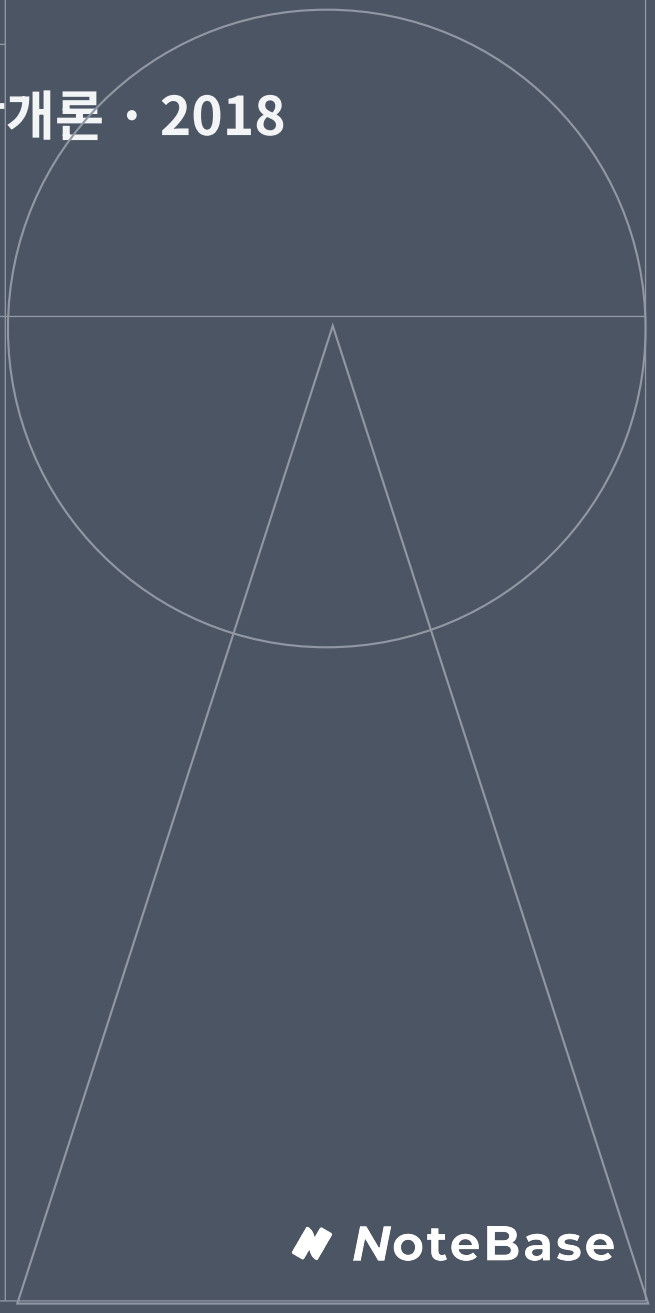
기출OX 해설집

공무원/기상직/9급 · 기상학개론 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/기상직/9급 · 기상학개론 · 2018

공무원/기상직/9급 · 기상학개론 · 2018

문 1. 지구대기를 온도의 연직변화에 따라 4개의 층으로 구분할 때, 각 층에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 대류권은 평균적으로 조건부 불안정 상태이다.
② 성층권 하부에서는 대류권의 온실기체 증가에 따라 온도가 감소하는 경향이 있는 것으로 알려져 있다.
③ 중간권에서는 기체들의 복사 흡수가 적기 때문에 고도에 따라 온도가 감소한다.
④ 열권에서는 밀도가 매우 낮아서 활발한 대류활동으로 인해 기체들이 대기권 밖으로 탈출한다.

정답 4번

출제 포인트

대류권·성층권·중간권·열권에서 고도에 따른 온도 변화가 왜 다르게 나타나는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

대류권은 지표의 가열과 대류가 활발하며 평균적으로 고도가 높아질수록 기온이 낮아진다. 성층권은 오존의 자외선 흡수로 위쪽이 가열되어 상부로 갈수록 기온이 높아진다. 중간권은 태양 복사 에너지를 흡수하는 물질이 적어 고도가 높아질수록 기온이 낮아진다. 열권은 희박한 기체가 짧은 파장의 태양 복사를 흡수하여 고도가 높아질수록 온도가 크게 높아진다.

선지별 해설

① O — 대류권의 평균 기온감률은 건조 단열감률보다 작고 습윤 단열감률보다 큰 범위에 있어, 평균적으로 조건부 불안정 상태로 본다.
② O — 온실기체가 증가하면 대류권은 가열되는 반면 성층권은 복사 냉각이 강화되어, 성층권 하부의 온도가 감소하는 경향이 나타난다.
③ O — 중간권은 오존과 같은 복사 흡수 물질이 적어 위쪽으로 갈수록 흡수되는 태양 에너지가 줄어들므로 고도에 따라 온도가 감소한다.
④ X — 틀린 부분은 '활발한 대류활동으로 인해 기체들이 대기권 밖으로 탈출한다'이다. 열권은 밀도가 매우 낮아 활발한 대류가 일어나기 어렵다. 대기 탈출은 주로 그 위의 외기권에서 운동 속도가 충분히 커진 가벼운 입자가 지구 중력을 벗어나면서 일어난다고 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

④는 열권의 높은 온도를 기체가 조밀하고 대류가 활발하다는 뜻으로 바꾼 것이 함정이다. 온도는 입자 하나의 평균 운동에너지와 관련되지만, 열권은 입자 수가 매우 적어 대류가 활발하지 않다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 층의 온도 변화 방향과 가열 원인을 함께 확인한다. 대류권은 지표 가열로 기온 하강, 성층권은 오존의 자외선 흡수로 기온 상승, 중간권은 복사 흡수 부족으로 기온 하강, 열권은 짧은 파장 복사 흡수로 온도 상승으로 판단한다.

암기 포인트

고도에 따른 온도 변화는 대류권 하강, 성층권 상승, 중간권 하강, 열권 상승이며, 열권은 고온이지만 매우 희박하다.

NoteBase

문 2. 태양과 지구의 표면온도를 각각 6,000K, 300K라고 할 때, 태양복사와 지구복사의 최대 복사세기가 나타나는 파장을 옳게 짝지은 것은?

① 약 $0.5\mu m$ — 약 $10\mu m$ ② 약 $0.5\mu m$ — 약 $12\mu m$
③ 약 $0.6\mu m$ — 약 $10\mu m$ ④ 약 $0.6\mu m$ — 약 $12\mu m$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 빈의 변위법칙을 이용해 태양복사와 지구복사의 최대 복사세기가 나타나는 파장을 각각 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 태양의 표면온도는 $6{,}000K$, 지구의 표면온도는 $300K$이다.
구해야 할 값: 두 물체의 최대 복사세기 파장 λ_{max}이다.
주의할 조건: 절대온도가 높을수록 최대 복사세기 파장은 짧아진다.

사용할 공식

빈의 변위법칙은 다음과 같다.
$\lambda_{max}T = b$
여기서 빈의 변위상수는 $b \approx 2{,}898\mu m \cdot K$이다. 온도가 주어졌을 때 최대 복사세기 파장을 구하는 상황이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 태양복사의 최대 복사세기 파장은 다음과 같다.
_, 태양=2,8986,000 μ m≈0.483 μ m≈0.5 μ m
2. 지구복사의 최대 복사세기 파장은 다음과 같다.
_, 지구=2,898300 μ m≈9.66 μ m≈10 μ m
3. 따라서 태양복사는 약 $0.5\mu m$, 지구복사는 약 $10\mu m$에서 최대 복사세기가 나타난다.

선지 판단

① O — 태양 약 $0.5\mu m$, 지구 약 $10\mu m$로 계산 결과와 모두 일치한다.
② X — 지구복사의 '약 $12\mu m$'가 틀렸다. 올바르게는 태양 약 $0.5\mu m$, 지구 약 $10\mu m$이다.
③ X — 태양복사의 '약 $0.6\mu m$'가 틀렸다. 올바르게는 태양 약 $0.5\mu m$, 지구 약 $10\mu m$이다.
④ X — 태양복사의 '약 $0.6\mu m$'와 지구복사의 '약 $12\mu m$'가 모두 틀렸다. 올바르게는 태양 약 $0.5\mu m$, 지구 약 $10\mu m$이다.

NoteBase

오답 포인트

태양과 지구의 파장을 외운 근삿값만으로 고르면 $0.6\mu m$ 또는 $12\mu m$에 끌릴 수 있다. 이 문항에서는 제시된 온도를 빈의 변위법칙에 직접 대입해야 하며, 계산값 $0.483\mu m$와 $9.66\mu m$를 선지의 근삿값에 맞추어 각각 $0.5\mu m$, $10\mu m$로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

표면온도를 확인한 뒤 $\lambda_{max} = b/T$에 대입하고, 계산한 파장을 선지의 근삿값과 비교한다. 마지막으로 온도가 높은 물체일수록 최대 복사세기 파장이 짧은지 검산한다.

암기 포인트

빈의 변위법칙은 $\lambda_{max}T \approx 2{,}898\mu m \cdot K$이며, 온도와 최대 복사세기 파장은 반비례한다.

