

Institutt for fysikk, NTNU

TFY4106 Fysikk for MTBYGG, MTING, høsten 2013.

Regneøving 11.

(Veiledning: Onsdag 6. november kl. 16.15-18.00.)

Denne øvinga omhandler oppvarming og adiabatisk ekspansjon av idéelle gasser.

Oppgave 1. Trykk-koking

Vann kokes i en trykk-koker ved trykk $p = 2$ atm. Ved dette trykket er kokepunktet 120°C , fordampningsvarmen $2.2 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$, volumet av 1 kg vann er 1ℓ og volumet av 1 kg damp er 0.824 m^3 .

- Beregn arbeidet W som utføres når 1 kg vann kokes av ved dette trykket.
- Beregn økningen i indre energi i vannet (fremdeles 1 kg) som går over til damp, $\Delta U = U_{\text{damp}} - U_{\text{væske}}$.

Oppgave 2: Oppvarming av propan

Propangass C_3H_8 har $C_p/C_v = \gamma = 1.127$, og kan for herværende formål betraktes som en ideell gass.

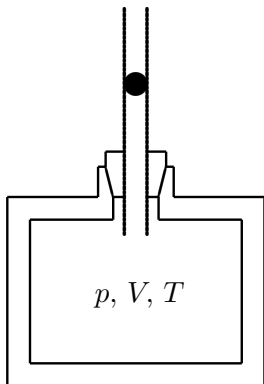
- Hvilken varmemengde Q skal til for å varme opp 1.5 mol propan fra 20 til 25°C ved konstant trykk $p = 1$ atm?
- Hva er tilsvarende forandring ΔU i den indre energi til propangassen?

Oppgave 3: Luftpumpe

Ei pumpe (tenk på ei stor sykkelpumpe) består av en 0.25 m lang sylinder med et bevegelig stempel. Pumpa brukes til å komprimere luft fra atmosfæretrykk $1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ inn i en stor tank med et overtrykk $p_g = 5.1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Varmekapasiteten til luft ved konstant volum er $C_v = 20.8 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$.

- Kompresjonen starter med stempelet helt ute i den ene enden av sylindren. Ventilen antas å åpne ved null differensialtrykk, og kompresjonen kan antas adiabatisk. Hvor langt (ℓ) har stempelet beveget seg i sylindren når gass begynner å strømme inn i tanken?
- Hvis lufta har temperatur 27°C når den kommer inn i pumpa, hva er temperaturen på den komprimerte lufta?
- Hvor stort arbeid W må utføres for å komprimere 20 mol luft adiabatisk, som angitt? For å få den komprimerte lufta inn på tanken kreves et arbeid $p_1 V_1$ i tillegg. Her er $p_1 = p_g + p_0$ der p_0 er atmosfæretrykket og V_1 er volumet av den komprimerte lufta. Av det totale arbeidet bidrar eller hjelper atmosfæretrykket til med bidraget $p_0 V_0$ der V_0 er volumet av lufta før komprimeringen. Hva blir med dette det totale arbeidet W_{tot} som pumpa alene må utføre for å pumpe 20 mol luft inn på tanken (når en ser bort fra tap)?

Oppgave 4: Adiabatiske svingninger – måling av $\gamma = C_p/C_v$



Rückhardts eksperiment: En beholder med volum V er utstyrt med en tettsittende kork, og gjennom korken går et glassrør med indre diameter d . Volumet av røret er lite i forhold til V . Beholderen er fylt med en idéell gass.

Ei kule med masse m kan bevege seg i glassrøret som et stempel, med liten klaring slik at gassen ikke slipper ut. Hvis kula løftes opp og så slippes, vil den svinge opp og ned på ei pute av gass – som komprimeres og dekomprimeres adiabatisk.

Vi vil her se bort fra friksjonsdempning av svingningene.

Vis først – vhja. adiabatlikninga $pV^\gamma = \text{konst.}$ og Newtons 2. lov – at kulas vertikale posisjon er bestemt av ei svingelikning

$$\ddot{y} + (\gamma A^2 p / m V) y = 0, \quad (1)$$

hvor A er tverrsnittet av glassrøret.

Anta så at kula er av messing, med massetetthet $\rho = 8.4 \text{ g/cm}^3$, $p = 1 \text{ atm} \approx 10^5 \text{ Pa}$, $d = 15 \text{ mm}$ og $V = 10 \text{ l}$, og beregn svingeperioden $\tau = 2\pi/\omega_0$ når gassen er henholdsvis

- a) helium (tre translasjonsfrihetsgrader) og
- b) metan CH_4 (tre translasjons- og tre rotasjonsfrihetsgrader).