

과학탐구영역

# 지구과학 II



답은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 006쪽

정답 ⑤

해설 | 지진 기록에서 P파와 S파의 최초 도착 시간 차이를 PS시라고 하며, PS시는 진원 거리와 비례한다.

㉠. 진원 거리가 가장 긴 관측소 B의 지진 기록은 ㉠이고, B보다 진원 거리가 짧은 관측소 A의 지진 기록은 ㉠이므로, 관측소 B에서 PS시는 30초이다. 또한 P파의 속도를  $V_p$ , S파의 속도를  $V_s$ 라고 할 때 진원 거리( $d$ )는  $d = \frac{V_p \times V_s}{V_p - V_s} \times PS$ 시이다.

따라서  $V_p$ 가  $V_s$ 의 1.6배라면  $280 \text{ km} = \frac{1.6V_s \times V_s}{1.6V_s - V_s} \times 30$ 초의 관계가 성립하므로 S파의 속도( $V_s$ )는 3.5 km/s이고, P파의 속도( $V_p$ )는 5.6 km/s이다.

㉡. 관측소 C는 관측소 A보다 진원 거리가 짧으므로 PS시도 ㉠에 나타난 20초보다 짧다.

㉢. 세 관측소를 중심으로 진원 거리를 반지름으로 하여 그린 세 원이 한 점에서 만나므로, 이 지진은 진원과 진앙이 일치한다. 따라서 이 지진은 천발 지진이다.

수능 2점 테스트

본문 007~009쪽

01 ④	02 ③	03 ②	04 ①	05 ③
06 ②	07 ②	08 ④	09 ①	10 ③
11 ⑤	12 ②			

01 태양계의 형성 과정

해설 | 성운설에서는 초신성 폭발의 충격으로 인해 성운에서 물질이 많이 모인 곳을 중심으로 회전하며 원반 모양으로 성운의 수축이 일어나고, 이후 원시 태양과 행성들이 형성된 것으로 설명한다.

✗. A는 성운이 중력에 의해 수축되는 단계이며, 밀도가 증가한다. 이는 성운의 부피가 감소하지만 질량은 큰 변화가 없기 때문이다.

㉡. B는 중력 수축으로 인해 성운 중심부의 온도가 높아지며 원시 태양이 형성되는 단계이다.

㉢. C는 회전하는 원반 모양의 원시 태양계 성운에서 원시 행성들이 형성되는 단계이다. 따라서 행성들의 공전 방향은 원반 모양의 원시 태양계 성운이 회전하는 방향과 같다.

02 지구 환경의 변화

해설 | 지구 자기장과 오존층이 형성되면서 지구상에 생명체가 탄생하고 생존할 수 있는 환경이 조성되었다.

㉠. A는 지구 자기장이 형성된 시기이다. 지구 자기장은 액체 상태의 외핵이 회전하면서 형성되는 것으로 알려져 있다. 따라서 맨틀과 핵의 분리는 지구 자기장이 형성된 A 시기 이전에 일어났다.

✗. 유해 자외선을 차단하는 오존층은 대기 중에 산소가 어느 정도 축적된 이후 형성되었다. 따라서 최초의 광합성 생명체는 A와 B 시기 사이에 출현하였다.

㉢. 오존층이 형성되어 유해 자외선이 차단되면서 바다에서만 서식하던 생명체가 육지에서도 생존할 수 있는 환경이 조성되었다.

03 지구 내부의 층상 구조 형성

해설 | 미행성체 충돌로 형성된 원시 지구는 처음에는 균질한 상태였지만, 마그마 바다 단계를 거치면서 물질의 분리가 일어나 철과 같이 무거운 성분은 지구 중심으로 모여 핵을 이루고, 규산염 물질과 같이 가벼운 성분은 지구 중심 바깥쪽에서 맨틀을 이루며 층상 구조가 형성되었다.

✗. 지구 중심으로 이동하는 B는 철과 같이 밀도가 큰 물질이며, 지구 바깥쪽으로 이동하는 A는 상대적으로 밀도가 작은 규산염 물질이다. 따라서 밀도는 A가 B보다 작다.

㉡. 밀도 차이에 의한 물질의 분리는 중력의 영향으로 발생한다.

✗. 균질한 원시 지구에서 마그마 바다 단계를 거치면서 밀도 차이에 의한 물질 분리가 일어나 지구 내부에 층상 구조가 형성되었다. 따라서 마그마 바다는 물질 A와 B의 분리가 완료되기 이전에 나타났다.

04 지구 대기의 변화

해설 | 원시 대기 중에 가장 많은 비율을 차지한 이산화 탄소는 바다가 형성된 이후 해수에 용해되어 탄산 칼슘의 형태로 침전되면서 대기 중에서 차지하는 비율이 감소하였다.

㉠. 대기 중 이산화 탄소는 원시 바다가 생긴 이후에 대기 중에서 그 양이 급격하게 감소하였다.

✗. B는 산소이다. 산소는 적외선을 흡수하지 않으므로 온실 기체가 아니다.

✗. ㉠ 시기부터 대기 중에 산소가 축적되기 시작하였으며, 그 이후에 오존층이 형성되면서 육상 생명체가 출현하였다. 따라서 육상 식물의 출현은 ㉠ 시기 이후이다.

05 방사성 동위 원소의 붕괴

해설 | 대륙 지각을 구성하고 있는 화강암이 해양 지각을 구성하고 있는 현무암보다 방사성 동위 원소의 함량이 많다.

㉠. 방사성 동위 원소의 함량이 많은 A가 화강암이고, B가 현무암이다. 따라서 대륙 지각을 구성하는 주요 암석은 A이다.

㉡. B보다 방사성 동위 원소의 함량이 많은 A가 방사성 동위 원소의 붕괴에 의한 방출 열량도 많다.

✗. A와 B에서 가장 함량이 많은 방사성 동위 원소는 칼륨이지만, 전체 방출 열량에서 가장 높은 비율을 차지하는 방사성 동위 원소는 A에서는 토륨이고 B에서는 우라늄이다. 따라서 함량이 많은 방사성 동위 원소일수록 방사성 동위 원소의 방출 열량에서 차지하는 비율이 높다고 볼 수 없다.

06 판의 경계와 지각 열류량 분포

해설 | 지각 열류량은 대체로 발산형 경계인 해령이나 열곡대, 수렴형

경계 부근의 화산 활동이 활발한 지역에서 높게 나타나고, 수렴형 경계인 해구나 판의 경계가 아닌 대륙의 중앙부에서 낮게 나타난다.

✕ 해양 지각의 열류량은 판이 생성되는 해령 부근에서 높고, 판이 소멸되는 해구 부근에서 낮다. 따라서 해양 지각의 열류량은 지각의 나이와 대체로 반비례한다.

㉠ 발산형 경계인 해령에서는 화산 활동이 활발하며, 대륙의 중앙부에는 순상지가 발달한 경우가 많다. 따라서 지표로 전달되는 지구 내부 에너지의 양은 해령이 분포하는 지역이 대륙의 중앙부보다 많다.

✕ 지각 열류량이 높은 지역은 대체로 발산형 경계에 해당하는 해양의 중앙부이며, 지각 열류량이 낮은 지역은 순상지가 발달하는 대륙의 중앙부이다. 하지만 암석의 단위 부피당 방사성 동위 원소의 함량은 대륙 지각을 구성하는 화강암이 해양 지각을 구성하는 현무암보다 많다. 따라서 지각 열류량이 높은 지역일수록 암석의 단위 부피당 방사성 동위 원소의 함량이 많다고 볼 수는 없다.

## 07 지진파의 특성

예설 | P파는 매질의 진동 방향이 파의 진행 방향과 나란한 종파에 해당하며, S파는 매질의 진동 방향이 파의 진행 방향과 수직인 횡파에 해당한다.

✕ 철수가 채현하고 있는 지진파는 종파에 해당하는 P파이므로, 파의 진행 방향과 매질의 진동 방향은 서로 나란하다. 따라서 '수직이다'는 A에 해당하지 않는다.

✕ 영희가 채현하고 있는 지진파는 S파이다. S파는 매질이 고체인 경우에만 전달된다.

㉠ 같은 매질을 통과할 때 P파가 S파보다 속도가 빠르다.

## 08 진원 거리와 진앙 거리

예설 | 진원 거리와 진앙 거리, 진앙과 진원 사이의 거리(진원의 깊이)를 각각  $a$ ,  $b$ ,  $c$ 라고 한다면,  $a^2 = b^2 + c^2$ 의 관계가 성립한다.

✕ 지진 발생 이후 관측소 B에 P파가 최초로 도달하는 데 21초가 걸렸으므로, 관측소 B에서 진원까지의 거리는  $147 \text{ km} (= 7 \text{ km/s} \times 21 \text{ 초})$ 이다. S파가 같은 거리를 이동하는 데 49초가 걸렸으므로, S파의 속도는  $3 \text{ km/s} (= 147 \text{ km} \div 49 \text{ 초})$ 이다.

㉠ 지진 발생 이후 관측소 A에 P파가 최초로 도달하는 데 15초가 걸렸으므로, 관측소 A에서 진원까지의 거리는  $105 \text{ km} (= 7 \text{ km/s} \times 15 \text{ 초})$ 이다. S파의 속도는  $3 \text{ km/s}$ 이므로, 관측소 A에 S파가 도달하는 데 걸린 시간(㉡)은  $35 \text{ 초} (= 105 \text{ km} \div 3 \text{ km/s})$ 이다.

㉢ 관측소 A에서 진원 거리는  $105 \text{ km}$ 이고, 진앙 거리는  $53 \text{ km}$ 이다. 따라서 진원의 깊이에 해당하는 진앙과 진원 사이의 거리는 약  $91 \text{ km} (= \sqrt{105^2 - 53^2})$ 이다.

## 09 지구 내부 연구 방법

예설 | 지구 내부 연구 방법에는 시추, 맨틀 포획암 분석과 같이 지구 내부 물질을 직접 확인하는 방법과 지진파 연구, 운석 연구와 같이 지구 내부를 간접적으로 확인하는 방법이 있다.

㉠ A는 간접적인 지구 내부 연구 방법이므로 지진파 연구가 이에

해당한다. 지진파를 이용하면 지구 중심까지 연구가 가능하다.

✕ B는 마그마가 맨틀에서 지표 부근으로 올라오는 과정에서 상부 맨틀을 구성하는 암석의 일부가 마그마에 포함되는 맨틀 포획암을 분석하는 연구 방법이다. 따라서 외핵의 구성 물질을 직접 확인하는 연구에는 이용할 수 없다.

✕ C는 지구 내부를 직접 파서 확인하는 시추이다. 현재까지 인류가 시추한 곳 중 가장 깊은 곳은 약  $12 \text{ km}$ 이며, 시추에는 매우 많은 비용이 든다. 따라서 평균 두께가  $35 \text{ km}$  정도인 대륙 지각 아래에 있는 맨틀의 구성 성분은 시추를 통해 직접 연구하기 어렵다.

## 10 암영대

예설 | 지구 내부는 깊이에 따라 물질의 종류와 성질이 다르므로 지진파가 전파되면서 속도가 변한다. 이로 인해 지진파가 굴절되면서 지표면의 특정한 영역에 지진파가 도달하지 않는 암영대가 형성된다.

✕ P파의 암영대는 진앙에서 각거리가  $103^\circ \sim 142^\circ$  사이의 지표면에 형성되므로, A는 P파의 암영대에 해당한다. S파의 암영대는 진앙에서 각거리가  $103^\circ \sim 180^\circ$  사이의 지표면에 형성되므로, S파의 암영대는 A+B에 해당하는 영역이다.

✕ 진앙에서 각거리가 약  $110^\circ$ 에 해당하는 지표면에서 약한 P파가 관측되며, 이를 통해 외핵과 내핵의 경계인 레만 불연속면이 존재한다는 사실이 알려졌다. 따라서 내핵의 존재를 알아내는 지진파는 A에서 관측된다.

㉠ 지구 내부는 균질한 상태가 아니며 물질의 상태와 구성 물질이 서로 다른 층상 구조를 이루고 있으므로 지구 내부를 통과하는 지진파가 굴절되거나 반사되면서 암영대가 나타난다.

## 11 지구 내부 구조

예설 | A는 맨틀, B는 외핵, C는 내핵이다.

㉠ A는 맨틀이다. 지각과 만나는 상부 맨틀에는 지진파의 속도가 느려지는 구간이 있으며, 이 구간이 부분 용융 상태인 연약권에 해당한다.

㉢ S파는 고체 상태의 매질만 통과하므로, 이 성질을 이용하면 B(외핵)를 이루고 있는 물질의 상태를 추정할 수 있다.

㉤ C는 밀도가 큰 철과 니켈 같은 금속 성분으로 이루어진 내핵이다. 따라서 지구 전체에서 차지하는 부피비(%)에 비해 질량비(%)가 더 크다.

## 12 지구 내부의 물리량

예설 | (가)는 압력, (나)는 온도 분포이다.

✕ 온도, 압력, 밀도 중에서 맨틀과 외핵, 외핵과 내핵의 경계에서 불연속적으로 값이 커지는 물리량은 밀도이다. 그림 (가)와 (나)는 각 층의 경계에서 불연속적인 변화가 나타나지 않으므로 밀도 분포에 해당하지 않는다. 맨틀보다 외핵에서 증가폭이 큰 (가)는 압력 분포이고, 외핵보다 맨틀에서 증가폭이 큰 (나)는 온도 분포이다.

㉠ 압력 분포를 나타내는 (가)에서 깊이에 따른 압력의 평균 증가율은 외핵이 맨틀보다 크다.

✗ (가)의 압력 분포는 맨틀, 외핵, 내핵의 경계에서 불연속적인 변화가 나타나지 않으며, (나)의 온도 분포에서는 외핵과 내핵의 경계에서 불연속적인 변화가 나타나지 않는다. 따라서 (가)와 (나)를 이용하여 맨틀, 외핵, 내핵의 경계를 결정하기 어렵다.

**수능 3점 테스트**

분문 010~013쪽

- 01 ④    02 ③    03 ③    04 ⑤    05 ①  
 06 ③    07 ②    08 ⑤

**01 태양계의 형성 과정**

**예설** | 원시 태양이 형성된 이후 원시 태양계 성운 안쪽에는 철과 규소 같이 녹는점이 비교적 높고 밀도가 큰 물질이 차지하는 비율이 높아졌다.

✗ 태양계를 형성한 성운이 수축하는 과정에서 회전축에 수직인 방향으로 원반 모양의 원시 태양계 성운이 형성되었다.

㉠ 원반 형태의 원시 태양계 성운 안쪽 영역에서는 녹는점이 높은 철과 규소 등으로 이루어져 밀도가 큰 지구형 행성이 형성되었고, 성운 바깥쪽 영역에서는 상대적으로 밀도가 작은 물질이 모여 목성형 행성이 형성되었다. 따라서 지구형 행성에 속하는 A~D와 목성형 행성에 속하는 E~H의 평균 밀도 차이는 성운설로 설명할 수 있다.

㉡ 성운설에 의하면 태양계 행성들은 납작한 원반 모양의 성운에서 형성되었기 때문에 원반 모양의 원시 태양계 성운이 회전하는 방향인 ㉠과 같은 방향으로 거의 동일한 평면에서 공전한다.

**02 원시 지구의 형성 과정**

**예설** | 초기 원시 지구는 미행성체 충돌로 인해 반지름이 커지고 표면 온도가 높아졌으며, 마그마 바다가 형성된 이후에는 미행성체 충돌이 감소하였다.

㉠ 원시 지구 형성 이후 시간이 지나면서 지속적으로 증가하는 B는 반지름이고, 어느 정도 증가하다가 다시 감소하는 A는 표면 온도이다.

㉡ t 시기 이후 지표면의 온도가 낮아지면서 원시 지각이 형성되었다.

✗ 원시 지구의 반지름 증가는 미행성체 충돌에 의한 것이다. t 시기 이전보다 이후에 원시 지구의 반지름 증가폭이 감소하였다. 이는 지표면에서 단위 면적당 미행성체 충돌수가 감소하였기 때문이다.

**03 지각 열류량**

**예설** | 해양의 지각 열류량은 해령에서 많고, 해구에서 적다.

㉠ 해령과 호상 열도가 분포하며 화산 활동이 활발한 지역은 대체로 지각 열류량이 많다.

✗ 현무암은 화강암보다 방사성 동위 원소의 함량이 적다. 방사성 동위 원소의 붕괴열만 고려하면 해양 지각은 현무암으로 되어 있고

두께가 얇으므로 화강암으로 이루어진 두꺼운 대륙 지각보다 지각 열류량이 적어야 한다. 하지만 실제 해양 지각의 열류량은 대륙 지각보다 많다. 따라서 방사성 동위 원소의 붕괴열이 지각 열류량의 대부분을 차지한다고 볼 수 없다.