NoteBase

문 3. 포화되지 않은 공기가 단열 상승하는 경우 보존되는 물리량으로 옳게 짝지은 것은?

① 온위 - 상대습도 ② 혼합비 - 가온도
③ 절대습도 - 습구온도 ④ 비습 - 습구온위

정답 4번

출제 포인트

포화되지 않은 공기덩이가 응결 없이 단열 상승할 때 어떤 물리량이 보존되는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

포화되지 않은 공기의 단열 상승은 건조단열 과정이다. 외부와 열을 주고받지 않고 응결도 일어나지 않으므로 온위, 혼합비, 비습이 보존되며, 단열 과정의 보존량인 습구온위도 일정하게 유지된다. 반면 온도와 기압이 낮아지면서 상대습도, 가온도, 절대습도, 습구온도는 변할 수 있다.

선지별 해설

① X — 온위는 건조단열 과정에서 보존되지만 상대습도는 보존되지 않는다. 상승하면서 기온이 내려가면 포화수증기량이 감소하므로 상대습도는 일반적으로 증가한다. 틀린 표현인 '상대습도'는 '혼합비' 또는 '비습' 등으로 고쳐야 한다.
② X — 응결이 없으므로 혼합비는 보존되지만 가온도는 기온·기압과 수증기량의 영향을 받는 온도 변수이므로 상승 중 일정하지 않다. 틀린 표현인 '가온도'는 '온위' 또는 '습구온위' 등으로 고쳐야 한다.
③ X — 공기덩이가 상승하여 팽창하면 단위 부피당 수증기 질량인 절대습도는 변하고, 습구온도도 기압과 온도 변화에 따라 변한다. 따라서 두 물리량 모두 보존량이 아니다. 올바르게는 '비습-습구온위'가 보존되는 짝이다.
④ O — 응결이 없는 단열 상승에서는 수증기 질량의 비율을 나타내는 비습이 일정하고, 공기덩이의 단열 상태를 나타내는 습구온위도 보존된다.

오답 포인트

'수증기량이 변하지 않는다'는 사실을 상대습도나 절대습도가 일정하다는 뜻으로 오해하기 쉽다. 상대습도는 포화수증기량과의 비율이고 절대습도는 단위 부피당 수증기 질량이므로, 냉각과 팽창이 일어나는 상승 과정에서 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 '포화되지 않음'을 보고 응결 없는 건조단열 과정으로 판단한다. 그다음 수증기의 질량비인 혼합비·비습과 단열 상태량인 온위·습구온위는 보존되고, 현재 온도나 부피에 좌우되는 상대습도·절대습도·가온도·습구온도는 변한다고 구분한다.

NoteBase

암기 포인트

미포화 단열 상승: 비습은 그대로, 습구온위도 그대로이다.

NoteBase

문 4. 구름의 성장에 관한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

ㄱ. 공기 중 물방울의 크기가 균일할수록 구름의 성장 속도는 빠르다.
ㄴ. 구름 내부 공기와 주변 외부 공기의 활발한 혼합은 구름 성장을 억제할 수 있다.
ㄷ. 구름 발생 초기에는 응결에 의한 물방울 성장 속도가 충돌 및 병합에 의한 물방울 성장 속도보다 느리다.
ㄹ. 일반적으로 단위 부피당 응결핵의 수는 바다보다 육지에서 많다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄹ ④ ㄷ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

구름방울의 응결 성장과 충돌·병합 성장의 조건, 공기 혼합의 영향, 육지와 바다의 응결핵 수 차이를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

응결 성장은 수증기가 구름방울 표면에 응결하여 방울이 커지는 과정으로, 작은 구름방울의 초기 성장에서 우세하다.
충돌·병합 성장은 낙하 속도가 서로 다른 방울들이 충돌하여 합쳐지는 과정으로, 방울 크기가 다양할수록 충돌 가능성이 커진다.
구름에 주변의 건조한 공기가 섞이면 구름방울이 증발하여 구름의 성장이 억제될 수 있다.
구름응결핵은 일반적으로 해양보다 육지의 공기 중에 더 많다.

NoteBase

선지별 해설

① X — ㄱ만 옳다는 조합이지만 ㄱ은 틀리다. ㄱ의 틀린 표현은 '물방울의 크기가 균일할수록 성장 속도는 빠르다'이다. 실제로는 물방울의 크기가 다양할수록 낙하 속도 차이로 충돌·병합이 활발해져 성장 속도가 빨라진다.
② X — ㄱ과 ㄷ이 옳다는 조합이지만 둘 다 틀리다. ㄱ은 물방울 크기가 다양할수록 충돌·병합 성장이 빨라지는 것으로 고쳐야 한다. ㄷ의 틀린 표현은 '응결에 의한 물방울 성장 속도가 충돌 및 병합에 의한 성장 속도보다 느리다'이다. 실제로 구름 발생 초기의 작은 방울은 응결에 의해 주로 성장하므로 초기에는 응결 성장이 충돌·병합 성장보다 빠르다.
③ O — ㄴ과 ㄹ이 모두 옳다. ㄴ처럼 구름 내부 공기와 주변의 건조한 외부 공기가 활발히 섞이면 구름방울이 증발하여 성장이 억제될 수 있다. ㄹ처럼 육지에는 먼지·연소 입자 등 응결핵이 될 에어로졸이 많아 일반적으로 단위 부피당 응결핵 수가 바다보다 많다.
④ X — ㄷ과 ㄹ이 옳다는 조합이지만 ㄷ은 틀리고 ㄹ만 옳다. ㄷ은 '구름 발생 초기에는 응결에 의한 성장이 충돌·병합에 의한 성장보다 빠르다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

ㄱ에서는 물방울이 모두 비슷해야 잘 합쳐진다고 생각하기 쉽지만, 충돌·병합에는 서로 다른 낙하 속도가 필요하므로 크기가 다양한 편이 유리하다. ㄷ에서는 최종적으로 큰 빗방울을 만드는 충돌·병합의 효과와 구름 발생 초기의 지배적 성장 과정인 응결을 혼동하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

성장 단계와 조건을 나누어 판단한다. 초기의 작은 방울은 응결 성장, 방울이 커지고 크기 차이가 생긴 뒤에는 충돌·병합 성장이 중요하다. 건조 공기의 혼합은 증발을 촉진하고, 응결핵 수는 일반적으로 육지가 바다보다 많다.

암기 포인트

초기에는 응결, 이후에는 크기 차이에 따른 충돌·병합, 건조 공기 혼합은 성장 억제, 응결핵은 육지가 더 많다.

NoteBase

문 5. 다음 중 서로 반비례 관계에 있는 물리 요소로 옳게 짝지은 것을 모두 고른 것은?

ㄱ. 온도 – 최대 에너지 방출 파장
ㄴ. 흡수율 – 방출률
ㄷ. 온도 – 에너지 방출량
ㄹ. 입사 에너지량 – 흡수되는 에너지량

① ㄱ ② ㄱ, ㄹ ③ ㄴ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 복사 에너지와 관련된 물리량들이 반비례, 비례 또는 등가 관계 중 어느 관계에 놓이는지를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

빈의 변위 법칙: 흑체의 절대온도 T와 최대 에너지 방출 파장 λ_{max}은 $T\lambda_{max} = b$를 만족하므로 서로 반비례한다.
키르히호프의 법칙: 열적 평형에서 같은 파장에 대한 흡수율과 방출률은 서로 같으며, 반비례하지 않는다.
슈테판·볼츠만 법칙: 단위 면적당 총 에너지 방출량은 절대온도의 네제곱에 비례한다.
에너지 흡수 관계: 흡수되는 에너지량은 입사 에너지량에 흡수율을 곱한 값이므로, 흡수율이 일정하면 입사 에너지량에 비례한다.

선지별 해설

① O — ㄱ만 고른 선지이다. 온도가 높아질수록 최대 에너지 방출 파장은 짧아지므로 두 물리량은 반비례한다.
② X — ㄱ은 맞지만 ㄹ을 포함한 부분이 틀렸다. 입사 에너지량과 흡수되는 에너지량은 흡수율이 일정할 때 비례 관계이므로, 올바르게는 ㄱ만 고른 ①이다.
③ X — ㄴ과 ㄷ을 반비례 관계로 본 부분이 틀렸다. 올바르게는 흡수율과 방출률은 열적 평형에서 같고, 에너지 방출량은 절대온도의 네제곱에 비례한다.
④ X — ㄴ, ㄷ, ㄹ을 반비례 관계로 본 부분이 모두 틀렸다. 올바르게는 ㄴ은 흡수율과 방출률의 등가 관계, ㄷ은 온도와 에너지 방출량의 비례 관계, ㄹ은 흡수율이 일정할 때 입사 에너지량과 흡수 에너지량의 비례 관계이다. 따라서 반비례 관계는 ㄱ뿐이다.

