

물리기상학

2020년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 : 성명 :

제 1 문. 강수의 발달과정은 수적만 존재하는 온난구름과 수적과 빙정이 공존하는 한랭구름으로 구별하여 설명된다. 다음 물음에 답하시오. (총 30점)

- 1) 공기가 물에 대해 포화 상태라면 이는 얼음에 대해 과포화 상태를 의미한다. 다음에 주어진 클라우시우스-클라페이론 방정식(Clausius-Clapeyron Equation)을 이용하여 얼음에 대한 과포화도 식을 유도하시오. (단, $e(T)$ 는 절대온도 T 에서의 포화수증기압, e_0 는 절대온도 $T_0(273.15\text{ K})$ 에서의 포화수증기압, L 은 잠열, R_v 은 수증기의 기체상수이다) (10점)

$$e(T) = e_0 \exp \left[\frac{L}{R_v} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \right]$$

- 2) 온난구름에서 수적을 성장시키는 과정을 설명하시오. (10점)
- 3) 한랭구름에서 빙정을 성장시키는 세 가지의 과정을 설명하시오. (10점)

제 2 문. 흑체(blackbody) 관련 복사법칙 중 플랑크 법칙(Planck's law)은 아래의 식으로 나타낼 수 있다. 다음 물음에 답하시오. (단, 이 식에서 $B(\lambda, T)$ 는 흑체가 방출하는 복사에너지이고, 파장(λ)과 온도(T)의 함수로서 복사휘도 단위 ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1} \cdot \text{Sr}^{-1}$)이다. 그리고 c 는 진공 속에서 빛의 속도($2.998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), h 는 플랑크 상수($6.6262 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$), k 는 볼츠만 상수($1.3806 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$) 이다) (총 40점)

$$B(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left[\exp \left(\frac{hc}{\lambda k T} \right) - 1 \right]}$$

- 1) 위의 식을 이용하여 흑체에서 방출하는 복사에너지($B(\lambda, T)$)로부터 스테판-볼츠만 법칙(Stefan-Boltzmann law)을 유도하고, 이 식에서 스테판-볼츠만 상수(σ)값을 구하시오. (15점)

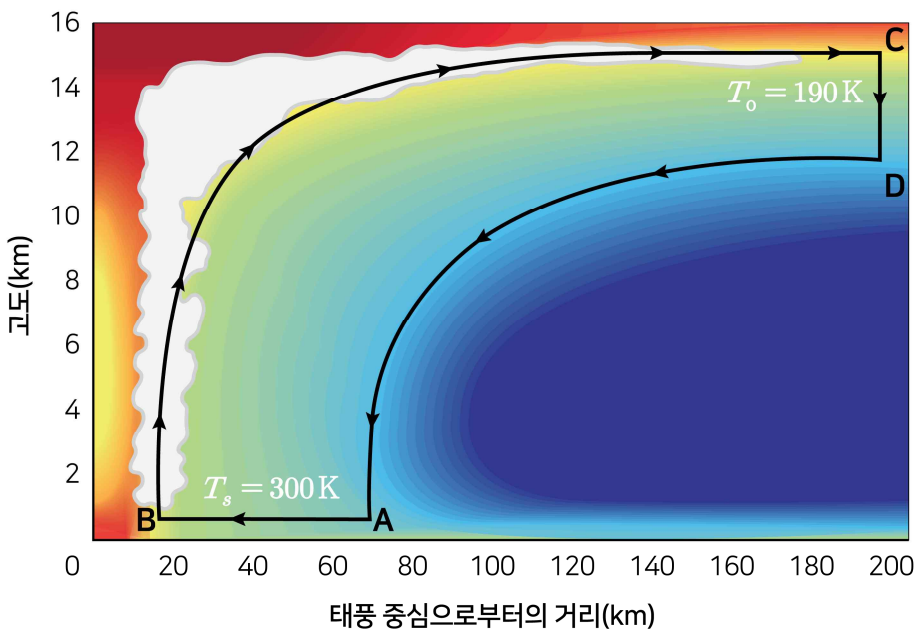
$$E = \sigma T^4$$

※ 참고: $\int_0^\infty \left| \frac{x^3}{e^x - 1} \right| dx = \frac{\pi^4}{15}$

- 2) 마이크로파 영역의 복사에 대해서 특정 파장 λ 에 대해 그 복사에너지의 강도를 밝기 온도로 변환할 경우, 지구복사에서 그 관계가 항상 $B(\lambda) \propto T$ 로 가정할 수 있음을 설명하고, 단파 영역에서는 이 가정이 성립할 수 없음을 설명하시오. (15점)
- 3) 지구의 태양상수를 $1,367 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 라 가정하고, 지구의 단파복사에 대한 반사도(albedo)는 0.29, 장파복사에 대해서 지표는 흑체이다. 또한 대기는 단파복사에 대해 투명하고, 장파복사에 대한 대기의 방출률(emissivity)은 0.8이다. 대기를 단일층이라고 가정할 때, 지표면 온도 T_s 와 대기 온도 T_a 를 각각 구하시오. (10점)

제 3 문. 그림은 태풍이 근사적으로 카르노 순환(Carnot cycle)으로 설명될 수 있음을 보인 것이다. 이 그림의 가로축은 태풍 중심으로부터의 거리이고, 세로축은 해수면으로부터의 고도이다. 또한, 내부의 색칠은 엔트로피로서 청색은 낮은 값, 적색은 높은 값을 나타내며, 카르노 순환의 방향을 보인 검은 실선은 각각 다음 열역학 과정을 의미한다.

- A→B: 해수면 고도에서 공기덩이는 등온($T_s = 300\text{ K}$) 팽창하며 태풍의 중심으로 이동한다.
- B→C: 공기덩이는 상승하며 단열 팽창한다.
- C→D: 공기덩이는 하강하며 등온($T_o = 190\text{ K}$) 압축한다.
- D→A: 공기덩이는 단열 압축하며 하강하여 해수면 고도로 되돌아온다.



태풍에서의 구름 및 상변화 과정은 무시한다. 다음 물음에 답하시오. (단, 건조 공기 기체상수 $R = 287\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, 정압비열 $c_p = 1,005\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, 정적비열 $c_v = 718\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 이다) (총 30점)

- 1) 단열과정에 대해 $\alpha T^{c_v/R} = \text{constant}$ 임을 보이시오. (단, T 는 절대온도, α 는 비체적(specific volume)이다) (6점)
- 2) B 지점에서의 기압이 890 hPa, D 지점에서의 기압이 200 hPa로 측정되었다. 단위 질량의 건조 공기를 가정하여 A, B, C, D 지점에서의 공기덩이의 비체적과 각 과정에서의 열량 변화를 구하시오. (12점)
- 3) 전체 과정 동안 수행한 일과 이 카르노 순환 기관의 효율을 구하시오. (12점)

인사혁신처 시험출제과장