

* $\kappa_{\text{Air}} = 1.4$ * $R_{\text{Air}} = 0.2870 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

*배점은 1~9번 1점, 10~16번 3점, 부분점수는 0.5점 단위

[Q1-3]

아래 열역학 용어들을 영어로 쓰시오.

-공업 열역학 : engineering thermodynamics

-임계점 : critical point

-잠열 : latent heat

[Q4-8]

아래 열역학 용어들의 정의를 쓰시오.

-내부에너지 : 시스템 내부의 미시적 에너지의 총합

-압축성 인자 : 실제기체가 이상기체로부터 벗어난 정도를 나타낸 인자

-밀폐계에서 에너지 보존 법칙 :

$$\Delta E = Q - W$$

특정한 시간동안 시스템의 에너지 변화량은 시스템이 같은 시간동안 받은 순 열과 같은 시간동안 시스템이 외부에 한 순 일의 차이와 같다.

-깁스의 상법칙 :

$$f = c - p + n$$

 f : 독립적 강성적 성질의 수 c : 시스템에 존재하는 성분의 수 p : 평형 상태에 있는 상의 수 n : 조성과 무관한 성질의 수

[Q9]

23°C를 화씨로 환산하라.

$$32 + 23 \times \frac{9}{5} = 73.4000 \approx 73.40^\circ\text{C}$$

[Q10]

건고한 용기에 초기온도 20°C, 초기압력 180 kPa의 이상기체 12 kg에 기체가 추가되어 27°C, 250 kPa로 변했을 때, 최종 기체의 질량을 구하시오.

[풀이]

$$V = \text{const.}, \quad P_1 = 180 \text{ kPa}, \quad P_2 = 250 \text{ kPa}$$

$$m_1 = 12 \text{ kg}$$

$$T_1 = (20 + 273.15) \text{ K} = 293.15 \text{ K}$$

$$T_2 = (270 + 273.15) \text{ K} = 300.15 \text{ K}$$

$$PV = mRT, \quad \frac{V}{R} = \frac{mT}{P} = \text{const.}$$

$$\frac{m_1 T_1}{P_1} = \frac{m_2 T_2}{P_2}$$

$$m_2 = \frac{m_1 T_1 P_2}{T_2 P_1} = \frac{(12)(293.15)(250)}{(300.15)(180)}$$

$$= 16.27797213 \approx 16.278 \text{ kg}$$

$$m_2 = 16.278 \text{ kg} \quad \blacktriangleleft$$

[Q11]

건고한 용기에 비체적이 0.57015 m³/kg, 압력이 300 kPa인 물 1.5 kg이 들어있다. 이때 (a) 물의 상태, (b) 내부 에너지를 구하시오. (c) 압력이 500 kPa로 상승했을 때 열전달량을 구하시오

[풀이]

$$v = 0.57015 \text{ m}^3, \quad P_1 = 300 \text{ kPa}, \quad P_2 = 500 \text{ kPa}$$

$$v_f = v_f @ 300 \text{ kPa} = 0.001073 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_g = v_g @ 300 \text{ kPa} = 0.60582 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_f < v < v_g \Rightarrow \text{wet vapor}$$

$$x_1 = \frac{v - v_f}{v_g - v_f} = \frac{0.57015 - 0.001073}{0.60582 - 0.001073}$$

$$= 0.9410166566 \approx 0.941$$

$$(a) \quad \text{습증기} ; x = 94.1\% \quad \blacktriangleleft$$

$$u_{f1} = u_f @ 300 \text{ kPa} = 561.11 \text{ kJ/kg}$$

$$u_{fg1} = u_{fg} @ 300 \text{ kPa} = 1982.1 \text{ kJ/kg}$$

$$U_1 = mu_1 = m(u_{f1} + xu_{fg1})$$

$$= (1.5)\{561.11 + (0.9410166566)(1982.1)\}$$

$$= 3639.448673 \approx 3639.449 \text{ kJ/kg}$$

$$(b) \quad U = 3639.449 \text{ kJ} \quad \blacktriangleleft$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 0.5 \text{ MPa} \\ v = 0.57015 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array} \right\} u_2 = 2883.0 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = \Delta U = mu_2 - U_1 = (1.5)(2883.0) - 3639.449$$

$$= 685.051000 \approx 685.051 \text{ kJ}$$

$$(c) \quad Q = 685.051 \text{ kJ} \quad \blacktriangleleft$$

[Q12]