오답 포인트

‘온도가 높을수록 방출 파장이 짧아진다’는 ㄱ의 관계를 ‘온도가 높을수록 방출 에너지량이 감소한다’는 뜻으로 확대하면 안 된다. 온도와 최대 방출 파장은 반비례하지만, 온도와 총 에너지 방출량은 강한 비례 관계이다. 또한 흡수율과 방출률은 하나가 커질 때 다른 하나가 작아지는 관계가 아니라 같은 조건에서 서로 같은 값이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

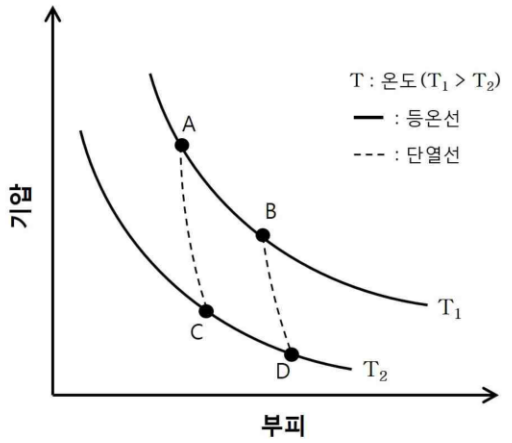
복사 관계를 세 갈래로 나누어 판단한다. ‘온도-최대 방출 파장’은 반비례, ‘온도-총 방출량’과 ‘입사량-흡수량’은 비례, ‘흡수율-방출률’은 열적 평형에서 등가 관계이다.

암기 포인트

온도가 오르면 최대 방출 파장은 짧아지고, 총 방출량은 커진다. 흡수율과 방출률은 서로 같다.

NoteBase

문 6. 다음은 카르노(Carnot) 기관의 순환과정 그림이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① A에서 B로의 과정은 외부에 일을 하고, D에서 C로의 과정은 외부로부터 일을 받는 과정으로 두 과정 모두 외부와 열 교환이 없는 가역 과정이다.

② B에서 D로의 과정은 운동 에너지가 열 에너지로, C에서 A로의 과정은 열 에너지가 운동 에너지로 전환되는 단열 과정이다.

③ 카르노 기관은 T_1과 T_2의 온도 차가 작을수록 단열 과정에 가까워지며 열효율이 높아진다.

④ T_2가 0 K에 가까울수록 카르노 기관의 열효율은 100%에 가까워질 수 있다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 압력-부피 도식에서 실선인 등온 과정과 점선인 단열 과정을 구분하고, 카르노 기관의 열효율 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$을 판단하는 문제이다. A→B는 고온 T_1에서의 등온 팽창, B→D는 단열 팽창, D→C는 저온 T_2에서의 등온 압축, C→A는 단열 압축이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

A→B에서는 기체가 고온 열원으로부터 열을 받아 외부에 일을 하고, D→C에서는 외부로부터 일을 받으면서 저온 열원으로 열을 방출한다. 두 과정은 가역적 등온 과정이지만 열 교환이 없는 과정은 아니다. 틀린 표현인 '두 과정 모두 외부와 열 교환이 없는 가역 과정'은 '두 과정 모두 외부와 열을 교환하는 가역적 등온 과정'으로 고쳐야 한다.

② X

B→D의 단열 팽창에서는 기체의 내부 에너지가 감소하면서 기체가 외부에 일을 하고, C→A의 단열 압축에서는 외부가 기체에 한 일이 내부 에너지 증가로 전환된다. 틀린 표현인 'B→D에서 운동 에너지가 열 에너지로, C→A에서 열 에너지가 운동 에너지로 전환'은 'B→D에서 내부 에너지가 일로, C→A에서 일이 내부 에너지로 전환'으로 고쳐야 한다.

③ X

카르노 기관의 열효율은 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$이므로 T_1과 T_2의 차이가 작아지면 열효율은 낮아진다. 또한 온도 차가 작아진다고 등온 과정이 단열 과정으로 바뀌거나 단열 과정에 가까워지는 것은 아니다. 틀린 표현인 '온도 차가 작을수록 단열 과정에 가까워지며 열효율이 높아진다'는 '온도 차가 작을수록 열효율이 낮아진다'로 고쳐야 한다.

④ O

T_1이 일정할 때 T_2가 $0K$에 가까워지면 T_2/T_1이 0에 가까워지므로 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$는 1, 즉 100%에 가까워질 수 있다.

오답 포인트

①은 '가역 과정'과 '단열 과정'을 같은 뜻으로 오인하게 만들고, ②는 단열 팽창과 단열 압축의 에너지 전환 방향을 뒤바꾼다. ③은 온도 차가 작으면 손실도 작을 것이라는 직관을 유도하지만, 카르노 효율은 두 절대온도의 차가 아니라 T_2/T_1로 판단하며 온도 차가 작아질수록 낮아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 등온선 위의 A→B와 D→C에서는 열 교환이 있고, 점선의 B→D와 C→A에서는 열 교환이 없다는 점을 구분한다. 다음으로 팽창은 기체가 외부에 일을 하는 과정, 압축은 외부가 기체에 일을 하는 과정으로 판단한다. 마지막으로 열효율은 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$에 온도의 절댓값을 대입해 증감 방향을 확인한다.

암기 포인트

카르노 순환은 '고온 등온 팽창 → 단열 팽창 → 저온 등온 압축 → 단열 압축'이며, T_2가 낮아질수록 열효율은 높아진다.

NoteBase

문 7. 다음 중 다세포뇌우(Multi-cell thunderstorm)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 잠재 불안정도가 크고, 연직 바람시어가 강한 대기조건에서 잘 발달한다.
② 단일세포뇌우(Single-cell thunderstorm)와 마찬가지로 내부에서 만들어지는 하강기류가 다세포뇌우의 일생에 중요한 역할을 한다.
③ 다세포뇌우의 이동방향은 평균 바람의 방향과 나란하다.
④ 단일세포뇌우와 달리 새로운 세포가 지속적으로 발생할 수 있는 자체 유지 능력을 갖추고 있다.

정답 3번

출제 포인트

다세포뇌우의 발달 환경과 자체 유지 과정, 그리고 뇌우계의 이동을 결정하는 두 요소인 세포의 이류와 새 세포의 전파를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

다세포뇌우는 서로 다른 발달 단계의 여러 대류세포가 모인 뇌우계이다. 기존 세포는 평균 바람을 따라 이동하지만, 하강기류가 만든 찬 공기의 외출류 경계에서 새 세포가 계속 발생하므로 뇌우계 전체의 이동은 기존 세포의 이류와 새 세포의 전파가 합성된 결과가 된다.

선지별 해설

① O — 큰 잠재 불안정도는 강한 상승기류를 만들고, 강한 연직 바람시어는 상승기류와 하강기류를 분리하여 여러 세포가 조직적으로 발달하기 좋은 환경을 만든다.
② O — 뇌우 내부의 강수와 냉각으로 생긴 하강기류는 지면에 도달한 뒤 찬 외출류를 형성하고, 그 전면에서 따뜻하고 습한 공기를 들어 올려 새 세포의 발생을 돕는다. 따라서 하강기류는 단일세포뇌우에서도 나타나며 다세포뇌우의 생애와 재생에도 중요한 역할을 한다.
③ X — 틀린 표현은 '다세포뇌우의 이동방향은 평균 바람의 방향과 나란하다'이다. 올바르게는 개별 세포가 평균 바람에 의해 이동하는 이류와 새 세포가 발생하는 방향으로의 전파가 합쳐져 다세포뇌우 전체의 이동방향이 정해지므로, 평균 바람의 방향과 반드시 나란하지는 않는다.
④ O — 다세포뇌우는 쇠약하는 세포의 외출류 경계에서 새 세포가 계속 발생할 수 있어, 하나의 세포가 소멸해도 뇌우계 전체가 유지되는 자체 유지 능력을 지닌다.

오답 포인트

③에서 개별 세포의 이동과 다세포뇌우계 전체의 이동을 같은 것으로 보는 것이 함정이다. 개별 세포는 평균 바람을 따라 이류되지만, 뇌우계 전체에는 새 세포가 어느 쪽에서 발달하는지를 나타내는 전파 성분도 작용한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

다세포뇌우의 이동을 묻는 선지는 '기존 세포의 이류 + 새 세포의 전파'로 판단한다. 평균 바람만으로 뇌우계 전체의 이동방향을 단정하면 틀린 설명이다.

암기 포인트

다세포뇌우의 이동은 이류와 전파의 합이며, 새 세포의 반복 발생이 뇌우계를 유지한다.

NoteBase

문 8. 다음 중 지구대기의 성층권이 건조한 이유로 가장 옳은 것은?

① 매우 낮은 저온에서 수증기가 성층권 구름을 생성하기 때문이다.
② 성층권의 오존층이 가열되어 수증기를 증발시키기 때문이다.
③ 대류권계면이 성층권으로 올라오는 수증기를 막아주기 때문이다.
④ 강한 자외선(파장<0.1μm)에 의해 수증기 분자가 광해리 되기 때문이다.