㉡ A(해령)는 B와 C에 비해 지각 열류량이 매우 많다. 이는 해령에서는 맨틀 대류가 상승하며 화산 활동이 활발하게 일어나고, 이 과정에서 많은 양의 지구 내부 에너지가 지표층을 통해 방출되기 때문이다.

**04 지진파의 특성**

**예설** | P파는 종파이므로 매질이 파의 진행 방향과 나란하게 진동하면서 압축과 팽창이 반복적으로 일어나기 때문에 밀도 변화가 나타난다.

✗ 지진파가 전달되는 과정에서 매질의 밀도가 변화하는 것으로 보아 이 지진파는 종파에 해당하는 P파이다.

㉠ P파는 고체, 액체, 기체 상태의 매질에서 모두 전달된다.

㉡ P파는 지진파 중에서 속도가 가장 빠르기 때문에 지진 발생 이후 관측소에 가장 먼저 도달한다.

**05 PS시**

**예설** | 지진 발생 이후 관측소에는 P파가 S파보다 먼저 도달한다. P파와 S파의 최초 도달 시간의 차이를 PS시라고 하며, 진앙 거리가 클수록 PS시가 길다.

㉠ (가)에서 PS시는 5분보다 약간 짧다. (나)에서 진앙 거리가 4000 km일 때 PS시는 5분보다 약간 길다. 따라서 (가)에서 진앙은 관측소로부터 4000 km 이내에 위치한다.

✗ 진앙에서 멀어질수록 P파와 S파가 도달하는 시간은 점점 늦어지며, P파보다 속도가 느린 S파는 관측소에 도달할 때까지 시간이 더 많이 늦어진다. 따라서 진앙에서 멀어질수록 거리에 따른 지진파 도달 시간의 증가량은 S파가 P파보다 크다.

✗ (가)의 관측소에서 PS시는 4분 56초이다. P파가 15시 23분 37초에 도달한 관측소는 (가)의 관측소보다 진앙에서 더 멀리 떨어져 있으므로 PS시도 더 길다. 따라서 S파의 도달 시각은 15시 28분 33초보다 늦다.

**06 진원의 깊이 결정**

**예설** | 세 관측소에서 측정한 진원 거리를 반지름으로 하여 그린 세 원이 겹치는 영역에서 진앙을 결정한 이후에 관측소와 진앙을 연결한 직선에 수직인 현을 그으면, 현의 길이의 절반에 해당하는 값이 진원의 깊이이다.

㉠ PS시는 진원 거리와 비례하므로 원의 반지름이 가장 작은 B에서 PS시가 가장 짧고, 원의 반지름이 가장 큰 C에서 PS시가 가장 길다. 따라서 PS시는  $C > A > B$ 이다.

✗ (가)에서  $\overline{PQ}$ 는 관측소 A와 진앙을 연결한 직선에 수직인 현이 아니기 때문에  $\overline{PQ}$ 의 절반에 해당하는 값이 진원의 깊이가 될 수 없다.

㉡ 이 지진이 연직 방향으로 더 깊은 곳에서 발생했다면 관측소 A, B, C에서 각각 관측한 진원 거리를 반지름으로 하는 세 원은 모두 커진다. 따라서 세 원이 겹치면서 형성되는 빗금 친 영역은 더 넓어질 것이다.

### 07 주시 곡선과 암영대

**예설** | 진앙으로부터의 거리와 지진파의 도달 시간과의 관계를 나타낸 그래프를 주시 곡선이라고 한다.

✗. 진앙에서 각거리가 103°~142° 사이에 해당하는 구간에서 지진파의 도달 기록이 없는 것으로 보아 이 자료는 P파를 관측한 결과이다.

✗. 지진파의 속도가 빨라지면 같은 진앙 거리를 도달하는 데 걸리는 시간이 더 짧아지므로 그래프의 평균 기울기는 작아진다.

○. 진앙에서 각거리가 120°인 지점은 P파와 S파 모두 암영대에 해당하므로 지진파가 도달하지 않는다.

### 08 지구 내부 물리량 변화

**예설** | 지구 내부 온도가 물질의 용융 온도보다 높은 구간에서는 물질이 액체 상태로 존재하며, 이 구간이 외핵에 해당한다.

㉠. ㉠은 외핵과 내핵이 존재하는 구간이며, 깊이가 깊어질수록 온도 상승률이 작아진다.

㉡. 외핵은 액체 상태이므로 A를 통과하여 지구 내부로 전파되는 지진파는 P파이며, 맨틀과 외핵의 경계인 A를 통과할 때 속도가 느려진다.

㉢. B는 외핵과 내핵의 경계에 해당하는 레만 불연속면이 나타나는 지점이다.

THEME  
**02**

## 지구의 역장

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 016쪽

**정답 ③**

**예설** | 편각은 지구 자기장의 수평 성분 방향(나침반 자침의 N극이 가리키는 방향)과 진북 방향이 이루는 각이며, 복각은 지구 자기장의 방향이 수평면에 대하여 기울어진 각이다.

㉠. 이 지역의 편각은 서편각으로 나타나는데, 그 값이 커졌으므로 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향은 진북 방향에 대하여 서쪽으로 변화했다.

㉡. 관측 기간 동안 전 자기력은 증가하였으나 수평 자기력은 감소하였으므로 복각이 커졌음을 알 수 있다.

✗. 복각이 커지면 연직 자기력이 증가하므로  $\frac{\text{연직 자기력}}{\text{수평 자기력}}$  은 증가하였다.

**수능 2점 테스트**

본문 017~018쪽

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ① | 03 ② | 04 ② | 05 ④ |
| 06 ④ | 07 ⑤ | 08 ② |      |      |

### 01 지각 평형설

**예설** | 맨틀 위에 지각이 분포하는 형상을 에어리는 해수면 아래의 지각 깊이 차로 설명하였고, 프래트는 지각의 밀도 차로 설명하였다.

㉠. 에어리의 지각 평형설은 지각의 높이 차를 해수면 아래의 지각 깊이 차로 설명하였다. 이는 실제로 해양저보다 대륙에서 모호면이 나타나는 깊이가 더 깊다는 점과 잘 부합한다.

㉡. 프래트의 지각 평형설은 지각의 높이 차를 지각의 밀도 차로 설명하였다. 이는 실제로 해양 지각의 밀도가 대륙 지각의 밀도보다 크다는 점과 잘 부합한다.

✗. 지각 평형설은 용기와 침강 같은 조륙 운동이 일어나는 과정을 설명하기에 적합하다. 대규모 습곡 산맥의 형성은 판의 충돌로 인한 조산 운동으로 설명할 수 있다.

### 02 조륙 운동

**예설** | 기후 변화로 인해 빙하가 녹으면서 대륙 지각 상부의 질량이 감소하면, 지각 평형을 맞추기 위해 대륙이 융기하는 조륙 운동이 나타난다.

㉠. 융기가 많이 일어난 지역일수록 빙하 감소량이 많다. 따라서 B 지점보다 해발 고도 증가량이 큰 A 지점이 빙하 감소량도 많다.

✗. C 지점은 6000년 전과 해발 고도가 동일하며, B 지점은 6000년 동안 40 m 상승하여 현재 해발 고도가 C 지점과 동일하다. 따라서 6000년 전에 해발 고도는 B 지점이 C 지점보다 40 m 낮았다.

✗. 빙하의 감소로 인해 대륙이 융기하였기 때문에 지각의 두께가 일정하다면, A 지점의 모호면은 6000년 전보다 상승했을 것이다.

### 03 중력

**예설** | 지구 자전축과 수직을 이루는 A는 원심력, 지구의 중심 방향을 향하는 B는 만유인력, 원심력과 만유인력의 합력인 C는 표준 중력이다.

✗ 지표면에서의 원심력은 지구 자전축으로부터 가장 멀리 떨어진 적도에서 가장 크게 작용하며, 극으로 갈수록 작아진다.

㉠ 적도와 극에서는 B(만유인력)와 C(표준 중력)가 지구의 중심을 향해 같은 방향으로 작용한다.

✗ 지표면에서 B(만유인력)는 지구의 중심 방향을 향하며, C(표준 중력)는 만유인력과 원심력의 합력이 작용하는 방향을 향한다. 자유 낙하 운동을 하는 물체는 C(표준 중력) 방향으로 떨어진다.

### 04 표준 중력과 만유인력

**예설** | 적도에서 표준 중력의 크기는 만유인력과 원심력의 차와 같으며, 극에서는 원심력이 0이므로 만유인력과 표준 중력의 크기가 같다.

✗ 지표면에서 원심력이 가장 크게 작용하는 곳은 적도이다. 적도에서 만유인력(A)과 표준 중력(B)의 차에 해당하는 약 3.4 Gal이 원심력의 크기이다. 따라서 지표면에 작용하는 원심력의 최대 크기는 4 Gal보다 작다.

㉠ 위도 30°에서 만유인력(A)은 약 981.8 Gal이고, 표준 중력(B)은 약 979.4 Gal이다. 위도 60°에서 만유인력(A)은 약 982.8 Gal이고, 표준 중력(B)은 약 981.9 Gal이다. 따라서 위도 30°와 60° 사이에서 위도에 따른 크기 변화율은 표준 중력이 만유인력보다 크다.

✗ 극 지역을 제외한 지역에서 만유인력(A)이 표준 중력(B)보다 큰 이유는 표준 중력이 만유인력과 원심력의 합력이기 때문이다.

### 05 중력 이상

**예설** | 중력 이상은 (실측 중력 - 표준 중력)으로 계산되며, 지구 내부에 분포하는 물질의 밀도 차이에 의해 발생한다.

✗ A와 B 지점은 중력 이상이 0이므로 실측 중력과 표준 중력이 같다. 하지만 두 지점은 위도가 달라서 표준 중력이 서로 같지 않다.

㉠ (가)에서 A와 X 지점은 동서 방향으로 위치하고 있으므로 위도가 같아서 두 지점의 표준 중력은 같다. 하지만 X 지점은 중력 이상이 (+)로 나타나므로 실측 중력이 표준 중력보다 크다. 따라서 실측 중력은 X가 A보다 크다.

㉡ (나)에서 Y 지점은 중력 이상이 (-)로 나타나므로, 지하에는 주변보다 밀도가 작은 물질이 분포할 가능성이 높다.

### 06 지구 자기 요소

**예설** | 지구 자기장의 방향과 크기는 수평 자기력, 편각, 복각을 이용해 나타낼 수 있다.

✗ 진북 방향과 지구 자기장의 수평 성분 방향이 이루는 각에 해당하는  $\angle NOA$ 는 편각이다. 복각은 지구 자기장의 방향이 수평면에 대하여 기울어진 각을 나타내므로,  $\angle AOB$ 가 복각에 해당한다.

㉠ 이 지역은 복각이 (+)로 나타나므로 자북극과 자기 적도 사이에 위치한다.

㉡ 복각은 전 자기력 방향과 수평 자기력 방향 사이의 각이므로 전 자기력의 크기가 일정할 때 복각이 커지면 수평 자기력은 작아진다.

### 07 복각과 편각

**예설** | 지구 자기장의 방향이 수평면에 대하여 기울어진 각을 복각이라 하고, 지구 자기장의 수평 성분 방향과 진북 방향이 이루는 각을 편각이라고 한다.

㉠ 자북극과 가까울수록 복각은 90°에 가까워진다. 따라서 이 지역은 A 시기보다 B 시기에 자북극과 더 가까웠다.

㉡ 1100년 무렵에 편각이 0°이므로 진북과 자북의 방향이 일치했다. 그 이후에는 편각이 0°인 시기가 없었다. 따라서 1000년부터 1800년 사이에 진북과 자북의 방향이 일치했던 시기는 1번 나타난다.

㉢ 편각이 (+)이면 동편각이므로 1200년 이후 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향은 진북 방향을 기준으로 동쪽으로 치우친다.

### 08 자기 폭풍

**예설** | 자기 폭풍은 태양의 흑점 주변에서 발생하는 플레어와 같은 폭발 현상을 통해 방출된 많은 양의 대전 입자가 지구의 전리층을 교란시켜 수 시간에서 수일 동안 지구 자기장이 급격하게 변하는 현상이다.

✗ 흑점 수가 많은 시기에 연간 자기 폭풍 발생 일수도 대체로 많다. 이는 흑점 수가 많은 시기에 태양의 활동이 활발하므로 플레어와 같은 폭발 현상이 자주 일어나면서 지구 자기장이 교란되는 자기 폭풍도 자주 발생하기 때문이다.

㉠ 자기 폭풍은 주로 태양에서 방출되는 대전 입자에 의해 일어나는 현상이다.

✗ 자기 폭풍이 발생할 때 오로라가 자주 나타난다. 2009년은 2000년 이후 자기 폭풍의 발생이 가장 적은 시기이므로 오로라가 가장 많이 발생한 해로 볼 수 없다.

#### 수능 3점 테스트

본문 019~021쪽

- 01 ④
  - 02 ③
  - 03 ③
  - 04 ②
  - 05 ④
- 06 ①

### 01 지각 평형의 원리

**예설** | 물과 나무토막의 밀도 차로 인해 나무토막이 물 위에 뜬다. 밀도가 같은 나무토막들은 전체 길이에 대하여 수면 아래로 잠긴 부분의 비율이 일정하며, 밀도가 서로 다른 나무토막들은 수면 위로 드러난 부분과 수면 아래로 잠긴 부분의 비율이 다르다.

✗ 나무토막 A가 수면 아래로 잠긴 부분의 길이를 ① cm라고 하면,  $0.84 \text{ g/cm}^3 \times 25 \text{ cm} = 1.0 \text{ g/cm}^3 \times \text{① cm}$ 의 관계가 성립하므로 ①은 21이다. 같은 방법으로 나무토막 B와 C가 수면 아래로 잠긴 부분의 길이를 구하면 ②는 21, ③은 26이다. 따라서 ①, ②, ③은 모두 같은 값이 아니다.

㉠ 나무토막 A를 B 위에 올려놓으면 높이에 해당하는 전체 길이는 55 cm가 된다. 수면 아래로 잠긴 부분의 길이를  $L$  cm라고 하면,  $0.84 \text{ g/cm}^3 \times 25 \text{ cm} + 0.70 \text{ g/cm}^3 \times 30 \text{ cm} = 1.0 \text{ g/cm}^3 \times L \text{ cm}$ 의 관계가 성립하므로  $L$ 은 42이다. 따라서 수면 위로 드러난 부분의 길이는 13 cm(=55 cm - 42 cm)이다.

㉡ 나무토막의 밀도는  $A > B > C$ 이며, 전체 길이에 대하여 수면 위로 드러난 부분의 길이 비는 A가  $\frac{4}{25}$ (=  $\frac{16}{100}$ ), B가  $\frac{9}{30}$ (=  $\frac{30}{100}$ ), C가  $\frac{14}{40}$ (=  $\frac{35}{100}$ )이다. 즉, 나무토막의 밀도가 작을수록 수면 위로 드러난 부분의 길이 비가 크므로, 이를 통해 프래트의 지각 평형설 중 밀도가 작은 지각일수록 해발 고도가 높다는 점을 설명할 수 있다.

## 02 조륙 운동

**예설** | 지각의 침식과 퇴적, 빙하의 용해 등으로 인해 모호면에 작용하는 압력이 변하면 새로운 평형을 맞추기 위해 지각의 융기 또는 침강이 일어난다.

㉠ A 시기 동안 대륙 빙하가 형성되면서 모호면에 작용하는 압력이 커지므로 대륙 지각의 모호면은 깊어진다.

㉡ B 시기는 지각 평형을 이루고 있지만, 이후에 빙하가 녹으면서 대륙 지각의 모호면에 작용하는 압력이 감소하여 융기가 일어난다.

✕ 대륙 빙하의 두께 변화에 따라 대륙 지각의 모호면에 작용하는 압력은 변하지만, B와 C 시기는 지각 평형을 이루고 있기 때문에 깊이가  $d$ 인 ㉠ 지점이 위로부터 받는 압력은 항상 같다.

## 03 표준 중력

**예설** | A는 만유인력, B는 표준 중력, C는 원심력이다. 표준 중력은 만유인력과 원심력의 합력이다. 적도에서 극으로 갈수록 만유인력과 표준 중력은 커지고 원심력은 작아지므로 ㉠은 ㉡보다 위도가 높은 지역이다.

