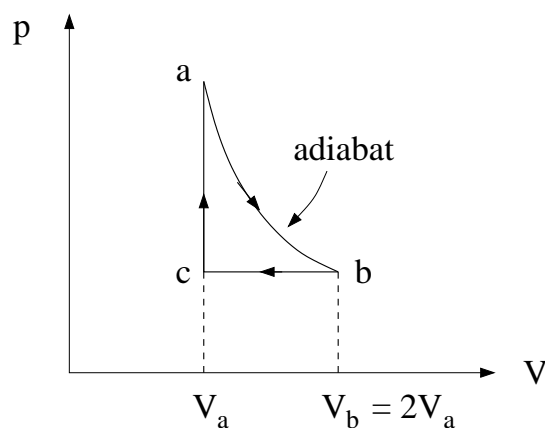


Oppgave 1

Når vann fordampes ved 1 atm, brukes en del av fordampingsvarmen L til å gjøre arbeid mot det ytre trykket. Hvor stor del av fordampingsvarmen L går med til dette arbeidet når $L = 40.7$ kJ/mol? (Tips: Hva kan du si om volumet til en viss mengde H_2O , etter fordamping sammenlignet med før fordamping?)

Oppgave 2

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 . (Svar: 0.23.) [Hint: Det kan forenkles litt å beregne temperatuene 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 vi snart skal se i forelesningene, er η_C den *maksimale* virkningsgraden for en varmekraftmaskin som opererer mellom to gitte temperaturer.]



Oppgave 3

Ei elv skal brukes som lavtemperaturresevoir 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 4

Stirling-maskinen er en varmekraftmaskin som mottar varme fra en *ekstern* varmekilde (i motsetning til en bensinmotor eller en dieselmotor, der varmen utvikles inne i selve motoren, ved forbrenning av drivstoffet). Arbeidssubstansen ("Systemet") kan være luft eller for såvidt en hvilken som helst gass. Maskinen består av to sylindere med stempel, i termisk kontakt med hvert sitt varmereservoir. Stemplene er koblet sammen på en smart måte (se for eksempel Stirling_engine på engelsk wikipedia, alpha type), slik at gassen kan pumpes fram og tilbake mellom de to sylindrene. Mellom sylindrene passerer gassen en såkalt *regenerator*. Dette er et slags "internt varmereservoir", der gassen kan avgi varme på vei fra varm til kald sylinder, og deretter absorbere denne varmen igjen på vei fra kald til varm sylinder. Som vi skal se, vil en perfekt regenerator i prinsipp kunne gi Stirling-maskinen en virkningsgrad η_S lik den teoretisk maksimale virkningsgraden η_C til en Carnot-maskin.

Stirling-maskinens fire delprosesser er som følger:

1. Isoterm utvidelse av gassen i den varme sylindren (ved temperatur T_h).
2. Overføring av gassen til den kalde sylindren. Det varme stempelet går inn mens det kalde stempelet går ut, og gassen presses forbi regeneratoren uten at gassens volum endres. Gassen avgir varmen $|Q_2|$ til regeneratoren og ankommer den kalde sylindren med temperatur T_c .
3. Isoterm kompresjon i den kalde sylindren (ved temperatur T_c), helt tilbake til det opprinnelige volumet. Varme $|Q_c|$ avgis til det kalde reservoaret.
4. Overføring av gassen til den varme sylindren. Det kalde stempelet går inn mens det varme stempelet går ut, og gassen presses forbi regeneratoren uten at gassens volum endres. Gassen absorberer varmen $Q_4 = |Q_2|$ fra regeneratoren og ankommer den varme sylindren med temperatur T_h .

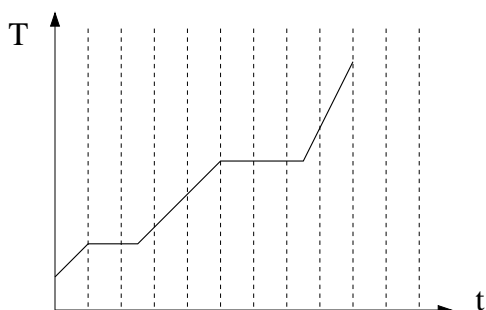
a) Tegn et pV -diagram for en slik ideell Stirling-syklus.

b) Se bort fra regeneratoren for et øyeblikk, slik at den avgitte varmen i trinn 2 ikke gjenvinnes i trinn 4. Anta at gassen er en ideell to-atomig gass, og bestem maskinens virkningsgrad η_S under disse betingelsene. Uttrykk η_S ved temperaturforholdet T_c/T_h samt kompresjonsforholdet (dvs forholdet mellom maksimalt og minimalt volum).

c) Vis at dersom den ideelle gassen passerer en perfekt regenerator mellom de to sylindrene, blir virkningsgraden som for en reversibel Carnot-maskin, $\eta_S = \eta_C$.

Oppgave 5.

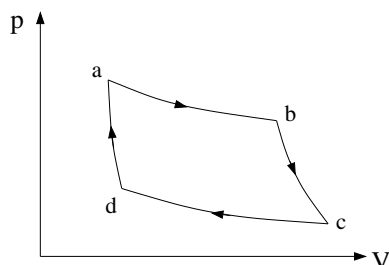
a.



Varme tilføres et rent stoff i en lukket beholder. Tilført varme pr tidsenhet er konstant. Figuren viser hvordan stoffets temperatur T endrer seg med tiden. Hva er forholdet mellom stoffets smeltevarme L_s og stoffets fordampningsvarme L_f ?

- A $L_s/L_f = 0.33$ B $L_s/L_f = 0.60$
 C $L_s/L_f = 1.00$ D $L_s/L_f = 1.67$

b.



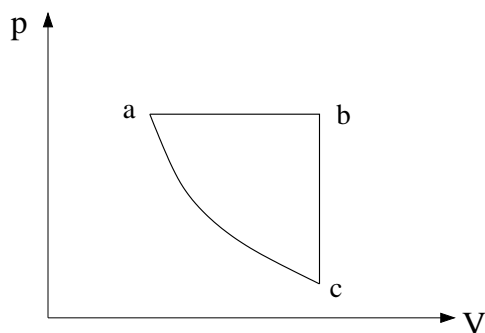
Figuren viser en reversibel kretsprosess der arbeidssubstansen er en gass. Hva er netto arbeid som utføres i kretsprosessen?

- A Null.
 B Arealet omsluttet av kurven abcda.
 C Arealet under kurven abc.
 D Arealet under kurven ab minus arealet under kurven dc.

c. Vedrørende ligningen $Q = \Delta U + W$, hvilken påstand er feil?

- A Ligningen uttrykker energibevarelse.
- B W er arbeidet gjort av systemet.
- C Størrelsen Q kan være både positiv og negativ.
- D Mens Q er en prosessvariabel, er både U og W tilstandsvariable.

d.



Figuren viser en kretsprosess for en ideell gass, bestående av en isobar, en isokor og en adiabat. Ranger temperaturene i a, b og c.

- A $T_b > T_a = T_c$.
- B $T_c > T_b > T_a$.
- C $T_b > T_a > T_c$.
- D $T_c > T_a > T_b$.