정답 3번

출제 포인트

성층권의 수증기가 적은 주된 이유를 대류권계면의 한랭함정과 연직 혼합 억제로 설명할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

성층권은 대류권계면을 통과해 유입되는 수증기가 매우 적어 건조한 층이다. 대류권에서 상승한 공기는 기온이 매우 낮은 대류권계면 부근에서 수증기가 응결·승화하여 제거되는 한랭함정을 거치며, 성층권의 안정한 성층도 활발한 대류와 연직 혼합을 억제한다. 따라서 수증기가 성층권으로 직접 올라가기 어렵다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '매우 낮은 저온에서 수증기가 성층권 구름을 생성하기 때문'이다. 일부 조건에서 성층권 구름이 생길 수 있지만, 이것이 성층권 전체가 건조한 주된 이유는 아니다. 올바르게는 대류권계면 부근의 낮은 기온 때문에 상승 공기 속 수증기가 응결·승화하여 대부분 제거된다고 해야 한다.

② X — 틀린 표현은 '오존층이 가열되어 수증기를 증발시키기 때문'이다. 오존의 자외선 흡수는 성층권을 위로 갈수록 따뜻해지게 하여 안정한 성층을 만들지만, 수증기를 증발시켜 성층권을 건조하게 만드는 것은 아니다. 올바르게는 이러한 안정한 성층이 대류와 연직 혼합을 억제한다고 해야 한다.

③ O — 대류권계면의 낮은 기온은 수증기를 응결·승화시켜 제거하고, 안정한 경계는 대류권의 습한 공기가 성층권으로 올라가는 것을 억제한다. 따라서 성층권에 공급되는 수증기가 적다는 설명이 가장 옳다.

④ X — 틀린 표현은 '파장 0.1μm 미만의 강한 자외선이 수증기 분자를 광해리하기 때문'이다. 광화학 반응이 일어날 수 있더라도 이것은 성층권이 건조한 주된 원인이 아니다. 올바르게는 대류권계면의 한랭함정과 연직 수송 억제가 주된 원인이라고 해야 한다.

NoteBase

오답 포인트

①의 '저온'과 ②의 '오존 가열'은 성층권과 관련된 사실처럼 보여 혼동하기 쉽다. 그러나 저온 자체가 성층권 구름을 만든다는 서술보다, 대류권계면에서 수증기를 먼저 제거하고 습한 공기의 상승을 막는다는 인과관계가 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

성층권의 건조함을 물으면 수증기의 파괴보다 공급 경로를 먼저 본다. 대류권의 수증기가 대류권계면의 한랭함정에서 제거되고 안정한 성층 때문에 위로 잘 운반되지 않는다는 선지를 선택한다.

암기 포인트

성층권의 건조함은 '대류권계면 한랭함정 + 연직 수송 억제'로 기억한다.

NoteBase

문 9. 다음 중 대기경계층에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 행성경계층이라고도 하며, 지표면의 영향을 크게 받는다.
② 대기경계층은 상태에 따라 크게 혼합층, 안정경계층, 중립경계층, 잔류층으로 구분된다.
③ 난류활동에 의해 형성되는 혼합층은 일변화가 작다.
④ 일몰 이후 지표면 복사냉각에 의하여 안정경계층이 형성된다.

정답 3번

출제 포인트

대기경계층의 지표면 영향, 상태별 구분, 일변화와 형성 원리를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

대기경계층은 지표의 마찰과 가열·냉각에 직접 반응하는 대기의 최하층으로, 행성경계층 또는 마찰층이라고도 한다.
혼합층은 주로 낮 동안 지표 가열로 활발해진 대류와 난류가 열·운동량 등을 연직으로 잘 섞는 층이다. 지표 가열이 시간에 따라 달라지므로 혼합층의 두께와 구조도 일변화가 크다.
안정경계층은 주로 일몰 뒤 지표의 복사냉각으로 하층이 안정해지고 난류 혼합이 약해진 층이다. 중립경계층은 부력의 영향이 작고 기계적 난류가 주로 작용하는 층이며, 잔류층은 저녁 이후 낮의 혼합층 성질이 상층에 남은 층이다.

선지별 해설

① O — 대기경계층은 행성경계층 또는 마찰층이라고 하며, 지표 마찰과 지표의 가열·냉각 영향을 크게 받는다.
② O — 대기경계층은 열적 안정도와 난류 상태 및 발달 단계에 따라 혼합층, 안정경계층, 중립경계층, 잔류층 등으로 구분할 수 있다.
③ X — 틀린 표현은 '난류활동에 의해 형성되는 혼합층은 일변화가 작다'이다. 혼합층은 지표 가열에 따른 난류활동으로 발달하므로 낮에 성장하고 저녁에 약화되는 등 일변화가 크다고 고쳐야 한다.
④ O — 일몰 뒤 지표면이 복사로 냉각되면 지표 부근의 공기가 차가워져 안정도가 커지고 안정경계층이 형성된다.

오답 포인트

③은 난류가 공기를 잘 섞어 혼합층 내부의 성질을 비교적 균질하게 만든다는 사실과 혼합층 자체의 시간 변화를 혼동하게 한다. 내부가 잘 혼합되어도 혼합층의 두께와 발달 정도는 주야간 지표 가열 차이 때문에 크게 변한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

대기경계층 선지는 '낮의 지표 가열 → 대류·난류 강화 → 혼합층 발달', '일몰 후 지표 복사냉각 → 안정도 증가 → 안정경계층 형성'의 흐름으로 판단한다. 혼합층의 균질성과 혼합층의 일변화 크기는 서로 다른 성질로 구분한다.

암기 포인트

낮에는 가열·혼합층·큰 일변화, 밤에는 복사냉각·안정경계층이다.

NoteBase

문 10. 다음 중 평균자오면 순환에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

ㄱ. 남반구와 북반구에서의 평균자오면 순환은 비대칭이다.
ㄴ. 저위도에 존재하는 해들리 순환은 수증기 응결시 발생하는 잠열에 의해 유지된다.
ㄷ. 경압불안정파동에 의해 2차 간접 순환이 형성된다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

평균자오면 순환의 남·북반구 비대칭성, 해들리 순환의 에너지원, 페렐 순환의 형성 원리를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

평균자오면 순환은 경도 방향으로 평균한 대기의 남북·연직 순환이며, 실제 지구에서는 계절 변화와 남·북반구의 해륙 분포 차이 등으로 두 반구가 완전히 대칭적이지 않다.
해들리 순환은 저위도의 가열로 공기가 상승하고 아열대에서 하강하는 직접 순환이다. 저위도에서 수증기가 응결할 때 방출되는 잠열은 상승 운동과 순환을 유지하는 중요한 에너지원이다.
페렐 순환은 중위도의 경압불안정성으로 발달한 이동성 고·저기압과 에디의 열·운동량 수송에 의해 나타나는 2차적인 간접 순환이다.

선지별 해설

① X — ㄱ과 ㄴ은 옳지만 ㄷ도 옳으므로 'ㄱ, ㄴ만 옳다'는 구성이 틀리다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 고른다.
② X — ㄱ과 ㄷ은 옳지만 ㄴ도 옳으므로 'ㄱ, ㄷ만 옳다'는 구성이 틀리다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 고른다.
③ X — ㄴ과 ㄷ은 옳지만 ㄱ도 옳으므로 'ㄴ, ㄷ만 옳다'는 구성이 틀리다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 고른다.
④ O — ㄱ은 남·북반구의 평균자오면 순환이 비대칭이라는 설명, ㄴ은 응결 잠열이 저위도 해들리 순환을 유지한다는 설명, ㄷ은 경압불안정성에 따른 에디가 2차 간접 순환인 페렐 순환을 형성한다는 설명으로 모두 옳다.

오답 포인트

ㄷ의 '2차 간접 순환'을 독립적인 열적 직접 순환처럼 생각하거나, 이상화된 대기 순환 모형을 근거로 ㄱ의 남·북반구 순환도 완전히 대칭이라고 판단하기 쉽다. 실제 평균 순환은 해륙 분포와 계절 변화의 영향을 받으며, 페렐 순환은 중위도 에디에 의해 유지된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

저위도는 강한 가열과 응결 잠열에 의해 유지되는 해들리 직접 순환, 중위도는 경압불안정성으로 생긴 에디가 만드는 페렐 간접 순환으로 구분한다. 조합형에서는 각 진술의 참·거짓을 먼저 확정한 뒤 빠진 옳은 진술이 없는지 확인한다.

암기 포인트

해들리 순환은 저위도 잠열·직접 순환, 페렐 순환은 중위도 경압불안정성·에디·간접 순환이다.

NoteBase

문 11. 기상청에서 운영하는 현업용 기상레이더는 마이크로파 영역의 신호가 반사되어 돌아오는 산란신호를 측정하여 강수정보를 생산한다. 약 3GHz의 주파수를 가지는 S밴드 레이더의 전자기파와 강수입자의 산란에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 산란하는 전자기파의 진행방향은 직선이며, 스넬(Snell)의 법칙을 따른다.
② 대부분의 산란신호는 전자기파가 진행하는 방향으로 나타난다.
③ 산란하는 전자기파의 강도는 파장의 4제곱에 반비례한다.
④ 전자기파의 파장에 비해 강수입자의 크기가 10배 이상 클 때 나타난다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 S밴드 기상레이더의 파장과 강수입자 크기의 관계를 바탕으로 레일리 산란의 성립 조건과 파장 의존성을 묻는 문제이다.

