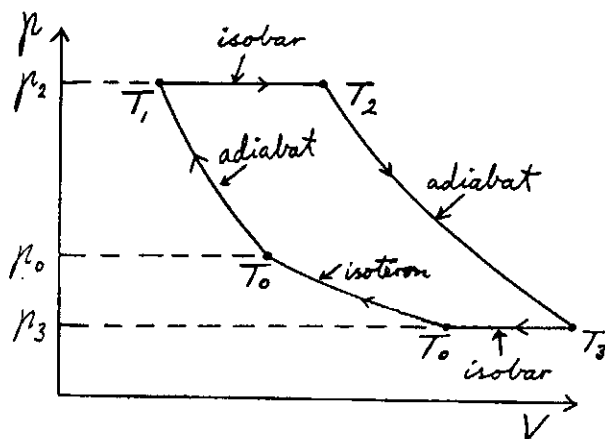
EKSAMEN I FAG 74306 (74305) TERMISK FYSIKK
Lørdag 3. juni 1995
kl.0900–1500

Tillatte hjelpemidler:

Rottmann: Mathematische Formelsammlung
Barnett and Cronin: Mathematical Formulae
Godkjent kalkulator.

Oppgave 1

a)



Et mol av en ideell gass gjennomløper en reversibel kretsprosess. Som angitt på figuren blir gassen komprimert ved konstant temperatur T_0 fra trykket p_3 til trykket p_0 . Deretter blir den komprimert adiabatisk til temperaturen er T_1 og trykket er p_2 . Så blir den

varmet opp ved konstant trykk p_2 til temperaturen er T_2 . Deretter ekspanderer den adiabatisk til temperaturen er T_3 og trykket igjen er p_3 . Til slutt blir den avkjølt ved konstant trykk p_3 til temperaturen igjen er T_0 . Gassen (et mol) har spesifikk varme $C_V = 5/2 R$, og størrelsene p_3 , T_0 , T_1 , T_2 og T_3 anses kjent.

- Bestem trykket p_2 og deretter trykket p_0 .
- Ved de 5 delprosessene blir det tilført varme. Bestem disse varmemengdene som vi kan kalle Q_{00} , Q_{01} , Q_{12} , Q_{23} og Q_{30} for de enkelte delprosessene. (Indeksene på Q_{ij} angir indekser på tilhørende temperaturer T_i og T_j .)
- Anta at indre energi og entropi er henholdsvis U_3 og S_3 ved temperaturen T_3 . Med U_3 og S_3 gitt hva er indre energi U_1 , og entropi S_1 ved temperaturen T_1 ?

- d) Kretsprosessen er idealisering av en arbeidsprosess. Hva blir virkningsgraden η som er forholdet mellom utført arbeid og tilført varme (med $Q_{ij} > 0$).

Oppgitt: For et mol ideell gass:

$$pV = RT$$

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

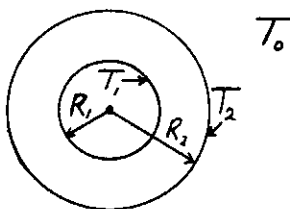
Oppgave 2

- a) I denne oppgaven betraktes stasjonær varmeledning i radiell retning gjennom et sylindrisk rør. Vis at med konstant varmeledningsevne κ er da temperaturen i avstanden r fra sylinderaksen gitt ved

$$T = A \ln r + B$$

der A og B er konstanter.

- b)



Et sylindrisk rør har indre radius R_1 og ytre radius R_2 . Varme ledes mellom innsiden og utsiden av røret som har temperatur henholdsvis T_1 og T_2 .

Hva blir total varmemengde pr. tidsenhet \dot{Q} som strømmer gjennom rørveggen når varmeledningsevnen er κ , og røret har lengde L .

- c) Omgivelsene til røret (luft) har temperaturen T_0 . Temperaturfallet mellom ytre rørvegg og lufta er bestemt av varmeovergangstallet h slik at varmestrømmen (varme pr. flate- og tidsenhet) blir

$$j = h(T_2 - T_0).$$

Hva blir nå uttrykket for varmemengden pr. tidsenhet \dot{Q} når T_0 er gitt istedenfor T_2 ?

- d) Dersom varmeledningsevnen κ er relativt stor, vil \dot{Q} øke med økende rørtykkelse opp til en viss radius R_m som gir maksimal \dot{Q} . (Dette skyldes bedre varmeovergang mot luft på grunn av større overflate med økende radius.) Hvilken ytre radius $R_2 = R_m$ har røret når varmeledningen \dot{Q} er maksimal.

Oppgave 3

- a) Et kvantemekanisk system i termisk likevekt består av uavhengige og lokaliserte partikler som har 3 energinivåer av betydning. De 3 energinivåene er

$$E_\ell = \ell(\ell+1)\epsilon_0 \quad \ell = 0,1,2 \quad (\epsilon_0 > 0)$$

Disse nivåene, som er degenererte, har degenerasjonsgrad

$$g_\ell = 2\ell+1 \quad \ell = 0,1,2$$

Hva er sannsynligheten p_1 for at en partikkel har energien $E_1 = 2\epsilon_0$

($\ell=1$) når temperaturen er T ?

- b) Hva er entropien for et system bestående av N slike uavhengige partikler når temperaturen $T = 0$, og hva er entropien for høye T ($T \rightarrow \infty$) ?
- c) Betrakt nå klassiske partikler i resten av denne oppgaven. Hva er hastighetsfordelingen $F(v)$ for partikler med masse m i likevekt ved temperaturen T når en ser bort fra normeringskonstanten ?
- d) Partikler av en fortynnet gass som strømmer ut av et lite hull i en beholder, har en midlere energi $2kT$. Bestem hvor stor andel p av disse partiklene, som strømmer ut, har energi større enn $2kT$?