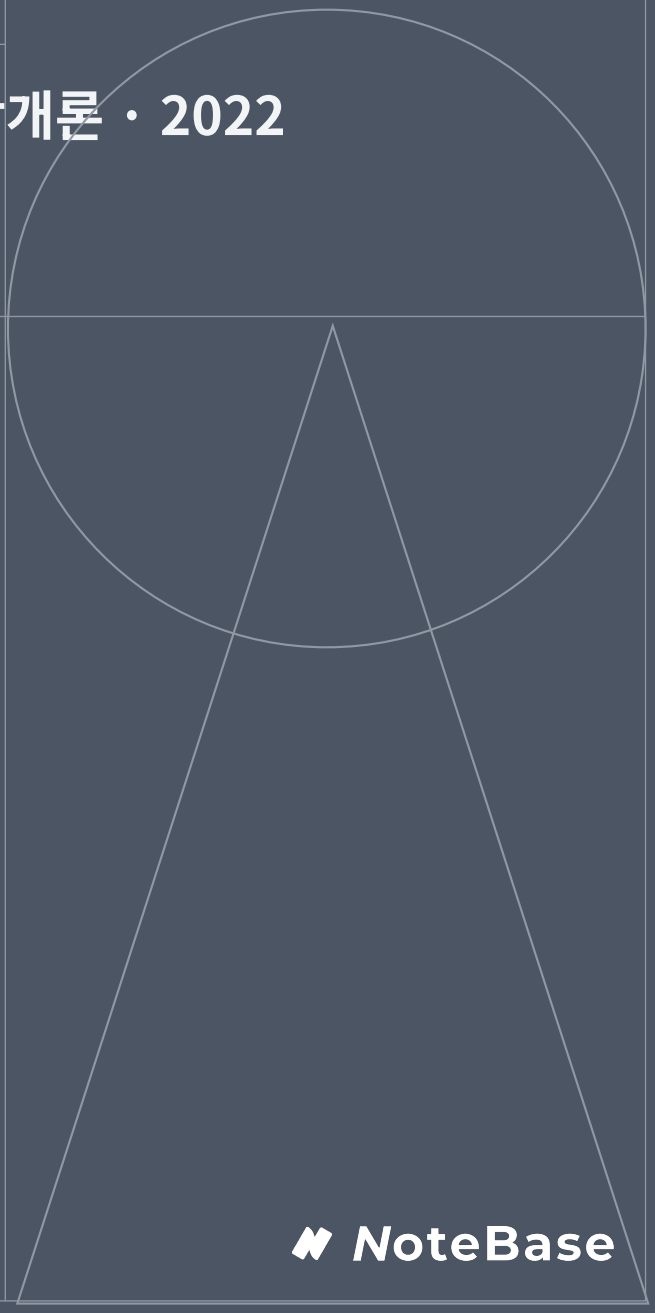
기출OX 해설집

공무원/기상직/9급 · 기상학개론 · 2022



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/기상직/9급 · 기상학개론 · 2022

공무원/기상직/9급 · 기상학개론 · 2022

문 1. 고도 20-30km에서 온도가 195K 이하인 경우에 발생하는 구름으로 오존층 파괴에 주된 역할을 담당하는 구름은?

① 렌즈운(lenticular cloud)
② 모루운(anvil cloud)
③ 극 성층운(polar stratospheric cloud)
④ 비행운(contrail)

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 고도 20–30km의 성층권에서 기온이 195K 이하로 낮아질 때 형성되어 오존층 파괴 반응을 촉진하는 구름을 묻는다.

핵심 개념

극성층운: 겨울철 극지 성층권의 매우 낮은 온도에서 형성되는 구름이다. 구름 입자 표면에서 비활성 염소 화합물이 오존을 파괴할 수 있는 형태로 전환되고, 햇빛이 돌아오면 염소 라디칼에 의한 오존 파괴가 빠르게 진행된다.
구별 기준: 극지·성층권·약 195K 이하·오존층 파괴가 함께 제시되면 극성층운이다.

선지별 해설

① X — 렌즈운은 산악을 넘는 기류가 만든 정상파에서 주로 형성되는 렌즈 모양의 구름이므로, 극지 성층권의 저온에서 오존 파괴 반응을 촉진하는 구름이 아니다. 틀린 표현은 '렌즈운'이며, 올바르게는 '극성층운'이다.
② X — 모루운은 발달한 적란운의 꼭대기가 대류권계면 부근에서 옆으로 퍼져 모루처럼 된 부분이므로, 제시된 극지 성층권 구름이 아니다. 틀린 표현은 '모루운'이며, 올바르게는 '극성층운'이다.
③ O — 극성층운은 극지 성층권이 약 195K 이하로 냉각될 때 형성될 수 있으며, 입자 표면의 불균일 화학 반응을 통해 오존 파괴에 관여하는 염소 성분을 활성화한다.
④ X — 비행운은 항공기 배기가스의 수증기가 차가운 공기에서 응결·동결하여 생기는 선 모양의 구름으로, 문제에서 묻는 극지 성층권의 오존 파괴 구름이 아니다. 틀린 표현은 '비행운'이며, 올바르게는 '극성층운'이다.

NoteBase

오답 포인트

‘높은 고도에서 낮은 온도로 생기는 구름’이라는 공통점만 보고 비행운을 고르기 쉽다. 그러나 이 문항의 결정적 단서는 20–30km의 성층권, 195K 이하, 오존층 파괴이며 이 조합은 극성층운을 가리킨다.

다시 나오면 이렇게 판단

구름의 모양보다 생성 고도와 화학적 역할을 먼저 확인한다. ‘극지 성층권의 극저온’과 ‘오존 파괴 촉진’이 함께 나오면 극성층운으로 판단한다.

암기 포인트

극성층운은 ‘극지 성층권의 냉각 표면, 염소 활성화, 오존 파괴’로 연결한다.

NoteBase

문 2. 지표면으로부터 고도가 증가할수록 바람 방향이 점차 등압선과 평행해지는 가장 큰 이유는?

① 고도가 증가할수록 기압경도력이 커지기 때문이다.
② 고도가 증가할수록 마찰력이 작아지기 때문이다.
③ 고도가 증가할수록 전향력이 작아지기 때문이다.
④ 고도가 증가할수록 원심력이 작아지기 때문이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 고도가 높아질수록 바람이 등압선을 가로질러 부는 지상풍에서 등압선과 거의 나란히 부는 지균풍에 가까워지는 원인을 묻는 문제이다.

핵심 개념

지상 부근에서는 지표면 마찰 때문에 풍속이 줄어 전향력이 약해지므로, 기압경도력의 저기압 쪽 성분이 남아 바람이 등압선을 가로질러 분다. 고도가 높아지면 지표면의 마찰 효과가 작아지고 기압경도력과 전향력이 거의 평형을 이루므로 바람은 등압선과 거의 평행하게 분다.
기압경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 공기를 움직이게 하는 힘이고, 전향력은 지구 자전 때문에 움직이는 공기의 진행 방향을 휘게 하는 겉보기 힘이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 표현은 '기압경도력이 커지기 때문'이다. 등압선과 평행해지는 핵심 원인은 기압경도력의 증가가 아니라 지표면 마찰의 감소이다. 올바르게는 '고도가 증가할수록 지표면 마찰의 영향이 작아지기 때문'이다.

② O
고도가 증가하면 지표면의 거칠기에 의한 마찰력이 작아진다. 이에 따라 바람은 기압경도력과 전향력이 균형을 이루는 지균풍에 가까워져 등압선과 거의 평행하게 분다.

③ X
틀린 표현은 '전향력이 작아지기 때문'이다. 같은 위도에서 전향력은 풍속에 비례하므로, 마찰 감소로 풍속이 커지면 전향력은 오히려 커져 기압경도력과 균형을 이룬다. 올바르게는 '고도가 증가할수록 마찰력이 작아져 전향력이 기압경도력과 균형을 이루기 때문'이다.

④ X
틀린 표현은 '원심력이 작아지기 때문'이다. 등압선이 거의 직선인 경우의 지균풍은 기압경도력과 전향력의 균형으로 설명하며, 원심력은 곡선 운동을 하는 경도풍을 설명할 때 고려한다. 올바르게는 '고도가 증가할수록 마찰력이 작아져 기압경도력과 전향력이 균형을 이루기 때문'이다.

오답 포인트

③의 '전향력이 작아진다'와 혼동하기 쉽다. 지상에서는 마찰로 풍속이 느려져 전향력이 약하지만, 고도가 높아져 마찰이 감소하면 풍속과 전향력이 커지고 기압경도력과의 균형이 회복된다. 따라서 방향 변화의 출발점은 전향력 감소가 아니라 마찰력 감소이다.

