



NYNORSK

Fagleg kontakt under eksamen:  
Professor Hans Kolbenstvedt  
Tel.: 73591871

**EKSAMEN I EMNE TFY4165 OG FY1005 TERMISK FYSIKK**

~~Onsdag 26. mai 2004~~  
kl. 09-14

*Fredag 18. juni*

Sensurdato: 29.05.2004

Tillette hjelperåd: Alternativ C

Alternativ C: Spesifiserte trykte og handskrevne hjelperåd. Bestemt, enkel kalkulator. Matematiske formelsamlinger.

Oppgaver: Sjå vedlegg.

# VEDLEGG

## Oppgave 1

- a) En ideell gass har opprinnelig et volum  $V_1$  og et trykk  $p_1$ . Gassen utvider seg isotermt (og reversibelt) til det dobbelte volum. Beregn det arbeid  $W$  som gassen utfører på omgivelsene (uttrykt ved  $p_1$  og  $V_1$ ).
- b) Anta at den samme gassen isteden fordobler sitt volum adiabatisk. Beregn arbeidet  $W_{ad}$  som gassen nå utfører.
- c) Skisser begge prosessene ovenfor i et  $p - V$  diagram. Kan du fra figuren slutte hvilket arbeid som er størst? Stemmer resonnementet med resultatene fra pkt. a) og b)?
- d) Fortell med ord hvorledes gassens trykk og temperatur kan tolkes fra molekylteorien for gasser.  
Ved isoterm utvidelse avtar trykket som  $p \propto 1/V$ , ved adiabatisk ekspansjon som  $p \propto 1/V^{5/3}$ . Kan du forklare fra molekylteorien hvorfor trykket avtar raskere med  $V$  i det adiatiske tilfelle enn i det isoterme?

Gitt: Tilstandsligningen for ideell gass:  $pV = NkT$   
Adiabatisk prosess innebærer  $pV^{5/3} = \text{konst.}$

## Oppgave 2

Et system av  $N(N \gg 1)$  uavhengige partikler er i likevekt med omgivelsene ved absolutt temperatur  $T$ . Hver partikkel kan bare befinne seg i én av to tilstander med energier henholdsvis  $E_1 = 0$  og  $E_2 = \epsilon$ .

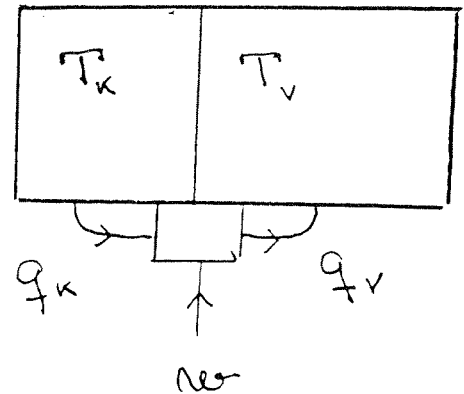
a) Finn et uttrykk for antall partikler  $N_1$  som har energi  $E_1$  og antall partikler  $N_2$  som har energi  $E_2$ . Innfør forkortelsen  $\theta = kT$  der  $k$  er Boltzmanns konstant.

b) Hva blir den midlere energi  $\bar{E}$  per partikkel? Hvorledes er det rimelig å definere systemets indre energi  $U$ ? Hva blir systemets varmekapasitet  $C_V$  ved konstant volum?

c) Finn asymptotiske uttrykk for  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $U$  og  $C_V$  som gjelder for henholdsvis meget høye temperaturer  $\theta \gg \epsilon$  og for meget lave temperaturer  $\theta \ll \epsilon$ . Hva karakteriserer fordelingen av partikler på de to tilstandene i disse to grensetilfellene? Skisser grovt hvorledes  $U$  og  $C_V$  varierer med  $\theta$ .