핵심 개념

S밴드 레이더의 주파수가 약 $3GHz$이면 파장은 $\lambda = c/f$에 따라 약 $10cm$이다. 일반적인 강수입자는 이 파장보다 훨씬 작으므로 $D < \lambda/10$인 레일리 산란 영역으로 본다. 레일리 산란에서는 입자의 크기와 유전 특성이 같을 때 산란 강도가 파장의 네제곱에 반비례하여 $I \propto \lambda^{-4}$로 나타난다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 표현은 '산란하는 전자기파의 진행방향은 직선이며, 스넬의 법칙을 따른다'이다. 스넬의 법칙은 굴절률이 다른 매질의 경계에서 일어나는 굴절을 설명하는 법칙이다. 올바르게는 전자기파가 강수입자와 상호작용하여 여러 방향으로 퍼지는 현상을 산란이라고 한다.

② X
틀린 표현은 '대부분의 산란신호는 전자기파가 진행하는 방향으로 나타난다'이다. 레일리 산란에서는 전방과 후방 산란이 대칭적으로 나타나므로 전방에만 대부분 집중된다고 할 수 없다. 올바르게는 기상레이더가 송신 방향으로 되돌아오는 후방산란 신호를 수신하여 강수정보를 산출한다.

③ O
레일리 산란의 강도는 다른 조건이 같을 때 파장의 네제곱에 반비례하므로 $I \propto \lambda^{-4}$이다. 따라서 선지의 설명이 옳다.

④ X
틀린 표현은 '강수입자의 크기가 파장의 10배 이상 클 때'이다. 올바르게는 강수입자의 지름 D가 파장 λ의 약 10분의 1보다 작을 때, 즉 $D < \lambda/10$일 때 레일리 산란이 성립한다. 입자가 파장보다 매우 큰 경우에는 이 조건에 해당하지 않는다.

오답 포인트

①은 굴절 법칙인 스넬의 법칙을 산란의 법칙처럼 제시한 것이 함정이다. ④는 레일리 산란의 크기 조건인 '입자 지름이 파장의 10분의 1보다 작다'를 '입자 크기가 파장의 10배 이상이다'로 뒤집었다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $\lambda = c/f$로 레이더 파장을 구한 뒤 입자 지름 D와 비교한다. $D < \lambda/10$이면 레일리 산란으로 판단하고, 파장에 대한 산란 강도 관계는 $I \propto \lambda^{-4}$를 적용한다.

암기 포인트

레일리 산란은 '작은 입자 $D < \lambda/10$, 산란 강도 $I \propto \lambda^{-4}$'로 기억한다.

NoteBase

문 12. 대류권에서 관측된 이산화탄소의 농도는 공간적으로 유사한 값을 보이지만 이산화질소의 농도는 큰 변동성을 보인다. 이와 같은 관측 자료 분포가 내포하는 의미를 가장 옳게 해석한 것은?

① 이산화탄소의 공간분포가 거의 일정한 것은 배출원이 전세계적으로 존재하기 때문이다.
② 이산화질소는 인간활동에 의해서만 배출되기 때문에 육상에서 높은 농도값을 보인다.
③ 배출된 이산화탄소가 대기 중에 머무는 시간이 이산화질소에 비해 길다.
④ 이산화질소의 대부분은 대류권에서 생성되어 성층권으로 전달된다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이산화탄소와 이산화질소의 대기 중 수명 및 혼합 범위 차이가 공간분포에 어떻게 나타나는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

이산화탄소: 대기 중에 오래 머물며 넓은 범위로 혼합되므로 지역 간 농도 차이가 비교적 작게 나타나는 기체이다. / 키워드: 긴 체류시간, 전 지구적 혼합
이산화질소: 대기 중 수명이 짧고 배출원 부근에서 농도가 높게 나타나므로 공간적 변동성이 큰 기체이다. / 키워드: 짧은 수명, 국지적 배출
두 기체의 공간분포 차이는 단순히 배출원의 유무보다 대기 중 체류시간과 이동·혼합 범위의 차이로 판단한다.

NoteBase

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '배출원이 전 세계적으로 존재하기 때문'이다. 배출원이 널리 존재한다는 사실만으로 농도가 거의 일정해지는 것은 아니다. 올바르게는 이산화탄소가 대기 중에 오래 머물고 전 지구적으로 잘 혼합되기 때문에 공간적 농도 차이가 비교적 작다고 해야 한다.

② X — 틀린 표현은 '인간활동에 의해서만 배출'이다. 이산화질소는 연소와 같은 인간활동의 영향이 크지만 번개, 토양, 산불 등 자연적 과정에서도 생성될 수 있다. 올바르게는 육상의 도시·산업 지역에 국지적인 배출원이 많고 대기 중 수명이 짧아 육상과 배출원 부근에서 높은 농도가 나타난다고 해야 한다.

③ O — 이산화탄소는 대기 중 체류시간이 길어 넓게 혼합되는 반면, 이산화질소는 비교적 빠르게 반응하거나 제거되어 배출원 주변의 농도 차이가 크게 나타난다. 따라서 관측된 공간분포 차이를 올바르게 설명한다.

④ X — 틀린 표현은 '대부분은 대류권에서 생성되어 성층권으로 전달'이다. 대류권의 이산화질소는 수명이 짧아 반응과 제거 과정을 겪으므로 대부분이 성층권까지 운반되는 것이 아니다. 올바르게는 대류권에서 생성된 이산화질소의 대부분이 대류권 안에서 변환되거나 제거된다고 해야 한다.

오답 포인트

①은 '배출원이 널리 존재한다'는 말과 '장수명 기체가 넓게 혼합된다'는 원인을 바꾸어 놓았고, ②는 '인간활동의 영향이 크다'를 '인간활동에 의해서만 배출된다'로 과장하였다. ④는 대류권에서 수명이 짧은 이산화질소가 대부분 성층권까지 전달된다고 뒤집은 표현이다.

다시 나오면 이렇게 판단

농도가 공간적으로 고르면 대기 중 수명이 길어 넓게 혼합되는지를 확인하고, 지역별 농도 차이가 크면 수명이 짧고 배출원이 국지적으로 분포하는지를 확인한다. '오직', '모두', '대부분'과 같은 단정 표현은 자연 배출원과 제거 과정을 함께 검토한다.

암기 포인트

이산화탄소는 장수명·전 지구 혼합, 이산화질소는 단수명·국지 분포이다.

NoteBase

문 13. 북반구 중위도 대류권에서의 가용 위치 에너지(Available Potential Energy, APE)에 관한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

ㄱ. 수평방향의 온도경도에 의해 결정된다.
ㄴ. 단열 운동에 의해 변환될 수 있는 운동 에너지의 최대량과 같다.
ㄷ. 가벼운 공기가 상승하고, 무거운 공기가 하강하는 열적 직접 순환에 의해 증가한다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

북반구 중위도 대류권에서 가용 위치 에너지의 결정 요인과 에너지 전환 과정을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

가용 위치 에너지(APE)는 대기의 전체 위치 에너지 가운데 단열 운동을 통해 운동 에너지로 전환될 수 있는 최대 부분이다. 중위도 대기의 수평 온도 차이가 클수록 APE가 크며, 따뜻하고 가벼운 공기가 상승하고 차갑고 무거운 공기가 하강하는 열적 직접 순환이 일어나면 APE가 운동 에너지로 전환된다.

선지별 해설

① X
ㄱ은 옳지만 ㄴ도 옳으므로 'ㄱ만' 고른 것이 틀렸다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄴ이다.

② O
ㄱ은 APE가 수평 방향의 온도 경도와 관련되어 결정된다는 설명이고, ㄴ은 APE의 정의를 정확히 나타낸다. 따라서 ㄱ, ㄴ을 고른 조합이 옳다.

③ X
'ㄷ을 옳다고 고른 것'과 'ㄱ을 제외한 것'이 틀렸다. 열적 직접 순환에서는 APE가 운동 에너지로 전환되므로 APE는 증가하는 것이 아니라 감소한다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄴ이다.

④ X
'ㄷ까지 옳다고 고른 것'이 틀렸다. 가벼운 공기의 상승과 무거운 공기의 하강은 APE를 운동 에너지로 전환하여 APE를 감소시킨다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄴ이다.

NoteBase

오답 포인트

ㄷ의 '증가한다'가 핵심 함정이다. 수평 온도 차이를 강화하는 차등 가열은 APE를 생성하지만, 열적 직접 순환은 이미 저장된 APE를 운동 에너지로 전환하므로 APE를 감소시킨다.