다시 나오면 이렇게 판단

지표면에서 위로 갈수록 바람이 등압선과 평행해진다는 조건이 나오면 먼저 마찰력의 감소를 찾는다. 마찰이 작아지면 기압경도력과 전향력의 균형이 성립하여 지균풍에 가까워진다고 판단한다.

암기 포인트

지상은 마찰 때문에 등압선을 가로지르고, 상층은 마찰이 작아 지균풍처럼 등압선과 평행하게 분다.

NoteBase

문 3. 기단(air mass)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 기단은 성질이 균질한 지면 위에 공기덩이가 오래 머물러 있을 때 발생한다.
② 기단은 발원지의 습윤한 정도와 기온을 이용하여 구분한다.
③ 시베리아 기단은 차갑고 건조한 특성을 가진 cP기단이며, 겨울철 우리나라 서해안 강설과 관련이 있는 기단이다.
④ 우리나라 여름철에 영향을 주는 북태평양 기단은 mT기단으로 온난건조한 특징을 가진다.

정답 4번

출제 포인트

기단의 형성 조건과 분류 기준을 이해하고, 시베리아 기단과 북태평양 기단의 성질을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

기단은 넓은 지역에 걸쳐 기온과 습도 등의 성질이 비교적 균일한 거대한 공기 덩어리이다. 성질이 균질한 지표면 위에 공기가 오래 머물면서 발원지의 특성을 얻으며, 발원지의 수분 조건과 기온에 따라 구분한다.
시베리아 기단은 대륙성 한대 기단(cP)으로 한랭·건조하고, 북태평양 기단은 해양성 열대 기단(mT)으로 온난·습윤하다.

선지별 해설

① O — 기단은 넓고 성질이 균질한 지표면 위에서 공기가 오랫동안 정체할 때 그 지표면의 성질을 받아 형성된다.
② O — 기단은 발원지가 대륙인지 해양인지에 따른 습윤 정도와, 열대·한대·극 등 발원지의 기온 특성을 기준으로 구분한다.
③ O — 시베리아 기단은 차갑고 건조한 대륙성 한대 기단(cP)이며, 겨울철 우리나라에 한파를 일으키고 서해를 건너며 수증기를 공급받아 서해안 강설에 영향을 준다.
④ X — 틀린 표현은 '온난건조'이다. 북태평양 기단은 따뜻한 바다에서 발달하는 해양성 열대 기단(mT)이므로, 올바르게는 '온난습윤한 특징을 가진다'이다.

오답 포인트

④에서 '열대 기단이므로 온난하다'는 부분만 보고 지나치기 쉽다. 그러나 mT의 m은 해양성을 뜻하므로 수분이 많아 '건조'가 아니라 '습윤'이다.

다시 나오면 이렇게 판단

기단 기호의 앞 글자로 수분 특성을, 뒤 글자로 기온 특성을 판단한다. c는 대륙성이라 건조하고 m은 해양성이라 습윤하며, P는 한대라 차갑고 T는 열대라 따뜻하다.

NoteBase

암기 포인트

cP는 한랭·건조한 시베리아 기단, mT는 온난·습윤한 북태평양 기단이다.

NoteBase

문 4. 대기에 작용하는 힘에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 대기에 작용하는 힘으로 기압경도력, 전향력, 만유인력, 원심력, 마찰력 등이 있다.
② 지구의 중력은 만유인력과 전향력을 벡터로 합한 힘이다.
③ 등압선의 간격이 좁을수록 기압 경도는 더 작아지며, 풍속이 감소하게 된다.
④ 기압 경도는 일정 시간에 따라 기압이 얼마나 변하는지를 나타낸다.

정답 1번

출제 포인트

대기에 작용하는 힘의 종류와 중력·기압 경도·기압 경향의 뜻을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

기압 경도력은 기압 차이 때문에 공기를 고기압 쪽에서 저기압 쪽으로 움직이게 하는 힘이다. 전향력은 지구 자전으로 움직이는 공기의 진행 방향이 휘어 보이게 하는 힘이며, 마찰력은 지표 부근 바람의 속도를 줄이고 방향에 영향을 준다. 원심력과 구심력은 곡선 운동과 관련된 힘이다.
중력은 지구의 만유인력과 지구 자전에 따른 원심력을 벡터로 합성한 힘이다.
기압 경도는 거리에 따른 기압 변화이고, 기압 경향은 일정 시간에 따른 기압 변화이다.

선지별 해설

① O — 대기의 운동을 설명할 때 기압 경도력, 전향력, 만유인력, 원심력, 구심력, 마찰력 등을 고려하므로 옳다.

② X — 틀린 표현은 '만유인력과 전향력을 벡터로 합한 힘'이다. 전향력은 움직이는 공기에 지구 자전의 영향으로 나타나는 힘이며 중력의 구성 요소가 아니다. 올바르게는 '지구의 중력은 만유인력과 원심력을 벡터로 합한 힘'이다.

③ X — 틀린 표현은 '등압선의 간격이 좁을수록 기압 경도는 더 작아지며, 풍속이 감소한다'이다. 같은 기압 차이가 더 짧은 거리에서 나타나므로 등압선 간격이 좁을수록 기압 경도와 기압 경도력이 커지고, 일반적으로 풍속도 증가한다.

④ X — 틀린 표현은 '기압 경도는 일정 시간에 따라 기압이 얼마나 변하는지를 나타낸다'이다. 이는 기압 경향의 뜻이다. 올바르게는 '기압 경도는 단위 거리당 기압이 얼마나 변하는지를 나타낸다'이다.

NoteBase

오답 포인트

②는 전향력과 원심력을 바꾸어 놓았고, ④는 기압 경도와 기압 경향을 바꾸어 놓았다. 또한 ③에서는 등압선 간격이 좁다는 것을 약한 기압 차이로 오해하기 쉽지만, 실제로는 짧은 거리에서 기압이 급하게 변한다는 뜻이다.

다시 나오면 이렇게 판단

‘거리당 변화’는 기압 경도, ‘시간당 변화’는 기압 경향으로 구분한다. 등압선 간격이 좁으면 기압 경도가 크고 바람이 강해진다고 판단하며, 중력의 합성 요소에서는 전향력이 아니라 원심력을 찾는다.

암기 포인트

좁은 등압선은 큰 기압 경도와 강한 바람, 거리는 경도·시간은 경향, 중력은 만유인력과 원심력의 합성이다.

NoteBase

문 5. 대기 중 열 교환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 현열은 물질의 상태 변화 없이 온도를 올리거나 내리는데 사용되는 열량이다.
② 잠열은 숨은열이라고 하며, 상변화에 따른 에너지 교환과 관련이 있다.
③ 지구복사수지(earth radiation budget)에 따르면 지표에서 대기로의 열전달은 현열보다 잠열의 역할이 더 크다.
④ 기체상의 수증기가 물로 응결될 때 응결 잠열에 의해 주변 온도가 감소한다.

정답 4번

출제 포인트

현열과 잠열의 차이, 지표 에너지 전달에서 두 열의 역할, 수증기 응결 때 잠열이 방출되는 원리를 묻는 문제이다.

핵심 개념

현열은 물질의 상태 변화 없이 온도를 변화시키는 데 쓰이는 열이다.
잠열은 물질의 상태가 변할 때 흡수되거나 방출되며, 상태 변화 중에는 온도 변화로 직접 드러나지 않는 열이다.
증발할 때는 주변에서 잠열을 흡수하고, 응결할 때는 잠열을 주변으로 방출한다.

선지별 해설

① O — 현열은 상태 변화 없이 물질의 온도를 높이거나 낮추는 열량이므로 옳다.
② O — 잠열은 상태 변화에 수반되는 에너지 교환이며 온도계에 직접 드러나지 않아 숨은열이라고 하므로 옳다.
③ O — 지표 에너지 수지에서 증발에 따른 잠열 플럭스는 일반적으로 현열 플럭스보다 크므로, 지표에서 대기로 열을 전달하는 데 잠열의 역할이 더 크다는 설명은 옳다.
④ X — 틀린 부분은 '응결 잠열에 의해 주변 온도가 감소한다'이다. 수증기가 물로 응결할 때는 잠열을 주변으로 방출하므로, 올바르게는 '응결 잠열에 의해 주변 공기가 가열되어 온도가 상승할 수 있다'이다.

오답 포인트

증발과 응결의 잠열 방향을 반대로 생각하기 쉽다. 증발은 주변의 열을 흡수하여 냉각시키고, 응결은 잠열을 방출하여 주변을 가열한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 상태 변화의 유무를 확인한다. 상태 변화가 없고 온도만 변하면 현열, 상태 변화가 있으면 잠열이다. 잠열의 방향은 증발·융해에서 흡수, 응결·응고에서 방출로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

현열은 온도 변화, 잠열은 상태 변화이다. 증발은 흡열·냉각, 응결은 방열·가열이다.

