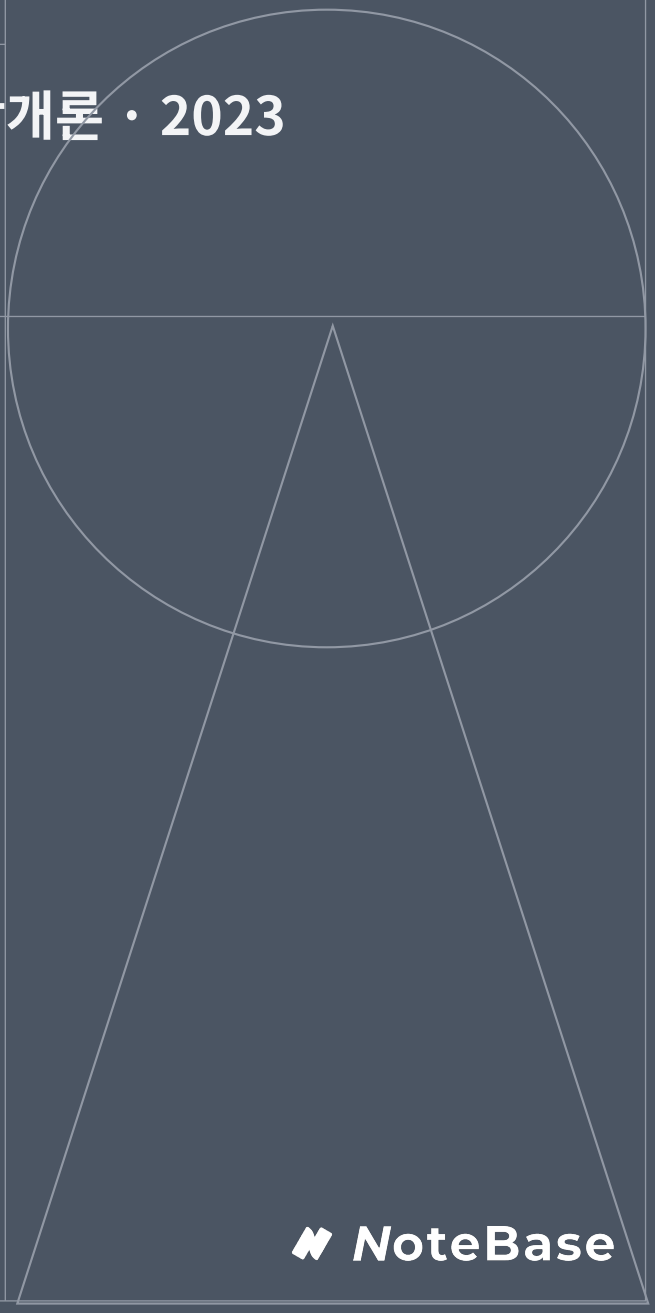
기출OX 해설집

공무원/기상직/9급 · 기상학개론 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/기상직/9급 · 기상학개론 · 2023

공무원/기상직/9급 · 기상학개론 · 2023

문 1. 대기의 열역학 구조를 분석하기 위한 단열선도 중에서 가로축은 T, 세로축은 $\ln\theta$인 것은? (단, T는 온도, θ는 온위이다.)

① Tephigram
② Emagram
③ Skew T-log p diagram
④ Stüve diagram

정답 1번

출제 포인트

단열선도의 종류를 가로축과 세로축에 사용한 열역학 변수로 구별하는 문제이다.

핵심 개념

Tephigram은 온도 T와 온위의 로그 $\ln\theta$를 좌표로 사용하는 단열선도이다. $\ln\theta$는 엔트로피에 비례하는 변수이므로 Tephigram은 대기의 열역학적 상태와 단열 변화를 분석하는 데 적합하다.
Emagram은 T와 $\ln p$, Skew T-log p diagram은 기울어진 온도 좌표와 $\log p$, Stüve diagram은 T와 p^{κ}를 좌표로 사용한다.

선지별 해설

① O — Tephigram은 가로축에 T, 세로축에 $\ln\theta$를 둔 선도이므로 조건과 일치한다.
② X — 틀린 표현은 'Emagram'이다. Emagram은 온도 T와 로그 압력 $\ln p$를 좌표로 사용한다. 가로축이 T, 세로축이 $\ln\theta$인 선도는 Tephigram이다.
③ X — 틀린 표현은 'Skew T-log p diagram'이다. 이 선도는 온도선을 비스듬히 기울이고 세로 방향에 로그 압력 $\log p$를 사용하는 선도이다. T-$\ln\theta$ 좌표를 사용하는 선도는 Tephigram이다.
④ X — 틀린 표현은 'Stüve diagram'이다. Stüve diagram은 온도 T와 압력 함수 p^{κ}를 좌표로 사용한다. T-$\ln\theta$ 좌표를 사용하는 선도는 Tephigram이다.

NoteBase

오답 포인트

네 선도 모두 온도·압력·습도 구조를 표현하므로 용도만으로는 구별하기 어렵다. 특히 Emagram과 Skew T-log p diagram의 세로 좌표는 로그 압력 계열이지만, 문제의 $\ln\theta$는 로그 온위이므로 Tephigram을 선택해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

축에 $\ln\theta$가 보이면 온위의 로그를 쓰는 Tephigram으로 판단한다. $\log p$가 보이면 Emagram 또는 Skew T-log p diagram인지 온도축의 기울어짐을 추가로 확인하고, p^{κ}가 보이면 Stüve diagram으로 판단한다.

암기 포인트

Tephi는 T와 $\ln\theta$, Emagram은 T와 $\ln p$, Skew T-log p는 기울어진 T와 $\log p$, Stüve는 T와 p^{κ}이다.

NoteBase

문 2. 충돌병합에 의한 강수 형성 과정에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① 온난구름(Warm cloud) 내부에서 주로 나타나는 과정이다.
② 강한 상승기류는 구름방울 성장을 촉진시킬 수 있다.
③ 충돌과정에서 구름방울의 병합이 일어나지 않고 분열이 일어나기도 한다.
④ 충돌하는 구름방울들이 서로 같은 부호의 전하를 갖는다면 병합이 촉진된다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 온난구름에서 강수가 만들어지는 충돌·병합 과정과 구름방울의 성장 조건을 묻는다.

핵심 개념

충돌·병합은 크기가 다른 구름방울이 서로 다른 낙하 속도로 충돌한 뒤 합쳐져 더 큰 물방울로 성장하는 과정이다. 주로 구름 전체가 액체 물방울로 이루어진 온난구름에서 나타난다. 충돌한 방울은 병합되기도 하지만 충격으로 분열되기도 한다. 전기적 효과를 고려하면 같은 부호의 전하는 서로 밀어내고, 반대 부호의 전하는 서로 끌어당긴다.

선지별 해설

① O — 충돌·병합은 얼음 결정 과정 없이 액체 상태의 구름방울이 성장하는 과정이므로 온난구름 내부에서 주로 나타난다.
② O — 강한 상승기류는 비교적 큰 물방울도 구름 속에 머물게 하고 액체수 함량을 유지하여 다른 구름방울과 충돌할 기회를 늘릴 수 있으므로 구름방울 성장을 촉진할 수 있다.
③ O — 충돌한 구름방울이 항상 하나로 합쳐지는 것은 아니다. 충돌의 세기와 방울의 크기 등에 따라 병합되지 않거나 더 작은 방울로 분열될 수도 있다.
④ X — 틀린 표현은 '서로 같은 부호의 전하'이다. 같은 부호의 전하를 띤 방울은 정전기적으로 서로 밀어내므로 병합이 촉진된다고 할 수 없다. 전기적 인력으로 충돌 가능성이 커지는 경우는 서로 반대 부호의 전하를 띨 때이며, 기본적인 충돌·병합은 주로 크기에 따른 낙하 속도 차이로 일어난다.

오답 포인트

④는 '전하를 띠면 서로 끌어당긴다'고 막연히 생각하게 만드는 선지이다. 정전기력은 전하의 부호에 따라 달라지므로 같은 부호는 반발하고 반대 부호는 인력으로 작용한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

충돌·병합 문항에서는 온난구름인지, 방울 크기 차이에 따른 낙하 속도 차이가 있는지, 충돌 뒤 병합과 분열이 모두 가능한지, 전하의 부호가 같은지 반대인지 차례로 판단한다.

암기 포인트

온난구름은 충돌·병합, 같은 전하는 반발, 반대 전하는 인력이다.

NoteBase

문 3. 아래는 기상위성이 관측하는 적외선 영역의 일부이다. 다음 중 각 영역에 해당하는 파장을 옳게 나열한 것은?

	<대기의 창>	<수증기 흡수 밴드>	<이산화탄소 흡수 밴드>
①	11μm	6.3μm	15μm
②	11μm	9.6μm	6.3μm
③	15μm	6.3μm	11μm
④	15μm	9.6μm	6.3μm

정답 1번

출제 포인트

기상위성이 관측하는 적외선 영역에서 대기의 창과 수증기·이산화탄소의 대표 흡수대를 파장과 연결하는 문제이다.

