

Løsningsforslag Oppgave 26 – 50 Termisk fysikk

26) C: Minimalt trykk under de tre sugekoppene er $p = 0$. Maksimal løftekraft blir $F = 3p\pi r^2 = 3 \cdot 1.013 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot (0.1115/2)^2 \text{ N} = 3157 \text{ N}$, som tilsvarer en masse $m = F/g = 322 \text{ kg}$.

27) B: Alle fire påstander er riktige.

28) A: Indre energi endres ikke i den isoterme utvidelsen, men øker i den adiabatisk kompresjonen. (Trykket er lavest i tilstand 2. Tilført varme er positiv fra 1 til 2 og null fra 2 til 3. Temperaturen er lavest og lik i tilstand 1 og 2. Arbeid på gassen i den adiabatisk kompresjonen er større enn arbeid utført av gassen i den isoterme utvidelsen.)

29) A: For toatomige molekyler er $U/N = 5k_B T/2$, for enatomige er $U/N = 3k_B T/2$. Forholdet blir $5/3 = 1.67$.

30) D: 1. lov gir påkrevd arbeid $W = 1.5 \text{ kJ}$ pr syklus. Dette er her kostnaden, mens nytten er 6.0 kJ varme inn i stua. Da blir effektfaktoren $6.0/1.5 = 4.0$.

31) E: Isoterm utvidelse fra a til b betyr at $T_a = T_b$. Isokor trykkøkning fra c til a betyr temperaturøkning og $T_c < T_a$.

32) A: Med reversible prosesser er $\Delta S = Q/T$. Her er $Q_{ab} > 0$, $Q_{bc} < 0$ og $Q_{ca} > 0$, slik at $S_b > S_a$, $S_b > S_c$ og $S_a > S_c$, og dermed $S_b > S_a > S_c$.

33) D: Dette er en varmekraftmaskin, med virkningsgrad $W_{\text{netto}}/Q_{\text{inn}}$. Her er $W_{\text{netto}} = W_{ab} + W_{bc}$ (hhv positivt og negativt bidrag) mens $Q_{\text{inn}} = Q_{ab} + Q_{ca}$ (begge positive, dvs varme tilført systemet). $Q_{bc} < 0$ er avgitt spillvarme".

34) C: $W = W_{ab} + W_{bc} = RT \ln 2 - p_b V$. I tilstand b gir tilstandsligningen $p_b \cdot 2V = RT$, slik at $p_b V = RT/2$. Dermed er $W = RT \ln 2 - RT/2 = 0.19RT = 0.19 \cdot 8.314 \cdot 500 = 803 \text{ J}$.

35) D: Siden entropien er en tilstandsfunksjon, kan ΔS beregnes ved å betrakte en isoterm utvidelse til et tre ganger så stort volum: $\Delta S = \int dS = \int p dV/T = nR \int_V^{3V} dV/V = nR \ln 3$. Tilstandsligningen gir $nR = pV/T = 9.0 \cdot 1.013 \cdot 10^5 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3}/300 = 7.60 \text{ J/K}$, slik at $\Delta S = 8.3 \text{ J/K}$.

36) B: $Q = 334 \cdot 150 = 50100 \text{ J}$. For omgivelsene er dette avgitt varme, slik at $\Delta S = -Q/T = -50100/296.15 = -169 \text{ J/K}$.

37) A: Entropi er tilstandsfunksjon, så vi kan f.eks. betrakte isoterm reversibel prosess, da temperaturen her er den samme i start- og i slutt-tilstand. ($p_0 V_0 = nRT = (p_0/2)(2V_0)$) Dermed: $\Delta S = R \int_{V_0}^{2V_0} dV/V = R \ln 2 = 5.8 \text{ J/K pr mol.}$

38) C: $p = RT/V = 8.314 \cdot 293/7.88 \cdot 10^{-3} = 3.091 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 3.05 \text{ atm.}$

39) E: $p = RT/(V - b) - a/V^2 = 313683 \text{ Pa} - 21002 \text{ Pa} = 292681 \text{ Pa} = 2.89 \text{ atm.}$

40) B: Parameteren b i van der Waals tilstandsligning tar hensyn til at molekylene tar litt plass, slik at tilgjengelig volum for et gitt molekyl er noe mindre enn det totale volumet V . Her har vi 1.00 mol væske, og med $b = 0.1142 \text{ L/mol}$ må vi forvente et væskevolum som er noe større enn dette. Men siden tilsvarende mengde i gassform opptar et volum 7.88 L, må vi samtidig forvente et væskevolum mye mindre enn 7.88 L. Dermed gjenstår bare 0.17 L som et realistisk alternativ.

