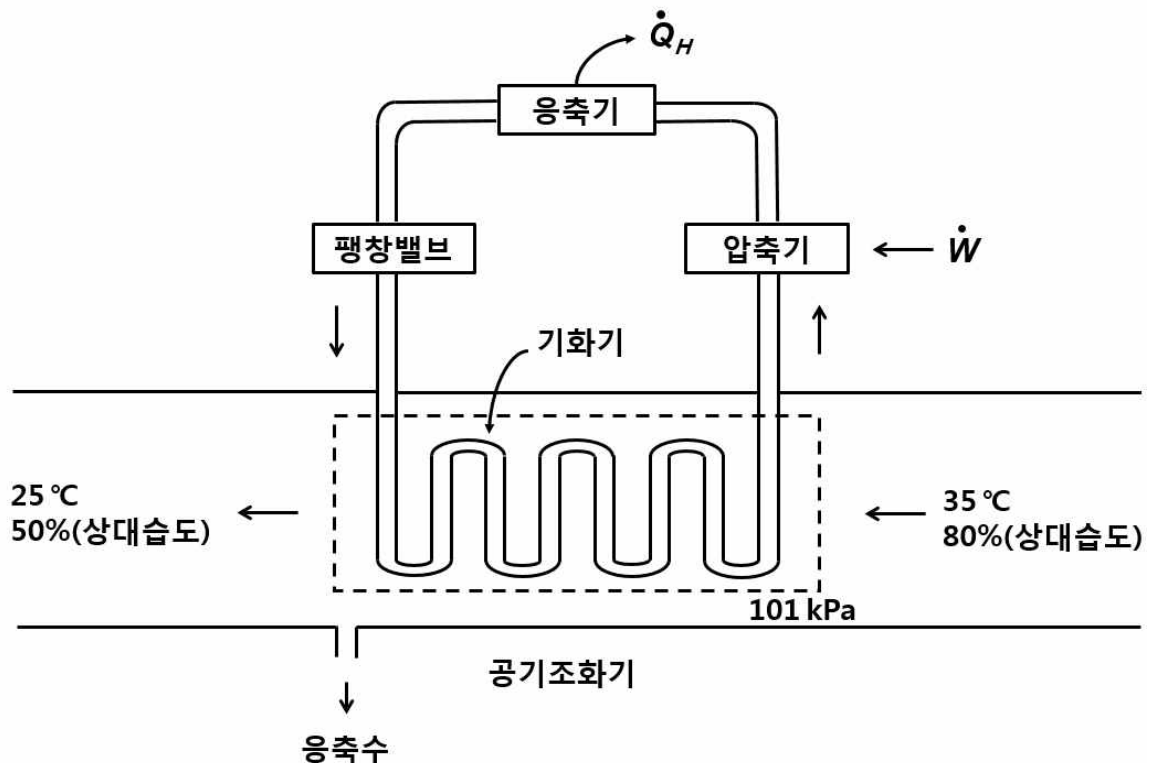


【 문제-1 】 (30점)

냉매 R-134a를 작동유체로 하는 이상적 증기압축식 냉동장치를 이용하여 101 kPa, 35 °C, 상대습도 80%인 습공기를 101 kPa, 25 °C, 상대습도 50%로 냉각하는 정상상태 단열 공기조화기(air conditioner)를 작동시키고 있다. 냉동장치 증기화기는 400 kPa에서 작동하고, 응축기는 1,000 kPa에서 작동한다. 공기조화기에 들어오는 습공기의 부피유량은 0.2 m<sup>3</sup>/s이다. 다음 물음에 답하시오. (단, 공기와 수증기는 이상기체이며, 공기의 정압비열은 1.005 kJ/kg · K이다. 공기와 수증기의 기체상수는 각각 0.287 kJ/kg · K와 0.461 kJ/kg · K이다.)



- (1) 공기조화기에서 응축수 제거율(kg/s)과 기화기로 전달되는 열 전달률(kW)을 구하시오. (20점)
- (2) 냉동장치에서 작동하고 있는 냉매의 질량유량(kg/s)을 구하시오. (3점)
- (3) 압축기에 공급되어야 하는 동력(kW)과 응축기의 열 배출률(kW)을 구하시오. (7점)

<물의 포화상태표>

온도(℃)	압력(kPa)	$h_f$ (kJ/kg)	$h_g$ (kJ/kg)
25	3.1698	104.83	2,546.5
35	5.6291	146.64	2,564.6

<R-134a의 포화상태표>

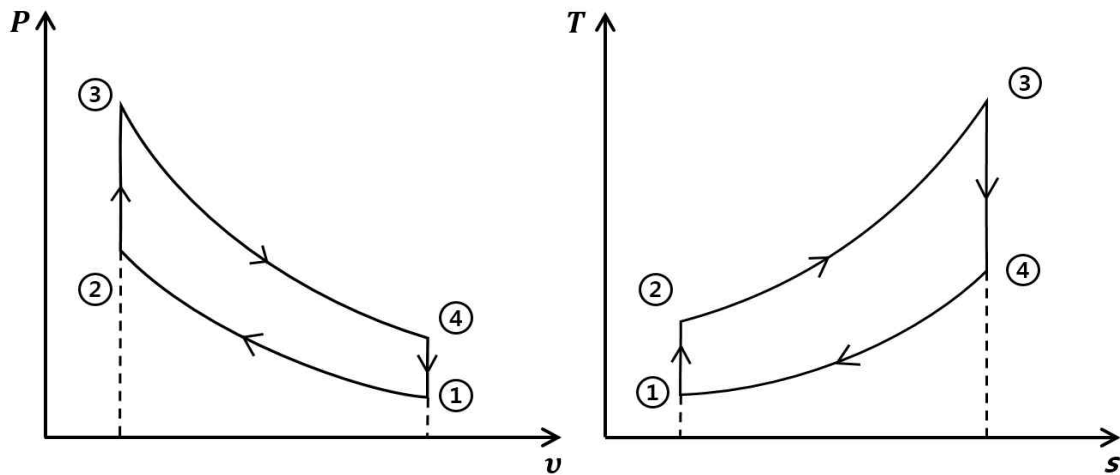
압력(kPa)	온도(℃)	$h_f$ (kJ/kg)	$h_g$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg · K)	$s_g$ (kJ/kg · K)
400	8.91	63.92	255.61	0.24757	0.92711
1,000	39.37	107.34	271.04	0.39196	0.91574