핵심 개념

대기의 창: 대기에 의한 흡수가 비교적 약하여 지표나 구름에서 방출된 적외선이 위성까지 잘 통과하는 파장 영역이며, 대표 파장은 11μm이다.
수증기 흡수 밴드: 수증기가 적외선을 강하게 흡수하는 영역으로, 대표 파장은 6.3μm이다.
이산화탄소 흡수 밴드: 이산화탄소가 적외선을 강하게 흡수하는 영역으로, 대표 파장은 15μm이다.

선지별 해설

① O — 대기의 창 11μm, 수증기 흡수 밴드 6.3μm, 이산화탄소 흡수 밴드 15μm의 대응이 모두 옳다.
② X — 수증기 흡수 밴드를 9.6μm, 이산화탄소 흡수 밴드를 6.3μm로 둔 부분이 틀렸다. 올바르게는 수증기 흡수 밴드가 6.3μm, 이산화탄소 흡수 밴드가 15μm이다.
③ X — 대기의 창을 15μm, 이산화탄소 흡수 밴드를 11μm로 둔 부분이 틀렸다. 올바르게는 대기의 창이 11μm, 이산화탄소 흡수 밴드가 15μm이다.
④ X — 대기의 창을 15μm, 수증기 흡수 밴드를 9.6μm, 이산화탄소 흡수 밴드를 6.3μm로 둔 부분이 틀렸다. 올바르게는 각각 11μm, 6.3μm, 15μm이다.

오답 포인트

흡수 기체별 파장을 서로 바꾸어 놓은 것이 함정이다. 특히 6.3μm는 수증기, 15μm는 이산화탄소의 대표 흡수대이며, 9.6μm는 이 둘의 대표 흡수 파장이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 흡수가 약한 대기의 창을 11μm로 고정한 뒤, 짧은 쪽 6.3μm를 수증기, 긴 쪽 15μm를 이산화탄소에 대응시킨다.

NoteBase

암기 포인트

창 11, 수증기 6.3, 이산화탄소 15로 묶어 기억한다.

NoteBase

문 4. 북반구에서 지면부터 대류권계면까지 균일한 남북 방향 온도경도(Temperature gradient)가 발생하였을 때 이와 관련된 설명 중 옳은 것을 모두 고른 것은? (단, 지균평형과 정역학평형을 만족하는 경압대기를 가정한다.)

ㄱ. 북쪽으로 갈수록 온도가 상승한다면, 대류권에서는 상층으로 갈수록 동풍이 강해진다.
ㄴ. 남북 방향 온도경도가 커질수록 대류권 상층의 풍속이 강해진다.
ㄷ. 제트 중심 부근에서 남북 방향 온도경도가 같다면, 한대제트보다 아열대제트의 중심 풍속이 더 강하다.
ㄹ. 대기가 안정 성층 상태라면 대기의 밀도는 오직 기압의 함수이다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ
③ ㄷ, ㄹ ④ ㄱ, ㄴ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

남북 온도경도가 만드는 온도풍과 연직 바람시어의 방향·크기, 그리고 대기 밀도를 결정하는 변수를 묻는 문제이다.

핵심 개념

온도풍은 두 고도 사이의 지균풍 차이인 연직 바람시어를 뜻하며, 북반구에서는 온도경도가 클수록 그 크기가 커진다. 북쪽이 더 따뜻하면 상층으로 갈수록 동풍 성분이 강해지고, 북쪽이 더 차가우면 상층으로 갈수록 서풍 성분이 강해진다. 한편 건조 공기의 상태방정식은 $\rho = p/(R_d T)$이므로 밀도 ρ는 기압 p뿐 아니라 기온 T에도 의존한다.

NoteBase

선지별 해설

① O — ㄱ과 ㄴ이 모두 옳다. 북쪽으로 갈수록 기온이 높아지면 상층으로 갈수록 동풍 성분이 커지며, 남북 온도경도가 커지면 온도풍에 따른 연직 바람시어가 커져 대류권 상층의 바람이 강해진다.
② X — ㄷ이 틀렸다. '남북 방향 온도경도가 같으면 아열대제트의 중심 풍속이 더 강하다'는 결론은 온도경도만으로 정할 수 없다. 실제 중심 풍속은 코리올리 매개변수, 온도경도가 작용하는 연직 깊이, 하층의 지균풍 등도 함께 좌우하므로, 올바르게는 '온도경도가 같다는 조건만으로 두 제트의 중심 풍속 우열을 단정할 수 없다'이다.
③ X — ㄷ과 ㄹ이 모두 틀렸다. ㄷ은 온도경도 하나만으로 제트 중심 풍속을 비교한 점이 잘못이다. ㄹ의 '밀도는 오직 기압의 함수'도 틀리며, 올바르게는 안정 성층 여부와 관계없이 상태방정식 $\rho = p/(R_d T)$에 따라 밀도는 기압과 기온의 함수이다.
④ X — ㄹ이 틀렸다. 대기가 안정하게 성층되어 있다는 것은 공기덩이가 연직 변위 뒤 원래 위치로 돌아가려는 성질을 뜻할 뿐, 밀도를 기압만의 함수로 만들지는 않는다. 올바르게는 밀도는 기압과 기온에 의해 결정된다.

오답 포인트

ㄷ에서는 '온도경도가 같음'을 곧바로 '중심 풍속이 정해짐'으로 바꾸는 것이 함정이다. 온도풍 관계가 직접 정하는 것은 절대적인 제트 중심 풍속이 아니라 층 사이 지균풍의 차이이다. ㄹ에서는 안정 성층과 밀도의 상태방정식을 혼동하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 남북 기온 변화로 상층 바람시어의 방향을 정하고, 온도경도의 크기로 바람시어의 크기를 판단한다. 절대 풍속을 비교하는 문장은 하층 바람과 위도·연직 깊이 등 추가 조건이 있는지 확인한다. 밀도에 관한 문장은 $\rho = p/(R_d T)$를 적용해 기압과 기온을 함께 본다.

암기 포인트

북쪽 고온이면 위로 갈수록 동풍, 온도경도가 크면 연직시어도 크다. 밀도는 기압만이 아니라 기온에도 달려 있다.

NoteBase

문 5. 지구대기의 연직 구조와 조성에 대한 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① 성층권의 기온역전은 오존층이 태양으로부터의 자외선 복사를 흡수하기 때문에 나타난다.
② 대류권에서 공기 중 산소의 조성 비율은 고도에 따라 지수함수적으로 감소한다.
③ 전체 공기의 70%는 고도 약 9km 아래에 분포한다.
④ 적도 상공보다 극 상공에서 대류권 최저온도가 더 높게 나타난다.

정답 2번

출제 포인트

성층권 오존층의 역할, 대류권의 기체 조성, 공기의 연직 분포, 위도에 따른 대류권계면 온도 차이를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

대류권에서는 난류와 대류에 의한 혼합이 활발하므로 산소와 같은 주요 기체의 조성 비율은 고도에 따라 거의 일정하다. 다만 고도가 높아지면 기압과 공기 밀도가 감소하므로 단위 부피에 들어 있는 산소 분자 수와 산소 분압은 감소한다. 성층권의 오존층은 태양 자외선을 흡수하며, 대기의 질량은 지표 부근에 집중된다.

선지별 해설

① O — 성층권의 오존은 태양에서 오는 자외선을 흡수한다. 이 흡수로 성층권 상부가 가열되어 성층권의 기온 역전이 나타난다.

② X — 틀린 표현은 '산소의 조성 비율은 고도에 따라 지수함수적으로 감소한다'이다. 대류권에서는 공기가 잘 혼합되므로 산소의 조성 비율은 고도에 따라 거의 일정하다. 고도에 따라 감소하는 것은 기압과 공기 밀도, 그리고 단위 부피당 산소량이다.

③ O — 대기는 중력 때문에 지표 부근에 압축되어 있으므로 전체 공기의 약 70%가 고도 약 9km 아래에 분포한다.

④ O — 열대에서는 강한 가열과 대류로 대류권계면이 높고 그 부근의 최저 기온이 매우 낮다. 극에서는 대류권계면이 낮아 최저 기온이 열대보다 높게 나타난다.

오답 포인트

②는 고도가 높아질수록 공기와 산소의 절대량이 감소한다는 사실을 산소의 조성 비율이 감소하는 것으로 바꾸어 놓았다. '비율'과 '단위 부피당 양'을 구분해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

대류권의 기체 관련 선지에서는 먼저 조성 비율을 묻는지 절대량·밀도·분압을 묻는지 확인한다. 주요 기체의 조성 비율은 거의 일정하지만, 기압·밀도·단위 부피당 분자 수는 고도에 따라 감소한다.

암기 포인트

대류권에서는 혼합으로 조성비는 거의 일정하고, 고도 상승으로 기압·밀도·산소의 절대량은 감소한다.