마찰이 없는 피스톤 실린더에 0.5 MPa, 350°C의 질소 (N₂)가 들어있다. 일정한 압력을 유지하면서 240°C로 냉각되었다. (a) 이때의 열전달량과 (b) 용기에 한 일을 구하시오. (비체적은 사용할 수 없음)

$$R = 0.297 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \quad (\text{N}_2)$$

$$c_p = 1.039 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \quad (\text{N}_2)$$

[풀이]

$$q = c_p \Delta T = c_p (T_2 - T_1) = (1.039)(240 - 350)$$

$$= -114.29000 \approx -114.290 \text{ kJ/kg}$$

$$w = P \Delta v = R(T_2 - T_1) = (0.297)(240 - 350)$$

$$= -32.67000 \approx -32.670 \text{ kJ/kg}$$

$$q = -114.290 \text{ kJ/kg}; w = -32.670 \text{ kJ/kg} \quad \blacktriangleleft$$

[Q13]

마찰이 없는 피스톤 실린더에 200 kPa, 120°C의 이상기체가 600 L의 용기에 들어있다. 온도가 일정하게 유지되면서 체적이 200 L로 변해서 압축될 때, 용기에 한 일을 구하시오.

[풀이]

$$P_1 = 200 \text{ kPa}, \quad V_1 = 0.6 \text{ m}^3, \quad V_2 = 0.2 \text{ m}^3$$

$$mRT = PV = \text{const.}$$

$$W = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = (200)(0.6) \ln \frac{0.2}{0.6}$$

$$= -131.8334746 \approx -131.833 \text{ kJ}$$

$$W = -131.833 \text{ kJ} \quad \blacktriangleleft$$

[Q14]

300 g의 물이 초기압력이 500 kPa, 초기온도 145°C에서 170°C로 일정한 압력을 유지하며 변한다. (a) 최초상태와 최종상태를 구하시오. (b) 열전달량을 구하시오. (c) 위 변화량을 $T-v$ 선도에 나타내시오. (답을 구하는 과정에서 알아낸 모든 값들을 적당히 표현하시오.)

[풀이]

$$T_{\text{sat}} @ 500 \text{ kPa} = 151.83^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{sat}} @ 500 \text{ kPa} > T_1 = 145^\circ\text{C} \Rightarrow \text{압축액}$$

$$T_{\text{sat}} @ 500 \text{ kPa} < T_2 = 170^\circ\text{C} \Rightarrow \text{과열증기}$$

$$(a) \text{ 압축액} \rightarrow \text{과열증기} \quad \blacktriangleleft$$

$$h_1 \approx h_{f@500 \text{ kPa}} = 640.09 \text{ kJ/kg}$$

$T [^\circ\text{C}]$	$h [\text{kJ/kg}]$
151.83	2748.1
170.00	h_2
200.00	2855.8

@ $P = 0.5 \text{ MPa}$

$$h_2 = \frac{170 - 200}{200 - 151.83} (2855.8 - 2748.1) + 2748.1$$

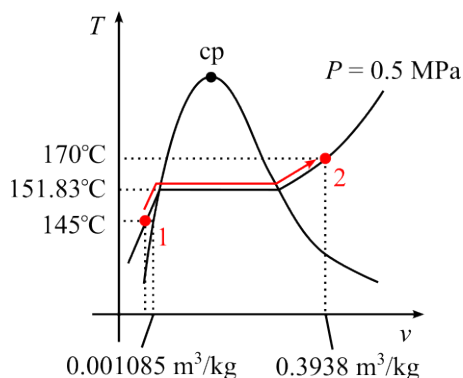
$$= 2788.725057 \approx 2788.725 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$Q = \Delta H = m(h_2 - h_1) = (0.3)(2788.725 - 640.09)$$

$$= 644.5905000 \approx 644.591 \text{ kJ}$$

$$(b) \quad Q = 644.591 \text{ kJ} \quad \blacktriangleleft$$

(c) ▶



[Q15]

마찰이 없는 피스톤 실린더에 400 kPa, 250°C인 물 0.7 kg이 들어있다. 이 물이 서서히 냉각되어 건도가 65%가 되었을 때 (a) 최종 온도와 최종 비체적을 구하시오. (b) 이 과정에서 용기에 한 일을 구하시오. (c) 위 변화량을 $P-v$ 선도에 나타내시오. (답을 구하는 과정에서 알아낸 모든 값들을 적당히 표현하시오.)