NoteBase

문 6. 다음 중 복사법칙에 관한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면?

ㄱ. 흑체가 방출하는 파장별 복사휘도(radiance)는 흑체의 절대온도에 의해 결정된다.
ㄴ. 흑체의 단위면적당 단위시간에 방출하는 복사에너지의 양은 흑체의 절대온도의 4제곱에 비례한다.
ㄷ. 흑체복사의 강도가 최대가 되는 파장은 흑체의 절대온도에 비례한다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 흑체복사에서 파장별 복사휘도, 총복사에너지, 최대 복사 파장과 절대온도의 관계를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

플랑크 법칙: 흑체의 파장별 복사휘도는 파장과 절대온도에 따라 정해진다.
슈테판·볼츠만 법칙: 흑체가 단위면적당 단위시간에 방출하는 총복사에너지는 $E = \sigma T^4$로 절대온도의 4제곱에 비례한다.
빈의 변위 법칙: 최대 복사휘도가 나타나는 파장은 $\lambda_{max} T = b$이므로 절대온도에 반비례한다. 따라서 온도가 높을수록 최대 복사 파장은 짧아진다.

선지별 해설

① O — ㄱ과 ㄴ은 옳고 ㄷ은 틀리므로 'ㄱ, ㄴ'의 조합이 정확하다. ㄱ은 플랑크 법칙, ㄴ은 슈테판·볼츠만 법칙에 해당한다.
② X — 'ㄱ, ㄷ'에서 ㄷ을 옳다고 포함하고 ㄴ을 제외한 부분이 틀리다. ㄷ의 '절대온도에 비례한다'는 '절대온도에 반비례한다'로 고쳐야 하며, 올바른 조합은 'ㄱ, ㄴ'이다.
③ X — 'ㄴ, ㄷ'에서 ㄷ을 포함하고 옳은 ㄱ을 제외한 부분이 틀리다. 파장별 복사휘도는 흑체의 절대온도에 따라 정해지고, 최대 복사 파장은 절대온도에 반비례하므로 올바른 조합은 'ㄱ, ㄴ'이다.
④ X — 'ㄱ, ㄴ, ㄷ' 가운데 ㄷ이 틀리다. ㄷ은 '흑체복사의 강도가 최대가 되는 파장은 흑체의 절대온도에 반비례한다'로 고쳐야 하므로 올바른 조합은 'ㄱ, ㄴ'이다.

오답 포인트

ㄴ의 총복사에너지 관계 $E \propto T^4$와 ㄷ의 최대 복사 파장 관계 $\lambda_{max} \propto 1/T$를 모두 온도에 비례하는 관계로 혼동하기 쉽다. 특히 ㄷ의 '비례'가 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

흑체복사 문항에서는 먼저 묻는 양을 구분한다. 총방출량이면 T^4, 최대 복사 파장이면 $1/T$, 파장별 복사휘도이면 플랑크 법칙의 온도 의존성을 적용한다.

암기 포인트

온도가 높아지면 총복사에너지는 T^4로 커지고, 최대 복사 파장은 $1/T$로 짧아진다.

NoteBase

문 7. 대기 중에 존재하는 수증기의 역할에 대해 기술한 것으로 옳지 않은 것은?

① 지구복사에너지를 흡수하여 대기의 온도를 높인다.
② 화학반응을 통해 반응성이 높은 물질을 생성하여 메탄 등을 파괴한다.
③ 지구 대기의 온도와 압력에서 상변화를 통해 기상현상을 발생시킨다.
④ 강수구름을 형성하여 상층의 열에너지를 지표 부근의 하층으로 이동시킨다.

정답 4번

출제 포인트

대기 중 수증기가 지구복사 흡수, 대기 화학반응, 상변화, 잠열 수송을 통해 수행하는 역할을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

수증기는 지표가 방출한 지구복사에너지를 흡수하여 온실효과를 일으키는 기체이다. 또한 대기 중 화학반응에 관여하고, 증발·응결·승화 같은 상변화로 구름과 강수 등의 기상현상을 만든다. 지표 부근에서 증발할 때 흡수된 잠열은 수증기와 함께 위로 이동하고, 상층에서 응결할 때 방출되므로 에너지는 주로 하층에서 상층으로 수송된다.

선지별 해설

① O — 수증기는 지표가 방출한 적외선 영역의 지구복사에너지를 흡수하고 다시 방출하여 대기의 온도를 높이는 온실효과에 기여한다.
② O — 수증기는 광화학반응을 통해 반응성이 큰 수산화 라디칼 등의 생성에 관여하며, 이 물질은 메탄 등을 산화하여 제거하는 데 기여한다.
③ O — 수증기의 응결·증발·승화 등 상변화는 구름, 안개, 강수와 같은 여러 기상현상을 일으킨다.
④ X — 틀린 표현은 '상층의 열에너지를 지표 부근의 하층으로 이동시킨다'이다. 실제로는 지표 부근에서 증발하며 저장된 잠열이 수증기와 함께 상승한 뒤 구름이 형성되는 상층에서 응결하며 방출되므로, 열에너지를 주로 하층에서 상층으로 이동시킨다.

오답 포인트

④는 강수구름이 상층에서 형성된다는 사실 때문에 에너지도 상층에서 하층으로 이동한다고 착각하게 만든다. 그러나 에너지 이동 방향은 물방울이 강수로 떨어지는 방향이 아니라, 하층에서 증발한 수증기가 상승하여 상층에서 응결하는 잠열 수송 과정으로 판단한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

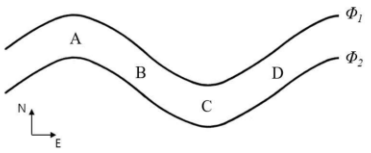
수증기의 역할은 '복사 흡수, 화학반응, 상변화, 잠열 수송'으로 나누어 판단한다. 잠열 수송의 방향은 하층의 증발에서 상층의 응결로 이어지므로 하층에서 상층이다.

암기 포인트

수증기는 지구복사를 흡수하고, 상변화로 날씨를 만들며, 잠열을 하층에서 상층으로 운반한다.

NoteBase

문 8. 다음은 북반구 500hPa에서의 지위고도를 간략히 표현한 것이다. 하층으로의 하강운동이 가장 큰 지역을 고르면? (단, Φ_1보다 Φ_2의 지위고도가 높으며, 두 지위고도선 사이의 간격은 일정하다.)



① A ② B ③ C ④ D

정답 2번

출제 포인트

북반구 지균풍의 방향과 코리올리 매개변수 f의 위도 변화를 이용하여 지균풍의 수렴·발산 및 연직운동을 판단하는 문제이다. $\Phi_1 > \Phi_2$이므로 지균풍은 낮은 지위고도를 왼쪽에 두고 서쪽으로 불며, B에서는 북쪽 성분이 나타난다.

선지별 해설

① A: X
A 부근에서는 지위고도선이 거의 동서 방향이어서 지균풍의 남북 성분이 작다. 따라서 위도 변화에 따른 지균풍의 감속과 수렴이 B보다 작다. 틀린 위치 A → 올바른 위치는 B이다.

② B: O
B에서는 서쪽으로 부는 지균풍이 북쪽으로 이동한다. 두 지위고도선의 간격이 일정하므로 지위고도 경도는 일정하지만, 북쪽으로 갈수록 f가 커져 지균풍 속력은 감소한다. 이 감속으로 공기가 수렴하므로 하층으로 향하는 하강운동이 가장 크게 나타난다.

③ C: X
C 부근에서도 지위고도선의 방향이 거의 동서 방향이므로 지균풍의 남북 성분이 작고, B와 같은 뚜렷한 북향 감속·수렴이 나타나지 않는다. 틀린 위치 C → 올바른 위치는 B이다.

④ D: X
D에서는 서쪽으로 부는 지균풍이 남쪽으로 이동한다. 남쪽으로 갈수록 f가 작아져 지균풍 속력이 증가하므로 공기가 발산하는 쪽이며, 하강운동이 가장 큰 곳이 아니다. 틀린 위치 D → 올바른 위치는 B이며, D에서는 오히려 상승운동이 나타난다.

NoteBase

오답 포인트

지위고도선의 굽은 모양만 보고 A나 C를 고르는 것이 함정이다. 이 문제는 두 선의 간격이 일정하므로 지위고도 경도의 크기보다 공기가 북쪽 또는 남쪽으로 이동할 때 f가 어떻게 변하는지를 보아야 한다. B는 북향하면서 감속·수렴하고, D는 남향하면서 가속·발산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 북반구 지균풍이 낮은 지위고도를 왼쪽에 두도록 풍향을 정한다. 다음으로 북향 구간에서는 f 증가 → 지균풍 감속 → 수렴 → 하강, 남향 구간에서는 f 감소 → 지균풍 가속 → 발산 → 상승의 순서로 판단한다.