NoteBase

문 6. 지구시스템에 공급되는 에너지가 일시적으로 증가하여 지표 온도가 상승하였다고 가정하자. 이때 발생할 수 있는 현상과 이에 따른 되먹임(Feedback)을 올바르게 짝지은 것은?

ㄱ. 지구가 방출하는 장파복사량의 증가
ㄴ. 대기 중 수증기량의 감소
ㄷ. 눈덮임, 빙하, 해빙의 감소
ㄹ. 규산염 광물의 화학적 풍화속도 증가

	<현상>	<되먹임>
①	ㄱ	양의 되먹임
②	ㄴ	양의 되먹임
③	ㄷ	음의 되먹임
④	ㄹ	음의 되먹임

정답 4번

출제 포인트

지표 온도가 상승했을 때 나타나는 변화가 최초의 온난화를 강화하는 양의 되먹임인지, 약화하는 음의 되먹임인지 구분하는 문제이다.

핵심 개념

양의 되먹임은 처음의 온도 변화를 같은 방향으로 증폭시키는 작용이고, 음의 되먹임은 처음의 온도 변화를 반대 방향으로 완화하는 작용이다.
온난화 강화는 양의 되먹임, 온난화 억제는 음의 되먹임으로 판단한다.

선지별 해설

① X — 지표 온도가 상승하면 지구가 방출하는 장파복사량이 증가하여 에너지를 더 많이 잃으므로 최초의 온난화를 완화한다. 틀린 표현은 '양의 되먹임'이며, 올바르게는 '음의 되먹임'이다.
② X — 지표 온도가 상승하면 대기 중 수증기량은 일반적으로 증가하고, 수증기의 온실효과가 커져 온난화를 강화하므로 양의 되먹임이 된다. 틀린 표현은 '수증기량의 감소'이며, 올바르게는 '수증기량의 증가 — 양의 되먹임'이다.
③ X — 눈덮임·빙하·해빙이 감소하면 지표 반사율이 낮아지고 태양에너지 흡수가 늘어 온난화가 강화된다. 틀린 표현은 '음의 되먹임'이며, 올바르게는 '양의 되먹임'이다.
④ O — 온도가 상승하여 규산염 광물의 화학적 풍화가 빨라지면 이산화탄소 소비가 증가하고 온실효과가 약해져 최초의 온난화가 완화되므로 음의 되먹임이다.

NoteBase

오답 포인트

현상의 증가·감소 자체만 보고 되먹임의 부호를 정하면 틀리기 쉽다. 특히 ①의 장파복사량 증가는 온도가 올라간 결과이지만 지구를 냉각하는 방향이고, ③의 얼음 감소는 반사율을 낮춰 추가 온난화를 일으킨다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 현상 뒤에 이어지는 에너지 또는 온실기체의 변화를 끝까지 추적한다. 그 결과 온도가 더 오르면 양의 되먹임, 온도 상승이 억제되면 음의 되먹임이다.

암기 포인트

수증기 증가·얼음 감소는 온난화 증폭, 장파복사 증가·규산염 풍화 증가는 온난화 완화이다.

NoteBase

문 7. 다음 중 태풍에 대한 설명으로 옳지 않은 것을 모두 고른 것은?

ㄱ. 태풍은 수평운동에 대한 코리올리효과(Coriolis effect)가 있는 지역에서 발생한다.
ㄴ. 태풍은 전향력과 기압경도력이 평형을 유지하며 등압선에 평행하게 부는 선형평형의 흐름을 형성한다.
ㄷ. 태풍 발달의 주된 에너지원은 바람의 연직시어(Vertical shear)이다.
ㄹ. 열대 태평양에서 편동풍파(Easterly wave)의 저기압골 축 동쪽이 서쪽보다 태풍이 발생하기에 더 유리하다.

① ㄱ, ㄷ ② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

태풍의 발생 조건, 바람의 역학적 평형, 에너지원, 편동풍파와 태풍 발생의 관계를 구분하는 문제이다. ㄱ과 ㄹ은 옳고 ㄴ과 ㄷ은 옳지 않다.

핵심 개념

태풍: 따뜻한 열대 해상에서 발달하는 열대저기압으로, 수증기가 응결할 때 방출되는 잠열을 주된 에너지원으로 한다.
코리올리효과: 회전하는 지구에서 운동하는 공기의 진행 방향이 휘어 보이게 하는 효과이며, 적도에서는 0이므로 태풍은 코리올리효과가 작용할 수 있는 적도에서 떨어진 해역에서 발생한다.
태풍의 바람: 곡선 등압선 주위를 회전하므로 전향력과 기압경도력만의 지균평형이 아니라 원심력까지 포함한 경도풍평형으로 설명한다.
연직시어와 편동풍파: 강한 연직시어는 태풍의 수직 구조를 흐트러뜨려 발달을 방해한다. 북반구 열대 편동풍파에서는 저기압골의 동쪽에 나타나는 하층 수렴과 저기압성 회전이 태풍 발생에 유리하다.

NoteBase

선지별 해설

① X — ㄱ은 코리올리효과가 태풍의 회전에 필요하므로 옳고, ㄷ은 태풍의 주된 에너지원을 연직시어라고 했으므로 틀리다. 또한 틀린 ㄴ이 빠져 있다. 올바른 조합은 'ㄴ, ㄷ'이다.
② X — ㄱ은 옳고, ㄹ도 편동풍파 저기압골의 동쪽이 태풍 발생에 더 유리하므로 옳다. 옳지 않은 설명의 조합이 아니다. 올바른 조합은 'ㄴ, ㄷ'이다.
③ O — ㄴ은 태풍의 곡선 흐름을 지균평형이라고 한 점이 틀리며, 실제로는 원심력까지 고려한 경도풍평형으로 설명한다. ㄷ은 주된 에너지원을 연직시어라고 한 점이 틀리며, 실제로는 수증기 응결에 따른 잠열이 주된 에너지원이고 강한 연직시어는 발달을 방해한다. 따라서 옳지 않은 것은 ㄴ과 ㄷ이다.
④ X — ㄴ과 ㄷ은 틀리지만 ㄹ은 옳으므로 ㄹ을 포함한 것이 잘못이다. 올바르게는 ㄹ을 제외한 'ㄴ, ㄷ'이다.

오답 포인트

ㄴ의 '등압선에 평행하게 분다'만 보고 지균풍으로 판단하기 쉽다. 그러나 태풍의 등압선과 공기 흐름은 곡선이므로 원심력을 포함한 경도풍평형이다. 또한 연직시어는 에너지원이 아니라 강할수록 태풍의 수직 구조와 발달을 방해하는 환경 요인이다.

다시 나오면 이렇게 판단

태풍 문항에서는 발생 위치는 코리올리효과, 곡선 흐름은 경도풍평형, 에너지원은 응결 잠열, 발달 환경은 약한 연직시어를 기준으로 판단한다. 편동풍파에서는 저기압골 동쪽의 하층 수렴과 저기압성 회전이 발달에 유리하다는 점을 확인한다.

암기 포인트

태풍은 '코리올리효과가 있는 해역에서 발생하고, 경도풍평형으로 돌며, 잠열로 발달하고, 강한 연직시어를 싫어한다'로 정리한다.

NoteBase

문 8. 다음 빈칸에 들어갈 말로 가장 적절한 것은?

> 이중편파 도플러레이더는 넓은 지역의 강우, 강설, 우박 등을 관측할 수 있고, [ ]를 통해 바람의 방향도 분석할 수 있는 장비이다.

① 차등반사도 ② 차등위상차
③ 교차상관계수 ④ 시선속도

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이중편파 도플러레이더의 관측 변수 가운데 바람의 방향을 분석하는 데 쓰이는 변수를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

시선속도는 레이더를 향하거나 레이더에서 멀어지는 강수입자의 이동 속도 성분이다. 도플러 효과로 측정한 시선속도의 분포를 이용하면 바람의 흐름과 방향을 분석할 수 있다.
차등반사도는 수평·수직 편파 반사도의 차이, 차등위상차는 두 편파 신호의 누적 위상 차이, 교차상관계수는 두 편파 신호의 유사성을 나타내므로 주로 강수입자의 모양·종류와 강수 특성을 파악하는 데 활용된다.

