

# TFY4115 Fysikk (MTELSYS/MTTK/MTNANO)

## Øving 10

*Veiledning:* Man 7. nov. 14:15-16 og ons 9. nov. 10:15-12.      Gruppeinndelingen finner du på emnets nettside.  
*Innlevering:* Torsdag 10. nov. kl. 12:30      Lever øvinger i bokser utenfor R1.

Oppgave 1-5 er relativt små oppgaver, pass på å få tid til den større pumpeoppgaven 6.

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 varmekap. is	$C'_{\text{is}} = 2,00 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
Spesifikk smeltevarme is ved $0^\circ\text{C}$	$L'_{\text{is}} = 334 \text{ kJ}/\text{kg}$
Spesifikk fordamp.varme vann $100^\circ\text{C}$	$L'_f = 2257 \text{ kJ}/\text{kg}$
Spesifikk varmekap. aluminium	$C'_{\text{Al}} = 0,91 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
Massetettheten vann	$0^\circ\text{C} : \rho_{\text{vann}} = 1,000 \text{ g}/\text{cm}^3; \quad 100^\circ\text{C} : \rho_{\text{vann}} = 0,959 \text{ g}/\text{cm}^3$
Molar masse (molvekt, $M_w$ ) vann	$18,0 \text{ g}/\text{mol}$
Molar masse luft	$29 \text{ g}/\text{mol}$
Molar masse jern, Fe	$55,9 \text{ g}/\text{mol}$
Normaltrykk	$p_0 = 1,00 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 1,013 \text{ bar} = 1013 \text{ hPa} \quad (\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2)$
Luft (toatomig):	$C_V = 5/2 R; \quad C_p = C_V + R; \quad \gamma = C_p/C_V = 7/5$

### Oppgave 1. Varmekapasiteter.

Luft, vann og jern er tre ganske ulike stoffer. Hvilken av disse tror du krever hhv. minst og mest energi per masseenheter for å heve temperaturen med en grad, ved romtemperatur og konstant trykk? Sjekk gjetningen din ved å regne ut spesifikk varmekapasitet  $C'_p$ , i enheten cal/gK for hver av de tre stoffene.

### Oppgave 2. Kalorimetri: Tevann.

En tekanne av aluminium med vekt 0,95 kg, fylt med 2,5 l vann med temperatur  $12^\circ\text{C}$ , settes på ei kokeplate med effekt 1,5 kW.

- a. Se bort fra varmetap til omgivelsene, og beregn hvor stor varmemengde  $Q$  som må tilføres kjele + vann for å varme det hele opp til vannet koker. Angi  $Q$  både i enheter J og i kWh.
- b. Finn så tida  $t$  det tar fra kjelen settes på, til det koker. Anta induksjonskomfyr, slik at varmekapasiteten til komfyrplata er neglisjerbar. Og angi  $t$  i den enheten du ville brukt hvis noen spurte deg "hvor lenge er det til teen er ferdig?"

### Oppgave 3. Kalorimetri: Smelting av is med varmt vann.

Et isolert kar med neglisjerbar masse inneholder et volum  $V = 2,50 \text{ l}$  vann med temperatur  $T_1 = 75^\circ\text{C}$ . Is med temperatur  $T_{\text{is}} = -20^\circ\text{C}$  tømmes i vannet – og det røres til alt har fått samme temperatur, som måles til  $T_2 = 40^\circ\text{C}$ .

Finn et uttrykk for hvor mye is  $m_{\text{is}}$  som har smeltet og sett inn tallverdier til slutt.

### Oppgave 4. Fordampningsarbeid.

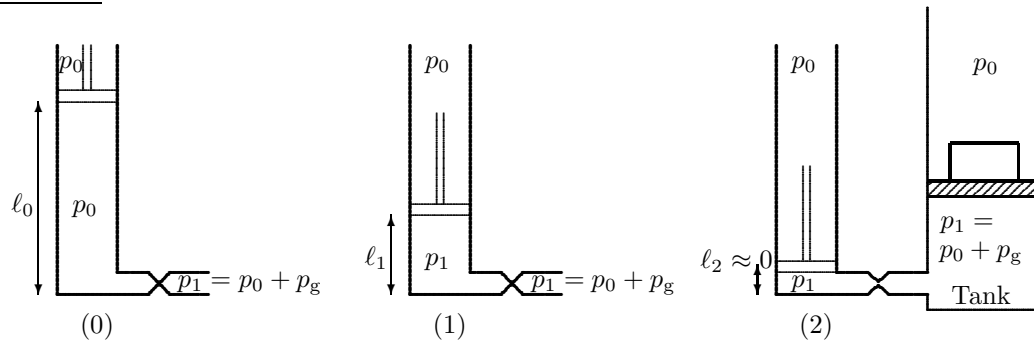
Når vann fordampes brukes en del av fordampningsvarmen til å gjøre arbeid mot det ytre trykket. Hvor stor del av fordampningsvarmen går med til dette arbeidet ved  $100^\circ\text{C}$  og 1 atm?

