

TFY4102 Fysikk. Institutt for fysikk, NTNU.
Løsningsforslag til Test 11.

Oppgave 1

Metningstrykket ved null grader celsius er 612 Pa, så med 65% relativ luftfuktighet er partialtrykket til vanddampen $0.65 \cdot 612$ Pa. Ideell gass tilstandsligning gir at antall mol vann pr volumenhet er $n/V = p/RT$. Mengden vann pr volumenhet blir derfor (med molar masse 18 g)

$$m = 18 \cdot 0.65 \cdot 612 / 8.314 \cdot 273 = 3.2,$$

i enheten gram pr kubikkmeter. Riktig svar: A.

Oppgave 2

Tappt varmeeffekt:

$$P = \Delta T / R_Q,$$

der varmemotstanden er

$$R_Q = L / \kappa A.$$

Her er L istykkelsen, κ er isens varmeledningsevne, og A er iglootaketets areal. Og her er $L = 0.20$ m, $\kappa = 2.2$ W/Km og $A = 2\pi r^2 = 2 \cdot 50 = 100$ m². Dermed:

$$P = \frac{30 \cdot 2.2 \cdot 100}{0.20} = 33000 \text{ W} = 33 \text{ kW}.$$

Riktig svar: E.

Oppgave 3

En klar, mørk nattehimmel stråler som et svart legeme med en effektiv temperatur mellom 10 og 30 kuldegrader. Frontruta, som står betydelig på skrå, har en forholdsvis stor romvinkel mot himmelen, og dette har tydeligvis vært nok til å senke frontrutas temperatur så mye at vanddamp i lufta har begynt å omdannes til is. Med andre ord, luftas absolutte vanninnhold har oversteget det som tilsvarer metningstrykket ved den temperaturen som lufta like ved frontruta har hatt gjennom natta. Siden det ikke har frosset til på siderutene, tyder det på at disse har holdt en temperatur som tilsvarer et metningstrykk som er høyere enn det faktiske vandamptrykket i nattelufta. Disse rutene har en mindre romvinkel mot himmelen, og har netto strålt mot en høyere temperatur enn det frontruta har gjort. Vi må konkludere med at garasjeveggen har strålt mot siderutene med en høyere temperatur enn nattehimmels temperatur. Riktig svar: B.

Oppgave 4

Se forelesningsnotatene. Riktig svar: C.

Oppgave 5

Varmekapasiteten pr mol er av størrelsesorden R , gasskonstanten, mens den pr molekyl er av størrelsesorden k_B , Boltzmanns konstant. Riktig svar: E.

Oppgave 6

RMS-hastigheten til molekyler i en gass er proporsjonal med \sqrt{T} . En økning i T fra 243 K til 303 K betyr dermed at rms-hastigheten øker med faktoren $\sqrt{303/243} \simeq 1.12$, dvs 12%. Riktig svar: A.

Oppgave 7

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{3RT/M} = \sqrt{3 \cdot 8.314 \cdot 243 / 0.004} = 1231 \text{ m/s}.$$

Her er det brukt molar masse lik 0.004 kg for helium. Riktig svar: E.

Oppgave 8

$$n = pV/RT = 2.50 \cdot 10^5 \cdot 2.45 \cdot 10^{-3} / 8.314 \cdot 350 \simeq 0.21 \text{ mol.}$$

Riktig svar: A.

Oppgave 9

Forholdet mellom slutt- og startvolum er $V_2/V_1 = 6.66/2.45 \simeq e$, slik at

$$W = nRT \ln(V_2/V_1) = 0.21 \cdot 8.314 \cdot 350 \cdot 1 = 613 \text{ J.}$$

Riktig svar: D.

Oppgave 10

For ideell gass er indre energi U kun en funksjon av temperaturen, og her er den konstant. Dermed er $Q = W = 613 \text{ J}$. Riktig svar: D.

Oppgave 11

Slutt-trykk: $p_2 = p_1 V_1/V_2 = 2.50 \cdot 2.45/6.66 = 0.92 \text{ bar}$. Riktig svar: C.

Oppgave 12

I en adiabatisk prosess i en ideell gass er $TV^{\gamma-1}$ en konstant størrelse. Her er $\gamma = C_p/C_V$ adiabatkonstanten, og for toatomige gasser er $\gamma = 7/5$. Og med $V_1/V_2 = 1/2$ blir $T_2 = 293 \cdot (1/2)^{0.4} = 222 \text{ K}$, eller 51 kuldegrader. Riktig svar: A.

Oppgave 13

For prosess 2 er produktet pV konstant, dvs prosessen er en isoterm. Dermed er riktig svar enten A eller C. Prosess 1 er ikke en isoterm, så vi kan allerede konkludere med at riktig svar er C. For en adiabat er pV^γ en konstant, dvs $Vp^{1/\gamma}$ er en konstant. Prosess 1 er dermed en adiabat dersom $\gamma = 5/3$:

$$V_2 = V_1 \cdot (p_1/p_2)^{1/\gamma} = 4 \cdot (1/3)^{3/5} = 2 \text{ L.}$$

Strengt tatt bør vi vel bytte ut *er* med *kan være* i setningene ovenfor, siden det er mulig med helt andre typer prosesser fra en gitt start-tilstand til en gitt slutt-tilstand. Men oppgaven gikk kun ut på å finne den ene påstanden som kunne være riktig. Riktig svar: C.

Oppgave 14

Maksimal teoretisk virkningsgrad finner vi ved å anta at vi har å gjøre med en Carnot-prosess. Her er $T_2 = 773 \text{ K}$ og $T_1 = 293 \text{ K}$, slik at $\eta_{\max} = 1 - T_1/T_2 = 1 - 293/773 \simeq 0.62$. Riktig svar: D.

Oppgave 15

Ny virkningsgrad er $1 - 293/873 = 0.664$. Finner tilført varme Q_2 med utgangspunkt i effekten oppnådd med gamle rør: $Q_2 = 1/0.621 \text{ GW}$. Effekt med nye rør: $W = 0.664 Q_2 = 0.664/0.621 = 1.07 \text{ GW}$. Med andre ord, en økning på 70 MW, som på et år tilsvarer $6.132 \cdot 10^8 \text{ kWh}$. (1 år = $365 \cdot 24$ timer.) Ei halv krone pr kWh betyr følgelig at nye rør og turbiner vil gi en økt fortjeneste på ca 300 MNOK pr år. Ikke verst! Riktig svar: E.

Oppgave 16

$Q_2 = W/\eta = 2.5 \text{ GW}$, slik at $|Q_1| = |W - Q_2| = 1.5 \text{ GW}$. Riktig svar: B.