선지별 해설

① X — 차등반사도는 수평·수직 편파 반사도의 차이로 강수입자의 납작한 정도와 종류를 파악하는 변수이다. 틀린 표현은 '차등반사도를 통해 바람의 방향을 분석한다'는 부분이며, 올바르게는 '차등반사도를 통해 강수입자의 형태와 종류를 분석한다'이다.
② X — 차등위상차는 수평·수직 편파가 강수 영역을 지나며 생기는 누적 위상 차이로, 강수량 추정과 강수 특성 분석에 활용된다. 틀린 표현은 '차등위상차를 통해 바람의 방향을 분석한다'는 부분이며, 올바르게는 '차등위상차를 통해 강수량과 강수 특성을 분석한다'이다.
③ X — 교차상관계수는 수평·수직 편파 신호의 유사성을 나타내어 강수입자의 균질성, 종류 및 비기상 에코 여부를 판단하는 데 활용된다. 틀린 표현은 '교차상관계수를 통해 바람의 방향을 분석한다'는 부분이며, 올바르게는 '교차상관계수를 통해 강수입자의 종류와 에코의 성격을 분석한다'이다.
④ O — 시선속도는 강수입자가 레이더 쪽으로 접근하거나 레이더에서 멀어지는 속도 성분이다. 접근·이탈 시선속도의 공간 분포를 해석하면 바람의 방향을 분석할 수 있으므로 빈칸에 적절하다.

NoteBase

오답 포인트

①~③도 모두 이중편파 레이더의 주요 변수이므로 장비 이름만 보고 고르면 혼동하기 쉽다. 그러나 이 변수들은 주로 강수입자의 형태·종류·강수 특성을 나타내며, 바람의 이동을 직접 반영하는 변수는 도플러 효과로 얻는 ④ 시선속도이다.

다시 나오면 이렇게 판단

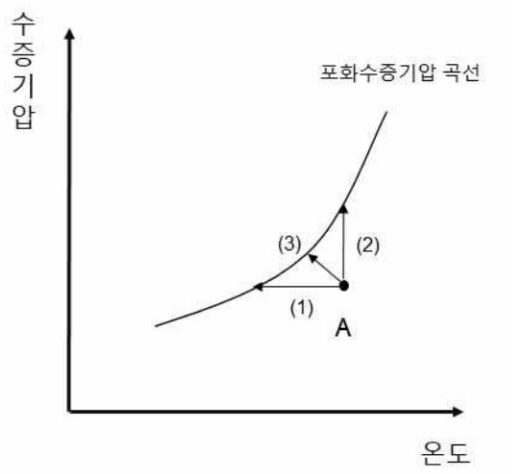
문제의 핵심어가 '바람', '접근·이탈', '이동 속도'이면 시선속도를 고른다. '입자의 모양·종류'나 '강수량 추정'이 핵심이면 차등반사도·차등위상차·교차상관계수의 용도를 구분한다.

암기 포인트

바람은 시선속도, 강수입자 판별은 편파 변수이다.

NoteBase

문 9. 아래 그래프는 A지점에 있는 공기덩이가 포화에 이르는 세 가지 과정을 나타낸 것이다. 각 과정에 대한 설명 중 옳은 것을 모두 고른 것은?



ㄱ. 과정 (1)에 의해 포화가 되었을 때의 온도를 이슬점온도라고 한다.
ㄴ. 과정 (2)로 김안개의 발생 원리를 설명할 수 있다.
ㄷ. 습구온도계로 과정 (3)을 거쳐 포화가 되었을 때의 온도를 측정할 수 있다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ
③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 포화수증기압 곡선과 공기 상태 A의 관계를 이용하여 냉각, 수증기 공급, 증발 냉각에 따른 포화 과정을 구분하는 문제이다. 곡선 위는 포화 상태이며, A에서 곡선에 이르는 화살표의 방향으로 온도와 수증기압의 변화를 함께 읽어야 한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
ㄱ은 옳지만 ㄴ과 ㄷ도 옳으므로 ㄱ만 고른 조합은 틀리다. (1)은 수증기압이 일정한 상태에서 공기를 냉각하여 포화에 도달하는 과정이고, 이때의 온도가 이슬점온도이다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 골라야 한다.

② X
ㄱ과 ㄴ은 옳지만 ㄷ도 옳으므로 ㄱ, ㄴ만 고른 조합은 틀리다. (2)는 온도를 일정하게 유지하면서 수증기를 공급하여 포화에 이르는 과정으로, 수증기 공급에 의해 형성되는 김안개의 발생 원리를 설명할 수 있다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 골라야 한다.

③ X
ㄴ과 ㄷ은 옳지만 ㄱ도 옳으므로 ㄴ, ㄷ만 고른 조합은 틀리다. (3)은 습구의 물이 증발하면서 열을 빼앗아 온도는 낮아지고 주변 수증기압은 높아져 포화에 이르는 과정이다. 따라서 습구온도계로 (3)의 포화 도달 온도인 습구온도를 측정할 수 있다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 골라야 한다.

④ O
ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다. (1)은 이슬점온도, (2)는 수증기 공급에 의한 김안개 형성, (3)은 증발 냉각에 따른 습구온도의 측정 원리를 각각 나타낸다.

오답 포인트

화살표가 곡선에 닿는다는 사실만 보고 세 과정을 같은 포화 과정으로 처리하면 안 된다. (1)은 수증기압이 일정하고, (2)는 온도가 일정하며, (3)은 온도 감소와 수증기압 증가가 동시에 일어난다는 차이가 핵심이다. 특히 (3)을 단순 냉각으로 보면 ㄷ을 빠뜨리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

가로축은 온도, 세로축은 수증기압으로 읽는다. 포화수증기압 곡선 아래의 점에서 곡선으로 이동할 때 수평 왼쪽이면 이슬점, 수직 위쪽이면 일정 온도에서의 수증기 공급, 왼쪽 위 대각선이면 증발 냉각에 따른 습구 과정으로 판단한다.

암기 포인트

수평 왼쪽은 이슬점, 수직 위쪽은 수증기 공급, 대각선 왼쪽 위는 습구 과정이다.

NoteBase

문 10. 난류의 발생, 유지, 소멸은 아래와 같이 난류운동에너지(TKE, Turbulent Kinetic Energy)의 식으로 표현된다.

$$\frac{d(TKE)}{dt} = S + B + T - D$$

위 식에서 S는 기계적 혼합, B는 부력, T는 수송이나 기압에 의한 재분배, D는 마찰에 의한 효과를 각각 나타낼 때, 다음 설명 중 옳은 것을 모두 고른 것은?

ㄱ. S항은 평균류(Mean flow)와 난류변동(Turbulent fluctuation) 간의 에너지 변환을 나타낸다.
ㄴ. 불안정 대기에서 공기덩이가 단열과정으로 하강할 때 B항의 부호는 음이다.
ㄷ. D항은 항상 양수이다.
ㄹ. B항과 T항으로부터 리처드슨수(Richardson number)를 계산할 수 있다.

① ㄱ, ㄴ　② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄹ　④ ㄱ, ㄷ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

난류운동에너지 수지식 $d(TKE)/dt = S + B + T - D$에서 전단 생성항 S, 부력항 B, 수송·재분배항 T, 소산항 D의 의미와 부호를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

S: 평균류의 운동에너지가 난류운동에너지로 전환되는 기계적 생성항이다.
B: 부력에 의한 생성 또는 소멸을 나타내며, 불안정 대기에서는 일반적으로 양수이고 안정 대기에서는 음수이다.
T: 수송이나 기압 작용에 의해 난류운동에너지를 공간적으로 재분배하는 항이다.
D: 점성 마찰로 난류운동에너지가 내부에너지로 소산되는 양을 뜻하며, D 자체는 양수이고 수지식에는 $-D$로 들어간다.
리처드슨수는 부력 효과와 연직 바람시어에 의한 기계적 생성의 상대적 크기를 나타내므로 B와 S의 관계와 연결되며, 재분배항 T로부터 구하는 값이 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① X — ㄱ은 맞지만 ㄴ이 틀리다. 불안정 대기에서 공기덩이가 단열적으로 상승하면 주변보다 따뜻해져 계속 상승하는 방향으로 부력이 작용하므로 $B > 0$이다. 틀린 표현 'B항의 부호는 음이다'는 'B항의 부호는 양이다'로 고쳐야 한다.

② O — ㄱ과 ㄷ이 모두 맞다. S는 평균류와 난류변동 사이의 에너지 전환을 나타내고, D는 소산량의 크기이므로 항상 양수이며 식에서는 $-D$로 난류운동에너지를 감소시킨다.

③ X — ㄴ과 ㄹ이 모두 틀리다. 불안정 대기의 부력항은 $B > 0$이며, 리처드슨수는 부력과 기계적 전단 생성의 비를 나타내므로 B와 S에 관련된다. 틀린 표현 'B항과 T항으로부터'는 'B항과 S항의 관계로부터'로 고쳐야 한다.

④ X — ㄱ과 ㄷ은 맞지만 ㄹ이 틀리다. T는 수송·기압에 의한 재분배항이므로 리처드슨수의 비교 대상이 아니다. 틀린 표현 'B항과 T항으로부터'는 '부력 효과와 연직 바람시어에 의한 기계적 생성의 관계로부터'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

D가 식에서 $-D$로 쓰인다는 사실 때문에 D 자체도 음수라고 오해하기 쉽다. 또한 T를 난류 생성항으로 보아 리처드슨수와 연결하면 안 된다. 이 문항에서는 불안정 대기의 부력 생성 $B > 0$과 전단 생성항 S의 역할이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 식의 부호와 항 자체의 부호를 구분한다. 불안정 대기는 부력이 난류를 생성하므로 $B > 0$, 소산량 D는 양수이지만 식에는 $-D$로 들어간다. 리처드슨수는 부력과 전단의 경쟁을 나타내므로 B와 S를 연결한다.