다시 나오면 이렇게 판단

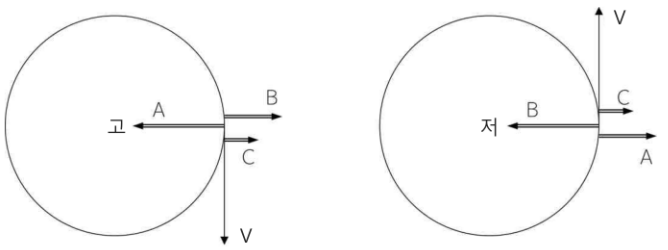
수평 온도 차이가 커지는 과정은 APE의 생성·증가로, 따뜻한 공기의 상승과 차가운 공기의 하강은 APE가 운동 에너지로 전환되는 과정으로 판단한다.

암기 포인트

수평 온도 경도는 APE를 저장하고, 열적 직접 순환은 APE를 운동 에너지로 바꾼다.

NoteBase

문 14. 다음은 북반구에서의 경도풍(Gradient wind)과, 이와 관련된 힘의 균형을 나타낸 모식도이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, A, B, C는 각각 힘의 종류를, V는 바람벡터를 나타낸다.)



① A는 겉보기 힘의 한 종류로, 북반구에서는 물체가 운동하는 방향의 오른쪽으로 작용한다.
② B는 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 가해지는 힘으로, 바람의 속도는 중심 기압의 크기에 비례하여 커진다.
③ C는 회전 운동하는 물체에 실제로 가해지는 힘으로, 구심력과 반대 방향으로 작용한다.
④ 시계 방향으로 회전하는 경우 바람의 속도는 지균풍보다 느려지고, 반시계 방향으로 회전하는 경우 지균풍보다 빨라진다.

정답 1번

출제 포인트

북반구 경도풍 도식에서 기압경도력·전향력·원심력의 방향과 힘의 균형을 판별하는 문제이다. 고기압의 오른쪽에서는 왼쪽을 향한 A가 전향력, 오른쪽을 향한 B와 C가 각각 기압경도력과 원심력이며, 저기압 도식에서도 같은 대응이 확인된다.

NoteBase

선지별 해설

① O — A는 전향력이다. 북반구에서 전향력은 움직이는 물체의 진행 방향 오른쪽으로 작용한다. 고기압 오른쪽에서 남쪽으로 부는 바람에는 서쪽으로, 저기압 오른쪽에서 북쪽으로 부는 바람에는 동쪽으로 작용하므로 도식의 A 방향과 일치한다.

② X — B가 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 기압경도력이라는 설명은 맞지만, '바람의 속도는 중심 기압의 크기에 비례하여 커진다'는 표현이 틀리다. 올바르게는 풍속은 중심기압의 절대적인 크기가 아니라 수평 기압경도, 즉 거리에 따른 기압 차가 클수록 커진다.

③ X — C는 회전 곡률의 중심 바깥쪽으로 향하는 원심력이며 구심력과 반대 방향이지만, '실제로 가해지는 힘'이라는 표현이 틀리다. 올바르게는 원심력은 회전하는 좌표계에서 도입하는 관성력 또는 겉보기 힘이다.

④ X — 북반구에서 시계 방향 경도풍은 고기압성 경도풍이고 반시계 방향 경도풍은 저기압성 경도풍이다. '시계 방향은 지균풍보다 느리고 반시계 방향은 지균풍보다 빠르다'는 속도 관계가 반대이다. 올바르게는 고기압성 경도풍은 지균풍보다 빠르고, 저기압성 경도풍은 지균풍보다 느리다.

오답 포인트

②는 기압경도력의 방향이 맞다는 이유만으로 전체 문장을 옳다고 판단하기 쉽다. 그러나 풍속은 중심기압 자체가 아니라 기압경도에 좌우된다. 또한 ③은 원심력의 방향은 맞지만 실제 힘이라는 표현이 틀리고, ④는 고기압성·저기압성 경도풍의 속도 관계를 서로 바꾸어 놓았다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 바람벡터의 진행 방향을 기준으로 북반구 전향력이 오른쪽을 향하는 화살표를 찾는다. 다음으로 기압경도력은 고기압에서 바깥쪽, 저기압에서 중심 쪽을 향하고 원심력은 두 경우 모두 곡률 중심의 바깥쪽을 향한다는 기준으로 나머지 힘을 구분한다. 속도는 고기압성 경도풍이 지균풍보다 빠르고 저기압성 경도풍이 지균풍보다 느리다는 관계로 판단한다.

암기 포인트

북반구 전향력은 진행 방향의 오른쪽, 기압경도력은 고압에서 저압으로, 원심력은 곡률 중심의 바깥쪽이다. 풍속은 고기압성 경도풍이 지균풍보다 빠르고 저기압성 경도풍이 지균풍보다 느리다.

NoteBase

문 15. 대기 중 이산화탄소의 평균 농도는 산업화 이전에 300ppm 이었는데, 현재는 400ppm으로 알려져 있다. 이 같은 증가가 모두 인간활동에 의한 것이라고 가정한다면, 산업화 이후부터 현재까지 인간활동에 의해 증가한 대기 중의 탄소량은 얼마인가? (단, 지구대기 전체의 무게는 5.0×10^{18} kg, 탄소의 원자량은 12, 산소의 원자량은 16이다.)

① 약 1.4×10^{14} kg ② 약 1.4×10^{13} kg
③ 약 2.1×10^{14} kg ④ 약 2.1×10^{13} kg

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이산화탄소 농도의 증가분을 ppm 비율로 바꾼 뒤, 이산화탄소에서 탄소가 차지하는 질량비를 적용하여 증가한 탄소의 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 이산화탄소 농도는 300 ppm에서 400 ppm으로 증가했고, 지구 대기 전체의 질량은 $5.0 \times 10^{18} kg$ 이다. 탄소와 산소의 원자량은 각각 12, 16이다.
구해야 할 값: 산업화 이후 인간활동에 의해 증가한 대기 중 탄소의 질량이다.
주의할 조건: 농도 증가분은 400 ppm 전체가 아니라 $400 - 300 = 100 ppm$이며,
$100 ppm = 100 \times 10^{-6} = 10^{-4}$이다.

사용할 공식

공식 채점 계산은 ppm을 이산화탄소의 질량분율처럼 간주하는 출제 가정을 따른다. 이 가정에서는
$M_{CO_2} = M_{air} \times \Delta C$
이고, 그중 탄소의 질량은
$M_C = M_{CO_2} \times \frac{12}{12 + 2 \times 16}$
이다. 이산화탄소의 분자량은 44이므로 탄소의 질량비는 12/44이다.
다만 대기 중 이산화탄소 농도의 ppm은 통상 몰분율인 ppmv를 뜻한다. 이를 엄밀히 질량으로 환산할 때는 평균 공기 몰질량 $\overline{M_{air}}$을 반영하여
$M_C = M_{air} \times \Delta x \times \frac{12}{\overline{M_{air}}}$
로 계산한다.

NoteBase

계산 과정

1. 이산화탄소 농도 증가분은 $400 - 300 = 100ppm = 10^{-4}$이다.
2. 공식 채점의 출제 가정에 따라 증가한 이산화탄소의 질량을
$5.0 \times 10^{18} \times 10^{-4} = 5.0 \times 10^{14} kg$
으로 계산한다.
3. 그중 탄소의 질량은
$5.0 \times 10^{14} \times \frac{12}{44} = 1.36 \times 10^{14} kg$
이므로 약 $1.4 \times 10^{14} kg$이고, 공식 채점 답은 ①이다.
4. 통상적인 ppmv로 해석하고 평균 공기 몰질량을 약 29로 적용하면
$5.0 \times 10^{18} \times 10^{-4} \times \frac{12}{29} \approx 2.1 \times 10^{14} kg$
으로 ③에 해당한다. 따라서 ①은 ppm을 질량분율처럼 간주한 출제 계산에 따른 값이다.

선지 판단

① O — 공식 채점의 출제 가정에서 $5.0 \times 10^{18} \times 10^{-4} \times 12/44 = 1.36 \times 10^{14} kg$이므로 약 $1.4 \times 10^{14} kg$이다.
② X — 공식 채점 계산에서 100 ppm을 10^{-5}로 잘못 바꾸면 나오는 값이다. $100ppm = 10^{-4}$이다.
③ X — 공식 채점 기준에서는 선택하지 않는다. 다만 ppm을 통상적인 몰분율로 해석하고 평균 공기 몰질량 약 29를 반영하면 약 $2.1 \times 10^{14} kg$이므로, 단순히 이산화탄소의 산소 원자 수를 잘못 적용한 값으로 볼 수 없다.
④ X — 통상적인 ppmv 환산에서 100 ppm을 10^{-5}로 한 자리 작게 바꾸면 약 $2.1 \times 10^{13} kg$이 나온다. 올바른 농도 증가는 10^{-4}이다.

오답 포인트

400 ppm을 그대로 사용하면 산업화 이후 증가분이 아니라 현재의 전체 농도를 계산하게 된다. 또한 $100ppm = 10^{-4}$이므로 이를 10^{-5}로 바꾸면 결과가 한 자리 작아진다. ③과 ④의 계수 2.1은 이산화탄소의 산소 원자 하나를 빠뜨린 결과로만 볼 수 없으며, 평균 공기 몰질량을 반영하는 통상적인 ppmv 질량 환산에서도 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

농도로 특정 성분의 질량을 구할 때는 먼저 농도 차이와 ppm의 기준을 확인한다. 질량분율이면 전체 질량에 농도 비율을 직접 곱할 수 있지만, 몰분율 또는 부피혼합비이면 성분과 전체 혼합물의 몰질량 비를 반영해야 한다. 이 문항의 공식 채점은 ppm을 질량분율처럼 간주한 출제 계산을 따른다.

