

열역학

2019년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 :                      성명 :

제 1 문. 정적비열( $C_v$ )이  $0.7175 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ 이고, 비열비( $k$ )가 1.4로 일정한 이상기체 공기가 밀폐시스템에서 다음과 같은 세 개의 과정으로 사이클을 형성한다. 공기의 기체상수는  $0.287 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ 이며, 상태 1에서의 온도와 압력은 각각  $300 \text{ K}$ 과  $100 \text{ kPa}$ 이다. 모든 과정은 가역과정으로 간주한다. 다음 물음에 답하시오. (단, 모든 일과 열은 공기 단위질량당 값( $\text{kJ/kg}$ )으로 계산한다)                      (총 15점)

과정 1 - 2	등엔트로피 압축과정
과정 2 - 3	등온팽창과정
과정 3 - 1	정적과정

- 1) 상기 과정을 포함하는 사이클을 압력-체적( $P-v$ ) 선도와 온도-엔트로피( $T-s$ ) 선도 위에 나타내고, 사이클의 진행방향을 표시하시오. (2점)
- 2) 이 사이클에서 과정 1 - 2는 엔트로피 변화 없이 체적이 감소한다. 이 과정에서 밀폐된 시스템으로 투입되는 일의 크기가  $194.5 \text{ kJ/kg}$ 일 때, 압축비  $\psi = \frac{v_1}{v_2}$ 를 구하시오. (5점)
- 3) 과정 2 - 3과 과정 3 - 1에서 열과 일을 각각 구하시오. (5점)
- 4) 이 사이클이 동력사이클인지 냉동사이클인지 검토하고 동력사이클이면 효율을, 냉동사이클이면 성능계수를 구하시오. (3점)

제 2 문. 압력과 온도 변화에 따른 물질의 상태 변화를 나타내는  $P-T$  선도와 관련하여 다음 물음에 답하시오.                      (총 15점)

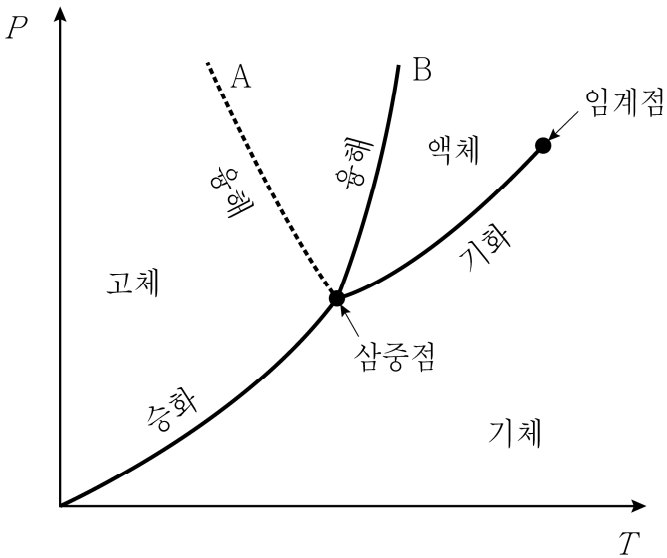
- 1) Helmholtz 함수  $a$ 는 완전미분의 성질을 갖는다. 이를 활용하여 다음 Maxwell 관계식을 유도하시오. (단,  $a \equiv u - Ts$ 이고,  $Tds = Pdv + du$ 이다) (5점)

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T$$

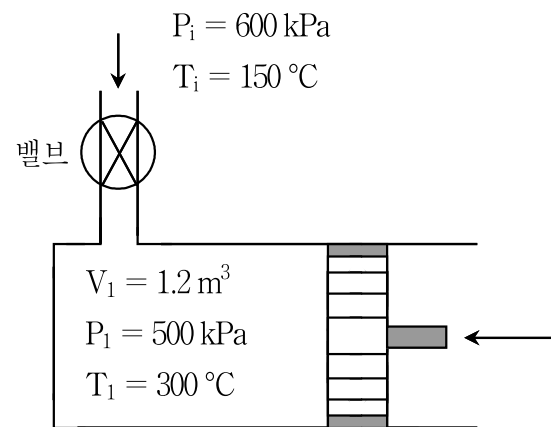
- 2) 1)의 Maxwell 관계식을 이용하여 액체-기체 간의 상변화 과정에서 다음 관계식을 유도하시오. (단, 하첨자  $sat$ 는 포화상태를 나타내며,  $h_{fg} = h_g - h_f$ 이고,  $v_{fg} = v_g - v_f$ 이다. 하첨자  $f$ 와  $g$ 는 각각 액상과 기상을 나타낸다) (5점)

$$\left(\frac{dP}{dT}\right)_{sat} = \frac{h_{fg}}{T_{sat}v_{fg}}$$

- 3) 2)의 관계식은 고체-액체 간의 상변화 과정에서도 적용할 수 있다. 물의 경우, 그림으로 주어진  $P-T$  선도의 용해곡선이 A, B 중 어떤 형태로 나타날지 관계식을 이용하여 설명하시오. (5점)



제 3 문. 그림과 같이 피스톤-실린더로 구성된 장치의 내부에 300 °C, 500 kPa의 공기가 들어 있고, 이때 체적은 1.2 m<sup>3</sup>이다. 실린더의 상부 한쪽은 밸브와 연결되어 있으며, 밸브의 다른 쪽은 150 °C, 600 kPa의 공기를 공급하는 관과 연결되어 있다. 처음에 밸브는 닫혀 있었고 밸브를 서서히 열었다가 체적이 처음의 2배가 될 때 밸브를 닫는다. 이 과정 동안 실린더 내부의 압력은 피스톤과 밸브의 작용으로 일정하게 500 kPa로 유지된다. 장치는 외부와 단열되어 있고 공기는 이상기체라고 가정할 때, 다음 물음에 답하시오. (단, 공기의 기체상수는 0.287 kJ/kg · K 이며, 피스톤과 실린더 벽사이의 마찰은 무시한다. 또한, 공기의 정압비열과 정적비열은 상수이다) (총 10점)



- 1) 실린더 내 공기의 최종온도(K)를 구하시오. (6점)
- 2) 밸브를 통해 공급된 공기의 질량(kg)을 구하시오. (4점)

제 4 문. 카노(Carnot) 열기관이 800 °C의 열저장조로부터 10 kW의 열을 받아 이 중 일부를 일로 변환하고, 나머지는 27 °C의 주위 공기로 열을 방출한다. 이 열기관의 일은 카노 냉동기를 구동하는 데 사용되며, 냉동기는 -16 °C인 냉동실에서 열을 흡수하여 27 °C의 주위 공기로 열을 방출한다. 다음 물음에 답하시오. (총 10점)

- 1) 냉동실에서 최대로 얻을 수 있는 열제거율(kW)을 구하시오. (5점)
- 2) 이 열기관과 냉동기로부터 27 °C 주위 공기로 방출되는 전체 열량(kW)을 구하시오. (5점)

# 인사혁신처 시험출제과장