### Oppgave 3

Figuren viser prinsippet for en dypfryser. En elektrisk motor utfører et arbeid  $w$  for å fjerne en varmemengde  $q_k$  fra fryseren med temperatur  $T_k$  og levere en varmemengde  $q_v$  til omgivelsene med temperatur  $T_v > T_k$ . Anta at såvel fryser som omgivelser tilnærmet kan betraktes som varme-reservoarer.



a)

Benytt varmelærens to hovedsetninger til å finne det absolutt minste arbeid  $w_{\min}$  som trengs i prosessen. Uttrykk dette arbeidet ved  $q_k$  og de to temperaturene.

b)

Hvorledes er det naturlig å definere effektiviteten  $\epsilon$  av systemet? Tenk på kostnad i forhold til oppnådd resultat. Hva blir den maksimale (ideelle) effektiviteten  $\epsilon_{\max}$  for en typisk hjemmefryser med  $T_k = -15^\circ\text{C}$  og  $T_v = 20^\circ\text{C}$ ?

c)

I praksis vil det alltid være en viss varmelekkasje fra omgivelsene. For å opprettholde temperaturen på  $-15^\circ\text{C}$  vil motoren på 250 W slå seg på ca. 15 % av tiden. Effektiviteten er ca. halvdelen av den ideelle verdien funnet ovenfor.

Hvor mye varme lekker det inn i fryseren per sekund?

### Oppgave 4

På en kald vinterdag  $T=260\text{ K}$  ( $=-13^\circ\text{C}$ ) plasseres et snøfnugg inne i en forseglet flaske ute i solskinnet. Lyset får snøfnugget til å fordampe til vannmolekyler.

a)

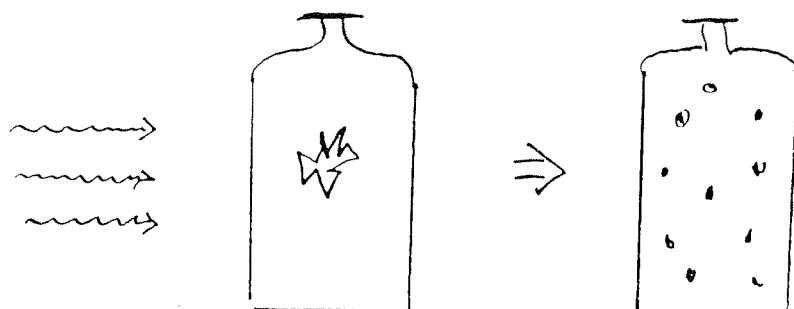
For å fordampe ett gram snø må det tilføres ca. 3000 J. Snøfnugget har en masse  $m = 10^{-3}\text{ g}$ .

Hva blir entropiendringen under fordampningsprosessen?

Hva blir forholdet mellom multiplisitetene (antall måter) etter og før fordampningen? Uttrykk forholdet som en potens av 10.

b)

Hva vil du si om sjansen for at den inverse prosessen skal inntreffe (dvs. dannelse av et snøfnugg fra vannmolekylene med emisjon av lys)? Kan du sannsynliggjøre resultatet når det er gitt at et vannmolekyl har en masse  $m_{H_2O} \approx 3 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ .



### Oppgave 5

a) Ildkulen fra en fusionsbombe består av en gasskule som kort etter eksplosjonen har en radius lik 15 m og en temperatur lik 300000 K. Estimer ildkulens radius når temperaturen har sunket til 3000 K. Anta at kulen forblir kuleformet og at ekspansjonen skjer adiabatisk med  $\gamma = C_p / C_v = 1.4$  (to-atomig gass).

b) Stjernen Capella har en overflatetemperatur målt til  $T_c = 5260 \text{ K}$  og en avstand fra jorden  $r = 4.5 \text{ l.å.} = 4.2 \cdot 10^{17} \text{ m}$

Strålingsintensiteten fra stjernen, målt på jorden, er  $I_{\oplus} = 1.2 \cdot 10^{-9} \text{ W/m}^2$

Benytt disse opplysningene til å anslå Capellas radius  $R_c$ .

Sammenlign med <sup>rd</sup>jordradien  $R_{\oplus} = 7 \cdot 10^8 \text{ m}$

Gitt: "Stephan Boltzmanns lov"  $I = \sigma T^4$ ,  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$