

## Øving 2

## Oppgave 1

a) Volumutvidelseskoeffisienten  $\alpha_V$  og den isoterme kompressibiliteten  $\kappa_T$  er ikke konstanter, men varierer med tilstanden (trykk, temperatur, volum). For å avgjøre hvordan de ulike koeffisientene varierer med tilstanden, må vi kjenne systemets tilstandsligning, men dette er ikke alltid nødvendig for å finne ut sammenhenger mellom hvordan ulike koeffisienter varierer. Vis at følgende sammenheng gjelder for variasjonene med tilstanden for  $\alpha_V$  og  $\kappa_T$ :

$$\left(\frac{\partial \alpha_V}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial \kappa_T}{\partial T}\right)_p.$$

b) Hvis du lager et sirkulært hull med diameter 10 cm i en stålplate utendørs i ti kuldegrader, hva er hullets diameter når platen har akklimatisert seg inne i stua? Stål har lineær utvidelseskoeffisient  $\alpha_L = 13 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

## Oppgave 2

Sammenhenger mellom tilstandsvariable, såkalte tilstandsligninger, uttrykkes generelt på formen

$$f(p, V, T) = 0,$$

slik at de ulike tilstandsvariable kan oppfattes som funksjoner av de to andre,  $p = p(V, T)$  osv. Med andre ord,  $p$ ,  $V$  og  $T$  opptrer som både *tilstandsvariable* og som *tilstandsfunksjoner*.

a) Da gjelder f.eks

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_V^{-1}.$$

Vis dette eksplisitt for en ideell gass.

b) Utled den ”sykiske regel”,

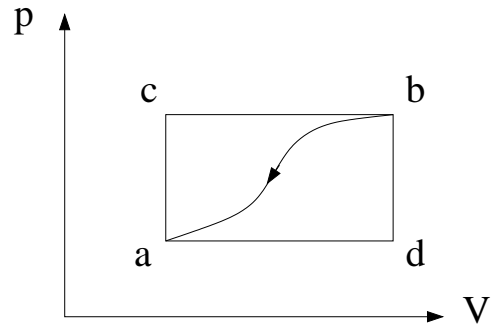
$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_p \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T = -1.$$

Tips: Ta utgangspunkt i (det totale) differensialet  $dp$  når  $p = p(T, V)$ , sett  $dp = 0$ , divider ligningen med  $dT$ , og benytt sammenhengen gitt i punkt a) (her for  $\partial V/\partial T$ ). Se også kapittel 1.6 i PCH.

c) En kobberblokk har trykket 1 atm ( $= 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ) ved  $0^\circ\text{C}$ . Blokken holdes ved konstant volum mens den varmes opp. Hva blir økningen i trykket pr grad temperaturøkning når volumutvidelseskoeffisienten er  $\alpha_V = 48.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  og isoterm kompressibilitet er  $\kappa_T = 7.7 \cdot 10^{-12} \text{ Pa}^{-1}$ ? Tips: Benytt den sykiske regel fra b).

### Oppgave 3

a) I et termodynamisk system foregår en tilstandsforandring fra a til b langs en vei acb (se figur). Under denne tilstandsforandringen opptar systemet 80 J varme samtidig som systemet utfører et arbeid på 30 J. Hvor stor varmemengde mottar systemet langs veien adb når det utførte arbeidet i dette tilfellet er 10 J?



b) Systemet går så tilbake fra tilstand b til utgangspunktet a langs den krumme banen på figuren. Under denne prosessen mottar systemet et arbeid på 20 J. Vil systemet motta eller avgi varme under denne prosessen, og i tilfelle hvor mye?

c) Finn de mottatte varmemengdene under prosessene ad og db når  $U_a = 0$  og  $U_d = 40$  J.

### Oppgave 4

To mol av en ideell gass har temperaturen 300 K. Gassen ekspanderer isotermt til to ganger sitt opprinnelige volum. Beregn arbeidet gassen gjør, nødvendig varme tilført og endring i gassens indre energi. (Et av svarene: 3.46 kJ.)

### Oppgave 5

En ideell gass er innesluttet i en sylinder med et tettsluttende stempel. Trykket er  $p_1$  og volumet er  $V_1$ . Gassen varmes først ved konstant volum slik at temperaturen doubles. Deretter avkjøles den ved konstant trykk inntil den har fått sin opprinnelige temperatur. Tegn prosessen i et  $pV$ -diagram, og vis at arbeidet gjort på gassen er lik  $p_1 V_1$ .