[풀이]

$$P = 400 \text{ kPa} = \text{const.}, \quad T_1 = 250^\circ\text{C}, \quad x_2 = 0.65$$

$$0 < x < 1 \Rightarrow \text{최종상태: 습증기}$$

$$T_2 = T_{\text{sat}} @ 400 \text{ kPa} = 143.61^\circ\text{C}$$

$$v_f = v_{f@400 \text{ kPa}} = 0.001084 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_g = v_{g@400 \text{ kPa}} = 0.46242 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_2 = v_f + x(v_g - v_f) = 0.001084 + (0.65)(0.46242) \\ = 0.301657000 \approx 0.3017 \text{ m}^3/\text{kg}$$

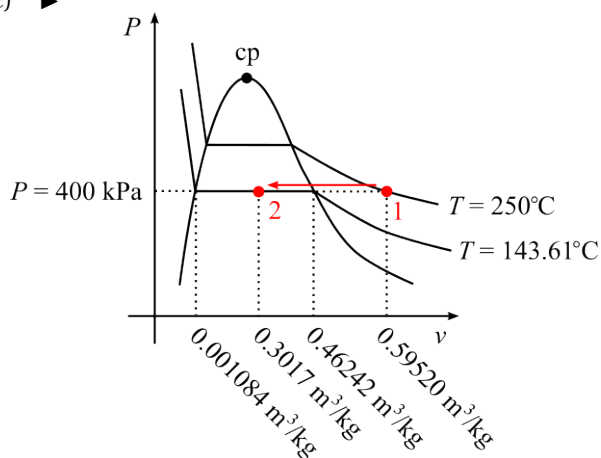
$$(a) \quad T_2 = 143.61^\circ\text{C}; v_2 = 0.3017 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \blacktriangleleft$$

$$\left. \begin{array}{l} P = 400 \text{ kPa} \\ T_1 = 250^\circ\text{C} \end{array} \right\} v_1 = 0.59520 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$W = mP(v_2 - v_1) = (0.7)(400)(0.3017 - 0.59520) \\ = -82.18000 \approx -82.180 \text{ kJ}$$

$$(b) \quad W = -82.180 \text{ kJ} \quad \blacktriangleleft$$

(c) ▶



[Q16]

단열된 용기에 0.5 kg의 공기가 3 MPa의 초기압력과 200°C의 초기온도로 존재한다. 최종압력이 800 kPa로 팽창할 때 (a) 최종온도, (b) 용기에 한 일, (c) 열전달량을 구하시오.

[풀이]

$$T_1 = 200 + 273.15 = 473.15000 \approx 473.15 \text{ K}$$

$$TP^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = \text{const.}, \quad T_1 P_1^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = T_2 P_2^{\frac{1-\kappa}{\kappa}}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = (473.15) \left(\frac{3000}{800} \right)^{\frac{1-1.4}{1.4}} \\ = 324.3320826 \approx 324.33 \text{ K} = 51.81^\circ\text{C}$$

$$(a) \quad T_2 = 51.81^\circ\text{C} \quad \blacktriangleleft$$

[E7EX]

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - \kappa} = mR \left(\frac{T_2 - T_1}{1 - \kappa} \right) \\
 &= (0.5)(0.2870) \left(\frac{324.33 - 473.15}{1 - 1.4} \right) = 53.389175 \\
 &\approx 53.389 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

$$(b) \quad W = 53.389 \text{ kJ} \quad \blacktriangleleft$$

$$(c) \quad Q = 0 \quad \blacktriangleleft$$