

Øving 6

Oppgave 1

a) Et mol av en gass adlyder van der Waals' tilstandsligning

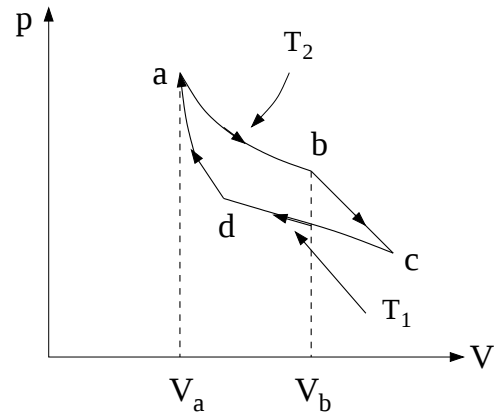
$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2},$$

der a og b er konstanter. Gassen har konstant varmekapasitet C_V . Vis at ved reversible adiabatisk prosesser gjelder

$$T(V-b)^{R/C_V} = \text{konst} \quad \text{og} \quad (p + \frac{a}{V^2})(V-b)^{1+R/C_V} = \text{konst}.$$

[Tips: $(\partial U/\partial V)_T = T(\partial p/\partial T)_V - p$] Vis at i grensen av meget stor C_V faller disse adiabatene sammen med isothermene. Forklar fysikken bak dette.

b) En student som ser på generelle teoremer med skepsis, har problemer med å godta at virkningsgraden for en Carnot-maskin er uavhengig av arbeidssubstansen. "Arbeidet må jo avhenge av isothermens form", sier han. For å overbevise ham bruker du ovennevnte van der Waals-gass i Carnot-maskinen. Arbeidssyklusen, definert ved de to temperatu-
rene T_1 og T_2 og volumene V_a og V_b , er skissert på figuren. Regn ut arbeidet W pr syklus, og bestem så virkningsgraden. [Hint: Her vil det være enklest å regne ut W som forskjellen mellom tilført og avgitt varme.]



Oppgave 2

Otto-prosessen er en idealisert syklus for bensinmotorer. Den består av to isokore og to adiabatisk trinn. Tegn opp kretsprosessen i et pV -diagram. Regn ut virkningsgraden η for en slik prosess. Anta reversible prosesser, ideell gass som arbeidssubstans, og konstante varmekapasiteter. Vis at virkningsgraden kan uttrykkes ved hjelp av *kompresjonsforholdet* $\kappa = V_2/V_1$, som $\eta = 1 - \kappa^{1-\gamma}$, der $\gamma = C_p/C_V$ (adiabatkonstanten). Her er V_2 og $V_1 < V_2$ gassens volum i de to isokore delprosessene. Varme tilføres ved V_1 og avgis ved V_2 .

Oppgave 3

Et mol Ar (argon), som er en edelgass, ekspanderer *fritt* fra volumet $V_1 = 1.0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ til volumet $V_2 = 2.0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. (Ved denne ekspansjonen blir det altså ikke utført noe arbeid mot ytre krefter.) Beregn endringen i temperaturen til gassen på grunn av ekspansjonen når det antas at Ar følger van der Waals' tilstandsligning,

$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}.$$

For Ar er $a = 0.136 \text{ Nm}^4/\text{mol}^2$, mens varmekapasiteten ved konstant volum er $C_V = 12.6 \text{ J/K}$. (Svar: -5.4 K . Se også tipset i oppgave 1a.)