암기 포인트

등간격 지위고도선에서 북향 지균풍은 감속·수렴·하강, 남향 지균풍은 가속·발산·상승이다.

NoteBase

문 9. 대기 불안정과 관련된 설명 중 옳은 것을 모두 고르면?

ㄱ. 환경 기온 감률이 일정한 조건부 불안정 대기에서 불포화 상태의 공기덩이가 강제력에 의해 상승하다가 포화에 이르면 즉시 자유 대류 상태가 된다.

ㄴ. 북반구 중위도 대류권 상부에서 주변보다 높은 값의 등온위 잠재 소용돌이도(potential vorticity)가 존재한다면 하층에 경압 불안정이 유도될 수 있다.

ㄷ. 동서방향의 지균풍만 있다면 북반구에서 고기압성 상대 소용돌이도의 절댓값이 행성 소용돌이도의 절댓값보다 클 때 관성적으로 불안정하다.

① ㄱ ② ㄴ
③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

조건부 불안정에서 포화 고도와 자유대류고도를 구별하고, 상층 잠재 소용돌이도 이상에 의한 하층 발달 및 절대 소용돌이도의 부호로 관성 불안정을 판단하는 문제이다.

핵심 개념

조건부 불안정: 환경 기온 감률이 습윤단열감률보다 크고 건조단열감률보다 작은 상태이다. 불포화 공기덩이는 강제 상승 중 포화될 수 있지만, 포화되는 고도인 상승응결고도와 부력으로 스스로 상승하기 시작하는 자유대류고도는 일반적으로 같지 않다.

상층 잠재 소용돌이도 이상: 대류권 상부의 양의 잠재 소용돌이도 이상은 그 아래의 상승·저층 수렴과 순환 발달을 유도하여 하층 경압 불안정과 저기압 발달에 기여할 수 있다.

관성 불안정: 북반구에서 절대 소용돌이도 $\eta = f + \zeta$가 음수가 되면 발생한다. 따라서 고기압성 상대 소용돌이도 $\zeta < 0$의 절댓값이 행성 소용돌이도 $f > 0$보다 크면 관성적으로 불안정하다.

NoteBase

선지별 해설

① X — ㄱ만 옳다는 조합이지만 ㄱ은 틀리고 ㄴ과 ㄷ이 옳다. ㄱ의 '포화에 이르면 즉시 자유 대류 상태가 된다'가 잘못되었다. 올바르게는 포화된 뒤에도 공기덩이가 자유대류고도에 도달하여 양의 부력을 얻어야 자유 대류가 시작된다. 따라서 옳은 조합은 ㄴ, ㄷ이다.
② X — ㄴ만 옳다는 조합이지만 ㄷ도 옳으므로 불완전하다. 올바르게는 상층의 양의 잠재 소용돌이도 이상이 하층 발달을 유도할 수 있다는 ㄴ과, 북반구에서 고기압성 상대 소용돌이도의 절댓값이 행성 소용돌이도보다 크면 관성 불안정하다는 ㄷ을 함께 고른다.
③ O — ㄴ과 ㄷ이 모두 옳고 ㄱ은 틀리므로 정답 조합과 일치한다. 상층 잠재 소용돌이도 이상은 하층 경압계의 발달을 유도할 수 있으며, ㄷ의 조건에서는 $f + \zeta < 0$가 되어 관성 불안정이 발생한다.
④ X — ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 옳다고 한 조합이지만 ㄱ이 틀렸다. '포화 고도에서 즉시 자유 대류'가 아니라 '포화된 뒤 자유대류고도에 이르러 양의 부력을 얻을 때 자유 대류'가 올바른 표현이다. 따라서 올바른 조합은 ㄴ, ㄷ이다.

오답 포인트

ㄱ의 함정은 포화와 자유 대류의 시작을 같은 사건으로 본 데 있다. 상승응결고도에서는 포화가 시작될 뿐이며, 자유 대류는 공기덩이가 자유대류고도에 도달해 주변보다 따뜻해지고 양의 부력을 얻을 때 시작된다. 또한 ㄷ에서는 '고기압성'이라는 말만 보고 안정하다고 판단하지 않고 절대 소용돌이도의 부호를 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

조건부 불안정 문항에서는 상승응결고도와 자유대류고도를 분리하여 본다. 잠재 소용돌이도 문항에서는 상층 이상이 하층 순환 발달을 유도할 수 있는지 확인한다. 관성 불안정 문항에서는 북반구 기준 $f + \zeta < 0$인지 판단한다.

암기 포인트

포화는 자유 대류와 동의어가 아니다. 북반구 관성 불안정은 고기압성 상대 소용돌이도가 행성 소용돌이도보다 강하여 절대 소용돌이도가 음수가 되는 경우이다.

NoteBase

문 10. 구름 입자 성장에 관한 설명 중 옳은 설명의 개수는?

ㄱ. 응결에 의한 구름방울(수적) 성장속도는 구름방울(수적)이 커질수록 느려진다.
ㄴ. 구름방울(수적)이 커질수록 종단속도가 빨라진다.
ㄷ. 구름방울(수적) 간 종단속도가 비슷할수록 빗방울로 빠르게 성장한다.
ㄹ. 일반적으로 해양 상공에서보다 육지 상공에서 구름응결핵(CCN)이 많아 빗방울로의 성장이 쉽게 이루어진다.
ㅁ. 어떠한 공기덩이 내에서 빙정핵(IN)의 수보다 더 많은 빙정이 형성되기도 한다.

① 1개 ② 2개 ③ 3개 ④ 4개

정답 3번

출제 포인트

응결 성장, 종단속도, 충돌·병합, 구름응결핵(CCN), 빙정핵(IN)의 관계를 판별하여 옳은 진술의 개수를 세는 문제이다.

핵심 개념

응결 성장은 수증기가 구름방울 표면에 달라붙어 방울이 커지는 과정이며, 방울의 반지름이 커질수록 반지름의 증가 속도는 느려진다. 반면 큰 물방울은 작은 물방울보다 종단속도가 빨라 상대속도가 커지므로 충돌·병합에 유리하다.

ㄱ O: 응결에 의한 반지름 성장률은 방울이 커질수록 작아진다.

ㄴ O: 물방울의 크기가 커지면 낙하 종단속도가 빨라진다.

ㄷ X: 종단속도가 비슷하면 상대속도가 작아 충돌·병합이 잘 일어나지 않는다. 올바르게는 종단속도의 차이가 클수록 충돌·병합에 의한 빗방울 성장이 빨라진다.

ㄹ X: 육지 상공은 일반적으로 해양 상공보다 CCN이 많아 같은 양의 물이 더 많은 작은 방울로 나뉘므로 충돌·병합 성장이 어렵다. 올바르게는 CCN이 상대적으로 적어 큰 구름방울이 형성되기 쉬운 해양 상공에서 충돌·병합에 의한 빗방울 성장이 더 쉽게 이루어진다.

ㅁ O: 이미 생긴 빙정의 파쇄 등 이차 빙정 생성 과정이 일어나면 빙정핵 수보다 많은 빙정이 형성될 수 있다.

따라서 옳은 진술은 ㄱ, ㄴ, ㅁ의 3개이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 옳은 진술은 ㄱ, ㄴ, ㅁ의 3개이므로 '1개'가 틀렸다. 올바르게는 '3개'이다.
② X: ㄱ과 ㄴ뿐 아니라 이차 빙정 생성으로 빙정핵보다 많은 빙정이 생길 수 있다는 ㅁ도 옳으므로 '2개'가 틀렸다. 올바르게는 '3개'이다.
③ O: ㄱ은 응결 성장률, ㄴ은 종단속도, ㅁ은 이차 빙정 생성에 관한 옳은 설명이므로 옳은 진술은 3개이다.
④ X: ㄷ은 비슷한 종단속도가 충돌을 어렵게 한다는 점에서 틀리고, ㄹ은 해양과 육지의 CCN 효과를 반대로 서술하여 틀리므로 '4개'가 아니다. 올바르게는 '3개'이다.

오답 포인트

ㄱ의 '성장속도'를 방울의 절대 질량 증가로 오해하기 쉽다. 문항은 응결에 의한 방울 크기의 성장률을 묻고 있으므로 큰 방울일수록 반지름 증가 속도가 느려진다고 판단한다. 또한 충돌·병합은 종단속도가 비슷할 때가 아니라 크기와 종단속도의 차이가 커 상대속도가 클 때 활발하다.