㉠ 지표면에서 A(만유인력)는 지구의 중심 방향으로 작용하며, C(원심력)는 지구 자전축에 수직이며 자전축에서 바깥쪽 방향으로 작용한다. 따라서 A와 C가 작용하는 방향 사이의 각은 적도에서  $180^\circ$ 이며, 위도가 높을수록 작아지기 때문에 ㉡보다 ㉠에서 작다.

㉡ 중력 가속도가  $g$ , 단진자의 길이가  $l$ , 단진자의 주기가  $T$ 일 때  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 이므로, 중력 가속도가 큰 지역일수록 단진자의 주기가 짧다. 따라서 ㉡보다 표준 중력이 큰 ㉠에서 단진자의 주기가 짧다.

✕ 지구는 내부 밀도가 균일한 타원체라고 가정한다면 지표면에서 물체는 표준 중력이 작용하는 방향을 향해 낙하한다. 따라서 진동을 멈춘 단진자의 추는 B(표준 중력)가 작용하는 방향을 향한다.

## 04 중력 이상

**예설** | 실측 중력에서 표준 중력을 뺀 값을 중력 이상이라고 하며, 지하에 주변보다 밀도가 큰 물질이 분포하면 중력 이상은 (+) 값으로 나타나고 지하에 주변보다 밀도가 작은 물질이 분포하면 중력 이상은 (-) 값으로 나타난다.

✕ 표준 중력은 위도가 높은 지역일수록 큰 값으로 나타난다. A와

B 지점은 위도가 같고, 북반구에서 측정한 자료이므로 C 지점은 A와 B 지점보다 위도가 낮다. 따라서 표준 중력이 가장 작은 곳은 C이다.

㉠ A와 B 지점은 위도가 같으므로 표준 중력이 같다. A 지점은 중력 이상이 (-) 값으로 나타나므로 실측 중력이 표준 중력보다 작고, B 지점은 중력 이상이 0이므로 실측 중력과 표준 중력이 같다. (나)에서 ㉡은 ㉠보다 용수철이 더 많이 늘어났으므로 실측 중력이 더 크다. 따라서 B에서 중력을 측정한 모습은 ㉡이다.

✕ C 지점은 중력 이상이 (+) 값으로 관측되었으므로 실측 중력이 표준 중력보다 크다.

## 05 지구 자기 요소

**예설** | 지구 자기장의 전 자기력의 수평 성분은 수평 자기력이며, 수평 자기력이 향하는 방향이 자북이다. 관측 지점에서 지리상의 북극 방향인 진북과 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향인 자북 사이의 각을 편각이라고 하며, 수평 자기력 방향과 전 자기력 방향이 이루는 각을 북각이라고 한다.

✕ 수평 자기력은 전 자기력과 북각의 크기를 이용해 구할 수 있다. 따라서 전 자기력과 편각만으로는 수평 자기력을 구할 수 없다.

㉠ 수평 자기력 방향과 전 자기력 방향이 이루는 각은 북각으로, 자기 적도에서  $0^\circ$ 이고 자북극에서  $+90^\circ$ 이다. 서울은 제주보다 자북극에 가깝기 때문에 북각이 더 크다.

㉡ 서울은 서편각이 나타나며 크기는 약  $7^\circ$ 이고, 제주는 서편각이 나타나며 크기는 약  $4^\circ$ 이다. 따라서 서울에서 제주까지 최단 거리로 이동하면 나침반의 자침은 시계 방향으로 약  $3^\circ$  회전한다.

## 06 지자기 북극과 자북극

**예설** | 지구 자기장은 지구 내부에 막대자석이 존재하는 것처럼 형성되지만, 지구 내부의 물질 분포가 완벽하게 균일한 상태가 아니기 때문에 실제 지구 자기장은 막대자석 주변처럼 완전한 대칭으로 나타나지 않는다. 이때 지구 자기장이 지구 중심에 놓인 거대한 막대자석에 의해 형성되어 완전한 대칭을 이룬다고 가정하는 쌍극자 이론에서는 막대자석의 S극 방향에 해당하는 축과 지표면이 만나는 지점을 지자기 북극, 막대자석의 N극 방향에 해당하는 축과 지표면이 만나는 지점을 지자기 남극이라고 하며, 지자기 북극과 지자기 남극은 지구의 중심을 기준으로 대칭을 이룬다. 쌍극자 이론에서 설명하는 것처럼 지구 자기장이 완전한 대칭을 이룬다면 지자기 북극에서는 북각이  $+90^\circ$ , 지자기 남극에서는 북각이  $-90^\circ$ 가 된다. 하지만 실제 지구 자기장은 완전한 대칭을 이루지 않는 비쌍극자 효과가 나타나기 때문에 북각이  $+90^\circ$ 인 자북극과 지자기 북극, 북각이  $-90^\circ$ 인 자남극과 지자기 남극은 각각 서로 일치하지 않으며, 자북극과 자남극은 지구의 중심을 기준으로 대칭을 이루지 않는다.

㉠ 2010년 이후 지자기 북극과 자북극 사이의 거리는 점차 멀어진다. 북각은 자북극에서  $+90^\circ$ 이므로, 2010년 이후 자북극으로부터 멀어지는 지자기 북극에서 측정한 북각의 크기는 작아진다.

✕ 편각은 지표면의 어느 지점에서 지리상의 북극 방향인 진북과 지구 자기장의 수평 성분이 향하는 방향(나침반 자침의 N극이 가리키는 방향)인 자북 사이의 각이다. 그림에서  $\theta$ 는 A 지점에서 지리상의

북극과 지자기 북극 사이의 각이므로 편각이 아니다. 또한 실제 지구 자기장은 완전한 대칭을 이루고 있지 않기 때문에 지역마다 자기력선이 불규칙하게 분포하므로 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향과 자북극 방향은 서로 일치하지 않을 수도 있다. 따라서 지표면의 특정한 지점에서 지리상의 북극과 자북극 사이의 각이 반드시 그 지점의 편각이 된다고 확정할 수 없다. 우리나라의 경우에도 자북극은 진북을 기준으로 동쪽에 위치하지만, 편각은 서편각으로 관측된다.

✕ 지자기 북극과 지자기 남극은 지구 자기장이 완전한 대칭을 이룬다고 가정할 때 지구 자기장의 북극과 남극에 해당하므로, 지구 중심을 기준으로 대칭을 이룬다. 하지만 북각이  $+90^\circ$ 인 자북극과 북각이  $-90^\circ$ 인 자남극의 위치는 지구의 중심을 기준으로 대칭을 이루지 않는다. 이는 실제 지구 자기장이 완전한 대칭을 이루고 있지 않기 때문이다.

THEME

03

광물

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 023쪽

정답 ②

예설 | 편광 현미경은 하부 편광관이 고정되어 있으며, 상부 편광관을 끼운 직교 니콜 상태에서는 광물의 간섭색과 소광 현상을 관찰할 수 있고, 상부 편광관을 뺀 개방 니콜 상태에서는 광물의 다색성을 관찰할 수 있다.

✕ 간섭색이 관찰되는 (가)는 직교 니콜 상태이고, 다색성이 관찰되는 (나)는 개방 니콜 상태이다. 빛이 통과하지 않는 불투명 광물은 개방 니콜 상태에서 검게 보이는데, (나)에서 광물 A와 B는 모두 빛이 통과하므로 투명 광물에 해당한다. (가)의 직교 니콜 상태에서 색 변화가 나타나는 A는 광학적 이방체, 색 변화가 없이 검게 보이는 B는 광학적 등방체이다.

㉠ (가)는 하부 편광관과 상부 편광관을 끼운 직교 니콜 상태로 암석의 박편을 관찰할 때 간섭색이 나타난다.

✕ 광학적 이방체 광물을 (가)와 같은 직교 니콜 상태에서 관찰하며 재물대를  $360^\circ$  회전하면 빛이 통과하지 않는 소광 현상이 4번 나타난다.

수능 2점 테스트

본문 024~025쪽

01 ⑤	02 ②	03 ⑤	04 ③	05 ①
06 ④	07 ⑤	08 ④		

## 01 광물

예설 | 지각을 이루는 암석은 여러 가지 광물로 이루어져 있다. 광물은 천연적으로 산출되는 무기물로 화학 조성이 일정하고, 고유의 결정 구조를 가진다.

㉠ (가)는 암염, (나)는 감람석과 같은 규산염 광물의 결정을 이루는 기본 구조이다.

㉡ 라우에 점무늬는 광물에 X선을 투과시킬 때 나타나며, 광물을 이루는 원자들의 규칙적인 배열을 확인할 수 있다.

㉢ 광물에 X선을 투과시키면 광물 고유의 결정 구조에 따라 서로 다른 점무늬가 나타난다. (가)와 (나)는 결정 구조가 다르기 때문에 스크린에 나타나는 점무늬가 서로 다르다.

## 02 광물의 물리적 특징과 화학적 특징

예설 | 조흔색은 광물 가루의 색이며, 광물을 서로 긁어보면 상대적인 굳기를 비교할 수 있다. 깨짐과 쪼개짐은 광물을 구성하는 원자들의 결합력과 관련이 있으며, 묽은 염산과의 반응을 통해 광물의 화학적 특징을 알 수 있다.

✕ 조흔색은 광물 가루의 색이며, 광물의 색과 같은 경우도 있지만 다른 경우도 있다.

✕ 깨짐이 나타나는 광물은 충격을 가했을 때 불규칙하게 부서지며,



조개집이 나타나는 광물은 일정한 방향으로 평탄한 면을 보이면서 갈라진다. 이는 조개집은 결합력이 약한 면을 따라 나타나고, 깨짐은 결합력이 약한 면이 뚜렷하지 않을 때 나타나기 때문이다. 따라서 광물의 깨짐과 조개집은 광물을 구성하는 원자의 배열에 따른 결합력 차이와 관련이 있으며, 굳기와는 직접적인 관련이 없다.

㉔. 방해석과 같이 탄산염을 포함하는 광물은 묽은 염산과 반응하여 이산화 탄소 기포가 발생한다.

### 03 광물의 특성

예설 | (가)는 석영, (나)는 적철석, (다)는 황동석, (라)는 형석이다.

㉑. 규소와 산소가 결합된 (가)는 규산염 광물이며, 철과 산소가 결합된 (나)는 산화 광물이다.

㉒. (다)와 (라)는 모스 굳기가 같지만, (다)는 깨짐이, (라)는 조개집이 나타나며, (가)와 (나)는 모두 깨짐이 나타나지만, 모스 굳기는 서로 다르다. 따라서 깨짐과 조개집, 모스 굳기를 이용하면 광물 (가)~(라)를 서로 구별할 수 있다.

㉓. 깨짐이 나타나는 광물에 충격을 가하면 부서지는 모양이 불규칙적이다. 따라서 일정한 모양으로 갈라질 가능성이 큰 광물은 조개집이 나타나는 (라)이다.

### 04 규산염 광물

예설 | A는  $\text{SiO}_4$  사면체의 독립상 구조이며, B는 복사슬 구조, C는 판상 구조이다.

✕. A와 같은 독립상 구조에 해당하는 대표적인 규산염 광물은 감람석이다.  $\text{SiO}_4$  사면체는 음이온을 띠기 때문에 독립상을 이루는  $\text{SiO}_4$  사면체만으로는 결합 구조를 이룰 수 없다. 감람석은  $\text{SiO}_4$  사면체에 철( $\text{Fe}^{2+}$ )이나 마그네슘( $\text{Mg}^{2+}$ ) 같은 양이온이 결합하여 형성된다. 반면 B에 해당하는 각섬석, C에 해당하는 흑운모와 같은 규산염 광물은  $\text{SiO}_4$  사면체가 산소를 공유하며 결합하여 형성된다.

✕. A는 깨짐, B는 기둥 모양을 이루는 2방향 조개집, C는 판상을 이루는 1방향 조개집이 나타난다.

㉔. B와 같은 복사슬 결합 구조에서 규소 : 산소는 4 : 11이며, C와 같은 판상 결합 구조에서 규소 : 산소는 2 : 5이다.

### 05 편광 현미경을 이용한 광물 관찰

예설 | 편광 현미경에서 상부 편광판과 하부 편광판을 통과한 빛의 진동 방향은 서로 수직이다. 상부 편광판과 하부 편광판을 모두 끼웠을 때는 직교 니콜, 하부 편광판만 끼웠을 때는 개방 니콜 상태이다.

㉑. 편광 현미경에서 하부 편광판을 통과한 빛이 진동하는 방향과 상부 편광판을 통과한 빛이 진동하는 방향은 서로 수직이다. 따라서 광원으로부터 나오는 빛이 하부 편광판을 통과하면서 한쪽 방향으로 진동하게 되며, 박편이 없는 상태에서는 이 빛이 상부 편광판을 통과하지 못하기 때문에 접안렌즈까지 도달하지 않는다.

✕. 상부 편광판을 제거한 개방 니콜에서 광물의 다색성을 관찰할 수 있다.

✕. 빛의 진동 방향이 서로 수직인 상부 편광판과 하부 편광판을 모두 끼운 직교 니콜 상태에서 석류석과 같은 광학적 등방체 광물을 관찰하면 검게 보인다.

### 06 화성암의 조직

예설 | 화성암의 조직은 광물 입자의 크기에 따라 조립질, 세립질, 반상 조직으로 구분된다. 조립질은 심성암, 세립질은 화산암, 반상 조직은 반심성암에서 잘 나타난다.

✕. A는 고유의 결정면이 잘 나타나는 자형 광물이다.

㉒. (가)는 고온에서 먼저 정출되어 큰 결정을 이루는 반정(A)이 마그마가 비교적 빠르게 냉각되면서 생성된 세립질 입자인 석기(B) 속에 나타나는 반상 조직이다.

㉓. 반상 조직은 반심성암에서 잘 나타난다. (나)에서 ㉑은 화산암, ㉒은 반심성암, ㉓은 심성암이 생성되는 곳이다. 따라서 (가)와 같이 반상 조직이 나타나는 화성암은 대체로 ㉓보다 ㉒에서 생성될 가능성이 높다.

### 07 광물의 광학적 성질

예설 | 광학적 이방체 광물은 복굴절이 일어나므로 직교 니콜에서 소광 현상과 간섭색이 나타난다. 광학적 등방체 광물은 복굴절이 일어나지 않으므로 개방 니콜 상태에서는 밝게 보이지만, 직교 니콜 상태에서는 항상 검게 보인다. 개방 니콜과 직교 니콜 상태 모두에서 검게 보이는 광물은 빛이 통과하지 않는 불투명 광물이다.

✕. 상부 편광판을 끼운 직교 니콜 상태에서 재물대를  $360^\circ$  회전시킬 때 항상 검게 보이는 A는 광학적 등방체 또는 불투명 광물이고, 소광 현상이 나타나는 B와 C는 광학적 이방체이다.

㉒. B와 C 중에서 조개집이 발달된 B는 흑운모이다. 따라서 B는 광학적 이방체이면서 유색 광물에 해당하므로 개방 니콜에서 다색성이 나타난다.

㉓. B와 C 중에서 B가 흑운모이므로, C는 석영이다.

### 08 변성암의 조직

예설 | 접촉 변성암에서는 치밀하고 단단한 혼펠스 조직이나 입자의 크기가 비슷하고 조립질로 구성된 입상 변정질 조직이 나타난다. 광역 변성암에서는 판상의 광물이 압력에 수직인 방향으로 나란하게 배열되어 엽리와 같은 줄무늬가 나타난다.

㉑. 이 지역에서 가장 먼저 생성된 암석은 셰일이며, 화강암이 관입하면서 접촉 변성 작용이 일어났다.

㉒. (나)는 혼펠스 조직이, (다)는 엽리가 관찰된다. 따라서 변성 작용에 의해 생기는 줄무늬는 (나)보다 (다)에서 잘 나타난다.

✕. (가)에서 화강암과 셰일 사이의 변성 영역은 마그마가 관입할 때 열에 의한 접촉 변성 작용이 일어난 곳이다. 따라서 변성 영역의 암석을 편광 현미경으로 관찰하면 주로 (나)와 유사한 모습을 볼 수 있다.

#### 수능 3점 테스트

본문 026~027쪽

01 ⑤

02 ③

03 ②

04 ④

## 01 규산염 광물의 결합 구조

예설 | (가)에서 A는 단사슬 구조, B는 판상 구조, C는 망상 구조이다.

㉠ 고온에서 정출된 규산염 광물일수록  $\text{SiO}_4$  사면체의 공유 산소 수가 적다. 따라서 C보다 규소에 대한 산소의 결합비가 큰 A가 정출 온도가 높다.

㉡ 규산염 광물에서  $\text{SiO}_4$  사면체 간에 공유하는 산소 수는 C와 같은 망상 구조가 B와 같은 판상 구조보다 많다.