암기 포인트

$100ppm = 10^{-4}$이다. CO_2의 분자량은 44이고 그중 탄소의 질량비는 12/44이다. 다만 대기 중 CO_2의 ppmv를 대기 질량으로 환산할 때는 평균 공기 몰질량을 반영한다.

NoteBase

문 16. 북반구에서 한 변이 1,000km인 정사각형 지역의 남쪽 경계에서는 10m/s의 동풍이 불고 있다. 북쪽 방향으로 100km 당 2m/s의 비율로 서풍이 강해지고 있다고 할 때, 이 지역에서의 순환(Circulation)은 얼마인가? (단, 남북 방향의 바람성분은 없는 것으로 간주한다.)

① $2.0\times10^7\ m^2/s$ ② $-2.0\times10^7\ m^2/s$
③ $4.0\times10^7\ m^2/s$ ④ $-4.0\times10^7\ m^2/s$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 폐곡선을 따라 바람의 접선 성분을 선적분하여 순환을 구하고, 경계 진행 방향에 따라 부호를 정하는 문제이다.

조건 정리

정사각형의 한 변 길이는 $L = 1{,}000km = 1.0 \times 10^6 m$이다.
남쪽 경계의 동풍은 서쪽으로 부는 바람이므로 $u_S = -10m/s$이다.
북쪽으로 $100km$마다 서풍이 $2m/s$씩 강해지므로, 남쪽에서 북쪽까지 서풍 성분의 변화량은 $20m/s$이다.
따라서 북쪽 경계의 바람은 서풍 $10m/s$, 즉 $u_N = +10m/s$이다.
남북 방향의 바람 성분이 없으므로 동쪽 변과 서쪽 변의 순환 기여는 0이다.

사용할 공식

반시계방향을 양의 순환 방향으로 잡으면
$C = \oint \mathbf{V} \cdot d\mathbf{l} = (u_S - u_N)L$
이다. 남쪽 변에서는 적분 방향이 동쪽이므로 $u_S L$이 더해지고, 북쪽 변에서는 적분 방향이 서쪽이므로 $-u_N L$이 더해진다.

계산 과정

1. 북쪽 경계까지의 서풍 증가량은
$2m/s \times \frac{1{,}000km}{100km} = 20m/s$
이다.
2. 남쪽 경계의 동풍 $10m/s$는 $u_S = -10m/s$이므로 북쪽 경계는 $u_N = -10 + 20 = +10m/s$이다.
3. 순환은
$C = (-10 - 10)m/s \times 1.0 \times 10^6 m = -2.0 \times 10^7 m^2/s$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 크기는 같지만 부호가 반대이다. 반시계방향 선적분에서 계산 결과는 양수가 아니라 $-2.0 \times 10^7 m^2/s$이다. 틀린 표현 $+2.0 \times 10^7 m^2/s$ → 올바르게는 $-2.0 \times 10^7 m^2/s$이다.
② O — $C = (u_S - u_N)L = (-10 - 10) \times 10^6 = -2.0 \times 10^7 m^2/s$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — 북쪽과 남쪽 경계의 풍속을 단순히 더해 $40 m/s$로 처리하면 안 된다. 경계의 진행 방향과 동풍·서풍의 부호를 반영해야 한다. 틀린 표현 $+4.0 \times 10^7 m^2/s$ → 올바르게는 $-2.0 \times 10^7 m^2/s$이다.
④ X — 음의 부호는 맞지만 크기를 두 배로 계산하였다. 남쪽 경계는 동풍이므로 $u_S = -10 m/s$이고, 북쪽 경계는 서풍 $u_N = +10 m/s$이어서 두 경계의 순기여는 $-20 m/s \times L$이다. 틀린 표현 $-4.0 \times 10^7 m^2/s$ → 올바르게는 $-2.0 \times 10^7 m^2/s$이다.

오답 포인트

'서풍이 강해진다'를 남쪽 경계의 동풍 $10 m/s$에 곧바로 더해 북쪽 풍속을 $30 m/s$로 잡으면 안 된다. 먼저 동쪽을 양(+)으로 정하여 동풍을 음(-), 서풍을 양(+)으로 바꾸어야 한다. 또한 북쪽 변에서는 반시계방향 적분 경로가 서쪽을 향하므로 부호가 한 번 더 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 모든 바람을 동서 성분의 부호로 통일하고, 거리 단위를 m로 환산한다. 그다음 반시계방향 경로를 따라 각 변의 $\mathbf{V} \cdot d\mathbf{l}$ 부호를 정한 뒤 네 변의 기여를 합한다.

암기 포인트

반시계방향 순환에서 동서 바람만 있으면 $C = (u_S - u_N)L$이다. 북쪽으로 서풍이 강해질수록 $u_N > u_S$이므로 순환은 음(-)이 된다.

NoteBase

문 17. 흑백 위성영상에서 다음과 같은 특징이 나타나는 일기 현상으로 가장 옳은 것은?

○ 수증기 영상에서는 잘 나타나지 않는다. ○ 야간의 적외영상에서는 어두운 회색으로 나타난다. ○ 주간의 단파적외영상에서는 검은색으로 나타난다.

① 권운 ② 적란운
③ 고층운 ④ 안개

정답 4번

출제 포인트

수증기영상·야간 적외영상·주간 단파적외영상에서 구름과 안개가 나타나는 밝기 차이를 이용하여 기상 현상을 판별하는 문제이다.

핵심 개념

안개는 지면 부근에 떠 있는 미세한 물방울층이다. 수증기영상은 주로 중·상층의 수증기를 보여 주므로 낮은 안개가 잘 나타나지 않는다. 안개 꼭대기는 지면과 온도가 비슷하게 높아 야간 적외영상에서 어두운 회색으로 보이고, 낮에는 작은 물방울이 단파 복사를 강하게 반사하여 주간 단파적외영상에서 검게 나타난다.
권운은 상층의 차가운 얼음구름, 적란운은 연직으로 크게 발달한 두꺼운 대류운, 고층운은 중층에 넓게 퍼지는 층운형 구름이다. 이들은 지면 부근의 따뜻한 물방울층인 안개와 영상 특성이 다르다.

NoteBase

선지별 해설

① 권운 X
권운은 상층의 차가운 얼음구름이므로 수증기영상과 적외영상에서 상층 구름으로 식별되며, 야간 적외영상에서 어두운 회색으로 나타나는 따뜻한 안개의 특징과 맞지 않는다. 틀린 판단은 제시된 세 특징을 권운으로 본 것이며, 올바르게는 권운이 아니라 안개이다.

② 적란운 X
적란운은 수직으로 매우 두껍고 구름 꼭대기가 높고 차가워 수증기영상과 적외영상에서 뚜렷하고 밝게 나타난다. '수증기영상에서는 잘 나타나지 않고 야간 적외영상에서는 어두운 회색'이라는 설명은 적란운과 반대이다. 올바르게는 이 특징의 현상은 안개이다.

③ 고층운 X
고층운은 중층에 넓게 퍼지는 구름으로, 꼭대기가 지면 부근의 안개보다 차가워 적외영상에서 안개보다 밝은 회색 계열로 식별된다. 제시된 '지면과 온도가 비슷한 낮은 구름층'의 영상 특성을 고층운으로 판단한 것이 틀렸으며, 올바르게는 안개이다.

④ 안개 O
안개는 매우 낮고 따뜻하여 수증기영상에서는 잘 드러나지 않고 야간 적외영상에서는 어두운 회색으로 나타난다. 또한 낮에는 미세한 물방울의 단파 복사 반사가 커 주간 단파적외영상에서 검게 나타나므로 세 특징을 모두 만족한다.

오답 포인트

③의 고층운도 층 모양으로 넓게 퍼지므로 안개와 혼동하기 쉽다. 그러나 '수증기영상에서 잘 나타나지 않음', '야간 적외영상에서 어두운 회색', '주간 단파적외영상에서 검은색'이라는 조합은 지면 가까이에 있는 따뜻한 미세 물방울층인 안개의 판별 단서이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 영상의 밝기를 구름 꼭대기 온도와 높이에 연결한다. 수증기영상에 약하고 야간 적외영상에서 어두우면 낮고 따뜻한 현상을 의심하며, 주간 단파적외영상에서 검게 나타난다는 단서까지 결합되면 안개로 판단한다.

암기 포인트

안개는 낮고 따뜻한 물방울층이다. 수증기영상에는 약하게, 야간 적외영상에는 어둡게, 주간 단파적외영상에는 검게 나타난다.