다시 나오면 이렇게 판단

응결 성장과 충돌·병합 성장을 분리하여 판단한다. 응결에 의한 반지름 성장은 방울이 커질수록 느려지고, 충돌·병합은 큰 방울과 작은 방울의 낙하속도 차이가 클수록 잘 일어난다. CCN이 많으면 작은 방울이 많아져 충돌·병합은 불리해지며, 빙정 수는 이차 빙정 생성 때문에 IN 수를 초과할 수 있다.

암기 포인트

응결은 클수록 느리게, 종단속도는 클수록 빠르게, 병합은 속도 차가 클수록 쉽게 진행된다. 해양은 적은 CCN으로 큰 물방울이 생기기 쉬우며, 이차 빙정 생성은 빙정 수를 늘린다.

NoteBase

문 11. 대기 운동의 각종 규모를 설명한 내용으로 옳은 것을 모두 고르면?

ㄱ. 미규모(microscale)는 난류, 돌풍 등 수 초에서 수 분의 시간규모를 갖는다.
ㄴ. 중규모(mesoscale)는 뇌우, 경압파동 등 수평규모가 수백 km에서 수천 km의 공간규모를 갖는다.
ㄷ. 종관규모(synoptic scale)는 고기압, 저기압 등 전향력의 영향을 받는 규모이다.

① ㄱ, ㄴ　② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ　④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

대기 운동을 미규모·중규모·종관규모로 나눌 때 각 규모의 대표 현상, 시간·공간 범위, 전향력의 중요성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

미규모: 난류·돌풍·먼지회오리·토네이도처럼 좁은 영역에서 짧은 시간 동안 나타나는 운동이다.
중규모: 미규모와 종관규모의 중간 범위에서 나타나는 운동으로, 뇌우·스콜선·해륙풍 등이 대표적이다.
종관규모: 고기압·저기압·전선·경압파동처럼 넓은 영역에서 수일 정도 지속되는 운동이며, 전향력의 영향을 중요하게 받는다.
핵심 대비: 규모가 커지고 지속 시간이 길어질수록 전향력의 상대적 중요성이 커진다.

선지별 해설

① X — ㄱ은 옳지만 ㄴ은 옳지 않다. ㄴ의 '경압파동'과 '수백 *km*에서 수천 *km*'는 중규모가 아니라 종관규모의 성격이다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.
② O — ㄱ과 ㄷ이 모두 옳다. ㄱ의 토네이도·돌풍 등은 짧은 시간규모의 미규모 현상이고, ㄷ의 고기압·저기압 같은 종관규모 운동은 전향력의 영향을 받는다.
③ X — ㄷ은 옳지만 ㄴ은 옳지 않고, 옳은 ㄱ도 빠져 있다. ㄴ은 '중규모에는 뇌우·스콜선 등이 포함되고 그 공간규모는 일반적으로 종관규모보다 작다'로 고쳐야 한다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.
④ X — ㄱ과 ㄷ은 옳지만 ㄴ이 옳지 않으므로 세 문장을 모두 고를 수 없다. ㄴ의 경압파동과 수천 *km*에 이르는 범위는 종관규모에 해당하도록 고쳐야 한다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.

NoteBase

오답 포인트

ㄴ은 '뇌우'라는 중규모의 대표 사례에 '경압파동'과 종관규모에 가까운 공간 범위를 섞어 놓았다. 문장 앞부분의 익숙한 사례만 보고 전체를 옳다고 판단하면 ①이나 ④를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

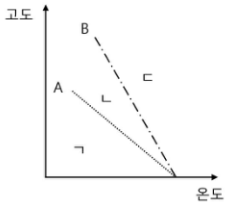
각 진술에서 현상명, 지속 시간, 수평 규모를 따로 확인한다. 국지적이고 짧으면 미규모, 뇌우·스콜선처럼 지역적이면 중규모, 고·저기압·전선·경압파동처럼 넓고 전향력이 중요하면 종관규모로 판단한다. 조합형 선지는 ㄱ~ㄷ을 먼저 독립적으로 판정한 뒤 선택지와 대조한다.

암기 포인트

미규모는 난류·돌풍, 중규모는 뇌우·스콜선, 종관규모는 고·저기압·전선·경압파동이며 큰 규모일수록 전향력이 중요하다.

NoteBase

문 12. 다음 그림은 대기 중 고도 변화에 따른 연직 온도 분포 모식도를 나타낸 것이다. 대기가 절대 안정한 상태라면 기온의 분포는 어느 영역에 있어야 하는가? (단, A와 B는 각각 건조단열선, 습윤단열선이다.)



① ㄱ ② A
③ ㄴ ④ ㄷ

정답 4번

출제 포인트

절대 안정은 상승한 공기덩이가 건조 상태이든 포화 상태이든 주변보다 차가워져 원래 고도로 되돌아가려는 상태이다. 도식에서는 환경기온감률 Γ_e이 습윤단열감률 Γ_s보다 작은 영역을 찾는다.

선지별 해설

① ㄱ X
ㄱ은 환경기온감률이 건조단열감률보다 큰 $\Gamma_e > \Gamma_d$ 영역이므로 절대 불안정이다. 올바르게는 ㄱ을 절대 불안정 영역이라고 해야 한다.

② A X
A는 건조단열선이며, 환경기온 분포가 A와 같으면 $\Gamma_e = \Gamma_d$이다. 이때 불포화 공기덩이는 중립이지만 포화 공기덩이는 불안정하므로 절대 안정이 아니다. 올바르게는 절대 안정 영역을 B보다 기온 감소가 완만한 ㄷ으로 보아야 한다.

③ ㄴ X
ㄴ은 습윤단열감률보다 크고 건조단열감률보다 작은 $\Gamma_s < \Gamma_e < \Gamma_d$ 영역이다. 불포화 공기덩이는 안정하지만 포화 공기덩이는 불안정할 수 있으므로 조건부 불안정이다. 올바르게는 ㄴ을 조건부 불안정 영역이라고 해야 한다.

④ ㄷ O
ㄷ에서는 환경기온감률이 습윤단열감률보다 작은 $\Gamma_e < \Gamma_s$ 관계가 성립한다. 상승한 불포화 공기덩이와 포화 공기덩이가 모두 주변보다 차가워지므로 절대 안정이다.

NoteBase

오답 포인트

선의 기울기를 눈모양만으로 비교하면 ㄱ과 ㄷ을 뒤집기 쉽다. 세로축이 고도이고 가로축이 온도이므로, 같은 고도에서 오른쪽에 놓이는 분포선일수록 고도에 따른 기온 감소가 작다. 따라서 B보다 오른쪽인 ㄷ이 $\Gamma_e < \Gamma_s$인 절대 안정 영역이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $\Gamma_s < \Gamma_d$를 기준으로 둔다. 그다음 $\Gamma_e < \Gamma_s$이면 절대 안정, $\Gamma_s < \Gamma_e < \Gamma_d$이면 조건부 불안정, $\Gamma_e > \Gamma_d$이면 절대 불안정으로 판단한다.

암기 포인트

기온감률의 크기 순서가 '환경 < 습윤 < 건조'이면 절대 안정이다.

NoteBase

문 13. 몬순은 계절에 따라 바람 방향이 바뀌는 현상으로 동아시아를 포함한 전 지구에서 지역적인 특성을 가지며 관측된다. 몬순 발생원인과 가장 거리가 먼 요소는?

① 지표와 해양의 배치
② 강수발달 과정의 차이
③ 대륙과 해양의 차등 가열
④ 계절에 따른 태양복사 입사량의 변화

정답 2번

출제 포인트

몬순의 형성에 관여하는 요인과 직접 관련이 없는 요소를 구별하는 문제이다. 특히 '가장 거리가 먼'이라는 부정형 조건을 정확히 읽어야 한다.

핵심 개념

몬순은 계절에 따라 주된 바람 방향이 바뀌는 대규모 계절풍이다. 대륙과 해양의 차등 가열로 계절별 기압 배치가 달라지는 것이 핵심이며, 지표와 해양의 배치 및 계절에 따른 태양복사 입사량의 변화도 이 과정에 영향을 준다. 반면 강수발달 과정의 차이는 몬순의 발생 원인이 아니다.

선지별 해설

① X — '지표와 해양의 배치'는 몬순과 거리가 먼 요소가 아니다. 대륙과 해양의 분포는 가열 차이와 기압 배치를 좌우하므로, 올바르게는 몬순의 발생과 지역적 특성에 관련된 요소이다.
② O — 강수발달 과정의 차이는 구름과 강수가 만들어지는 과정의 차이를 뜻하며, 계절에 따른 대규모 바람 방향의 전환을 일으키는 원인이 아니다. 따라서 몬순 발생원인과 가장 거리가 멀다.
③ X — '대륙과 해양의 차등 가열'은 몬순과 거리가 먼 요소가 아니라 핵심 원인이다. 올바르게는 대륙과 해양의 비열 차이로 계절별 온도와 기압 차가 생겨 바람 방향이 달라진다.
④ X — '계절에 따른 태양복사 입사량의 변화'는 몬순과 거리가 먼 요소가 아니다. 올바르게는 태양복사 입사량의 계절 변화가 대륙과 해양의 열적 대비 및 계절별 기압 배치 변화를 유발하는 관련 요소이다.