㉢ (나)의 쇄설성 퇴적암을 구성하고 있는 퇴적 입자의 크기는 1 mm 내외이다. 따라서 이 쇄설성 퇴적암은 주로 모래가 쌓여서 굳어진 사암이며, 모래의 주성분은 석영이다. 석영은 C와 같이 망상 구조로 이루어진 규산염 광물로 풍화에 강하기 때문에 풍화·침식 작용으로 생긴 쇄설물이 운반되어 쌓여서 굳어진 쇄설성 퇴적암에 많이 포함된다.

## 02 광물의 광학적 성질

예설 | 방해석은 광학적 이방체 광물이므로, 빛이 투과할 때 두 개의 광선으로 나뉘어 굴절하는 복굴절 현상이 나타난다.

㉠ 방해석은 광학적 이방체이므로 편광 현미경의 직교 니콜 상태에서 방해석 박편을 관찰하면 간섭색이 나타난다.

㉡ 방해석 결정을 회전시키는 동안 방해석 내부를 통과하는 빛의 굴절 경로가 달라지면서 두 직선 사이의 간격이 변화한다. 따라서 두 직선이 겹쳐 하나로 보이는 현상이 나타난다.

✗ 방해석 결정이 두꺼울수록 복굴절 현상으로 갈라진 두 광선 사이의 간격이 커진다. 따라서 방해석 결정을 회전시킬 때 두 직선 사이의 최대 간격은 (나)보다 (다)에서 크다.

## 03 편광 현미경을 이용한 광물 관찰

예설 | 광학적 이방체 광물을 편광 현미경으로 관찰하면 개방 니콜 상태에서는 다색성이 나타나고, 직교 니콜 상태에서는 소광 현상이 나타난다.

✗ 간섭색은 직교 니콜 상태에서 관찰할 수 있다. (가)에서 상부 편광판을 끼운 ㉠이 직교 니콜 상태이다.

✗ 소광 현상은 재물대를  $90^\circ$  회전시킬 때마다 나타나므로, 실험에서는 재물대의 회전각이  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $315^\circ$ 일 때 소광 현상을 관찰할 수 있다. 따라서 재물대를  $360^\circ$  회전시키는 동안 소광 현상은 총 4번 관찰할 수 있다.

㉢ 광물 A는 직교 니콜 상태에서 소광 현상이 나타나므로 광학적 이방체이다. 따라서 하부 편광판을 지난 빛이 광물 A를 통과하면서 진동 방향이 서로 수직인 두 개의 광선으로 갈라진다.

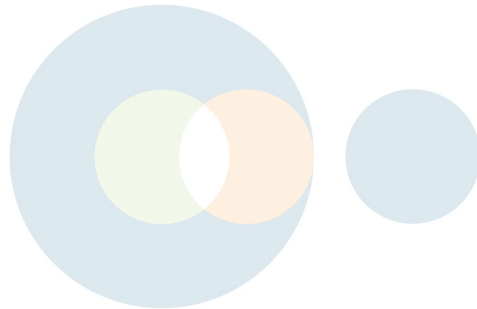
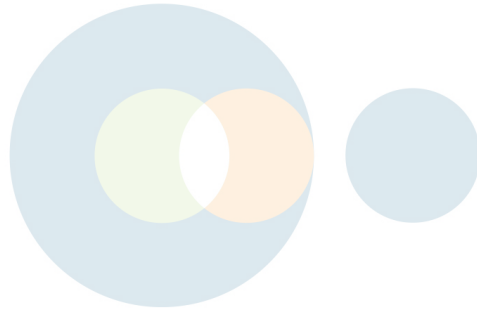
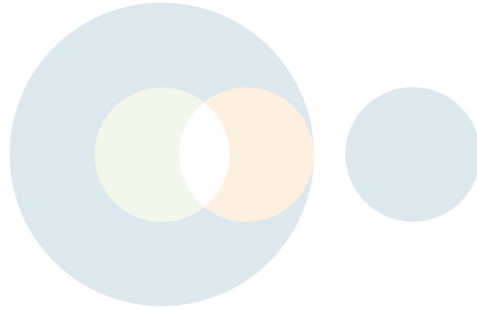
## 04 화성암과 변성암의 조직

예설 | 화성암은 암석의 생성 깊이에 따라 조립질, 세립질, 반상 조직 등이 나타나며, 변성암은 변성 작용의 종류에 따라 혼펠스 조직, 엽리 등이 나타난다.

✗ 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어 생성된 화성암은 광물 입자가 크고 비교적 고르다. 따라서 B는 A보다 더 깊은 곳에서 생성되었다.

㉠ (나)의 변성암에서는 판상의 광물들이 길게 배열된 엽리가 잘 나타난다.

㉡ 광역 변성 작용에 의해 생성된 변성암은 압력에 수직인 방향으로 광물이 배열되면서 형성되는 줄무늬인 엽리가 잘 나타난다. 따라서 (나)의 암석이 생성될 때, 압력은 주로 엽리에 수직인 ㉠ 방향으로 작용하였다.



THEME

04

## 지구의 자원

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 029쪽

## 정답 ⑤

예설 | A는 활석, B는 망가니즈 단괴, C는 고령토이다.

- ㉠. 활석은 변성 광상에서 산출되는 광물 자원으로 비금속 광물 자원이다.
- ㉡. 망가니즈 단괴는 해수에 녹아 있던 금속 물질이 화학적 침전에 의해 생성된 것으로 퇴적 광상 중 침전 광상에서 산출된다. 망가니즈 단괴에 포함되어 있는 망가니즈, 철, 구리, 니켈, 코발트 등 유용한 금속 광물은 제련 과정을 거쳐 분리할 수 있다.
- ㉢. 고령토는 퇴적 광상 중 풍화 잔류 광상에서 산출되고, 도자기의 주요 원료로 사용된다.

## 수능 2점 테스트

본문 030~031쪽

- 01 ①      02 ②      03 ③      04 ⑤      05 ②
- 06 ⑤      07 ①      08 ④

## 01 광상의 분류

예설 | 광물 자원이 지각 내에 채굴이 가능할 정도로 집적되어 있는 장소를 광상이라고 한다. 광상은 형성 과정에 따라 화성 광상, 퇴적 광상, 변성 광상으로 구분할 수 있다. A는 화성 광상, B는 변성 광상, C는 퇴적 광상이다.

- ㉠. A는 마그마가 냉각되는 과정에서 유용한 광물이 정출되어 형성되는 화성 광상이다. 화성 광상에서 얻을 수 있는 금속은 니켈, 아연, 텅스텐(회중석), 구리, 납(방연석), 금, 은 등이다.
- ㉡. 석탄, 석유 등의 화석 연료는 주로 퇴적 광상(C)에서 산출된다.
- ㉢. 퇴적 광상은 지표의 광물이나 암석이 풍화, 침식, 운반, 퇴적되는 과정에서 형성된다.

## 02 광물 자원

예설 | A는 보크사이트, B는 활석이다.

- ㉠. 보크사이트는 점토 광물인 고령토가 풍화되어 형성된다.
- ㉡. 활석은 제련 과정을 거치지 않고 사용하는 비금속 광물이다.
- ㉢. 보크사이트는 퇴적 광상 중 풍화 잔류 광상에서 산출되고, 활석은 변성 광상에서 산출된다.

## 03 지하자원 분류

예설 | 땅속에 묻혀 있는 채취 가능한 자원을 지하자원이라고 한다. 지하자원에는 광물 자원과 에너지 자원이 있고, 유용한 광물이 집적되어 있는 장소를 광상이라고 한다. 고령토는 퇴적 광상, 구리는 화성 광상, 흑연은 변성 광상에서 주로 산출된다. A는 고령토, B는 구리이다.

㉠. 고령토는 정장석이 풍화되어 형성된 점토 광물로 퇴적 광상 중 풍화 잔류 광상에 속하며, 도자기의 주원료로 사용된다.

㉡. 구리는 금속 광물 자원으로 전기와 열이 잘 통하는 성질이 있다.

㉢. 구리는 금속 광물 자원이고, 흑연은 비금속 광물 자원이다.

## 04 호상 철광층

예설 | 호상 철광층은 산화 철(III)이 포함된 붉은색 층과 회색 층이 교대로 쌓여 줄무늬를 이루고 있다.

- ㉠. 호상 철광층은 해수에 녹아 있던 철 이온( $Fe^{2+}$ )이 산소와 결합한 후 침전하여 형성되었으므로 퇴적 광상에 속한다.
- ㉡. 호상 철광층의 산화 철(III)( $Fe_2O_3$ )은 대부분 해수에 용해된 철 이온( $Fe^{2+}$ )이 남세균류가 광합성으로 생성한 산소와 결합하여 형성된 것이다.
- ㉢. 철 광상은 마그마 기원의 화성 광상으로 만들어지기도 하지만, 대부분 퇴적 광상(침전 광상)으로 만들어진다. 현재 생산되는 철은 대부분 삼캄브리아 시대의 바다에서 형성된 산화 철(III)이 퇴적된 철 광상에서 채굴된 것이다.

## 05 지하자원의 분류

예설 | 지하자원은 광물 자원과 에너지 자원으로 분류할 수 있고, 광물 자원은 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원으로 분류할 수 있다.

- ㉠. A는 비금속 광물 자원이다. 전기가 잘 통하는 것은 금속 광물 자원이다.
- ㉡. 희토류 원소는 제련 과정을 거쳐 이용되는 금속 광물 자원이다.
- ㉢. 가스수화물은 메테인이나 에테인 등이 저온·고압 환경에서 물 분자와 결합한 고체 물질이다. 따라서 가스수화물의 연소 과정에서 이산화 탄소가 발생한다.

## 06 해양 물질 자원

예설 | 해수 속의 광물 자원으로는 소금, 브로민, 마그네슘 등이 있고, 심해저 바다에서 공 모양으로 성장한 망가니즈 단괴도 포함된다.

- ㉠. 망가니즈 단괴는 해수에 녹아 있던 금속 물질이 심해저에서 화학적 침전에 의해 생성된 것으로 퇴적 광상 중 침전 광상에서 산출된다.
- ㉡. 소금은 망가니즈 단괴와 마찬가지로 광물 자원이다. 소금은 비금속 광물 자원이고, 망가니즈 단괴는 금속 광물 자원이다.
- ㉢. 망가니즈 단괴에는 망가니즈, 철, 구리, 니켈, 코발트 등의 유용한 금속 광물이 포함되어 있고, 이 광물들은 제련 과정을 거쳐 분리할 수 있다.

## 07 조력 발전과 파력 발전

예설 | 경기도 시화호에는 밀물과 썰물의 높이 차를 이용하는 조력 발전소가 설치되어 있고, 제주도 한경면 용수리에는 바람에 의해 생기는 파도의 상하좌우 운동을 이용하는 파력 발전소가 설치되어 있다. (가)는 조력 발전, (나)는 파력 발전의 발전 방식을 나타낸 것이다.

- ㉠. 시화호 조력 발전소는 밀물 때 해수면의 높이 차를 이용해 발전하고, 썰물 때는 시화호 안의 해수를 배수한다.

✗ (가)는 달에 의한 기조력 때문에 발생하는 조차를 이용하므로 날씨의 영향을 거의 받지 않지만, (나)는 바람에 의해 생기는 파도의 운동 에너지를 이용하므로 날씨의 영향을 많이 받는다.

✗ (가)에서 이용하는 해수의 위치 에너지의 근원은 조력 에너지이고, (나)에서 이용하는 파도의 운동 에너지의 근원은 태양 에너지이다.

## 08 희토류 원소

**예설** | 희토류 원소는 대부분 자연 상태에서 매우 드물게 존재하는 광물 자원이다. 주기율표상 3족인 스칸듐(Sc), 이트륨(Y)과 란타넘계 원소 15종 등 총 17종의 원소를 지칭한다.

✗ 희토류 원소는 지각 내에 고르게 퍼져 있어서 한 곳에 집중된 광상을 찾기가 힘들고, 발견하더라도 순수한 형태로 존재하는 경우가 극히 드물다.

㉠ 희토류는 영구자석의 생산을 위한 수요량 비율이 가장 크다.

㉡ 희토류 전체 양 중 영구자석에 대한 수요는 29%이고, 영구자석의 24%가 자동차와 수송 장비에 대한 수요이므로 희토류 전체 중 자동차와 수송 장비에 대한 수요는 약 7%(=29%×0.24)이다. 희토류 전체 양 중 연마제(㉢)에 대한 수요는 13%이므로 자동차와 수송 장비(㉣)에 대한 수요의 약 2배이다.

### 수능 3점 테스트

본문 032~033쪽

01 ⑤

02 ③

03 ③

04 ④

## 01 우리나라의 광물 자원

**예설** | 지구상에 분포하는 다양한 광물 중에서 우리가 일상생활이나 산업에 이용하는 광물을 광물 자원이라고 한다. 우리나라에 매장되어 있는 광물 자원에는 철, 납, 텅스텐, 금과 같은 금속 광물 자원과 석회석, 고령토 등과 같은 비금속 광물 자원이 있다. A는 금속 광물, B는 비금속 광물이다.

㉠ 금속 광물 자원은 금속이 주성분인 광물로 제련 과정을 거쳐서 사용한다.

㉡ (나)의 분포로 보아 ㉠은 석회석이다. 석회석은 주로 시멘트의 원료로 사용되고, 제철용이나 화학용으로 사용되기도 한다.

㉢ 석회석, 고령토 등 비금속 광물의 대부분은 퇴적 광상에서 산출된다.

## 02 해양 온도 차 발전

**예설** | 해양 에너지를 이용하는 발전 방식에는 조력 발전, 조류 발전, 파력 발전, 해양 온도 차 발전이 있다. (가)는 표층수와 심층수의 온도 차를 이용하여 전기를 생산하는 해양 온도 차 발전의 원리를 나타낸 것이다.

㉠ 해양 온도 차 발전은 표층수의 따뜻한 열로 액체를 기화시켜 전기를 생산하므로 이산화 탄소를 거의 발생시키지 않는 친환경 발전 방식이다.

㉡ 수심 100 m에서 표층과의 수온 차가 15℃ 이상 나타날 확률은 A 해역보다 B 해역에서 높으므로 해양 온도 차를 이용한 발전은 A 해역보다 B 해역에서 더 유리하다.

✗ 해양 온도 차 발전은 표층수와 심층수의 온도 차가 클수록 유리하다. 1월에는 8월보다 표층 수온이 낮아지므로 표층수와 심층수의 온도 차가 작아진다. 따라서 해양 온도 차 발전은 1월보다 8월에 더 유리할 것이다.

## 03 우리나라 주변 해역의 파력 에너지 분포

**예설** | 우리나라 주변 해역의 파력 에너지 밀도는 제주도 서쪽 해역과 전라남도 주변의 남해와 서해에서 상대적으로 크게 나타나고, 경상남도 주변의 남해와 동해에서는 상대적으로 작게 나타난다.

㉠ 파력 에너지 밀도가 ㉡ 해역에서는 12~14 kW/m이고, ㉢ 해역에서는 약 6 kW/m이다.

㉣ 파력 발전은 바람에 의해 생기는 파도의 운동 에너지를 전기 에너지로 변환하는 발전 방식이므로, 파력 에너지 밀도가 클수록 파력 발전으로 생산할 수 있는 전기 에너지양이 많아진다. 파력 에너지 밀도가 ㉢ 해역보다 ㉡ 해역에서 크므로 파력 발전으로 생산할 수 있는 전기 에너지는 ㉢ 해역보다 ㉡ 해역에서 많다.

✗ ㉠, ㉡, ㉢ 중 ㉢ 해역에서의 파력 에너지 밀도가 가장 작으므로 파력 발전소 후보지로는 ㉠과 ㉡ 해역이 ㉢ 해역보다 적합하다.

## 04 광물의 이용

**예설** | 전구의 필라멘트와 네오디뮴 자석은 금속 광물 자원을 이용한 예이다.

㉠ 전구의 필라멘트는 금속 광물 자원인 텅스텐을 이용한다.

㉡ 네오디뮴 자석에 이용된 네오디뮴은 희토류 원소의 일종이다. 희토류 원소는 자연 상태에서 매우 드물게 존재하는 광물 자원이므로 지각에 존재하는 양은 텅스텐(A)이 네오디뮴(B)보다 많다.

✗ A(텅스텐)와 B(네오디뮴)는 모두 화성 광상에서 주로 산출된다.

THEME

05

## 한반도의 지질

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 036쪽

## 정답 ①

예설 | 이 지역은 계곡과 능선이 모두 나타나는 굴곡이 심한 지형이다. 지층의 주향은 남북 방향이고, 경사 방향은 서쪽이다.