암기 포인트

불안정 B +, 소산은 $-D$, 리처드슨수는 부력 대 전단이다.

NoteBase

문 11. 다음 중 수치모델에 관련된 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

ㄱ. 수치모델에 사용되는 지배방정식은 운동방정식, 연속방정식, 복사전달방정식, 기체 상태방정식 등이 있다.
ㄴ. 모수화(Parameterization) 과정을 통해 아격자규모(Subgrid-scale) 현상을 격자규모의 값으로 나타낼 수 있다.
ㄷ. 자료동화 과정을 통해 균질하지 않게 분포된 관측정보를 수치모델에 알맞은 형태로 격자화 할 수 있다.
ㄹ. 수치모델은 지표 부근의 격자점에서 연산이 용이한 기압좌표계를 주로 사용한다.

① ㄱ, ㄴ　② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ　④ ㄷ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

수치예보모델의 지배방정식, 모수화, 자료동화, 연직좌표계의 역할을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

지배방정식은 대기의 운동과 상태 변화를 직접 기술하는 기본 방정식으로,
운동방정식·연속방정식·열역학에너지방정식·기체상태방정식 등이 해당한다. 복사 과정은 일반적으로 물리과정 모수화에서 다룬다.
모수화는 격자보다 작은 규모의 현상이 격자 규모 변수에 미치는 효과를 표현하는 과정이다.
자료동화는 불규칙한 시공간에 분포한 관측자료와 모델 정보를 결합하여 모델 격자에 맞는 초기장을 만드는 과정이다.
연직좌표계는 지표의 복잡한 지형을 처리하기 위해 지표 부근에서 지형을 따르는 좌표를 주로 사용하며, 단순 기압좌표는 지표면과 등압면이 교차할 수 있어 지형 표현에 불리하다.

NoteBase

선지별 해설

① X — ㄴ은 맞지만 ㄱ의 '복사전달방정식이 지배방정식에 포함된다'는 부분이 틀리다. 복사 과정은 일반적으로 물리과정 모수화로 다루며, 기본 지배방정식에는 열역학에너지방정식 등이 포함된다. 따라서 올바른 조합은 ㄱ·ㄴ이 아니라 ㄴ·ㄷ이다.
② X — ㄷ은 맞지만 ㄱ이 틀리다. 자료동화는 불규칙하게 분포한 관측자료를 모델 격자와 초기장에 알맞은 형태로 결합한다. 따라서 올바른 조합은 ㄱ·ㄷ이 아니라 ㄴ·ㄷ이다.
③ O — ㄴ과 ㄷ은 모두 맞다. 모수화는 아격자규모 현상의 격자규모 효과를 나타내고, 자료동화는 관측자료를 수치모델이 사용할 수 있는 격자 형태의 초기장으로 만든다.
④ X — ㄷ은 맞지만 ㄹ의 '지표 부근에서 기압좌표계를 주로 사용한다'는 부분이 틀리다. 지표 부근에서는 복잡한 지형을 표현하기 쉬운 지형추종좌표계를 주로 사용한다. 따라서 올바른 조합은 ㄷ·ㄹ이 아니라 ㄴ·ㄷ이다.

오답 포인트

ㄱ에서는 복사전달방정식이라는 전문 용어 때문에 지배방정식으로 오인하기 쉽다. 또한 ㄹ에서는 기압좌표계가 기상학에서 널리 쓰인다는 사실과, 수치모델이 지표 지형을 계산할 때 적합한 연직좌표계를 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 대기의 운동·질량·열역학적 상태를 직접 기술하는 식인지, 격자보다 작은 물리과정을 표현하는 모수화인지 구분한다. 관측자료를 모델 초기장에 결합하면 자료동화이고, 지표 부근의 복잡한 지형을 따라가야 하면 지형추종좌표계가 적합하다고 판단한다.

암기 포인트

아격자 효과는 모수화, 관측과 모델의 결합은 자료동화, 지표 지형 표현은 지형추종좌표계이다.

NoteBase

문 12. 기온이 7℃이고 기압은 1000hPa인 포화공기의 액체수 혼합비(Liquid water mixing ratio)가 3g/kg일 때, 다음 중 총수 혼합비(Total water mixing ratio)에 가장 가까운 값은? (단, 총수 혼합비는 얼음, 물, 수증기 혼합비의 총합이고, 7℃에서 포화수증기압은 10hPa이며, 계산값은 소수점 첫째 자리에서 반올림한다.)

① 7g/kg ② 9g/kg
③ 11g/kg ④ 13g/kg

정답 2번

출제 포인트

포화 수증기 혼합비를 계산한 뒤 액체수 혼합비와 더하여 총수 혼합비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 기압 $p = 1000hPa$, 포화 수증기압 $e_s = 10hPa$, 액체수 혼합비 $3g/kg$이다.
구해야 할 값: 수증기와 액체수의 혼합비를 합한 총수 혼합비이다.
주의할 조건: 기온이 $7\,^{\circ}C$인 포화공기이므로 수증기압은 포화 수증기압과 같고, 계산값은 소수점 첫째 자리에서 반올림한다. 문제에서 얼음의 양은 주어지지 않았으므로 얼음 혼합비는 0으로 본다.

사용할 공식

포화 수증기 혼합비는
$r_s = 0.622\frac{e_s}{p - e_s}$
이고, 총수 혼합비는
$r_t = r_s + r_l + r_i$
이다. 포화 상태에서는 실제 수증기압이 e_s이므로 첫 번째 공식을 사용하며, 총수 혼합비는 수증기·액체수·얼음 혼합비의 합이므로 두 번째 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 포화 수증기 혼합비를 계산한다.
$r_s = 0.622 \times \frac{10}{1000 - 10} = 0.0062828kg/kg$
2. 단위를 g/kg으로 바꾼다.
$0.0062828kg/kg = 6.2828g/kg$
3. 액체수 혼합비 $3g/kg$을 더한다.
$r_t = 6.2828 + 3 = 9.2828g/kg$
4. 소수점 첫째 자리에서 반올림하면 $9g/kg$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 7g/kg은 계산된 총수 혼합비 9.2828g/kg과 일치하지 않는다. 수증기 혼합비만 약 6.2828g/kg이고 여기에 액체수 3g/kg을 더해야 하므로, 올바르게는 9g/kg이다.
② O — 총수 혼합비 9.2828g/kg을 소수점 첫째 자리에서 반올림하면 9g/kg이므로 맞다.
③ X — 11g/kg이 되려면 수증기 혼합비를 8g/kg으로 잡아야 하지만, 주어진 기압과 포화 수증기압으로 계산한 값은 약 6.2828g/kg이다. 올바르게는 9g/kg이다.
④ X — 13g/kg이 되려면 수증기 혼합비를 10g/kg으로 잡아야 하지만, 수증기 혼합비는 수증기압 10hPa 자체가 아니라 혼합비 공식으로 계산해야 한다. 올바르게는 9g/kg이다.

오답 포인트

수증기압 10hPa을 수증기 혼합비 10g/kg으로 그대로 간주하면 ④를 고르게 된다. 또한 포화 수증기 혼합비만 구하고 액체수 혼합비 3g/kg을 더하지 않으면 총수 혼합비가 되지 않는다. kg/kg에서 g/kg으로 바꿀 때 1000을 곱하는 단위 변환도 필요하다.

다시 나오면 이렇게 판단

포화 여부를 확인한 뒤 $r_s = 0.622e_s/(p - e_s)$로 수증기 혼합비를 구하고, 단위를 g/kg으로 변환한 다음 액체수와 얼음의 혼합비를 더한다. 마지막에 문제에서 지시한 자리에서 반올림한다.

암기 포인트

총수 혼합비는 수증기 혼합비+액체수 혼합비+얼음 혼합비이며, 포화공기에서는 실제 수증기압에 포화 수증기압을 사용한다.

NoteBase

문 13. 다음 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① 습도를 관측하는 측기로는 건습구온도계, 통풍건습계, 모발습도계 등이 있다.
② 0℃ 이하에서 얼음과 물의 포화수증기압 차이는 기온이 낮을수록 커진다.
③ 기온이 30℃이고 혼합비가 20g/kg인 습윤공기의 가온도는 약 33.7℃이다.
④ 서리점 온도는 등압과정에서 불포화 공기가 냉각되어 얼음에 대해 포화가 되는 온도이다.