<R-134a의 과열상태표>

압력(kPa)	온도(℃)	$h$ (kJ/kg)	$s$ (kJ/kg · K)
1,000	40	271.73	0.9180
	50	282.76	0.9526

【 문제-2 】 (20점)

이상적인 Otto 사이클은 아래의  $P-v$  선도,  $T-s$  선도에 나타낸 바와 같이 정적과정과 등엔트로피 과정의 결합으로 구성된다. 압축비(최대 부피와 최소 부피의 비)가 9이며 100kPa, 20℃의 상태 ①에서 시작하고 정적 가열과정 동안  $q_{in} = 1,100 \text{ kJ/kg}$ 의 열이 공급된다. 다음 물음에 답하시오. (단, 작동유체는 정적비열  $c_v = 0.718 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ , 기체상수  $R = 0.287 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ , 비열비  $k = 1.4$ 인 이상기체라고 가정한다.)



- (1) 사이클의 최고 온도(℃)와 최고 압력(kPa)을 구하시오. (10점)
- (2) 한 사이클 동안 정적 방열 과정에서 방출한 열  $q_{out}$ (kJ/kg)과 순 일(net work)(kJ/kg)을 구하시오. (7점)
- (3) 열효율을 구하시오. (3점)

【 문제-3 】 (30점)

순수 물질에 대하여 단위질량당 내부에너지  $u$ , Helmholtz 함수(자유 에너지)  $f$ 의 미분은 각각  $du = Tds - Pdv$ ,  $df = -s dT - Pdv$ 로 주어지고, 정적비열은  $c_v = T \left( \frac{\partial s}{\partial T} \right)_v$ 로 정의된다. 다음 물음에 답하시오.

(1) 열역학적 상태량  $u$ 와  $f$ 의 2차 편미분에 대한 Maxwell 관계식을 쓰시오. (4점)

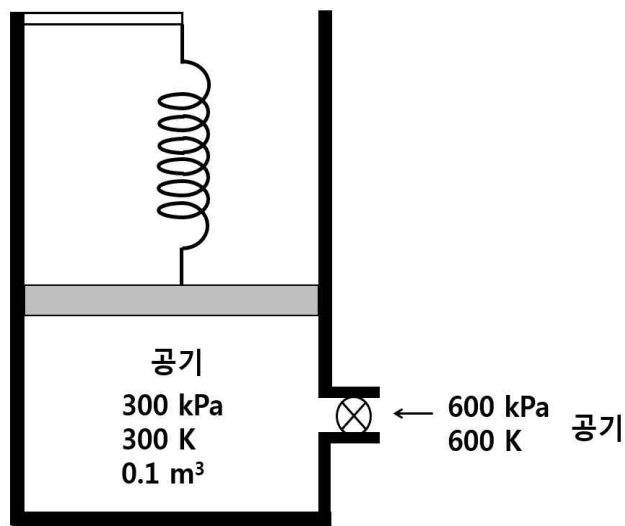
(2) 열역학적 관계식  $du = c_v dT + \left[ T \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_v - P \right] dv$ 를 증명하시오. (10점)

(3) 상태방정식이  $P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2}$ 으로 주어지는 van der Waals 기체( $R$ ,  $a$ ,  $b$ 는 상수)의 정적비열이 온도만의 함수임을 보이기 위하여 (2)의 관계식을 이용하여  $\left( \frac{\partial c_v}{\partial v} \right)_T = 0$ 을 증명하시오. (12점)

(4) van der Waals 기체의 정적비열이  $c_v = c_0 \exp(T/T_0)$ 일 때( $c_0$ ,  $T_0$ 은 상수), 내부에너지의 변화  $u_2 - u_1 = u(T_2, v_2) - u(T_1, v_1)$ 를 구하시오. (4점)

【 문제-4 】 (20점)

단열된 피스톤-실린더 기구 내에 초기에는 300 kPa, 300 K 공기가 채워져 평형 상태에 있다. 초기에 실린더의 내부 부피는  $0.1 \text{ m}^3$ 이고, 단면적이  $1 \text{ m}^2$ 인 피스톤에 스프링상수가 200 kN/m인 스프링이 연결되어 있지만, 스프링은 피스톤에 힘을 가하지 않는다. 실린더에 연결관을 통해 600 kPa, 600 K 공기를 주입하여 초기 부피에서 2배로 증가시킨 후 밸브를 닫는다. 다음 물음에 답하시오. (단, 공기는 이상기체이고, 정압비열과 기체상수는 각각  $1.005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ 와  $0.287 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ 이며, 피스톤 질량과 연결관 부피는 무시한다.)



- (1) 공기를 주입한 후 실린더 내부 압력(kPa)과 이 과정에서 공기가 한 일(kJ)을 구하시오. (5점)
- (2) 공기를 주입한 후 실린더 내부 온도(K)를 구하시오. (15점)