㉠. 이 지역 지층의 경사 방향은 모두 서쪽이다. 따라서 이 지역에서 가장 나중에 생성된 지층은 A이다.

✗. ㉠과 ㉡ 지역에서 지층 경계선의 모양이 서로 반대로 보이지만, 경사 방향은 모두 서쪽으로 같다.

✗. ㉢ 지역에 나타나는 단층은 단층면의 경사가 수직인 수직 단층이다.

## 수능 2점 테스트

본문 037~039쪽

01 ①	02 ④	03 ⑤	04 ③	05 ③
06 ①	07 ①	08 ⑤	09 ④	10 ①
11 ⑤	12 ②			

## 01 주향과 경사 측정

예설 | 지층의 주향은 지층면이 수평면과 만나 이루는 교선의 방향이고, 경사 방향은 고도가 높은 주향선에서 낮은 주향선 쪽의 방향이다.

㉠. 주향 각도는 클리노미터의 자침이 가리키는 바깥쪽의 눈금을 읽는다. 따라서 이 지층의 주향은  $N45^{\circ}W$ 이다.

✗. 경사각은 클리노미터의 경사추가 가리키는 안쪽의 눈금을 읽어야 하므로  $30^{\circ}$ 이다. 주향이 NW일 때 경사 방향은 NE 또는 SW이므로, 경사는  $30^{\circ}NE$  또는  $30^{\circ}SW$ 이다.

✗. 경사각은 지층면과 수평면이 이루는 각이다. (나)에서 경사를 측정할 때에는 클리노미터의 긴 변을 주향선에 수직으로 지층면에 대고, 경사추가 가리키는 안쪽 눈금을 읽는다.

## 02 지질도 해석

예설 | 대칭되는 지층에서 습곡축을 기준으로 경사 방향이 멀어지면 배사 구조이고, 경사 방향이 모이면 향사 구조이다.

✗. B층을 중심으로 양쪽의 지층이 대칭을 이루고, 경사 방향이 멀어지므로 배사 구조를 이룬다. 또한 E층을 중심으로 향사 구조가 나타난다.

㉠. 배사 구조의 중심에 있는 B층이 가장 먼저 퇴적되었고, 향사 구조의 중심에 있는 E층이 가장 나중에 퇴적되었다.

㉡. B층과 E층은 모두 수평층이다.

## 03 지질도 해석

예설 | 지층 경계선과 등고선이 나란하면 수평층이고, 지층 경계선과 등고선이 교차하면 경사층이다.

✗. 주향은 지층 경계선이 동일한 등고선과 만난 두 점을 이은 선의 방향으로 북쪽을 기준으로 나타낸다. 따라서 B층의 주향은  $N30^{\circ}E$ 이다.

㉠. B층은 남동쪽으로  $45^{\circ}$ 의 경사를 이루고 있는 지층이고, A층은 수평층이다. 따라서 B층이 쌓인 후 습곡을 받고, 용기, 침식, 침강된 후 B층 위에 A층이 퇴적되었으므로 두 지층은 부정합 관계이다.

㉡. 지질 단면을 그려보면 B층은 C층보다 아래쪽에 위치하므로 B층은 C층보다 먼저 형성되었다.

## 04 지질도 해석

예설 | 지층 경계선과 등고선이 서로 교차하면 경사층이다.

㉠. 지층 경계선이 등고선과 만나는 두 점을 연결한 방향이 주향 방향이므로 역암층의 주향은  $Nx^{\circ}W$ 이다.

㉡. 경사 방향은 고도가 높은 주향선에서 낮은 주향선 쪽이므로 역암층의 경사 방향은 SW이다.

✗. 역암층의 경사 방향이 SW 방향이므로 사암층이 역암층보다 먼저 형성되었다.

## 05 한반도의 지질 계통

예설 | 지체 구조는 암석의 종류와 연령, 지각 변동에 의한 특징적인 지질 구조 등에 따라 여러 지역으로 나눈 것이다.

✗. A는 경기 육괴, D는 영남 육괴이다. 육괴는 주로 선캄브리아 시대의 암석으로 이루어져 있으며, 고생대 이후에는 대체로 육지로 드러나 있었다.

✗. B는 태백산 분지, C는 옥천 분지이다. 한반도의 퇴적 분지는 대부분 고생대 이후에 바다나 호수에 퇴적층이 쌓여 형성된 곳이다.

㉡. E는 경상 분지이다. 경상 분지는 백악기에 하천과 호수에서 생성된 퇴적암과 화산암으로 이루어져 있다.

## 06 중생대의 화강암 분포

예설 | 그림은 중생대에 관입한 화강암의 분포이다.

㉠. 중생대의 화성암류는 북북동-남남서의 방향성을 보인다.

✗. 중생대에는 우리나라에서 가장 격렬한 지각 변동인 대보 조산 운동이 있었다. 석회암은 고생대 조선 누층군과 평안 누층군에서 발견된다.

✗. 신생대 제4기에는 백두산, 울릉도, 제주도 등을 중심으로 화산 활동이 있었다.

## 07 한반도의 암석 분포

예설 | 한반도의 암석은 지질 시대별로는 선캄브리아 시대의 암석이 가장 많고, 종류별로는 변성암이 가장 많다.

㉠. 한반도의 지질 시대별 암석 분포는 선캄브리아 시대 암석이 가장 많고, 그 다음으로 중생대 암석이 많다. 종류별 암석 분포는 변성암이 가장 많고, 그 다음으로 화성암이 많으며, 퇴적암이 가장 적다.

✗. 종류별 암석 분포에서 퇴적암은 가장 적게 분포한다.

✗. 종류별 암석 분포에서 화성암은 변성암보다 적고 퇴적암보다 많이 분포한다.

✗ 지질 시대별 암석 분포에서 선캄브리아 시대 암석이 가장 많고, 그 다음으로 중생대 암석이 많다.

✗ 지질 시대별 암석 분포에서 선캄브리아 시대 암석이 가장 많고, 그 다음으로 중생대 암석이 많다. 종류별 암석 분포에서 퇴적암은 가장 적게 분포한다.

## 08 우리나라에 분포하는 화성암

예설 | A는 경주 마애불상군, B는 제주도 한라산에서 나타나는 화성암체의 모습이다.

✗ A는 경주 마애불상군으로 중생대 말 불국사 변동의 결과로 형성된 불국사 화강암이다. 연일층군은 신생대에 형성된 지층이다. 따라서 불국사 변동은 연일층군에 영향을 주지 않았다.

㉠ A를 구성하는 암석은 화강암이고, B를 구성하는 암석은 현무암이다. 화강암은 심성암이고 현무암은 화산암이므로, 암석의 생성 깊이는 A가 B보다 깊다.

㉡ 불국사 화강암은 중생대 말에 관입하였고, 한라산을 이루는 현무암은 신생대에 분출하였으므로 암석의 생성 시기는 A가 B보다 먼저이다.

## 09 우리나라의 지질 계통

예설 | A는 조선 누층군, B는 평안 누층군, C는 대동 누층군, D는 경상 누층군이다.

✗ 조선 누층군은 바다에서 만들어진 해성층이다. 따라서 조선 누층군에서는 육상 생물의 화석이 발견되지 않는다.

㉠ 후기 고생대 지층인 평안 누층군은 대부분 전기 고생대 지층인 조선 누층군이 분포하는 지역에 분포하며, 두 지층은 부정합 관계이다.

㉡ 우리나라의 금속 광물 자원은 주로 대보 화강암이 분포하는 지역에서 산출된다.

## 10 한반도의 형성

예설 | (가)는 트라이아스기 말, (나)는 쥐라기 말의 모습을 나타낸 것이다.

㉠ 고생대 후기에 곤드와나 대륙이 분리되기 시작하여 곤드와나 대륙 북쪽 가장자리에서 한중 지괴와 남중 지괴가 떨어져 나가 북쪽으로 이동하다가 중생대에 서로 충돌하였다.

✗ (가)는 중생대 트라이아스기 말의 모습이므로 (가)에서 한중 지괴와 남중 지괴의 충돌은 신생대 지층에 영향을 줄 수 없다.

✗ (나) 시기는 쥐라기 말이다. 쥐라기 말에는 한중 지괴와 남중 지괴가 합쳐지면서 대보 조산 운동이 일어났으며, 이 과정에서의 화성활동으로 대보 화강암이 형성되었다.

## 11 접촉 변성 작용과 광역 변성 작용

예설 | 석회암과 사암은 퇴적암, 편암은 변성암, 화강암은 화성암이다.

✗ A는 석회암이 접촉 변성 작용을 받아 생성된 변성암이므로 대리암이다.

㉠ B는 규암이다. 규암은 사암을 구성하는 석영이 열을 받아 재결정

되어 생성된다.

㉡ 편암은 열과 압력을 받아 변성된 암석이므로 엽리가 발달한다.

## 12 변성 환경과 변성암

예설 | 접촉 변성 작용은 고온 환경에서, 광역 변성 작용은 고온·고압 환경에서 우세하게 일어난다.

✗ A는 퇴적물로부터 퇴적암이 만들어지는 속성 작용(고화 작용)이다. B는 접촉 변성 작용 영역으로 마그마의 접촉부에서 열에 의해 일어나며, 재결정 작용으로 혼펠스 조직이나 입상 변정질 조직이 생성된다. C는 광역 변성 작용 영역으로 온도와 압력이 높은 환경에서 일어나며, 재결정 작용으로 엽리 구조(편리, 편마 구조)를 이룬다.

✗ 석회암과 셰일은 퇴적암으로 A 영역에서 형성된다.

㉠ 조산 운동에 의한 편리와 편마 구조는 고온·고압 조건에서의 광역 변성 작용에 의해 나타난다.

### 수능 3점 테스트

본문 040~043쪽

01 ㉢

02 ㉡

03 ㉡

04 ㉣

05 ㉤

06 ㉡

07 ㉤

08 ㉢

## 01 지질도 해석

예설 | 지층 경계선과 등고선이 서로 교차하면 경사층이다.

㉠ 경사 방향은 고도가 높은 주향선에서 낮은 주향선 쪽이므로 A의 경사 방향은 서쪽이다.

✗ B의 경사 방향은 서쪽이므로, B는 C보다 나중에 형성되었다.

㉡ 지질 단면도를 작성해 보면, (가)는 단층면을 경계로 상반이 아래로 내려간 정단층이 나타나고, (나)는 단층면을 경계로 상반이 위로 올라간 역단층이 나타난다.

## 02 지질도 해석

예설 | B층의 주향은 NW 방향이다. 경사 방향은 항상 주향에 직각이므로 주향이 NW 방향이라면 가능한 경사의 방향은 NE 또는 SW가 된다.

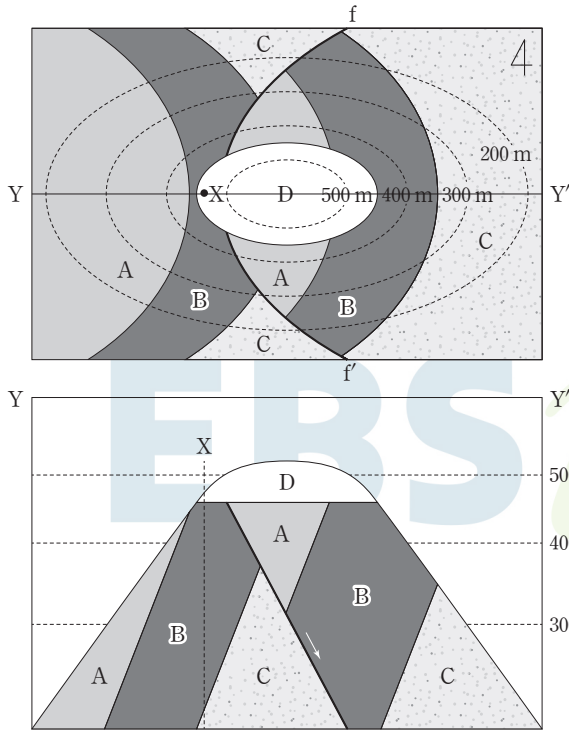
✗ 주향선을 그려보면, B층의 주향은  $Nx^{\circ}W$ 이다.

✗ 지층의 생성 순서가  $A \rightarrow B \rightarrow C$ 가 되려면 B층의 경사 방향이 NE가 되어야 한다. 만약 지층의 생성 순서가  $C \rightarrow B \rightarrow A$ 라면 B층의 경사 방향은 SW가 된다.

㉠ 경사 방향은 고도가 높은 주향선에서 낮은 주향선 쪽이므로 a가 b보다 높아야 B층의 경사 방향이 NE가 될 수 있다.

## 03 지질 단면 작성

예설 | 지질도를 바탕으로 지질 단면을 그려보면 다음과 같다.



- ✗ 이 지역에 배사 구조는 나타나지 않는다.
- ㉠ f-f'은 단층면을 따라 상반이 아래로 내려갔으므로 정단층이다.
- ✗ X 지점에서 연직 방향으로 땅을 파고 들어가면 그림에 나타난 것처럼 D → B → C 순으로 나타난다. 따라서 A는 만날 수 없다.

#### 04 우리나라의 지질 계통

**예설** | 우리나라에서는 고생대와 중생대에 걸쳐 조선 누층군 → 평안 누층군 → 대동 누층군 → 경상 누층군의 순으로 지층이 형성되었다.

㉣ 대보 조산 운동은 중생대 쥐라기에 있었으므로 대보 조산 운동의 영향으로 변성된 층은 조선 누층군과 평안 누층군이다. 경상 누층군은 중생대 백악기에 퇴적되었으므로 대보 조산 운동의 영향을 받지 않았다. 고생대 초에 형성된 조선 누층군은 두꺼운 해성층이다. 고생대 후기부터 중생대 초기에 형성된 평안 누층군의 하부는 해성층이고, 상부는 육성층이다. 경상 누층군이 형성된 중생대에는 우리나라의 모든 지층이 육지에서 형성되었다.

#### 05 한반도의 지질 계통과 지질 분포

**예설** | 송림 변동은 중생대 트라이아스기에, 대보 조산 운동은 중생대 쥐라기 말에, 불국사 변동은 중생대 백악기 말에 일어났다.

㉠ ㉠은 평안 누층군이다. 평안 누층군의 하부에는 사암, 셰일, 석회암 등의 해성층이 분포하고, 상부에는 사암, 셰일 등의 육성층과 양질의 무연탄층이 분포한다.

㉡ ㉡은 경상 누층군이다. 경상 누층군은 경상 분지인 B에 주로 분포한다.

㉢ A는 평안 누층군, B는 경상 누층군이다. 따라서 A는 B보다 먼저 형성되었다.

#### 06 한반도 퇴적층의 분포

**예설** | 우리나라 고생대와 중생대를 구성하는 지층은 조선 누층군 → 회동리층 → 평안 누층군 → 대동 누층군 → 경상 누층군의 순으로 형성되었다.

✗ (가)는 중생대, (나)는 고생대에 형성된 지층이므로 (가)는 (나)보다 나중에 형성되었다.

㉠ 중생대는 조산 운동과 화성 활동이 가장 활발했던 시기로 중생대 지층은 모두 육성층이다.

✗ 화산 분출로 백두산, 울릉도, 제주도 등에 현무암이 형성된 시대는 신생대이다.

#### 07 변성암의 종류와 변성 작용

**예설** | 입상 변정질 조직은 방향성이 없이 원암의 구성 광물들이 재결정되어 크기가 커진 조직으로, 대리암이나 규암에 잘 나타난다.

㉠ A는 석회암이 접촉 변성 작용을 받아 입상 변정질 조직을 갖는 대리암이고, B는 사암이 접촉 변성 작용을 받아 광물 알갱이가 커진 입상 변정질 조직을 갖는 규암이다.

㉡ 대리암(A)과 규암(B)은 마그마의 접촉 변성 작용을 받아 생성된 것이므로 주로 열에 의해 변성되었다.

㉢ C는 셰일이 광역 변성 작용을 받아 편마 구조가 발달한 암석이므로 편마암이고, D는 셰일이 광역 변성 작용을 받아 편리가 발달한 암석이므로 편암이다. 광역 변성 작용은 큰 습곡 산맥을 형성하는 조산 운동이 활발한 지역에서 일어난다.

#### 08 한반도의 형성

**예설** | 동해가 형성되기 시작한 것은 약 2천 5백만 년 전에 태평양판이 일본 아래로 섭입하면서부터이다.

㉠ (가)는 약 2천 5백만 년 전, (나)는 약 1천 2백만 년 전 한반도 주변의 모습을 나타낸 것이다. 따라서 시간 순서는 (가) → (나)이다.