정답 2번

출제 포인트

습도 관측 기기, 물과 얼음의 포화수증기압, 가온도, 서리점의 정의와 성질을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

포화수증기압: 주어진 온도에서 물 또는 얼음과 평형을 이루는 수증기의 압력이다. 물에 대한 포화수증기압은 같은 영하의 온도에서 얼음에 대한 값보다 크지만, 두 값의 차이가 기온 하강에 따라 계속 커지는 것은 아니다.
가온도: 습윤공기와 같은 밀도·압력을 갖는 건조공기의 가상적인 온도로, 수증기가 가벼우므로 실제 기온보다 높다.
서리점: 공기를 등압 냉각하여 얼음에 대해 포화되는 온도이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
건습구온도계는 건구와 습구의 온도 차를, 통풍건습계는 강제 통풍 상태의 건습구 온도 차를 이용하며, 모발습도계는 습도에 따른 모발 길이 변화를 이용하므로 모두 습도 관측 기기이다.

② X
틀린 표현은 '기온이 낮을수록 커진다'이다. 물에 대한 포화수증기압은 영하에서 얼음에 대한 포화수증기압보다 크지만, 그 차이는 약 $-12\,^\circ\mathrm{C}$ 부근에서 최대가 된 뒤 기온이 더 낮아지면 다시 작아진다. 올바르게는 '두 포화수증기압의 차이는 영하에서 일정하게 단조 증가하지 않는다'이다.

③ O
혼합비가 $r = 0.020$이면 비습은 $q = r/(1+r) \simeq 0.0196$이다. $T_v \simeq T(1 + 0.61q)$에 $T = 303.15\mathrm{K}$를 대입하면 $T_v \simeq 306.8\mathrm{K}$, 즉 약 $33.6\,^\circ\mathrm{C}$가 되어 제시된 약 $33.7\,^\circ\mathrm{C}$와 일치한다.

④ O
서리점은 불포화 공기를 등압 냉각할 때 얼음에 대한 포화 상태에 도달하는 온도이다. 따라서 제시된 정의가 맞다.

오답 포인트

②에서 물과 얼음의 포화수증기압 차이가 영하에서 생긴다는 사실을 '기온이 낮을수록 계속 커진다'로 확대하면 틀린다. 차이는 약 $-12\,^\circ\mathrm{C}$ 부근에서 가장 크다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

'낮을수록', '항상', '계속'과 같은 단조 변화 표현을 먼저 확인한다. 물과 얼음의 포화수증기압 차이는 $0\,^\circ\mathrm{C}$에서 0이고, 영하에서 커지다가 약 $-12\,^\circ\mathrm{C}$ 부근을 지나면 다시 작아진다.

암기 포인트

영하에서는 물의 포화수증기압이 얼음보다 크고, 그 차이는 약 $-12\,^\circ\mathrm{C}$ 부근에서 최대이다. 서리점은 얼음에 대한 포화 온도이다.

NoteBase

문 14. 지구대기 꼭대기에서 지구대기가 흡수하는 태양복사에너지와 방출하는 지구복사에너지가 평형을 이루고 있을 때의 온도를 유효온도(Effective temperature)라고 한다. 이와 관련된 설명 중 옳은 것을 모두 고른 것은?

ㄱ. 지구의 알베도(Albedo)가 낮아지면 유효온도는 상승한다.
ㄴ. 지구대기의 온실효과로 인해 전지구 평균 지표온도가 유효온도보다 높다.
ㄷ. 태양상수가 4배로 커진다면 유효온도는 2배로 상승한다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ
③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

지구의 복사평형식에서 알베도, 온실효과, 태양상수가 유효온도에 미치는 영향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

유효온도는 지구가 흡수하는 태양복사에너지와 방출하는 지구복사에너지가 같을 때의 복사온도이다.
알베도를 α, 태양상수를 S, 스테판·볼츠만 상수를 σ, 유효온도를 T_e라 한다.
온실효과가 있는 실제 지구에서는 대기가 방출하는 하향 장파복사 때문에 전 지구 평균 지표온도가 유효온도보다 높다.

사용할 공식

복사평형식은 다음과 같다.
$\frac{S(1-\alpha)}{4} = \sigma T_e^4$
따라서 유효온도는 다음과 같다.
$T_e = \left(\frac{S(1-\alpha)}{4\sigma}\right)^{1/4}$
흡수되는 태양복사와 방출되는 지구복사가 평형을 이룬다는 조건이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 알베도 α가 낮아지면 $1-\alpha$가 커져 흡수 태양복사가 증가하므로 T_e가 상승한다.
2. 온실효과는 지표가 대기로부터 하향 장파복사를 추가로 받게 하므로 평균 지표온도를 유효온도보다 높인다.
3. 태양상수가 $4S$가 되면 $T_e \propto S^{1/4}$이므로 온도비는 $4^{1/4} = \sqrt{2}$이다. 따라서 유효온도는 2배가 아니라 $\sqrt{2}$배가 된다.

결국 ㄱ과 ㄴ은 옳고 ㄷ은 틀리다.

NoteBase

선지 판단

① X — ㄱ은 옳지만, 옳은 ㄴ을 포함하지 않아 'ㄱ만 옳다'는 조합이 틀리다. 올바르게는 'ㄱ, ㄴ'이다.
② O — ㄱ은 알베도 감소에 따른 흡수에너지 증가를, ㄴ은 온실효과에 따른 지표 가열을 정확히 설명한다. ㄷ은 제외해야 하므로 'ㄱ, ㄴ'이 옳다.
③ X — ㄴ은 옳지만 ㄷ의 '2배'가 틀렸고, 옳은 ㄱ도 빠져 있다. 올바르게는 'ㄱ, ㄴ'이며, 태양상수가 4배이면 유효온도는 $\sqrt{2}$배이다.
④ X — ㄱ과 ㄴ은 옳지만 ㄷ의 '2배'가 틀렸으므로 세 진술을 모두 고를 수 없다. 올바르게는 'ㄱ, ㄴ'이며, ㄷ은 '유효온도는 $\sqrt{2}$배로 상승한다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

ㄷ의 '태양상수 4배 → 유효온도 2배'가 핵심 함정이다. 복사에너지는 절대온도의 4제곱에 비례하므로 유효온도는 태양상수의 4제곱근에 비례한다. 또한 유효온도를 실제 평균 지표온도와 같다고 보면 온실효과의 역할을 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

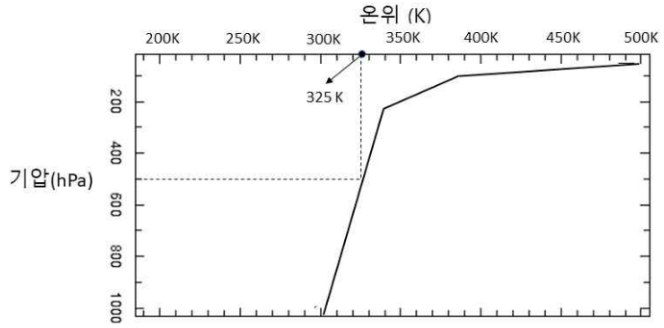
복사평형 문항에서는 먼저 $T_e \propto [S(1-\alpha)]^{1/4}$을 세운 뒤, 알베도는 흡수율과 반대로 변하고 태양상수의 변화는 4제곱근으로 온도에 반영됨을 확인한다. 실제 지표온도와 유효온도의 비교에서는 온실효과가 지표를 더 따뜻하게 한다는 점을 적용한다.

암기 포인트

알베도 감소 → 흡수 증가 → 유효온도 상승, 온실효과 → 지표온도 상승, $T_e \propto S^{1/4}$이다.

NoteBase

문 15. 어떤 지역의 온위가 아래와 같은 연직 구조를 가질 때 500hPa에 위치한 공기덩이의 부력진동 주기와 가장 가까운 것은? (단, 중력가속도 g는 10m/s^2, 500hPa의 고도는 5000m, 지상의 기압은 1000hPa이며, 300hPa 이하에서 고도에 따른 온위 변화율은 일정하다고 가정한다.)



① 6분 ② 8분
③ 10분 ④ 12분

정답 2번

출제 포인트

온위의 연직 경도로 부력진동수(브런트-바이살라 진동수)를 구한 뒤, 그 역수에 2π를 곱해 부력진동 주기를 계산하는 문제이다.

조건 정리

그래프에서 1000 hPa의 온위는 약 $300K$, 500 hPa의 온위는 $325K$이다. 1000 hPa 지면부터 고도 $5000m$인 500 hPa까지 온위 변화율은 일정하고, 중력가속도는 $g = 10m/s^2$이다. 구해야 할 값은 500 hPa 공기덩이의 부력진동 주기이다.

사용할 공식

안정한 성층에서 부력진동수 N와 주기 T는 다음과 같다.

$N^2 = \frac{g}{\theta}\frac{d\theta}{dz}, \qquad T = \frac{2\pi}{N}$

온위가 고도에 따라 증가하므로 $d\theta/dz > 0$인 안정 성층이며, 작은 연직 변위를 받은 공기덩이는 이 진동수로 부력진동한다.

