

TFY4115 Fysikk (MTEL/MTTK/MTNANO)

Øving 11

Veiledning: Torsdag 10. nov. kl 10:15-12.

Innlevering: Tirsdag 15. nov. kl. 13:00

I øvingstimen 10. nov. blir de første 30 min brukt til flervalgsoppgaver med innlevering. Studasser deler ut testen til alle fram møtte og den innleveres etter 30 min. Oppgavene går på kraftforståelse i mekanikken. Oppgavearket dere leverer inn viser et unikt kodennummer, noter dette slik at du kan finne deg igjen i de publiserte resultat. Dermed fungerer dette som en liten midtsemestersprøve der du kan få en pekepinn på hvor du ligger an. Resultatet teller ikke på endelig karakter, men innlevert test vil telle som godkjent øving 11, enten du leverer regneøving 11 eller ikke.

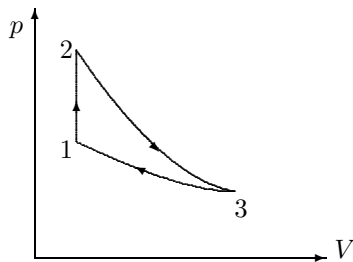
Når testen er gjennomført fortsetter øvingstimene med vanlig veiledning av de følgende oppgavene.

DATA DU KAN FÅ BRUK FOR I ØVINGEN:

Spesifikk varmekap. vann $C'_{\text{vann}} = 1,00 \text{ cal}/(\text{g} \cdot \text{K}) = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

Spesifikk smeltevarme is ved 0°C $L_{\text{is}} = 334 \text{ kJ}/\text{kg}$

Oppgave 1. En idealisert kretsprosess, med *sin* virkningsgrad



En kvasistatisk (reversibel) kretsprosess utføres på n mol ideell gass:
 isokoren ($V = \text{konst.}$) $1 \rightarrow 2$,
 adiabatene ($Q = 0$) $2 \rightarrow 3$,
 og isoterme ($T = \text{konst.}$) $3 \rightarrow 1$.
 Temperaturene T_1 og T_2 er gitt. Bruk termodynamikkens første lov under punktene **a.** og **b.** nedenfor.

- I hvilke delprosesser absorberer gassen varme, og hvor avgir den varme? I hvilke delprosesser gjør gassen arbeid og hvor påføres arbeid?
- Finn varmemengden Q_{inn} som absorberes fra omgivelsene. Uttrykk Q_{inn} med T_1 og T_2 (og en varmekapasitet).
- Finn varmemengden Q_{ut} som avgis. Uttrykk Q_{ut} ved V_1 og V_3 (og gasskonstanten R samt temperaturen T_1).
- Bruk adiabatlikningen til å uttrykke V_3/V_1 ved T_2/T_1 og dermed Q_{ut} ved T_2/T_1 .
- Denne kretsprosessen er det sentrale elementet i en maskin som omgjør varme til mekanisk arbeid. Definer maskinens virkningsgrad ε og bruk resultatene over til å uttrykke ε ved T_1 og T_2 .

Oppgave 2. Varmekraftverk.

Det søkes konsesjon for et stort varmekraftverk som skal bruke ei elv som lavtemperaturrezervoar. Den estimerte virkningsgraden er $\eta = 0,40$. Av økologiske grunner krever konsesjonsgiveren at varmemengden som dumpes i elva ikke overstiger 1,5 GW (1500 MW).

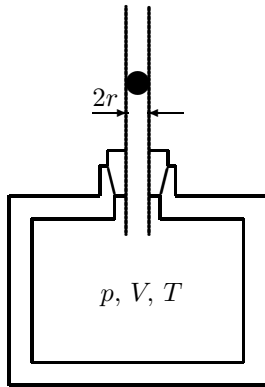
- Med denne begrensningen av den "termiske forurensning", hva er den maksimale elektriske effekten som kraftverket kan levere og hvor stor tilført varmemengde per tidsenhet må da til?
- Hva er minimal vannføring i elva (i tonn/s) dersom temperaturstigningen i elva ikke skal overstige 5,0 K?

Oppgave 3. Carnot ismaskin

En maskin for produksjon av is terninger arbeider som en Carnotmaskin. Den fjerner varme fra vann ved 0°C , og dumper varmen ved romtemperatur på 22°C . Anta at 40 kg vann ved 0°C omdannes til is ved samme temperatur.

- Tegn inn prosessen i et pV -diagram.
- Hvor mye varme må maskinen trekke ut av substansen (vann/is)?
- Hvor mye varme tilføres rommet som ismaskinen står i?
- Og hvor mye energi må tilføres ismaskinen? Gi svaret i kWh for å få et estimat på energiutgiften i kr og øre.

Oppgave 4. Adiabatiske svingninger som målemetode for $\gamma = C_p/C_V$



Rüdchardt's eksperiment: En beholder med volum V er utstyrt med en tettsittende kork, og gjennom korken går et glassrør med indre tverrsnitt $A = \pi r^2$. Volumet av røret er lite i forhold til V . Beholderen er fylt med en ideell gass.

Ei kule med masse m og radius r kan bevege seg i glassrøret som et stempel, med neglisjerbar klaring slik at gassen ikke slipper ut. Hvis kula løftes opp og så slippes, vil den svinge opp og ned på en pute av gass. Svingningene er tilstrekkelig raske til at gassen komprimeres og dekomprimeres adiabatisk. Friksjonsdempningen av svingningene er tilstrekkelig liten til at vi kan se bort fra den.

a. Vis først at Newtons 2. lov, sammen med differensialversjonen av adiabatlikningen $pV^\gamma = \text{konst}$, gir følgende svingelikning for kulas vertikale posisjon z ,

$$\ddot{z} + \omega_0^2 z = 0, \quad \text{med} \quad \omega_0^2 = \frac{\gamma A^2 p}{mV}.$$

Hvordan kan du fysisk forklare at svingetida øker når m eller V øker (som \sqrt{m} og \sqrt{V}), mens den minker når A eller p øker? Og hvorfor minker svingetida med $\sqrt{A^2}$? Tenk f.eks. på svingetida for en masse-fjærpendel.

b. Anta så at kula er av messing, med massetetthet $\rho = 8,4 \text{ g/cm}^3$. Videre er trykket $p = 1,00 \text{ atm} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $r = 7,5 \text{ mm}$ og $V = 10 \text{ l}$. Beregn svingetida (perioden) $\tau = 2\pi/\omega_0$ når gassen er henholdsvis,

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

Oppgave 5. Flervalgsoppgaver termisk fysikk

a. Med grunnlag i kinetisk teori for gasser: Når absolutt temperatur dobles, vil den midlere kinetiske energien til gassmolekylene endres med en faktor

- 16
- 2
- $\sqrt{2}$
- 4
- 0,5

b. Trykket i et system med luftmolekyler ved 20°C blir halvert i en adiabatisk prosess. Hvis adiabatkonstanten for luft er lik 1,41, finn sluttvolumet til gassen:

- 2,66 ganger opprinnelig volum
- 2,00 ganger opprinnelig volum
- 1,64 ganger opprinnelig volum
- 0,50 ganger opprinnelig volum
- 0,38 ganger opprinnelig volum

c. Hvis α er den lineære varmeutvidelseskoeffisienten til et materiale ved 0°C , så er volumutvidelseskoeffisienten til materialet ved 0°C lik

- α
- 3α
- α^3
- $\alpha^{1/3}$
- Ingen av svarene over er rett