오답 포인트

②의 '강수'라는 말이 몬순의 우기와 연결되어 보여 혼동하기 쉽다. 그러나 문제는 몬순 때 나타나는 날씨가 아니라 바람 방향의 계절적 전환을 만드는 발생 요인을 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

몬순의 원인을 묻는 문항에서는 '계절별 가열 차이 → 기압 배치 변화 → 바람 방향 전환'의 인과관계에 들어가는지를 판단한다. 이 연결에 들어가지 않는 강수 형성 방식과 같은 요소는 발생 원인에서 제외한다.

NoteBase

암기 포인트

몬순은 계절적 일사 변화, 육지·바다의 차등 가열, 기압 배치 변화가 핵심이다. 강수발달 과정은 결과로 나타나는 날씨와 관련될 수 있지만 몬순 발생원인은 아니다.

NoteBase

문 14. 동일한 온도, 압력, 부피를 갖는 공기덩어리 A, B가 있다. 두 공기덩어리가 팽창을 하는데, A는 단열과정을, B는 등온과정을 거쳐 최종적으로 두 공기 모두 동일한 부피에 도달하였다. 최종상태에서 온도와 압력이 더 낮은 공기덩어리를 옳게 짝지은 것은? (단, 이상기체로 가정한다.)

	온도	압력
①	A	A
②	A	B
③	B	A
④	B	B

정답 1번

출제 포인트

같은 초기 상태에서 같은 부피까지 팽창한 이상기체의 단열 과정과 등온 과정을 비교하여 최종 온도와 압력의 대소를 판단하는 문제이다.

조건 정리

두 공기덩어리의 초기 온도, 압력, 부피는 모두 같다. 최종 부피도 서로 같고 초기 부피보다 크다. A는 단열 팽창하므로 외부와 열을 교환하지 않으며, B는 등온 팽창하므로 온도가 일정하다.

사용할 공식

단열 과정에서는 $TV^{\gamma-1} = \text{constant}$, $PV^{\gamma} = \text{constant}$가 성립하고, 등온 과정에서는 $T = \text{constant}$, $PV = \text{constant}$가 성립한다. 여기서 $\gamma > 1$은 비열비이다. 두 과정의 종류가 다르므로 각 과정에 맞는 상태 관계를 사용한다.

계산 과정

초기 상태를 T_0, P_0, V_0, 공통 최종 부피를 V_f라 하고 $r = V_0/V_f$라 두면 팽창 과정이므로 $0 < r < 1$이다.
1. A의 단열 팽창: $T_A = T_0 r^{\gamma-1} < T_0$이다.
2. B의 등온 팽창: $T_B = T_0$이다. 따라서 최종 온도는 A가 더 낮다.
3. 최종 압력은 $P_A = P_0 r^{\gamma}$, $P_B = P_0 r$이다. $0 < r < 1$, $\gamma > 1$이므로 $r^{\gamma} < r$이고, 따라서 $P_A < P_B$이다. 최종 압력도 A가 더 낮다.

NoteBase

선지 판단

① O — 온도와 압력이 더 낮은 공기덩어리를 모두 A로 고른다. 단열 팽창한 A는 등온 팽창한 B보다 최종 온도와 압력이 모두 낮다.
② X — 온도는 A가 더 낮지만, '압력 B'가 틀렸다. 올바르게는 압력도 A가 더 낮다.
③ X — 압력은 A가 더 낮지만, '온도 B'가 틀렸다. 올바르게는 온도도 A가 더 낮다.
④ X — '온도 B, 압력 B'가 모두 틀렸다. 올바르게는 온도와 압력 모두 A가 더 낮다.

오답 포인트

단열을 단순히 온도만 변하는 과정으로 보고 압력은 등온 과정과 같다고 생각하기 쉽다. 같은 부피까지 팽창할 때 단열 과정은 온도까지 내려가므로 이상기체 상태방정식에 따라 압력이 등온 과정보다 더 크게 감소한다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 초기 상태에서 같은 부피까지 팽창시키는 비교에서는 먼저 등온 과정의 온도가 일정함을 확인하고, 단열 팽창의 온도 하강을 판단한다. 이어 $P = nRT/V$에서 최종 n과 V가 같으므로 온도가 더 낮은 쪽의 압력도 더 낮다고 판단한다.

암기 포인트

같은 초기 상태에서 같은 부피까지 팽창하면 단열 팽창은 등온 팽창보다 더 차갑고 압력도 더 낮다.

NoteBase

문 15. $500\,W/m^2$의 파장 λ인 빛이 반투명한 물체를 통과할 때, $100\,W/m^2$만 통과하고 $150\,W/m^2$는 반사되었다면, 투과도(t_λ)와 방출도(e_λ)를 올바르게 계산한 것은? (단, 열역학적 평형 상태에 있다고 가정한다.)

	투과도(t_λ)	방출도(e_λ)
①	0.2	0.3
②	0.5	0.3
③	0.2	0.5
④	0.5	0.5

정답 3번

출제 포인트

입사 복사에너지에 대한 투과·반사·흡수의 비율 합과 열역학적 평형 상태에서의 키르히호프 법칙을 이용해 투과도와 방출도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입사 복사에너지 $500W/m^2$, 투과 복사에너지 $100W/m^2$, 반사 복사에너지 $150W/m^2$이다.
구해야 할 값: 투과도 t_λ와 방출도 e_λ이다.
주의할 조건: 열역학적 평형 상태이므로 같은 파장에서 방출도는 흡수도와 같다.

사용할 공식

투과도는 $t_\lambda = \frac{E_{\lambda,t}}{E_{\lambda,i}}$ 이다.
에너지 보존에 따라 $a_\lambda + r_\lambda + t_\lambda = 1$ 이다.
열역학적 평형 상태에서는 키르히호프 법칙에 따라 $e_\lambda = a_\lambda$ 이다.
입사 에너지는 투과·반사·흡수 에너지로 나뉘므로 각 에너지의 비율을 구한 뒤, 흡수도와 방출도가 같다는 관계를 적용한다.

계산 과정

1. 투과도는 $t_\lambda = \frac{100}{500} = 0.2$ 이다.
2. 반사도는 $r_\lambda = \frac{150}{500} = 0.3$ 이다.
3. 흡수도는 $a_\lambda = 1 - t_\lambda - r_\lambda = 1 - 0.2 - 0.3 = 0.5$ 이다.
4. 열역학적 평형 상태이므로 $e_\lambda = a_\lambda = 0.5$ 이다. 따라서 $(t_\lambda, e_\lambda) = (0.2, 0.5)$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 투과도 0.2는 맞지만 방출도 0.3이 틀렸다. 0.3은 반사도이며, 방출도는 흡수도와 같은 0.5이다. 올바르게는 '투과도 0.2, 방출도 0.5'이다.
② X — 투과도 0.5와 방출도 0.3이 모두 틀렸다. 0.5는 흡수도이자 방출도이고 0.3은 반사도이다. 올바르게는 '투과도 0.2, 방출도 0.5'이다.
③ O — 계산 결과 투과도는 0.2, 방출도는 0.5이므로 두 값이 모두 일치한다.
④ X — 방출도 0.5는 맞지만 투과도 0.5가 틀렸다. 투과도는 투과 에너지를 입사 에너지로 나눈 100/500 = 0.2이다. 올바르게는 '투과도 0.2, 방출도 0.5'이다.

오답 포인트

선지들은 투과도·반사도·흡수도·방출도의 값을 서로 바꾸어 놓았다. 특히 반사도 0.3을 방출도로 착각하거나, 흡수도 0.5를 투과도로 착각하기 쉽다. 방출도는 남은 에너지의 비율을 곧바로 쓰는 값이 아니라, 먼저 흡수도를 구한 뒤 열역학적 평형 조건에서 흡수도와 같게 두는 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 투과도와 반사도를 각각 '해당 에너지/입사 에너지'로 계산한다. 다음으로 $a_\lambda = 1 - r_\lambda - t_\lambda$에서 흡수도를 구하고, 열역학적 평형 조건이 있으면 $e_\lambda = a_\lambda$를 적용한다. 마지막에 $a_\lambda + r_\lambda + t_\lambda = 1$인지 검산한다.

암기 포인트

복사에너지 보존은 '흡수+반사+투과=1', 열평형에서는 '방출도=흡수도'이다.