NoteBase

계산 과정

1. 온위의 연직 경도를 계산한다.
$\frac{d\theta}{dz} = \frac{325-300}{5000} = 5.0 \times 10^{-3} K/m$
2. 500 hPa에서 $\theta = 325K$를 사용해 부력진동수를 구한다.
$N = \sqrt{\frac{10}{325}(5.0 \times 10^{-3})} \approx 1.24 \times 10^{-2} s^{-1}$
3. 진동 주기를 계산하고 분으로 환산한다.
$T = \frac{2\pi}{1.24 \times 10^{-2}} \approx 507s \approx 8.4min$
따라서 가장 가까운 값은 8분이다.

선지 판단

① X — 6분은 계산값 약 8.4분과 약 2.4분 차이가 난다. '6분'은 틀린 값이며, 올바르게는 계산값에 가장 가까운 '8분'이다.
② O — 8분은 계산값 약 8.4분과 약 0.4분 차이로 네 선지 중 가장 가깝다.
③ X — 10분은 계산값 약 8.4분과 약 1.6분 차이가 난다. '10분'은 틀린 값이며, 올바르게는 가장 가까운 '8분'이다.
④ X — 12분은 계산값 약 8.4분과 약 3.6분 차이가 난다. '12분'은 틀린 값이며, 올바르게는 가장 가까운 '8분'이다.

오답 포인트

그래프의 세로축은 압력이지만 온위 경도 공식에는 고도 차를 넣어야 한다. 따라서 지면과 500 hPa 사이의 고도 차 $5000m$를 사용한다. 또한 $1/N$은 주기가 아니며, 한 번의 완전한 진동 주기는 반드시 $T = 2\pi/N$로 계산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

그래프에서 두 고도의 온위를 읽어 $d\theta/dz$를 구하고, $N = \sqrt{(g/\theta)(d\theta/dz)}$, $T = 2\pi/N$의 순서로 계산한 뒤 초를 분으로 환산한다.

암기 포인트

온위가 위로 갈수록 증가하면 안정 성층이며, 부력진동 주기는 $T = 2\pi\sqrt{\theta/(gd\theta/dz)}$이다.

문 16. 다음 중 라니냐(La Niña) 시기 적도 동태평양에서 평년에 비해 평균값이 작은 것을 모두 고른 것은?

ㄱ. 혼합층의 두께
ㄴ. 해수면온도
ㄷ. 강수량

① ㄱ, ㄴ　② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ　④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

라니냐 때 강화되는 무역풍과 용승이 적도 동태평양의 혼합층 두께, 해수면온도, 강수량을 평년과 비교하여 어떻게 변화시키는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

라니냐는 적도 중앙·동태평양의 해수면온도가 평년보다 낮아지는 현상이다. 무역풍이 강해지면 따뜻한 표층수가 서쪽으로 더 많이 이동하고 동태평양의 찬물 용승이 강화된다. 이에 따라 동태평양에서는 혼합층이 얇아지고 해수면온도가 낮아지며, 대류 활동이 약해져 강수량도 감소한다. 따라서 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 평년보다 작다.

선지별 해설

① X — ㄱ 혼합층의 두께와 ㄴ 해수면온도는 작지만, 평년보다 작은 ㄷ 강수량이 빠져 있다. 틀린 표현은 'ㄱ, ㄴ만 선택한 것'이며, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 선택해야 한다.
② X — ㄱ 혼합층의 두께와 ㄷ 강수량은 작지만, 찬물 용승 강화로 낮아지는 ㄴ 해수면온도가 빠져 있다. 틀린 표현은 'ㄱ, ㄷ만 선택한 것'이며, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 선택해야 한다.
③ X — ㄴ 해수면온도와 ㄷ 강수량은 작지만, 동태평양에서 얇아지는 ㄱ 혼합층의 두께가 빠져 있다. 틀린 표현은 'ㄴ, ㄷ만 선택한 것'이며, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 선택해야 한다.
④ O — 라니냐 때 적도 동태평양에서는 혼합층의 두께, 해수면온도, 강수량이 모두 평년보다 작으므로 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 고른 조합이 옳다.

오답 포인트

해수면온도 감소만 떠올리고 혼합층의 두께나 강수량을 누락하기 쉽다. 동태평양의 찬물 용승 강화는 표층 해수의 냉각뿐 아니라 혼합층의 얇아짐과 대류·강수의 약화까지 함께 일으킨다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

라니냐의 적도 동태평양에서는 '무역풍 강화 → 따뜻한 표층수의 서쪽 이동과 찬물 용승 강화 → 혼합층 얇아짐·해수면온도 하강 → 대류 약화·강수량 감소'의 인과관계로 판단한다.

암기 포인트

라니냐의 동태평양은 혼합층·수온·강수가 모두 평년보다 작다.

NoteBase

문 17. 다음 중 로스비파(Rossby wave)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 동서 평균류에 대해 서쪽으로 전파되는 파동이다.
② 위도에 따른 행성소용돌이도의 변화로 인해 나타나는 파동이다.
③ 파의 위상속도는 파수에 독립적이다.
④ 파장이 길수록 위상 속도의 서향 성분이 커진다.

정답 3번

출제 포인트

로스비파의 발생 원인, 전파 방향, 그리고 파수에 따라 위상속도가 달라지는 분산성을 묻는 문제이다.

핵심 개념

로스비파는 위도에 따라 행성와도가 달라지는 베타 효과와 절대와도 보존 때문에 나타나는 대규모 파동이다. 동서 방향의 단순한 로스비파에서 평균류를 제외한 고유 위상속도는 $c_x = -\beta/(k^2 + l^2)$로 나타낼 수 있다. 따라서 서쪽으로 전파하며, 위상속도는 파수에 의존하는 분산파이다. 파장이 길어져 파수의 크기가 작아지면 위상속도의 서향 성분 크기는 커진다.

선지별 해설

① O — 로스비파는 평균 동서류에 대한 고유 전파 방향이 서쪽이다. 다만 지면에 대한 이동 방향은 평균 동서류의 세기에 따라 달라질 수 있다.
② O — 위도에 따라 코리올리 매개변수가 변하므로 행성와도도 달라지며, 이 베타 효과가 로스비파의 복원 작용을 만든다.
③ X — 틀린 표현은 '위상속도는 파수에 독립적이다'이다. 로스비파는 분산파이므로 위상속도가 파수에 의존한다. 올바르게는 '파의 위상속도는 파수에 따라 달라진다'이다.
④ O — 파장이 길수록 파수의 크기가 작아져 $\beta/(k^2 + l^2)$가 커지므로 위상속도의 서향 성분 크기가 커진다.

오답 포인트

③의 '독립적'이라는 표현이 함정이다. 로스비파는 파장에 따라 전파 속도가 달라지는 분산파이므로, 파수와 위상속도를 서로 무관한 양으로 보면 안 된다. 또한 ①은 평균 동서류에 대한 상대적인 서향 전파를 말한다는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

로스비파 선지는 '위도에 따른 행성와도 변화', '평균류에 대한 서향 전파', '파수에 의존하는 위상속도'의 세 기준으로 판단한다. 파장이 길어진다는 말이 나오면 파수는 작아지고 서향 위상속도 성분의 크기는 커진다고 연결한다.

NoteBase

암기 포인트

로스비파는 베타 효과로 생기고, 서쪽으로 전파하며, 파수에 따라 속도가 달라지는 분산파이다.

NoteBase

문 18. 다음 중 에어로졸에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 육지에서의 에이킨핵(Aitken nuclei)의 수농도(Number concentration)는 해양에서의 수농도보다 크다.
② 에어로졸은 구름방울 생성에 필요한 응결핵이 될 수 있다.
③ 에어로졸 수농도가 같을 때 흡습성(Hygroscopic) 에어로졸의 비율이 높을수록 시정이 감소할 가능성이 높아진다.
④ 에어로졸 종류 중에서 검댕 입자는 햇빛을 산란하는 경향이 있어 대기 냉각에 기여한다.

정답 4번

출제 포인트

에어로졸의 크기·흡습성·발생 환경에 따른 수농도와 광학적·구름물리적 역할을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

에어로졸은 대기 중에 떠 있는 미세한 고체 또는 액체 입자이다. 에어로졸은 구름방울이 생길 때 응결핵으로 작용하며, 흡습성이 클수록 물을 잘 흡수하여 입자가 커지고 빛의 산란도 강해진다. 에어로졸의 복사 효과는 성분에 따라 달라지며, 빛을 주로 산란하는 입자는 냉각에 기여할 수 있지만 검댕 입자는 태양복사를 강하게 흡수하여 대기를 가열하는 경향이 있다.

선지별 해설

① O — 육지는 연소·산업 활동 등 미세입자 발생원이 많으므로 에이켄핵의 수농도가 해양보다 크다.

② O — 에어로졸 가운데 물을 잘 끌어당기는 입자는 수증기가 응결하는 표면을 제공하므로 구름방울 생성에 필요한 응결핵이 될 수 있다.