㉡ 태평양판이 유라시아판 아래로 섭입하면서 동해가 형성되기 시작하였고, 동해가 확장되었다. 일본이 태평양 쪽으로 이동하면서 동해는 점차 확장되었으며 약 1천 2백만 년 전에 동해의 확장이 멈추고 오늘날과 비슷한 모습을 갖추었다.

✗ 약 450만 년 전의 화산 활동에 의해서 울릉도와 독도가 형성되기 시작하였다. 따라서 울릉도와 독도가 형성되기 시작한 것은 (나) 시기 이후이다.

답은 끝 문제로 유형 익히기

본문 046쪽

정답 ④

예설 | 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루면서 흐르는 해류이다.

✗. 수압 경도력이 해수면의 높이가 높은 곳에서 낮아지는 방향으로 향하므로 A에서 수압 경도력은 북쪽으로 작용한다.

㉠. B에서 수압 경도력은 남쪽으로 작용하므로 해수에 작용하는 전향력의 방향은 북쪽이다.

㉡. 남반구에서 지형류는 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 흐르므로 서쪽으로 흐른다. 북반구에서 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 서쪽으로 흐른다. 따라서 A와 B에서 지형류는 모두 서쪽으로 흐른다.

수능 2점 테스트

본문 047~048쪽

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ④ | 03 ① | 04 ① | 05 ② |
| 06 ② | 07 ① | 08 ③ |      |      |

01 정역학 평형

예설 | 정역학 평형은 위쪽으로 작용하는 연직 수압 경도력(A)과 아래쪽으로 작용하는 중력(B)이 평형을 이루고 있는 상태이다.

㉠. 단위 질량의 해수에 작용하는 연직 수압 경도력 =  $-\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta z}$  ( $\rho$ : 밀도,  $\Delta P$ : 수압 차,  $\Delta z$ : 깊이 차)이다. 연직 수압 경도력은 해수의 깊이에 따른 수압 차 때문에 생기는 힘으로 수압이 큰 아래에서 수압이 작은 위로 작용한다.

㉡. B는 지구가 해수를 당기는 힘으로 위에서 아래로 작용하는 중력이다.

✗. 정역학 평형 상태의 연직 수압 경도력과 중력의 관계는  $\Delta P = -\rho g \Delta z$ 이다. 따라서  $\rho$ 가 일정할 때  $\Delta z$ 가 커지면  $\Delta P$ 도 커진다.

02 지형류의 방향과 유속

예설 | 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이룬 상태에서 흐르는 해류이다.

✗. 지형류의 방향은 북반구에서는 수압 경도력의 오른쪽 90° 방향으로, 남반구에서는 수압 경도력의 왼쪽 90° 방향으로 등수압선과 나란하게 흐른다. 수압 경도력은 해수면이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 작용하므로 A이다. 따라서 이 지역은 북반구에 위치한다.

㉠. 지형류가 형성되면 전향력과 수압 경도력은 크기가 같고 방향은 정반대가 된다. 전향력(C, 코리올리 힘)은 지구 자전에 의해 나타나는 가상의 힘이다. 단위 질량의 해수에 작용하는 전향력의 크기는  $C = 2v\Omega \sin\phi$ 로, 속도(v), 지구 자전 각속도( $\Omega$ ),  $\sin\phi$ ( $\phi$ : 위도)에 비례한다. 따라서 수압 경도력의 크기가 일정할 때 저위도로 갈수록 지형류의 속도는 빨라진다.

㉡. 지형류에서 수압 경도력의 크기와 전향력의 크기는 같다. 따라서 수압 경도력의 크기가 일정할 때 지구 자전 속도가 느려지면 지형류의 속도는 빨라진다.

03 지형류

예설 | 해수면에 경사가 있으면 수평 방향으로 수압 차이가 발생하는데, 이러한 수압 차이로 생긴 힘을 수압 경도력이라고 한다. 수압 경도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다.

㉠. 해수면의 경사가 급할수록 수압 경도력이 크다. 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루고 흐르는 해류이므로 지형류가 흐르는 해역에서 수압 경도력이 크면 전향력도 크다. 따라서 A보다 C에 작용하는 전향력이 작다.

✗. B에서 수심이 가장 깊으므로 수압도 가장 크다. 따라서 C보다 B에서 수압이 크다.

✗. A에서는 수압 경도력이 서쪽으로 작용하고 전향력이 동쪽으로 작용하므로 해류는 북쪽으로 흐르고, C에서는 수압 경도력이 동쪽으로 작용하고 전향력이 서쪽으로 작용하므로 해류는 남쪽으로 흐른다.

04 에크만 수송

예설 | 북반구의 에크만 나선에서 해수는 전향력에 의해 수심이 깊어질수록 오른쪽으로 편향되며, 유속은 느려진다.

㉠. 표면 해수는 전향력 때문에 북반구에서는 바람 방향의 오른쪽으로 약 45° 편향되어 흐른다.

✗. 전향력의 크기는 해수의 이동 속도에 비례하므로 수심이 깊어질수록 전향력의 크기도 감소한다.

✗. 마찰 저항 심도는 해수의 이동 방향이 표면 해수의 이동 방향과 정반대가 되는 깊이이다.

05 지형류의 특징

예설 | 에크만 수송은 북반구에서는 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로, 남반구에서는 바람 방향의 왼쪽 90° 방향으로 일어난다.

✗. A에서는 지형류가 종이를 뚫고 나오는 방향인 서쪽으로 흐르며, B에서는 A와 반대 방향인 동쪽으로 흐른다.

㉠. C는 에크만 수송이 북쪽으로 일어났고, D는 에크만 수송이 남쪽으로 일어났다. 따라서 C와 D에서 에크만 수송의 방향은 서로 반대 방향이다.

✗. 10°N 부근에서는 수온 약층이 시작되는 깊이가 가장 얇다.

06 무역풍과 표층 해류

예설 | 대기 대순환에 의한 무역풍에 의해 형성되는 해류에는 북반구에서 북동 무역풍에 의해 흐르는 북적도 해류와 남반구에서 남동 무역풍에 의해 흐르는 남적도 해류가 있다.

✗. 남반구의 열대 해역에서 동쪽에서 서쪽으로 흐르는 해류는 남적도 해류이다. 남적도 해류는 남동 무역풍에 의해 형성된다.

㉠. 남반구 태평양에서 열대 순환을 형성하는 해류는 남적도 해류와 적도 반류이고, 아열대 순환을 형성하는 해류는 남적도 해류, 동오스트레일리아 해류, 남극 순환 해류, 페루 해류이다.



✗ 남반구 태평양의 아열대 순환은 남적도 해류 → 동오스트레일리아 해류 → 남극 순환 해류 → 페루 해류의 순으로 이어진다.

### 07 서안 강화 현상

**예설** | 고위도로 갈수록 전향력이 커지기 때문에 아열대 순환을 이루는 해류 중 대양의 서쪽 연안을 따라 고위도로 흐르는 해류가 강한 흐름을 보이는 서안 강화 현상이 나타난다.

- ㉠ B 지점은 북반구 아열대 순환의 중심으로 해수면의 높이는 A나 C보다 높다.
- ✗ 에크만 수송은 바람에 의해 나타난다. A, B, C 지점은 바람이 불지 않으므로 에크만 수송에 의한 해수의 이동은 없다.
- ✗ 서안 경계류가 흐르는 A 지점은 동안 경계류가 흐르는 C 지점에 비해 해류의 속도가 빠르다.

### 08 해수의 표층 순환

**예설** | A는 쿠로시오 해류, B는 북태평양 해류, C는 캘리포니아 해류, D는 페루 해류이다.

- ㉠ 쿠로시오 해류는 서안 경계류이고, 캘리포니아 해류는 동안 경계류이다. 서안 경계류는 동안 경계류에 비해 해류의 폭이 좁고, 깊이가 깊으며, 유속이 빠르다. 따라서 해류 A는 해류 C보다 유속이 빠르다.
- ✗ 중위도에서 흐르는 북태평양 해류는 편서풍의 영향을 받는 해역에서 흐른다.
- ㉡ 캘리포니아 해류, 페루 해류는 동안 경계류이다. 반면 쿠로시오 해류, 멕시코 만류는 서안 경계류이다.

**수능 3점 테스트**

본문 049~051쪽

- 01 ⑤    02 ③    03 ③    04 ①    05 ③  
06 ③

### 01 지형류

**예설** | 지형류는 수평 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루는 상태에서 흐르는 해류이다.

- ㉠ 북반구에서 지형류의 방향은 수압 경도력의 오른쪽 90° 방향이다. 따라서 (가)와 (나) 모두 북반구에 위치한다.
- ㉡ 지형류는 수평 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루며 흐르는 해류이다. (가)는 (나)보다 해수면의 경사가 급하므로 수평 수압 경도력이 더 크고 전향력도 더 크다.
- ㉢ 지형류의 유속( $v$ )은  $v = \frac{1}{2\Omega \sin \varphi} \cdot g \cdot \frac{\Delta z}{\Delta x}$  ( $\Omega$ : 지구 자전 각속도,  $\varphi$ : 위도,  $g$ : 중력 가속도,  $\Delta x$ : 수평 거리 차,  $\Delta z$ : 해수면 높이 차)이다. (가)와 (나)는 각각 30°N, 45°N에 위치하고, (가)가 (나)보다

해수면의 경사가 5배 크므로  $\frac{(가) \text{ 지형류의 속도}}{(나) \text{ 지형류의 속도}} = \frac{10 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}{2 \cdot \frac{1}{2}} = 5\sqrt{2}$

이다.

### 02 지형류

**예설** | 이 해역의 동쪽에는 밀도가 작은 따뜻한 해수가 있으므로 해수면의 높이가 서쪽보다 높게 나타난다.

- ㉠ 수압 경도력은 해수면이 높은 동쪽에서 해수면이 낮은 서쪽을 향해 작용한다. 북반구에 위치한 이 해역에서 수압 경도력이 서쪽으로 작용하므로 지형류는 북쪽으로 흐른다.
- ㉡ 수심 50 m에서 A의 수온은 약 5°C이고 B의 수온은 10°C 이상이다. 따라서 수심 50 m에서 해수의 밀도는 A에서 B에서보다 크다.
- ✗ 수심 100 m에서 수압은 A보다 B에서 크다. 수심 100~300 m 해수 기둥에 의한 수압은 A보다 B에서 작다. 따라서 A와 B의 수압 차는 수심 100 m보다 수심 300 m에서 더 작다.

### 03 해수면의 높이 분포

**예설** | 지구 자전에 의한 전향력 차이로 아열대 순환의 중심이 대양의 서쪽으로 치우치게 된다.

- ✗ 밀도가 작은 표층수가 높게 올라온 곳에서 수온 약층이 시작되는 깊이도 깊게 나타나 해수는 평형을 유지하고 있다. 따라서 수온 약층이 시작되는 깊이는 B보다 해수면이 높은 A에서 더 깊게 나타난다.
- ✗ 북태평양의 서쪽에 위치한 A는 난류가 북쪽으로 흐르는 지역이다.
- ㉡ 북태평양의 동쪽에 위치한 B는 한류가 남쪽으로 흐르는 지역이다. B에서 수압 경도력은 동쪽으로 작용하고, 전향력은 서쪽으로 작용한다.

### 04 바람과 에크만 수송

**예설** | 북반구에서 에크만 수송은 바람에 대해 오른쪽 직각 방향이다. A와 C에서는 해수가 발산하고, B에서는 해수가 수렴한다.

- ㉠ 해수가 수렴하는 곳에서는 해수면의 높이가 높고, 해수가 발산하는 곳에서는 해수면의 높이가 낮다. 따라서 A, C보다 B에서 해수면의 높이가 높다.
- ✗ 에크만 수송은 풍속이 클수록 강하다. 그림에서 무역풍의 속도가 극동풍의 속도보다 크므로 에크만 수송은 극동풍대보다 무역풍대에서 강하게 일어난다.
- ✗ 표층 해류는 무역풍대에서는 동쪽에서 서쪽으로 흐르고, 편서풍대에서는 서쪽에서 동쪽으로 흐른다.

### 05 아열대 해양의 표층 순환

**예설** | 대양의 서쪽에서 흐르는 서안 경계류는 대양의 동쪽에서 흐르는 동안 경계류에 비해 유속이 빠르고 흐름의 폭이 좁고 깊다.

- ㉠ A에서 지형류는 북쪽으로 흐른다. 따라서 전향력은 동쪽으로 작용하고 수압 경도력은 서쪽으로 작용한다.

✗. A는 서안 경계류이고, C는 동안 경계류이다. 지형류는 C보다 A에서 더 깊고 강하게 흐른다.

㉔. 수온 약층이 시작되는 깊이는 순환의 중심인 B에서 가장 깊게 나타난다.

## 06 서안 강화 현상

예설 | (가)는 지구가 자전하지 않거나 전향력이 위도에 따라 변하지 않고 일정한 경우이고, (나)는 적도 지역에서 고위도로 갈수록 회전 속도를 빠르게 한 경우이다.

㉑. A보다 B에서 해수면의 경사가 크므로 수압 경도력이 더 크다. 따라서 A보다 B에서 유속이 빠르다.

✗. B보다 C에서 해류의 순환을 나타낸 선들의 간격이 넓으므로, B보다 C에서 수압 경도력이 작고 유속이 느리다.

㉒. (나)는 해수에 작용하는 전향력의 크기가 편서풍 지역이 무역풍 지역보다 큰 경우이며 해류의 순환 중심이 서쪽으로 치우쳐 나타난다.

THEME  
07

## 해파와 조석

답은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 054쪽

정답 ③

예설 | 달의 공전 궤도가 지구의 적도와 약  $23.5^\circ \pm 5^\circ$  기울어져 있기 때문에 달의 위치에 따라서 해수면이 부풀어 오르는 방향이 달라지고, 위도에 따라서 조석의 형태가 달라진다.

㉑. 달의 인력은 달과 거리가 가까울수록 크다. 따라서 달의 인력은 A, B, C 중에서 달과 가장 가까이 위치하는 A에서 가장 크다.

㉒. 혼합조가 나타나는 지역에서는 달을 향하는 쪽과 그 반대편에서 해수면이 부풀어 오른 정도에 차이가 있기 때문에 연속되는 두 만조의 해수면 높이가 다르게 나타난다. 이러한 경향은 반일주조가 나타나는 저위도에 가까울수록 약해지므로, 연속되는 두 만조의 해수면 높이 차는 A가 C보다 크다.

✗. 달의 공전 궤도와 지구의 적도가 동일한 평면상에 위치한다면 달을 향하는 쪽과 그 반대편에서 해수면이 부풀어 오른 정도가 같기 때문에 A, B, C에서 모두 반일주조가 나타날 것이다. 달의 공전 주기가 변하지 않았으므로, 반일주조의 조석 주기는 A, B, C에서 모두 같을 것이다.

수능 2점 테스트

본문 055~057쪽

01 ①	02 ②	03 ⑤	04 ⑤	05 ①
06 ③	07 ③	08 ③	09 ④	10 ②
11 ①	12 ③			

## 01 해파의 모양에 따른 분류

예설 | 해파는 모양에 따라 풍랑(A), 너울(B), 연안 쇄파(C)로 분류한다. 풍랑은 바람에 의해 직접 형성되며 마루가 뾰족한 삼각형 모양의 해파이고, 너울은 풍랑이 발생지를 벗어난 곳에서 마루가 둥글게 규칙적으로 변한 해파이다. 연안 쇄파는 해파가 해안으로 접근하면서 파의 봉우리가 부서져서 형성된다.

㉑. A는 풍랑이고, B는 너울이다. 너울은 풍랑보다 주기가 길다.

✗. 너울은 풍랑보다 파장과 주기가 길다. 따라서 파장은 풍랑인 A가 너울인 B보다 짧다.

✗. C는 연안 쇄파이다. 연안 쇄파는 해안으로 접근할수록 속력이 느려지고 파장이 짧아진다.

## 02 심해파와 천해파

예설 | 심해파가 진행할 때 표면의 물 입자는 원운동을 하고, 천해파가 진행할 때 표면의 물 입자는 타원 운동을 한다.