NoteBase

문 16. 다음 중 북반구 겨울철에 강한 한대제트류가 대류권계면 부근에서 형성되는 원인으로 가장 올바른 것은?

① 대류권계면에서 기온이 연직방향으로 가장 크게 변한다.
② 대류권계면의 고도에서 전향력이 가장 크다.
③ 지표면의 마찰효과가 가장 크게 나타나는 곳이 대류권계면이다.
④ 대류권계면 고도를 경계로 상하층의 남북 방향 기온 경도가 반대방향이 된다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 남북 방향 기온 경도에 따른 온도풍과 연직 바람시어가 왜 겨울철 남극의 한대제트류를 대류권계면 부근에서 가장 강하게 만드는지를 묻는다.

핵심 개념

한대제트류는 남북 방향의 큰 기온 차가 만드는 기압경도와 온도풍 관계에 의해 형성되는 강한 편서풍이다. 대류권에서는 남북 방향 기온 경도에 따라 고도가 높아질수록 편서풍이 강화되지만, 대류권계면 위에서는 기온 경도의 방향이 반대로 바뀌어 편서풍의 연직 증가가 약화되거나 감소로 전환된다. 따라서 풍속의 극대가 두 층의 경계인 대류권계면 부근에 나타난다.

선지별 해설

① X — '기온이 연직방향으로 가장 크게 변한다'는 표현이 틀렸다. 제트류의 위치와 세기를 직접 설명하는 핵심은 연직 기온 변화 자체가 아니라 남북 방향 기온 경도와 그에 따른 연직 바람시어이다. 올바르게는 대류권계면 부근에서 남북 방향 기온 경도의 구조가 달라지므로 풍속이 극대가 된다고 해야 한다.
② X — '전향력이 가장 크다'는 표현이 틀렸다. 전향력은 주로 위도와 풍속에 좌우되며, 특정 고도인 대류권계면에서 본질적으로 최대가 되는 힘이 아니다. 올바르게는 기압경도력과 전향력이 거의 균형을 이루는 가운데 온도풍 관계에 따라 상층 편서풍이 강화된다고 해야 한다.
③ X — '지표면의 마찰효과가 가장 크게 나타나는 곳이 대류권계면'이라는 표현이 틀렸다. 마찰효과는 지표면에 가까운 대기경계층에서 가장 크고 고도가 높아질수록 작아진다. 올바르게는 대류권계면 부근은 지표 마찰의 영향이 매우 작은 상층이라고 해야 한다.
④ O — 대류권계면을 사이에 두고 상층과 하층의 남북 방향 기온 경도가 반대가 되면 온도풍에 따른 연직 바람시어의 방향도 달라진다. 이에 따라 대류권에서 고도와 함께 강화되던 편서풍이 대류권계면 위에서는 더 이상 같은 방식으로 강화되지 않으므로 대류권계면 부근에 한대제트류의 최대 풍속이 형성된다.

NoteBase

오답 포인트

①은 '대류권계면에서는 기온의 연직 변화가 급하다'는 사실과 제트류의 직접 원인을 혼동하게 한다. 그러나 제트류의 연직 풍속 변화는 남북 방향 기온 경도로 판단해야 한다. ②는 전향력을 특정 고도에서 최대가 되는 힘으로 오해하게 하고, ③은 지표 마찰의 영향 범위를 대류권계면까지 거꾸로 확장한 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

상층 제트류의 형성 원인을 물으면 먼저 남북 방향 기온 경도와 온도풍 관계를 확인한다. 대류권계면 위아래에서 기온 경도의 방향이 바뀌면 연직 바람시어도 바뀌므로 풍속의 극대가 그 경계 부근에 형성된다고 판단한다.

암기 포인트

남북 기온 경도는 온도풍을 만들고, 기온 경도의 반전 경계에는 제트의 최대 풍속이 나타난다.

NoteBase

문 17. 다음 중 공기 중의 수분을 나타내는 변수에 관한 설명으로 옳은 것을 모두 고르면?

ㄱ. 혼합비는 비습에 비하여 항상 작은 값을 가진다.
ㄴ. 비습은 수증기가 포함된 공기 1kg에 대한 수증기의 질량을 나타낸 값이다.
ㄷ. 상대습도는 공기 중의 실제 수증기량을 나타내는 것이 아니라 현재 공기덩이가 포화에 근접한 정도를 나타낸다.

① ㄷ ② ㄱ, ㄴ
③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

혼합비와 비습의 분모 차이, 상대습도가 나타내는 포화의 정도를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

혼합비: 수증기 질량을 건조 공기 질량으로 나눈 값이다.
비습: 수증기 질량을 수증기를 포함한 전체 공기 질량으로 나눈 값이다.
상대습도: 실제 수증기압을 같은 온도의 포화 수증기압으로 나눈 비율로, 공기가 포화 상태에 얼마나 가까운지를 나타낸다.
같은 공기덩이에서는 혼합비의 분모가 비습의 분모보다 작으므로 혼합비가 비습보다 크다.

선지별 해설

① X — ㄷ만 옳다고 한 선택지이다. ㄷ은 옳지만 ㄴ도 옳으므로 틀렸다. 올바르게는 ㄴ과 ㄷ을 함께 고른다.
② X — ㄱ과 ㄴ이 옳다고 한 선택지이다. ㄴ은 옳지만 ㄱ의 '혼합비가 비습보다 항상 작다'는 표현이 틀렸다. 올바르게는 같은 공기덩이에서 혼합비가 비습보다 크다.
③ X — ㄱ과 ㄷ이 옳다고 한 선택지이다. ㄷ은 옳지만 ㄱ이 틀렸다. 올바르게는 혼합비의 분모가 건조 공기 질량이고 비습의 분모가 수증기를 포함한 전체 공기 질량이므로 혼합비가 비습보다 크다.
④ O — ㄴ과 ㄷ이 모두 옳다. 비습은 수증기가 포함된 공기 1*kg*당 수증기 질량을 나타내며, 상대습도는 실제 수증기량 자체가 아니라 현재 공기덩이가 포화에 근접한 정도를 나타낸다.

오답 포인트

ㄱ의 함정은 혼합비와 비습의 분모를 뒤바꿔 크기 관계를 반대로 판단하게 하는 데 있다. 또한 상대습도를 실제 수증기량 자체로 오해하면 ㄷ을 틀렸다고 판단하기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

혼합비는 '수증기/건조 공기', 비습은 '수증기/전체 습윤 공기'로 분모를 먼저 비교한다. 상대습도는 실제 수증기압과 포화 수증기압의 비이므로 수증기량 자체가 아니라 포화에 대한 근접도를 나타낸다고 판단한다.

암기 포인트

혼합비는 건조 공기 기준, 비습은 전체 공기 기준, 상대습도는 포화 접근 정도이다.

NoteBase

문 18. 열대 동태평양 해역에서 표층 수온이 기후학적 평균값보다 높아지는 현상이 나타날 때 관측되는 현상으로 옳지 않은 것은?

① 무역풍의 세기가 기후학적 평균값보다 약하다.
② 열대 동태평양 지역의 수온약층(thermocline)의 깊이가 얕아진다.
③ 열대 동태평양 지역에 기후학적 평균값보다 더 많은 양의 비가 내린다.
④ 워커순환(Walker circulation)의 강도가 기후학적 평균보다 약하다.

정답 2번

출제 포인트

열대 동태평양의 해수면 온도가 평년보다 높아지는 엘니뇨 때 무역풍, 수온약층, 강수, 워커순환이 어떻게 변하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

엘니뇨는 열대 중·동태평양의 해수면 온도가 평년보다 높아지는 현상이다. 무역풍이 약해지면 서태평양의 따뜻한 표층수가 동쪽으로 이동하고 동태평양의 용승이 약해진다. 이에 따라 동태평양의 수온약층은 평년보다 깊어지고, 대류와 강수의 중심이 동쪽으로 이동하며, 동서 방향의 워커순환도 약해진다.

선지별 해설

① O — 엘니뇨 때에는 적도 태평양의 동풍인 무역풍이 평년보다 약해진다.
② X — 틀린 표현은 '수온약층의 깊이가 얕아진다'이다. 따뜻한 표층수가 동쪽으로 이동하고 용승이 약해지므로 열대 동태평양의 수온약층은 평년보다 깊어진다.
③ O — 따뜻해진 중·동태평양에서 대류가 활발해져 강수대가 평년보다 동쪽으로 이동하므로 열대 동태평양의 강수량이 증가한다.
④ O — 동서 해수면 온도와 기압의 대비가 약해지면서 워커순환의 강도도 평년보다 약해진다.