41) C: $T_c = (1/R)(V_c - b)(p_c + a/V_c^2) = (1/R) \cdot 2b \cdot 4a/27b^2 = 8a/27Rb = 8 \cdot 1.3041/27 \cdot 8.314 \cdot 0.0001142 = 407 \text{ K.}$

42) A: Fordampingskurven går fra trippelpunktet 4 og ender i kritisk punkt 2.

43) E: $\langle K_{\text{trans}} \rangle = (m/2)\langle v^2 \rangle = (3/2)RT$ dersom m tilsvarer molar masse. Dermed: $V_{\text{rms}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{3RT/m} = \sqrt{3 \cdot 8.314 \cdot 293/0.05812} = 355 \text{ m/s.}$

44) B: Hver kvadratiske frihetsgrad bidrar med $k_B/2$ til C_V pr partikkel, dvs med $R/2 = 4.157 \text{ J/K pr mol.}$ Da tilsvarer 88.3 J/K ca 21 kvadratiske frihetsgrader. Her inngår 3 knyttet til translasjon og 3 knyttet til rotasjon, slik at vi står igjen med ca 15 kvadratiske vibrasjonsfrihetsgrader.

45) E: Vi setter $E_{\text{rot}}^{(l)} = k_B T$ og får $l(l+1) = k_B T I / \hbar^2 = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 300 \cdot 10^{-45} / (1.05 \cdot 10^{-34})^2 \simeq 376$. Da passer $l = 19$ best, siden $19 \cdot 20 = 380$.

46) D: Vi bruker damptrykk-kurven med kokepunktet (11.7 kuldegrader, 1 atm) som referanse ($l = 21300 \text{ J/mol}$):
 $p_d(113.55) = p_d(261.45) \cdot \exp((l/R)(1/261.45 - 1/113.55)) = 1 \text{ atm} \cdot \exp(-12.76) = 0.29 \text{ Pa.}$

(Her bommer vi litt på eksperimentell verdi som er ca 0.019 Pa.)

47) D: $\Delta T = 8 \text{ K}$, $R = (0.025/0.25 \cdot 1) + (0.075/0.035 \cdot 1) = 0.10 + 2.14 = 2.24 \text{ K/W}$, $P = \Delta T/R = 8/2.24 = 3.6 \text{ W.}$

48) B: Effekttap gjennom 0.14 m^2 tre, tykkelse 0.20 m : $P_t = j_t A_t = \kappa_t \Delta T A_t / a = 0.12 \cdot 30 \cdot 0.14 / 0.20 = 2.52 \text{ W}$.

Effekttap gjennom 0.86 m^2 mineralull, tykkelse 0.20 m : $P_m = j_m A_m = \kappa_m \Delta T A_m / a = 0.035 \cdot 30 \cdot 0.86 / 0.20 = 4.52 \text{ W}$.

Totalt effekttap gjennom 1 m^2 : 7.0 W .

49) C: $P_2/P_1 = (T_2^4 \cdot A_2 / T_1^4 \cdot A_1) = 2^4 \cdot (R_2/R_1)^2 = 2^4 \cdot (V_2/V_1)^{2/3} = 2^4 \cdot 1/2^{2/3} = 2^{10/3} = 10$.

50) C: $\alpha = (1/\Delta T)(\Delta L/L)$ slik at $\Delta L = \alpha L \Delta T = 10^{-5} \cdot 260 \cdot 10^3 \cdot 50 \text{ m} = 130 \text{ m}$.