NoteBase

문 18. 위도 60°에 위치한 화산에서 강한 폭발이 일어나 상당량의 화산재가 성층권 하부로 유입되었다. 유입된 화산재가 동일 위도대를 따라 이동하여 원래의 위치로 돌아오는데 소요되는 시간은? (단, 지구의 반경은 6,400km, 화산재가 유입된 고도에서의 평균 풍속은 60km/h이며, 화산재는 유입된 고도에서의 평균 바람과 같은 속도로 이동하는 것으로 가정한다.)

① 약 7일 ② 약 14일 ③ 약 21일 ④ 약 28일

정답 2번

출제 포인트

위도 60°의 위선 둘레를 구한 뒤 화산재의 이동 속력으로 나누어 원래 위치로 돌아오는 시간을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 지구 반경 $R = 6{,}400km$, 위도 $\phi = 60^\circ$, 이동 속력 $v = 60km/h$이다.
구해야 할 값: 화산재가 동일 위도대를 한 바퀴 이동하는 데 걸리는 시간이다.
주의할 조건: 위도 60°의 위선 반지름은 지구 반경이 아니라 $R\cos 60^\circ$이며, 계산한 시간을 일 단위로 바꾸어야 한다.

사용할 공식

위도 ϕ에서 위선의 반지름과 둘레는 각각 $R\cos\phi$, $2\pi R\cos\phi$이다. 따라서 이동 시간은

$$t = \frac{2\pi R\cos\phi}{v}$$

이다. 화산재가 동일 위도대를 따라 원래 위치로 돌아오려면 해당 위선을 한 바퀴 이동해야 하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 위도 60°의 위선 반지름은 $6{,}400\cos 60^\circ = 3{,}200km$이다.
2. 위선 한 바퀴의 거리는 $2\pi \times 3{,}200 = 6{,}400\pi km$이다.
3. 이동 시간은 $6{,}400\pi \div 60 \approx 335.1h$이다.
4. 이를 일 단위로 바꾸면 $335.1 \div 24 \approx 13.96day$이므로 약 14일이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 약 7일은 계산 결과인 약 14일과 일치하지 않는다. 틀린 표현인 '약 7일'은 '약 14일'로 고쳐야 한다.
② O — 계산 결과가 약 13.96일이므로 '약 14일'이 맞는다.
③ X — 약 21일은 계산 결과인 약 14일보다 길다. 틀린 표현인 '약 21일'은 '약 14일'로 고쳐야 한다.
④ X — 약 28일은 계산 결과의 약 두 배이다. 틀린 표현인 '약 28일'은 '약 14일'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

지구의 대원 둘레 $2\pi R$를 그대로 사용하면 위도 60°의 위선이 적도보다 짧다는 사실을 놓쳐 약 28일을 고르게 된다. 반드시 위선 반지름에 $\cos 60^\circ = 1/2$을 곱하고, 마지막에 시간을 24로 나누어 일로 환산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

동일 위도대를 따라 한 바퀴 도는 문제는 '위선 반지름 $R\cos\phi$ → 위선 둘레 $2\pi R\cos\phi$ → 둘레를 속력으로 나누기 → 시간 단위 환산'의 순서로 판단한다.

암기 포인트

위도 ϕ의 위선 둘레는 $2\pi R\cos\phi$이다. 위도 60°의 위선 둘레는 적도 둘레의 절반이다.

NoteBase

문 19. 다음에서 설명하는 대기 중 기체로 가장 옳은 것은?

> ○ 강한 태양복사가 존재하는 주간에 형성된다.
> ○ 대류권에서 메테인(CH_4)을 파괴시키는 중요한 기체이다.
> ○ 다른 대기오염 기체에 비해 농도는 매우 낮은 편이다.

① O_3 ② OH ③ NO ④ N_2O_5

정답 2번

출제 포인트

낮 동안의 광화학 반응으로 생성되어 대류권 메테인을 산화·제거하는 저농도 반응성 화학종이 무엇인지 묻는 문제이다.

핵심 개념

하이드록실 라디칼 OH은 대기 중 여러 미량 기체를 산화하는 반응성이 매우 큰 화학종으로, 대류권에서 메테인 CH_4을 제거하는 핵심 역할을 한다. 강한 태양복사가 있는 낮에 오존의 광분해와 수증기가 관여하는 반응을 거쳐 주로 생성되며, 반응성이 커서 농도는 매우 낮다.

선지별 해설

① X — O_3도 햇빛이 관여하는 광화학 반응으로 생성될 수 있지만, 제시문의 핵심인 '대류권에서 메테인을 파괴하는 중요한 기체'에 해당하지 않는다. 틀린 연결은 메테인의 주요 제거 주체를 O_3로 본 부분이며, 올바르게는 OH이 메테인의 주요 제거 반응을 담당한다.
② O — OH은 강한 태양복사가 있는 낮에 주로 생성되고, 대류권에서 CH_4을 산화·제거하며, 수명이 짧아 농도가 매우 낮으므로 세 설명에 모두 부합한다.
③ X — NO는 질소산화물의 광화학 순환과 오존 생성 과정에 관여하지만 대류권 메테인의 주된 제거 화학종은 아니다. 틀린 연결은 NO가 메테인을 파괴하는 중요한 기체라는 부분이며, 올바르게는 OH이 그 역할을 한다.
④ X — N_2O_5는 주로 야간의 질소산화물 반응에서 형성되는 저장 화학종이며, 강한 태양복사가 있는 주간에 주로 생성되어 메테인을 제거하는 화학종이 아니다. 틀린 부분은 '주간에 형성되고 메테인을 파괴한다'는 설명이며, 올바르게는 이 설명이 OH의 특성이다.

오답 포인트

①의 O_3도 햇빛과 관련된 대기 성분이어서 첫 번째 설명만 보면 혼동하기 쉽다. 그러나 '대류권 메테인의 주요 제거'라는 결정적 표현은 OH을 가리킨다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

‘대류권의 세제’, ‘메테인 산화·제거’, ‘낮에 광화학적으로 생성’, ‘매우 낮은 농도’가 함께 제시되면 하이드록실 라디칼 OH로 판단한다.

암기 포인트

OH은 낮에 생기는 대류권의 세제이며, CH_4의 주요 제거자이다.

NoteBase

문 20. 성층권 돌연승온에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 1주일 동안 30℃ 이상의 온도 증가를 기준으로 정의한다.
② 대기 파동에너지가 강한 겨울철에 주로 발생한다.
③ 오존층의 자외선 흡수로 인해 발생한다.
④ 돌연승온이 발생하면 극지역을 중심으로 서풍이 강해진다.

정답 2번

출제 포인트

성층권 돌연승온의 발생 계절과 원인, 그리고 극 소용돌이와 성층권 서풍의 변화를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

성층권 돌연승온은 겨울철 극 성층권의 온도가 짧은 기간에 급격히 상승하는 현상이다. 대류권에서 상향 전파된 행성파가 성층권에서 쇄파하면서 극 소용돌이를 교란하고, 이에 따른 하강 운동과 단열 압축으로 극 성층권이 빠르게 따뜻해진다. 주요 돌연승온 때에는 극 소용돌이가 크게 약해지고 성층권의 서풍이 약화되거나 동풍으로 역전된다.

선지별 해설

① X
틀린 표현은 '1주일 동안 30 ° C 이상의 온도 증가를 기준으로 정의한다'이다. 성층권 돌연승온을 이 하나의 고정된 기간·온도 문턱만으로 정의하지 않으며, 특히 주요 돌연승온은 극 성층권의 급격한 온난화와 함께 북위 60도 부근 성층권의 동서평균 서풍이 동풍으로 역전되는지를 핵심적으로 판단한다.

② O
겨울철에는 대류권에서 발생한 강한 행성파가 성층권으로 전파되어 쇄파하기 쉽다. 이 과정에서 극 소용돌이가 교란되고 극 성층권에 하강·단열 가열이 나타나므로 성층권 돌연승온은 주로 겨울철에 발생한다.

③ X
틀린 표현은 '오존층의 자외선 흡수로 인해 발생한다'이다. 오존의 자외선 흡수는 성층권의 평상시 가열과 온도 구조를 만드는 주된 요인이지만, 성층권 돌연승온은 행성파가 극 소용돌이를 교란하는 역학적 과정으로 발생한다.

④ X
틀린 표현은 '극지역을 중심으로 서풍이 강해진다'이다. 돌연승온이 발생하면 극 소용돌이와 성층권 서풍은 약해지며, 주요 돌연승온에서는 서풍이 동풍으로 역전될 수 있다.

NoteBase

오답 포인트

③의 오존에 의한 복사 가열은 성층권의 일반적인 온도 구조를 설명하지만 돌연승온의 직접적인 발생 원인은 아니다. 또한 '승온'이라는 말만 보고 ①의 특정 온도 상승값을 정의로 고르거나, 극 소용돌이가 강해진다고 생각해 ④를 고르면 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

성층권 돌연승온은 '북반구 겨울철 — 행성파의 상향 전파와 쇄파 — 극 소용돌이 약화 — 서풍 약화 또는 동풍 역전 — 극 성층권 급가열'의 연결 관계로 판단한다.

암기 포인트

겨울 행성파가 극 소용돌이를 흔들면 서풍은 약해지고 성층권은 급격히 따뜻해진다.

NoteBase