오답 포인트

②의 '얕아진다'는 정상 상태의 동태평양 수온약층 모습과 엘니뇨 때의 변화를 뒤바꾼 표현이다. 엘니뇨 때 동태평양에서는 무역풍과 용승이 약해지고 따뜻한 물의 층이 두꺼워지므로 수온약층이 깊어진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

열대 동태평양 수온 상승이 제시되면 엘니뇨로 판단한다. 이어서 '무역풍 약화 → 따뜻한 표층수의 동진 → 동태평양 용승 약화·수온약층 심화 → 중·동태평양 강수 증가 → 워커순환 약화'의 연결 관계로 각 선지를 판별한다.

암기 포인트

엘니뇨는 동태평양 수온 상승, 무역풍·용승·워커순환 약화, 동태평양 수온약층 심화와 강수 증가로 기억한다.

NoteBase

문 19. 빛의 산란은 크기인자 값에 따라 특징이 달라진다. 크기인자 값이 0.05일 때 나타나는 산란과 같은 종류의 산란에 대한 설명이 옳은 것을 모두 고르면? (단, 크기인자는 $\frac{2\pi r}{\lambda}$로 정의되며, r은 입자의 반지름, λ는 빛의 파장이다.)

ㄱ. 하늘이 파랗게 보이는 원리이다.
ㄴ. 전방산란과 후방산란의 세기가 비슷하다.
ㄷ. 가시광선이 10μm 크기의 미세먼지 입자에 부딪힐 때 발생한다.

① ㄱ ② ㄷ
③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

크기인자 $x = 2\pi r/\lambda$의 크기로 산란 종류를 판별하고, $x \ll 1$일 때의 레일리 산란 특성을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 크기인자 $x = 0.05$이다.
판단할 내용: 이 값에 해당하는 산란의 종류와 파장 의존성, 전방·후방 산란의 세기, 10μm 미세먼지에서의 발생 여부이다.
주의할 조건: $0.05 \ll 1$이므로 입자가 빛의 파장보다 매우 작은 경우이다.

사용할 공식

크기인자는 $x = 2\pi r/\lambda$이다. $x \ll 1$이면 레일리 산란이 적용된다. 레일리 산란의 세기는 대략 $I \propto 1/\lambda^4$이고, 비편광 입사광의 각도별 산란 세기는 $I(\theta) \propto 1 + \cos^2\theta$이다. 입자 크기와 파장의 비를 나타내는 크기인자가 산란 영역을 결정하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. $x = 0.05 \ll 1$이므로 레일리 산란이다.
2. $I \propto 1/\lambda^4$이므로 파장이 짧은 청색광이 긴 파장의 빛보다 강하게 산란되어 맑은 하늘이 파랗게 보인다.
3. 전방은 $\theta = 0$, 후방은 $\theta = \pi$이므로 두 경우 모두 $1 + \cos^2\theta = 2$가 되어 산란 세기가 같다.
4. 가시광선의 파장은 약 0.4 ~ 0.7μm인데 10μm 미세먼지는 이보다 훨씬 크므로 크기인자가 0.05인 레일리 산란 조건에 해당하지 않는다.

NoteBase

선지 판단

① X — ㄱ은 옳지만 ㄴ도 옳으므로 'ㄱ만' 고른 조합은 틀리다. 올바른 조합은 'ㄱ, ㄴ'이다.
② X — ㄷ은 10μm 입자가 가시광선의 파장보다 훨씬 커서 레일리 산란 조건이 아니므로 틀리다. 올바른 조합은 'ㄱ, ㄴ'이다.
③ O — ㄱ은 레일리 산란의 $1/\lambda^4$ 파장 의존성으로 하늘이 파랗게 보이는 원리를 설명하고, ㄴ은 전방과 후방의 산란 세기가 같다는 특성을 설명하므로 둘 다 옳다.
④ X — ㄴ은 옳지만 ㄷ은 틀리고 ㄱ은 옳으므로 'ㄴ, ㄷ' 조합은 틀리다. 올바른 조합은 'ㄱ, ㄴ'이다.

오답 포인트

ㄷ의 '미세먼지'라는 명칭만 보고 입자가 항상 빛의 파장보다 작다고 판단하기 쉽다. 그러나 비교해야 하는 것은 이름이 아니라 입자 크기와 파장의 비이다. 10μm는 가시광선의 파장보다 훨씬 크므로 크기인자 0.05의 레일리 산란과 같은 종류가 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $x = 2\pi r/\lambda$가 1보다 매우 작은지 확인한다. $x \ll 1$이면 레일리 산란으로 판정하고, 짧은 파장이 강하게 산란되는지와 전방·후방 대칭성이 성립하는지를 차례로 확인한다.

암기 포인트

크기인자 $x \ll 1$이면 레일리 산란이다. '짧은 파장일수록 강한 산란, 전방과 후방은 같은 세기'로 기억한다.

NoteBase

문 20. 클라우시우스-클라페이론(Clausius-Clapeyron) 이론에 의하면 온도 T에서의 포화수증기압(e_s)은 다음과 같은 식으로 주어진다.

$$e_s = 6.11 \exp\left[\frac{L}{R_v}\left(\frac{1}{273} - \frac{1}{T}\right)\right]$$

-10℃에서 빙정과 과냉각 수적의 포화수증기압이 다른 이유로 옳은 것은? (단, L은 상변화에 의한 잠열, R_v는 수증기의 기체상수, T는 절대온도이다.)

① 증발잠열에 비해 승화잠열이 높아 빙정의 포화수증기압이 더 낮다.
② 증발잠열에 비해 승화잠열이 높아 빙정의 포화수증기압이 더 높다.
③ 증발잠열에 비해 승화잠열이 낮아 빙정의 포화수증기압이 더 낮다.
④ 증발잠열에 비해 승화잠열이 낮아 빙정의 포화수증기압이 더 높다.

정답 1번

출제 포인트

클라우시우스-클라페이론 식에서 온도가 빙점보다 낮을 때 잠열의 크기가 포화수증기압에 미치는 영향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 온도는 $-10\,^\circ\mathrm{C} = 263K$로 기준온도 $273K$보다 낮다. 빙정 위에서는 승화가 일어나므로 승화잠열 L_s를, 과냉각 수적 위에서는 증발이 일어나므로 증발잠열 L_v를 적용한다. 승화 과정은 고체가 액체를 거치지 않고 기체가 되는 과정이므로 $L_s = L_f + L_v$이고, 따라서 $L_s > L_v$이다.

사용할 공식

$e_s = 6.11\exp\left[\frac{L}{R_v}\left(\frac{1}{273} - \frac{1}{T}\right)\right]$
이 식은 같은 온도에서 상변화 잠열 L의 차이에 따른 포화수증기압을 비교할 수 있으므로 사용한다.

계산 과정

1. $T = 263K < 273K$이므로 $\frac{1}{273} - \frac{1}{263} < 0$이다.
2. 지수항에서 L에 곱해지는 값이 음수이므로, L이 클수록 지수항은 더 작은 값이 된다.
3. $L_s > L_v$이므로 $e_{si} < e_{sw}$이다. 따라서 $-10\,^\circ\mathrm{C}$에서 빙정에 대한 포화수증기압은 과냉각 수적에 대한 포화수증기압보다 낮다.

NoteBase

선지 판단

① O — 승화잠열은 증발잠열보다 크고, $-10\,^{\circ}C$에서는 잠열이 클수록 지수항이 더 작아지므로 빙정의 포화수증기압이 더 낮다.
② X — '빙정의 포화수증기압이 더 높다'가 틀린 표현이다. 올바르게는 승화잠열이 더 크기 때문에 빙정의 포화수증기압이 더 낮다.
③ X — '승화잠열이 낮다'가 틀린 표현이다. 올바르게는 승화잠열이 증발잠열보다 높으며, 그 결과 빙정의 포화수증기압이 더 낮다.
④ X — '승화잠열이 낮고 빙정의 포화수증기압이 더 높다'가 모두 틀린 표현이다. 올바르게는 승화잠열이 더 높고 빙정의 포화수증기압은 더 낮다.

오답 포인트

잠열이 크면 포화수증기압도 항상 커진다고 단순 판단하면 ②를 고르기 쉽다. 이 문제에서는 $T < 273K$이므로 $\frac{1}{273} - \frac{1}{T}$가 음수라는 점을 먼저 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 기준온도와 주어진 온도를 비교해 괄호 안의 부호를 정한 뒤, 잠열의 대소를 지수항에 적용한다. 빙점 아래에서는 승화잠열이 더 크므로 빙정 위 포화수증기압이 과냉각 물방울 위 포화수증기압보다 낮다.

암기 포인트

빙점 아래에서 $L_s > L_v$, $e_{si} < e_{sw}$이다. 즉, 승화잠열은 더 크고 빙정 위 포화수증기압은 더 낮다.

NoteBase