③ O — 수농도가 같아도 흡습성 에어로졸의 비율이 높으면 습한 공기에서 입자가 물을 흡수해 커지고 빛을 더 강하게 산란하므로 시정이 감소할 가능성이 커진다.

④ X — 검댕 입자는 햇빛을 주로 산란하여 대기를 냉각하는 입자가 아니라 태양복사를 강하게 흡수하여 대기를 가열하는 경향이 있다. 따라서 검댕 입자의 효과를 산란에 따른 대기 냉각으로 설명한 부분이 틀렸다.

오답 포인트

④에서는 검댕 입자의 광학적 성질을 산란으로 오인하기 쉽다. 검댕은 태양복사를 강하게 흡수하므로 대기를 가열하는 경향이 있으며, 산란에 따른 냉각 효과와 구분해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

발생 환경은 육지의 미세입자 수농도 증가, 구름 생성은 응결핵, 흡습성은 습윤 성장과 산란 증가로 연결한다. 복사 효과는 빛을 주로 산란하는 에어로졸의 냉각 작용과 검댕처럼 빛을 흡수하는 에어로졸의 대기 가열 작용을 구분하여 판단한다.

암기 포인트

흡습성 증가 → 습윤 성장·산란 증가·시정 감소, 검댕 → 태양복사 흡수·대기 가열이다.

NoteBase

문 19. 다음은 동서방향의 운동방정식이다. 중위도 지방 종관규모 현상에 대해 지균평형을 만족하는 항을 올바르게 짝지은 것은?

$$\frac{Du}{Dt} - 2\Omega v\sin\phi + 2\Omega w\cos\phi + \frac{uw}{a} - \frac{uv\tan\phi}{a} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + F_{rx}$$

(가) (나) (다) (라) (마) (바) (사)

① 가, 나
② 나, 바
③ 가, 나, 바
④ 나, 다, 바

정답 2번

출제 포인트

중위도 종관규모 운동에서 규모 분석을 통해 지균평형을 이루는 수평 코리올리력항과 수평 기압경도력항을 고르는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 중위도 지방의 종관규모 현상이다.
구해야 할 것: 동서방향 운동방정식에서 지균평형을 이루는 두 항이다.
주의할 조건: 종관규모의 자유대기에서는 로스비수가 작고 연직속도와 마찰의 영향도 작으므로, 수평 코리올리력과 수평 기압경도력이 주도적으로 균형한다.

사용할 공식

코리올리 매개변수는 $f = 2\Omega\sin\phi$이고, 동서방향 지균평형은
$-fv = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}$
이다. 따라서 $-2\Omega v\sin\phi$인 (나)와 $-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}$인 (바)가 서로 균형한다.

판단 과정

1. 중위도에서는 $f = 2\Omega\sin\phi$가 유효하므로 (나)는 수평 코리올리력항이다.
2. (바)는 동서방향 기압 변화에 따른 수평 기압경도력항이다.
3. 종관규모에서는 $\mathrm{Ro} = U/(fL) \ll 1$이므로 가속도항 (가)는 코리올리력항보다 작고, 연직속도 w가 작으므로 (다)도 작다. 곡률항 (라), (마)와 마찰항 (사) 역시 지균평형의 두 주도항에서 제외된다.
4. 남는 주도항은 (나), (바)이므로 ②가 정답이다.

NoteBase

선지 판단

① X — '가, 나'에는 물질가속도항 (가)가 들어 있고 기압경도력항 (바)가 빠져 있다. 지균평형에서는 가속도를 무시하고 (나)와 (바)가 균형하므로, 올바르게는 '나, 바'이다.
② O — (나)는 수평 코리올리력항, (바)는 수평 기압경도력항이며 두 항이 지균평형을 이룬다.
③ X — '가, 나, 바'의 (가)는 지균평형에서 무시되는 물질가속도항이다. (가)를 제외한 '나, 바'로 고쳐야 한다.
④ X — '나, 다, 바'의 (다)는 연직속도 w에 비례하는 코리올리항으로, 종관규모에서는 w가 작아 지균평형의 주도항이 아니다. (다)를 제외한 '나, 바'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

'평형'을 운동방정식에 나타난 모든 힘의 항으로 해석하면 안 된다. ①과 ③은 가속도항 (가)를 포함시키는 함정이고, ④는 코리올리항이라는 이유만으로 연직속도에 비례하는 (다)까지 포함시키는 함정이다. 종관규모 지균평형의 핵심은 수평 코리올리력과 수평 기압경도력의 2항 균형이다.

다시 나오면 이렇게 판단

'중위도·종관규모·지균평형'이 제시되면 먼저 $f = 2\Omega\sin\phi$가 포함된 수평 코리올리항을 찾고, 다음으로 같은 수평방향의 기압경도력항을 찾는다. 가속도, 연직속도 관련 항, 곡률항, 마찰항은 기본적인 지균평형의 주도항에서 제외한다.

암기 포인트

지균풍은 '수평 기압경도력 = 수평 코리올리력'의 균형이다. 이 식에서는 (바) = (나)이다.

NoteBase

문 20. 대기를 비압축성 유체라고 가정하면, 연속방정식은 아래와 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

위 식에서 x, y는 수평방향, z는 연직방향을 뜻하며 u, v, w는 각각 x, y, z방향의 풍속을 뜻한다. 이를 통해 지상 수렴과 연관된 각 고도의 현상을 올바르게 짝지은 것은? (단, 대기의 구조는 다인스(Dines)의 대류권 2층 모형을 따른다고 가정한다.)

	<상층>	<비발산고도>	<지상>
①	$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}<0$	$w>0$	고기압
②	$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}<0$	$w<0$	저기압
③	$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}>0$	$w>0$	저기압
④	$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}>0$	$w<0$	고기압

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 연속방정식으로 수평 발산·수렴과 연직운동의 관계를 파악하고, 다인스의 대류권 2층 모형에서 저기압과 고기압의 연직 구조를 구분하는 문제이다.

조건 정리

수평 발산량을 $D=\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}$라고 둔다. $D>0$이면 수평 발산, $D<0$이면 수평 수렴이다. 연직속도는 $w>0$이면 상승, $w<0$이면 하강을 뜻한다. 다인스의 2층 모형에서 지상 저기압은 하층 수렴·상층 발산·상승기류와, 지상 고기압은 하층 발산·상층 수렴·하강기류와 연결된다.

사용할 공식

연속방정식은 다음과 같다.

$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$

따라서 $D=-\frac{\partial w}{\partial z}$이다. 이 식을 쓰는 이유는 한 층의 수평 발산·수렴이 연직속도의 고도에 따른 변화와 직접 연결되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 저기압의 하층에서는 공기가 수렴하므로 $D < 0$이고, 연속방정식에 따라 $\frac{\partial w}{\partial z} > 0$이 되어 위로 갈수록 상승기류가 발달한다.
2. 비발산고도에서는 상승기류가 최대가 되어 $w > 0$이다.
3. 그 위의 상층에서는 상승해 온 공기가 퍼져 나가므로 $D > 0$인 발산이 나타난다.
4. 따라서 '상층 $D > 0$, 비발산고도 $w > 0$, 지상 저기압'의 조합이 성립한다.

선지 판단

① X — 상층 수렴 $D < 0$과 지상 고기압은 서로 대응하지만, 고기압의 비발산고도에서는 하강하므로 '$w > 0$'가 틀렸다. 올바르게는 $w < 0$이다.
② X — 상층 수렴 $D < 0$과 비발산고도의 하강 $w < 0$은 지상 저기압이 아니라 지상 고기압의 구조이다. '저기압'이 틀렸으며, 올바르게는 '고기압'이다.
③ O — 지상 저기압에서는 하층 수렴으로 공기가 상승하여 비발산고도에서 $w > 0$이 되고, 상층에서는 $D > 0$인 발산이 나타난다. 세 현상이 모두 올바르게 연결된다.
④ X — 비발산고도의 하강 $w < 0$과 지상 고기압은 서로 대응하지만, 고기압의 상층에서는 발산이 아니라 수렴이 나타난다. '$D > 0$'가 틀렸으며, 올바르게는 $D < 0$이다.

오답 포인트

상층의 발산·수렴 부호를 지상의 부호와 같다고 생각하기 쉽다. 저기압은 지상에서 모인 공기가 상승한 뒤 상층에서 퍼지므로 '하층 수렴–상승–상층 발산'이고, 고기압은 그 반대이다. 또한 w의 부호는 기압의 높고 낮음이 아니라 공기의 상승·하강 방향을 나타낸다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $D > 0$은 발산, $D < 0$은 수렴으로 판정한다. 이어 지상 저기압이면 '하층 수렴–$w > 0$–상층 발산', 지상 고기압이면 '하층 발산–$w < 0$–상층 수렴'의 세 요소를 한 묶음으로 대조한다.

암기 포인트

저기압은 아래에서 모여 위로 올라가 퍼지고, 고기압은 위에서 모여 아래로 내려가 퍼진다.

NoteBase