✗. 파고는 해파의 마루와 골 사이의 연직 거리이다. 파장이 같은 해파의 경우, 파고는 해수면에서 물 입자가 원운동을 할 때는 원 궤도의 지름과 같고, 해수면에서 물 입자가 타원 운동을 할 때는 타원 궤도의

짧은 지름과 같다. 따라서 파고는 (가)의 해파가 (나)의 해파보다 낮다.  
 ㉠ (가)는 해파가 진행할 때 표면의 물 입자가 타원 운동을 하므로 천해파이고, (나)는 해파가 진행할 때 표면의 물 입자가 원운동을 하므로 심해파이다. 천해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 해역에서 진행되는 해파이고, 심해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 해역에서 진행되는 해파이다. 따라서 (나)의 수심은 (가)의 수심의 10배보다 깊다.  
 ✕ 파장이  $L$ 일 때 천해파의 전파 속도( $v$ )는  $v = \sqrt{gh}$ ( $g$ : 중력 가속도,  $h$ : 수심)이고, 심해파의 전파 속도( $v$ )는  $v = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ ( $g$ : 중력 가속도,  $L$ : 파장)이다. 따라서 (가)의 전파 속력은 수심이 깊을수록 빠르고, (나)의 전파 속력은 파장이 길수록 빠르다.

### 03 심해파

**예설** | 심해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 해역에서 진행되는 해파로, 해파의 전파 속력은 파장이 길수록 빠르다.

- ㉠ 해파의 주기( $T$ )는  $T = \frac{\lambda}{v}$ ( $\lambda$ : 파장,  $v$ : 속도)이다. 이 해파의 파장은 150 m이고 속력은 15 m/s이므로, 주기는 10초이다.  
 ㉡ 이 해파는 파장이 150 m인 심해파이다. 심해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 해역을 진행하는 해파이므로, 이 해역의 수심은 75 m보다 깊다.  
 ㉢ 이 해파가 수심 7 m인 해역으로 진행하면 심해파가 아니다. 심해파가 수심이 얇은 곳으로 진행하여 천이파 또는 천해파가 되면 전파 속력이 느려져 파장이 짧아지고, 파고가 높아진다.

### 04 심해파, 천이파, 천해파

**예설** | 심해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 해역에서 진행되는 해파이고, 천이파는 수심이 파장의  $\frac{1}{20} \sim \frac{1}{2}$  사이의 해역에서 진행되는 해파이며, 천해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 해역에서 진행되는 해파이다.

- ㉠ 해역 A에서 해파의 파장은 100 m이고, 수심은 50 m 이상이므로, 이 해역의 수심은 파장의  $\frac{1}{2}$ 보다 깊다. 따라서 해역 A에서 진행되는 해파는 심해파이다. 심해파는 수심이 깊어질수록 물 입자의 원운동 크기는 급격히 작아져서 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서는 해파에 의한 물 입자의 움직임은 나타나지 않는다.  
 ✕ B는 천이파가 진행되는 해역이다. 천이파는 해저면의 영향으로 파장이 짧아지고, 해파의 전파 속력이 감소한다.  
 ㉢ A에서 전파되어 오던 해파는 B에 들어오면서 해저면의 영향을 받아 전파 속력이 감소한다. 해저면의 영향은 수심이 얇을수록 크므로, 해파의 속력은 B의 해파가 C의 해파보다 빠르다.

### 05 심해파의 속력

**예설** | 심해파는 파장이 길수록 전파 속력이 빠르다. 심해파의 파장과

속력과 주기는 서로 관련이 있으며, 하나를 알면 그래프와 공식을 이용하여 나머지 둘을 결정할 수 있다.

- ㉠ 그래프에서 파장이 100 m일 때 심해파의 전파 속력은 12.5 m/s이다. 파동의 전파 속력은  $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$ 이므로, 주기는  $\frac{\text{파장}}{\text{속력}}$ 이다. 따라서 파장이 100 m인 심해파의 주기( $T$ )는  $T = \frac{100 \text{ m}}{12.5 \text{ m/s}} = 8$ 초이다.

- ✕ 파동의 주기는  $\frac{\text{파장}}{\text{속력}}$ 으로, 심해파의 파장-속력 그래프에서  $\frac{1}{\text{기울기}}$ 에 비례한다. 심해파의 파장-속력 그래프의 모양이 곡선이므로, 파장이 길어짐에 따라 기울기가 완만해지므로 주기가 길어짐을 알 수 있다. 따라서 심해파의 주기는 A가 B보다 짧다.  
 ✕ 심해파의 속력은 파장이 길수록 빨라지며, 파고가 높다고 파의 속력이 빠른 것은 아니다. 해파의 전파 속력은 파장과 주기의 함수일 뿐이다.

### 06 해파의 굴절

**예설** | 해파는 먼 바다에서는 원래의 마루 선을 유지한 채 전파되지만, 해안에 먼저 도착한 해파는 얇은 수심으로 인해 속력이 느려지고 수심이 깊은 쪽은 원래의 속력을 유지한 채 해안으로 접근하게 되어 해파의 굴절이 일어난다.

- ㉠ 파장이 400 m인 해파는 수심이 200 m보다 깊은 해역에서 심해파의 성질을 가지므로 수심이 200 m보다 얇은 해역에서는 파장이 짧아진다. 따라서 파장은 A보다 B에서 짧다.  
 ✕ A와 C 해역은 모두 수심이 200 m보다 깊은 해역이므로, 파장이 400 m인 해파가 이 해역을 진행할 때는 모두 심해파의 성질을 갖는다. 심해파의 전파 속력은 파장이 길수록 빠르고, A와 C 두 해역에서 해파의 파장이 같으므로 전파 속력은 같다.  
 ㉢ 파장이 400 m인 이 해파는 수심이 200 m보다 깊은 해역(C)에서는 파장이 거의 일정하고, 수심이 200 m보다 얇은 해역(D)에서는 파장이 짧아진다. 따라서 파고는 파장이 긴 C보다 파장이 짧은 D에서 높다.

### 07 지진 해일

**예설** | 지진에 의해 생긴 해파는 파장이 수백 km에 달하므로 천해파의 특성을 가진다. 천해파는 진행하면서 수심이 얇아질수록 속력이 느려지고 파고는 높아진다.

- ㉠ 지진 해일은 천해파이므로 해안으로 접근할수록 수심이 얇아져 해파의 전파 속력이 느려지고 파고는 높아진다. 따라서 파고는 수심이 깊은 A보다 수심이 얇은 B에서 높다.  
 ㉡ A 해역에서 해파는 왼쪽에서 오른쪽으로 진행하고 있으므로 표면의 물 입자는 시계 방향으로 궤도 운동을 한다.  
 ✕ 지진 해일은 천해파이므로 전파 속도( $v$ )는  $v = \sqrt{gh}$ ( $g$ : 중력 가속도,  $h$ : 수심)이다. A를 지날 때의 전파 속도( $v$ )는  $v = \sqrt{10 \times 4000} = 200 \text{ m/s}$ 이고, B를 지날 때의 전파 속도( $v$ )는  $v = \sqrt{10 \times 250} = 50 \text{ m/s}$ 이다. 따라서 해파가 A를 지날 때의 속력은 B를 지날 때의 속력보다 4배 빠르다.

## 08 폭풍 해일

**예설** | 폭풍 해일은 주로 태풍 통과 시 발생하며, 발생 당시의 기압, 만조 시기, 해안 및 해저 지형에 의해 피해가 달라진다.

㉠. 폭풍 해일은 태풍 통과 시 낮은 중심 기압과 강한 바람에 의해 해수면이 평소보다 높게 상승하는 현상이다. 이 지역에서는 10월 5일 12시경 만조 시기에 이전의 만조 시기보다 해수면의 높이가 매우 높게 상승한 것으로 보아, 이 시기에 폭풍 해일이 발생하였음을 알 수 있다.

㉡. 태풍에 의한 해수면 상승 폭의 최댓값은 10월 5일 12시경에 전체 해수면 높이에서 만조 시의 해수면 높이를 뺀 약 100 cm이다.

㉢. 이 지역에서 파고는 폭풍 해일에 의해 해수면이 높아져 있는 시기인 10월 5일 12시가 폭풍 해일이 발생하지 않은 시기인 10월 4일 12시보다 높았을 것이다.

## 09 기조력

**예설** | 기조력은 지구가 다른 천체와의 공통 질량 중심 주위를 회전할 때 생기는 원심력과 천체가 잡아당기는 만유인력의 합력에 의해 생긴다.

㉣. A에서는 기조력이 달의 반대쪽으로 작용하고, B에서는 기조력이 달 쪽으로 작용한다. 따라서 A에서 만조일 때, B에서도 만조이다.

㉤. 지구 중심에서는 달에 의한 만유인력이 지구와 달의 공통 질량 중심에 대한 원심력과 크기는 같고 방향은 반대가 되어 기조력의 크기는 0이다.

㉥. 지구와 달의 공통 질량 중심 G에서는 달의 만유인력이 지구와 달의 공통 질량 중심에 대한 원심력보다 커서 기조력은 달 쪽으로 작용한다.

## 10 조석

**예설** | 밀물과 썰물에 의해 해수면의 높이가 주기적으로 높아졌다 낮아졌다 하는 현상을 조석이라고 한다. 만조와 간조 사이의 높이 차를 조차라 하고, 만조에서 다음 만조 또는 간조에서 다음 간조까지 걸리는 시간을 조석 주기라고 한다.

㉦. 조석 유형이 (가)는 반일주조, (나)는 일주조이다. 달에 의한 기조력만 고려할 때, 반일주조는 주로 저위도 지역에서 나타나고 일주조는 주로 고위도 지역에서 나타난다. 따라서 위도는 (가)가 (나)보다 낮다.

㉧. 반일주조는 하루에 만조와 간조가 대략 두 번씩 나타나고, 일주조는 하루에 만조와 간조가 한 번씩 나타난다. 따라서 조석 주기는 반일주조인 (가)가 일주조인 (나)보다 짧다.

㉨. 조차는 만조와 간조 사이의 높이 차로, (가)가 (나)보다 크다.

## 11 사리와 조금

**예설** | 사리(대조)는 달의 위상이 삭이나 망일 때로 달과 태양이 지구와 나란하게 위치하여 두 천체의 기조력이 합쳐져서 조차가 최대가 되는 시기이다. 조금(소조)은 달의 위상이 상현이나 하현일 때로 지구를 기준으로 달과 태양이 수직으로 위치하여 두 천체의 기조력이 분산되어 조차가 최소로 되는 시기이다.

㉩. 5일은 조차가 최소인 조금이다.

㉪. 14일은 조차가 최대인 사리 부근이다. 따라서 사리 부근일 때는 태양-지구-달이 나란하게 위치하여 두 천체의 기조력이 합쳐져서 조차가 최대로 나타난다.

㉫. 5일은 조금, 13일~14일은 사리이다. 사리일 때는 조금일 때보다 만조에서의 해수면 높이는 더 높고, 간조에서의 해수면 높이는 더 낮아서 조차가 크게 나타난다. 따라서 만조 때의 해수면 높이는 조금인 5일이 사리 부근인 15일보다 낮다.

## 12 조석 주기

**예설** | 지구가 자전하는 동안 달도 지구 둘레를 공전하기 때문에 반일주조의 경우 조석 주기는 약 12시간 25분이다.

㉬. ㉠은 달이 12시간 동안 지구 주위를 공전하는 각도이다. 달의 공전 주기는 약 27.3일이므로 12시간 동안에 약 6.5°만큼 지구 주위를 공전한다. 따라서 ㉠은 약 6.5°이다.

㉭. 태양의 질량은 달의 질량에 비해 훨씬 크지만 태양은 달에 비해 지구로부터의 거리가 훨씬 멀다. 따라서 지구상의 모든 지점에서 달에 의한 기조력이 태양에 의한 기조력보다 크다.

㉮. B 지점은 현재 만조이다. 조석 주기가 약 12시간 25분이므로, B 지점은 약 12시간 25분 후에 다시 만조가 된다.

### 수능 3점 테스트

본문 058~061쪽

01 ㉢

02 ㉡

03 ㉡

04 ㉣

05 ㉤

06 ㉣

07 ㉠

08 ㉤

## 01 바람에 의한 해파 발생

**예설** | 대부분의 해파는 바람에 의해 발생한다. 바람이 부는 해역에서 발생하는 해파를 풍랑이라 하고, 풍랑의 파장은 수~수십 m이고, 주기는 너울보다 짧다. 너울은 풍랑이 발생지를 벗어난 곳에서 마루가 둥글게 규칙적으로 변한 해파이고, 해파가 해안으로 접근하면 연안 쇄파가 형성된다.

㉰. A에서 발생한 해파는 바람에 의해 직접 형성되는 풍랑이다. 풍랑은 바람으로부터 받은 에너지로 성장하므로, 해파의 파고는 풍속이 약할 때보다 강할 때 높다.

㉱. 해역 B의 수심은 이 해역을 진행하는 해파의 파장의  $\frac{1}{2}$ 보다 깊으므로, 이 해역을 진행하는 해파는 심해파이다. 심해파의 전파 속력은 파장이 길수록 빠르다.

㉲. C의 해파는 연안 쇄파로, B 해역을 진행하는 해파인 너울보다 파장은 짧아지고, 파고는 높아진다. 따라서  $\frac{\text{파고}}{\text{파장}}$ 은 B의 해파가 C의 해파보다 작다.

## 02 천해파

**예설** | 천해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 해역에서 진행되는 해파로, 전파 속도( $v$ )는  $v = \sqrt{gh}$ ( $g$ : 중력 가속도,  $h$ : 수심)이다.

✕ P의 속도( $v$ )는  $v = \sqrt{10 \times 4000} = 200$  m/s이다. 파동의 전파 속도( $v$ )는  $v = \frac{\lambda}{T}$ ( $T$ : 주기,  $\lambda$ : 파장)이므로, 주기( $T$ )는  $T = \frac{\lambda}{v}$ ( $v$ : 속도,

$\lambda$ : 파장)이다. 따라서 P의 주기( $T$ )는  $T = \frac{200 \times 1000 \text{ m}}{200 \text{ m/s}} = 1000$ 초이다.

㉠ 천해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 해역에서 진행되는 해파로, 천해파의 파장은 수심의 20배보다 길다. 따라서  $x$ 는 5보다 크다.

✕ P와 Q는 모두 천해파이므로, P의 전파 속도( $v$ )는  $v = \sqrt{10 \times 4000} = 200$  m/s이고, Q의 전파 속도( $v$ )는  $v = \sqrt{10 \times 250} = 50$  m/s이

다. 따라서  $\frac{Q \text{의 속도}}{P \text{의 속도}} = \frac{1}{4}$ 이다.

## 03 심해파와 천해파의 속도

**예설** | 심해파의 전파 속도( $v$ )는  $v = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ ( $g$ : 중력 가속도,  $L$ : 파장)

로, 파장이 길수록 전파 속력이 빠르다. 천해파의 전파 속도( $v$ )는  $v = \sqrt{gh}$ ( $g$ : 중력 가속도,  $h$ : 수심)로, 수심이 깊을수록 전파 속력이 빠르다.

✕ A와 B 해역에서 파장이 80 m보다 긴 해파는 해파의 전파 속력이 파장에 관계없이 일정하므로 천해파이다. 천해파의 전파 속도( $v$ )는  $v = \sqrt{gh}$ ( $g$ : 중력 가속도,  $h$ : 수심)이므로 수심( $h$ )은  $h = \frac{v^2}{g}$ 이다.

따라서  $\frac{A \text{ 해역의 수심}}{B \text{ 해역의 수심}} = \frac{6.3^2}{3^2} = 2.1^2$ 이므로, A 해역의 수심은 B 해역 수심의  $2.1^2$ 배이다.

㉠ 해파의 주기( $T$ )는  $T = \frac{\lambda}{v}$ ( $\lambda$ : 파장,  $v$ : 속도)이다. 이 해파 ㉠의 파장은 20 m이고, 속력은 5.5 m/s이므로, 주기는  $\frac{20}{5.5}$  초이다. 해파

㉡의 파장은 80 m이고, 속력은 3 m/s이므로, 주기는  $\frac{80}{3}$  초이다. 따라서 주기는 ㉠이 ㉡보다 짧다.

✕ A의 수심( $h$ )은  $h = \frac{v^2}{g} = \frac{6.3^2}{10}$  m이다. 파장이 20 m인 해파 ㉠은 수심이 10 m보다 깊은 곳에서 심해파가 되므로 수심이  $\frac{6.3^2}{10}$  m

인 해역에서는 심해파가 아니다. B의 수심( $h$ )은  $h = \frac{v^2}{g} = \frac{3^2}{10}$  m이다. 파장이 80 m인 해파 ㉡은 수심이 40 m보다 깊은 곳에서 심해파가 되므로 수심이  $\frac{3^2}{10}$  m인 해역에서는 심해파가 아니다. 천해파가

진행할 때 표면의 물 입자는 타원 운동을 하고, 심해파가 진행할 때 표면의 물 입자는 원운동을 한다. 따라서 해파 ㉠과 ㉡은 모두 심해파가 아니므로, ㉠과 ㉡이 진행할 때 표면의 물 입자는 모두 원운동을 하지 않는다.

