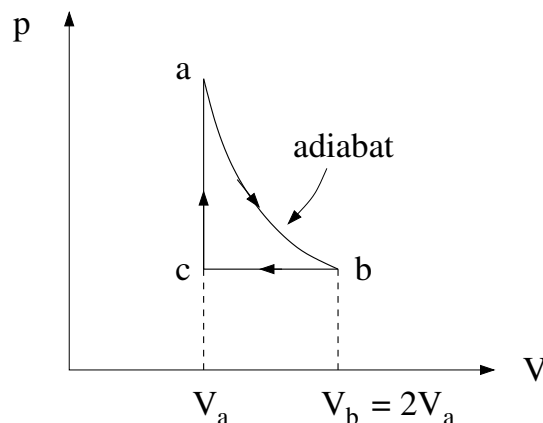


Øving 4

Oppgave 1

En viss mengde enatomig ideell gass gjennomløper kretsprosessen vist på figuren. Hva er adiabatkonstanten for en slik gass? Langs hvilke deler av kretsprosessen tilføres og fjernes varme fra gassen? Beregn virkningsgraden η . [Hint: Det kan forenkle litt å beregne temperaturene i punktene a, b og c i forhold til hverandre. Da kan en unngå beregning av arbeid. Alternativt kan arbeidet bestemmes ved integrasjon.] Hva er, for sammenligningens skyld, virkningsgraden η_C for en Carnot-varmekraftmaskin som arbeider mellom to reservoar med temperaturer lik henholdsvis den største og den minste temperatur som opptrer i prosessen i figuren? [Som nevnt i forelesningene, er η_C den *maksimale* virkningsgraden for en varmekraftmaskin som opererer mellom to gitte temperaturer.]



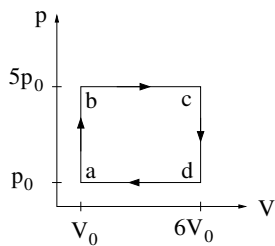
Oppgave 2

Ei elv skal brukes som lavtemperaturreervoar for et stort varmekraftverk med virkningsgrad $\eta = 0.40$. Av økologiske grunner begrenses varmen som dumpes i elva til 1500 MW. Hva er den maksimale elektriske effekten kraftverket kan levere, og hva er tilført varmeenergi som da trengs for å drive kraftverket? Hvor stor vannføring, f.eks i enheten tonn/s, trengs dersom temperaturstigningen i elva skal begrenses til 5 K? (Vannets varmekapasitet er 1 cal/gK.)

Oppgave 3

a) Et ideelt Carnotkjøleskap holder konstant temperatur 4°C (lavtemperaturreervoaret) i et kjellerrom der temperaturen er 13°C (høytemperaturreervoaret). Hva er kjøleskapets effektfaktor, dvs forholdet mellom varmen som trekkes ut av kjøleskapet og arbeidet som kjøleskapets motor må utføre?

- A) Ca 0.55 B) Ca 1.4 C) Ca 11 D) Ca 31 E) Ca 73 F) Ca 82



b) Figuren viser en kretsprosess for et mol ideell gass, med $p_0 = 1 \text{ atm}$ og $V_0 = 5 \text{ L}$. Omlag hvor stort arbeid utfører gassen pr syklus?

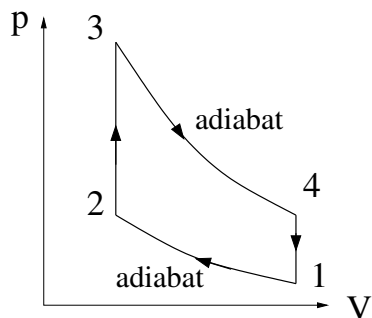
- A) 10 J B) 25 J C) 40 J
D) 10 kJ E) 25 kJ F) 40 kJ

c) Ranger temperaturene i de fire hjørnene av kretsprosessen i oppgave b.

- A) $T_a < T_b < T_c < T_d$ B) $T_a < T_b < T_d < T_c$
C) $T_a < T_d < T_b < T_c$ D) $T_a < T_b = T_d < T_c$

d) Dersom gassen i oppgave b hadde ekspandert isotermt fra tilstand b til en tilstand med trykk p_0 , og deretter blitt komprimert ved konstant trykk tilbake til tilstand a og så varmet opp ved konstant volum til tilstand b osv, omtrent hvor stort arbeid ville gassen da ha utført pr syklus?

- A) 2.0 J B) 6.5 J C) 9.7 J D) 2.0 kJ E) 6.5 kJ F) 9.7 kJ



e) Figuren viser en Otto-syklus, dvs en reversibel idealisering av en 4-takts bensinmotor. Temperaturen i hjørnene 1 – 4 er hhv $T_1 - T_4$. Hva kan du si om virkningsgraden η_O til denne prosessen, i forhold til størrelsen $1 - T_1/T_3$? (Tips: T_1 og T_3 er hhv prosessens minimale og maksimale temperatur.)

- A) $\eta_O < 1 - T_1/T_3$ B) $\eta_O > 1 - T_1/T_3$
C) $\eta_O = 1 - T_1/T_3$ D) $\eta_O = \sqrt{1 - T_1/T_3}$

f) Bensin/luft-blandingen i oppgave e har varmekapasitet C_V (ved konstant volum). Hva blir da arbeidet utført av bensin/luft-blandingen pr syklus av Otto-prosessen?

- A) $C_V(T_4 - T_2)$ B) $C_V(T_3 - T_1)$
C) $C_V(T_1 - T_2 + T_3 - T_4)$ D) $C_V(T_4 + T_3 - T_2 - T_1)$
-

g) "Trinn nr 1" i Carnotprosessen er en isoterm utvidelse. Dersom arbeidssubstansen er en ideell gass, er det ingen endring i indre energi (siden $U = U(T)$), og $Q = W$, dvs tilført varme Q omsettes i sin helhet i arbeid W . Er ikke dette i strid med termodynamikkens 2. lov?

- A) Jo, prosessen er ikke mulig.
B) Nei, omdanning av varme til arbeid er ikke det eneste som skjer i prosessen.
C) Jo, 2. lov gjelder ikke.
D) Nei, 2. lov kan ikke anvendes for ideell gass.
-

Oppgave 4. Otto-prosessen

Regn ut virkningsgraden η_O for Otto-prosessen i oppgave 3e. Anta reversible prosesser, ideell gass som arbeidssubstans, og konstante varmekapasiteter. Vis at virkningsgraden kan uttrykkes ved hjelp av *kompressionsforholdet* $\kappa = V_2/V_1$, som $\eta_O = 1 - \kappa^{1-\gamma}$, der $\gamma = C_p/C_V$ (adiabatkonstanten). Her er V_2 og $V_1 < V_2$ gassens volum i de to isokore delprosessene (hhv $4 \rightarrow 1$ og $2 \rightarrow 3$). Varme tilføres ved V_1 og avgis ved V_2 .