Kan man se bort fra vannets volum i utregningen?

### Oppgave 5. Atmosfære.

Hvor mye synker temperaturen når tørr luft stiger 100 m rett opp og man kan anta at utvidelsen skjer adiabatisk? Anta at temperaturen i utgangspunktet er  $20^\circ\text{C}$ , at trykket er 1,00 atm (1013 hPa), og at trykkreduksjonen er 13 hPa per 100 m høydeendring.

### Oppgave 6. Adiabatisk luftpumpe og ventiler.



Ei pumpe (f.eks. ei stor sykkelpumpe) består av en  $l_0 = 0,25$  m lang sylinder med et bevegelig stempel. Pumpa komprimerer luft fra atmosfæretrykk  $p_0 = 101$  kPa inn i en stor trykktank. Tanken er bare vist i stilling (2) helt til høyre og trykket i den holdes konstant og lik  $p_1$  med et stempel og et lodd som gir overtrykket  $p_g = 510$  kPa.

I tilstand (0) er stempelet helt ute i den ene enden av sylindere ( $\ell = \ell_0$ ) og lufttrykket lik atmosfæretrykk. I tilstand (1) er trykket i sylindere akkurat lik trykket  $p_1$  i trykkbeholderen. I pkt. **a. - c.** regner vi på denne prosessen. Ved videre kompresjon (1) - (2) vil ventilen til trykktanken åpne og lufta presses inn i denne med konstant trykk  $p_1$ . Første del av kompresjonen (0) - (1) er adiabatisk kompresjon mens kompresjonen (1) - (2) er isobar og adiabatisk.

Når ett slag er gjennomført, trekkes pumpestempelet tilbake til  $\ell_0$  og fylles med luft fra omgivelsene ( $p_0, T_0$ ) og klar for neste slag. Ventil som slipper inn luft er ikke vist i figuren.

- Hvor langt  $\Delta\ell = \ell_0 - \ell_1$  har stempelet beveget seg i sylindere idet gass begynner å strømme inn i tanken?
- Hvis lufta har temperatur  $T_0 = 27^\circ\text{C}$  når den kommer inn i pumpa, hva er temperaturen til den komprimerte lufta med trykk  $p_1$  (og volum  $V_1$ )?
- Hvor stort arbeid  $W_k$  må utføres på 20 mol luft for å komprimere den adiabatisk på denne måten? Til dette må pumpa gjøre mange slag, men trykket  $p_1$  er det samme hver gang.
- Når trykket  $p_1$  er oppnådd skal pumpa for hvert slag presse lufta videre inn i den store tanken ved prosess (1) - (2). Anta  $\ell_2 = 0$ , dvs. all opprinnelig luft presses inn i tanken slik at volumet  $V_1$  presses inn for hvert slag. Beregn arbeidet  $W_t$  som kreves i prosess (1) - (2) for å presse inn totalt 20 mol luft.

EKSTRAOPPGAVE:

**e.** Beregn det totale arbeidet  $W_{\text{netto}}$  som pumpa må utføre for å presse 20 mol luft inn i tanken (komprimering og innpressing). Husk at pumpa trenger ikke gjøre hele arbeidet aleine, atmosfæretrykket bidrar med arbeidet  $p_0 V_0$ , der  $V_0$  er volumet av lufta før komprimeringen (forklar hvorfor).

EKSTRAOPPGAVE:

### Oppgave 7. Adiabatlikninger.

Vi har i forelesningene vist følgende likning for en adiabatisk prosess for en ideell gass:

$$pV^\gamma = \text{konstant}.$$

Vis med grunnlag i denne de to andre adiabatlikninger for ideell gass:

$$TV^{\gamma-1} = \text{konstant} \quad T^\gamma p^{1-\gamma} = \text{konstant}.$$