## 04 지진 해일

**예설** | 지진 해일은 해저 지진이나 해저 사태, 화산 활동 등으로 인한 해수면의 급격한 변동으로 발생하며, 수심에 비해 파장이 매우 길어서 천해파의 특성을 가진다.

✕ 이 해파는 A~D 모든 지점에서 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$ 보다 얇아서 천해파이다. 천해파의 전파 속력은 수심이 깊을수록 빠르므로, B보다 수심이 더 깊은 A에서 해파의 속력은 더 빠르다.

㉠ 이 해파가 C 지점을 지날 때는 천해파이므로, 수심 1200 m에 있는 물 입자는 타원 운동을 한다.

㉡ 해파는 수심이 얇은 해안으로 접근할수록 전파 속력이 느려지고 파고는 높아진다. 따라서 파고는 A~D 중 수심이 가장 얇은 D에서 가장 높다.

## 05 폭풍 해일

**예설** | 태풍이 지나갈 때 강한 저기압 중심의 낮은 압력으로 인한 해수면 상승과 강한 바람에 의해 저기압 중심의 해수면이 상승하여 해일이 일어나는 현상을 폭풍 해일이라고 한다.

㉠ 태풍의 중심이 다가오면 기압이 하강한다. 기압 값이 가장 낮은 시각이 태풍 중심이 이 해역에 가장 가까워졌을 때이고, 이때 조석 예보에 의한 해수면 높이 예측값을 보면 간조에서 만조로 변하는 사이에 있다.

✕ 그림을 보면 이 해역에서 최대 해일 높이는 태풍 중심이 가장 가까워지기 전에 나타났다.

㉡ 폭풍 해일은 태풍이 지나갈 때 저기압 중심의 낮은 압력으로 인한 해수면 상승과 강한 바람에 의한 해수면 상승으로 발생한다. 따라서 다른 조건이 같다면, 최대 해일 높이는 태풍의 중심 기압이 낮을수록 커진다.

## 06 기조력

**예설** | 달에 의한 기조력은 달의 만유인력과 지구와 달의 공통 질량 중심에 대한 원심력의 합력이다.

✕ A에서 기조력은 달의 만유인력에서 지구와 달의 공통 질량 중심에 대한 원심력을 뺀 값이다. 따라서 A에서 기조력은 달의 만유인력보다 작다.

㉠ A는 달에 가장 가까운 지점이므로 만조가 나타나고, B는 지구 중심으로부터 달과 수직을 이룬 지점이므로 간조가 나타난다. 따라서 해수면의 높이는 B보다 A에서 높다.

㉡ C에서는 지구와 달의 공통 질량 중심에 대한 원심력과 달의 만유인력이 나란하지 않고, 원심력과 만유인력의 합력인 기조력은 지구 내부를 향한다.

## 07 달에 의한 기조력

**예설** | 원심력은 구심력과 크기가 같고 방향이 반대이다. 따라서 지구와 달의 공통 질량 중심에 대한 원심력은 지구 중심에 작용하는 달의 만유인력의 반대 방향으로 지구상의 모든 곳에서 크기와 방향이 같다.

㉠ A의 회전 반지름은 지구 중심 O와 공통 질량 중심 G 사이의 길이와 같다.

✗ 지구와 달의 공통 질량 중심을 도는 원운동에 의한 원심력은 지구상의 모든 곳에서 크기와 방향이 같다. 따라서 G를 중심으로 한 원운동에 의한 원심력의 크기는 B와 C에서 같다.

✗ 현재 달의 위상이 보름이므로 달과 태양이 평행하게 위치하여 두 천체의 기조력이 합쳐져서 D에서 조차가 최대가 되는 시기이다. G를 중심으로 90° 회전하는 동안 달과 태양의 위치가 수직에 가까워져 두 천체의 기조력이 분산되어 D에서 조차가 작아진다.

## 08 우리나라의 조석 현상

예설 | 우리나라의 세 해역 A, B, C에서 만조와 간조가 나타나는 시각과 해수면의 높이는 모두 다르다.

㉠ 조차는 만조와 간조 때의 해수면의 높이 차이로, A, B, C 중 조차가 가장 큰 해역은 A이다.

㉡ A는 조차가 가장 큰 것으로 보아 황해, B는 조차가 중간 정도인 것으로 보아 남해, C는 조차가 가장 작은 것으로 보아 동해이다.

㉢ ㉠과 ㉡은 모두 만조이며, ㉢은 ㉠ 다음으로 오는 만조로 해수면의 높이가 서로 다르다. 이는 달의 공전 궤도면과 지구의 적도면이 나란하지 않기 때문에 나타나는 현상이다.

THEME

08

## 대기의 운동

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 063쪽

정답 ①

예설 | 공기 덩어리가 단열 상태에서 산을 넘는 동안 구름이 생성되어 비가 내리면, 산을 넘어온 공기 덩어리는 산을 넘기 전보다 기온은 상승하고 이슬점은 하강한다.

㉠ 산을 넘기 전 지상에서 기온과 이슬점의 차가 클수록 상승 응결 고도가 높다. (가)와 (나)는 상승 응결 고도가  $h$ 로 같으므로, 산을 넘기 전 지상에서 기온과 이슬점의 차가 같다. 그런데  $T_A = T_B$ 이므로  $(T_A - t_A) = (T_B - t_B)$ 가 성립하기 위해서는  $T_A = T_B$ 이다.

✗ (가)에서 공기 덩어리는 상승 응결 고도( $h$ )에서 산의 정상( $H$ )까지는 습윤 단열 감률( $5^\circ\text{C}/\text{km}$ )로 기온이 낮아지고, 산의 정상( $H$ )에서 지상까지는 건조 단열 감률( $10^\circ\text{C}/\text{km}$ )로 기온이 상승한다. (나)에서 공기 덩어리는 상승 응결 고도( $h$ )에서 산의 정상( $2H$ )까지는 습윤 단열 감률( $5^\circ\text{C}/\text{km}$ )로 기온이 낮아지고, 산의 정상( $2H$ )에서 지상까지는 건조 단열 감률( $10^\circ\text{C}/\text{km}$ )로 기온이 상승한다. 따라서 산을 넘기 전 지상에서의 기온( $T$ )이  $T_A = T_B$ 이고 상승 응결 고도가 같은 경우,  $|T_A - T'_A|$ 은  $|T_B - T'_B|$ 보다 작다.

✗ (기온-이슬점)의 감률은 지상에서 상승 응결 고도까지는  $8^\circ\text{C}/\text{km}$ 이고, 상승 응결 고도에서 산의 정상까지는  $0^\circ\text{C}/\text{km}$ 이다. 따라서 공기 덩어리 A, B의 경우 상승 응결 고도( $h$ )까지는 (기온-이슬점)의 감률이  $8^\circ\text{C}/\text{km}$ 로 같고, 상승 응결 고도에서 각각 산의 정상  $H$ ,  $2H$ 까지 올라가는 동안 (기온-이슬점)의 감률은 모두  $0^\circ\text{C}/\text{km}$ 로 같다.

수능 2점 테스트

본문 064~065쪽

01 ⑤	02 ③	03 ①	04 ②	05 ③
06 ④	07 ②	08 ①		

## 01 단열 변화

예설 | 공기 덩어리가 상승하면 부피가 팽창하여 공기 덩어리의 기온이 낮아진다. 불포화 공기 덩어리는  $10^\circ\text{C}/\text{km}$ , 포화 공기 덩어리는  $5^\circ\text{C}/\text{km}$ 의 비율로 기온이 낮아진다.

㉠ 공기 덩어리 (가)는 높이 1 km까지 상승하는 동안 기온이  $7.5^\circ\text{C}$  낮아졌다. 이는 공기 덩어리의 기온이 지표~높이 0.5 km 구간에서는  $5^\circ\text{C}$ 만큼 낮아지고, 높이 0.5~1 km 구간에서는  $2.5^\circ\text{C}$ 만큼 낮아진 것으로 해석할 수 있다. 따라서 공기 덩어리 (가)는 높이 0.5 km 구간에서 포화가 되어 응결이 일어났다. 공기 덩어리 (나)는 높이 1 km까지 상승하는 동안 기온이  $10^\circ\text{C}$  낮아졌다. 이로써 (나)는 높이 1 km까지 불포화 상태를 유지하면서 상승했으며 수증기의 응결은 일어나지 않았다. 따라서 높이 0.5 km에서 응결이 일어난 것은 공기 덩어리 (가)이다.

㉔. (가)는 높이 0.5 km에서 응결이 일어났으므로, 이 높이는 상승 응결 고도이다. 지표에서 기온이  $T$ 이고, 이슬점이  $T_d$ 일 때, 상승 응결 고도( $H$ )는  $H(\text{km}) = \frac{1}{8} \times (T - T_d)$ 이다. 상승 응결 고도는 지표면에서 기온과 이슬점의 차( $T - T_d$ )가 클수록 크며, 기온이 일정할 때 이슬점이 낮을수록 상승 응결 고도는 높다. 따라서 지표면에서의 이슬점은 높이 0.5 km에서 응결이 일어난 (가)가 높이 0.5 km에서 응결이 일어나지 않은 (나)보다 높다.

㉕. 절대 습도는 공기 1 m<sup>3</sup> 속에 들어 있는 수증기의 질량(g)이다. 공기 덩어리 (가)는 지표에서 높이 0.5 km까지 상승하는 동안 수증기량은 일정한 채 공기 덩어리의 부피가 증가하여 절대 습도가 감소하고, 높이 0.5~1 km까지 상승하는 동안 공기 덩어리 부피 증가와 함께 수증기 응결이 일어나 절대 습도가 더 많이 감소한다. (나)는 지표에서 높이 1 km까지 상승하는 동안 공기 덩어리 속의 수증기량은 일정한 채 공기 덩어리의 부피가 증가하여 절대 습도가 감소한다. 따라서 높이 1 km까지 상승하는 동안 절대 습도는 (가)와 (나) 모두 감소한다.

## 02 상승 응결 고도

**예설** | 단열 상승하는 공기 덩어리의 기온과 이슬점의 차가 클수록 상승 응결 고도가 높다. 지표에서 기온이 같을 때 상승 응결 고도는 이슬점이 작을수록 높다.

㉑. A, B, C 중 상승 응결 고도가 가장 낮은 A가 지표면에서 (기온-이슬점)이 가장 작다.

㉒. 상승하는 동안  $h_1 \sim h_2$ 에서 A는 포화 상태이기 때문에 이슬점 감률이 5 °C/km이고, B는 불포화 상태이기 때문에 이슬점 감률이 2 °C/km이다. 따라서  $h_1 \sim h_2$ 에서 이슬점 감률은 A가 B보다 크다.

㉓. 상승하는 동안  $h_2 \sim h_3$ 에서 B는 포화 상태이기 때문에 공기 덩어리의 단열 감률은 5 °C/km이고, C는 불포화 상태이기 때문에 공기 덩어리의 단열 감률은 10 °C/km이다. 따라서  $h_2 \sim h_3$ 에서 공기 덩어리의 단열 감률은 B가 C보다 작다.

## 03 기층의 안정도와 구름

**예설** | 공기 덩어리의 기온이 주위 공기의 기온보다 높으면 공기 덩어리는 스스로 상승할 수 있다.

㉑. A의 이슬점 감률은 불포화 상태에서 2 °C/km이고, 포화 상태에서 5 °C/km이다. 따라서 A의 이슬점 감률이 2 °C/km에서 5 °C/km로 바뀐 높이인 1500 m가 A의 상승 응결 고도이다. 이슬점이 19 °C이고, 상승 응결 고도가 1500 m일 때 지표에서 A의 기온은 31 °C이다.

㉒. 높이 2500 m에서 A는 자발적으로 상승하므로, 구름 꼭대기의 높이는 2500 m보다 높다. 따라서 생성된 구름의 두께는 1000 m보다 높다.

㉓. 구름은 상대 습도 100 %가 되었을 때 생성된다. 따라서 평균 상대 습도는 구름이 생성되어 있지 않은 0~1000 m보다 구름이 생성되어 있는 1500~2500 m에서 더 높다.

## 04 기층의 안정도와 구름

**예설** | 불포화 공기 덩어리는 단열 상승하면서 건조 단열선을 따라 기온이 낮아지고, 상승 응결 고도에 이르면 응결이 일어나서 구름이 생성된다. 기층의 안정도는 기온 감률이 단열 감률보다 큰지 작은지에 따라 판단한다. 이때 공기 덩어리가 포화 상태이면 습윤 단열 감률과 비교하고, 불포화 상태이면 건조 단열 감률과 비교한다.

㉑. 높이 0~1 km 사이의 기층은 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 크고 건조 단열 감률보다 작다. 그러나 주어진 기온 곡선과 이슬점 곡선을 통해 이 기층은 불포화 상태라는 것을 알 수 있으므로, 이 기층의 안정도는 안정이다.

㉒. 높이 3 km에 있는 공기 덩어리는 기온이 이슬점보다 높으므로 불포화 상태이다. 불포화 상태의 공기 덩어리는 단열적으로 상승하거나 하강할 때 기온은 건조 단열선을 따라 변한다. 높이 3 km에 있는 공기 덩어리를 높이 2 km까지 하강시키면 공기 덩어리의 기온이 주위 공기의 기온보다 높기 때문에 공기 덩어리는 다시 상승한다.

㉓. 지표 공기의 (기온-이슬점)이 높이 1 km의 (기온-이슬점)보다 훨씬 크기 때문에 지표 공기의 상대 습도가 낮다.

## 05 핀

**예설** | 공기 덩어리가 산을 넘어갈 때 구름이 발생하고 비가 내리면 공기 덩어리의 수증기량이 감소한다. 상대 습도는 현재 수증기압을 주어진 온도에서의 포화 수증기압으로 나눈 비율이다.

㉑. 지표에서 기온이  $T$ 이고, 이슬점이  $T_d$ 일 때, 상승 응결 고도( $H$ )는  $H(\text{m}) = 125(T - T_d)$ 이다. 상승 응결 고도가 1000 m이므로 기온과 이슬점의 차( $T - T_d$ )는 8 °C이다.

㉒. 상대 습도는 A에서 높이 1000 m까지 상승하는 동안은 계속 증가하지만, 높이 1000 m에서 B까지 상승하는 동안은 100 %로 일정하다.

㉓. 공기 1 m<sup>3</sup> 속에 들어 있는 수증기의 질량은 절대 습도를 의미한다. A 지점의 공기 덩어리가 산을 넘는 과정에서 비가 내리면 공기 덩어리의 수증기량이 감소하여, 공기 덩어리의 절대 습도는 A가 C보다 높다.

## 06 대기 안정도와 구름

**예설** | 절대 안정한 대기에서 공기가 강제로 상승하면 얇은 층운형 구름이 생성되고, 조건부 불안정한 대기에서 공기가 강제로 상승하면 층운형이 만들어지다가 공기 덩어리의 기온이 주위 공기의 기온보다 높아지면 스스로 상승하여 적운형 구름이 생성된다.

㉑. (가)는 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으므로 절대 안정한 대기 상태이다.

㉒. 지표에서 단열 상승하는 불포화 공기 덩어리의 기온은 건조 단열선을 따라 낮아진다. (가)와 (나) 모두 높이 2.1 km까지 상승한 공기 덩어리의 기온은 주변 공기의 기온보다 낮아 공기 덩어리가 스스로 상승할 수 없으므로 높이 2 km에서 생성된 구름은 층운형 구름이다.

㉓. (나)의 공기 덩어리는 높이 2 km에서 포화 상태이므로, 높이 2.1 km까지 상승한 공기 덩어리를 강제 상승시키면 공기 덩어리의 기온은 습윤 단열선을 따라 낮아진다. 그 결과 높이 3 km보다 높은

곳에서는 공기 덩어리의 기온은 주위 공기의 기온보다 높아져서 공기 덩어리는 스스로 상승한다.

## 07 기층의 안정도

**예설** | 굴뚝에서 배출된 연기는 안정한 기층에서는 연직 방향으로 잘 퍼져 나가지 않지만, 불안정한 기층에서는 연직 방향으로 잘 퍼져 나간다.

✗ (가)의 지표에서  $h_1$  사이에는 상층의 기온이 하층의 기온보다 낮으므로 역전층이 형성되어 있지 않다. (나)의 지표에서  $h_1$  사이에는 상층의 기온이 하층의 기온보다 높은 역전층이 형성되어 있다.

✗ 기온 감률은 높이에 따라 주위 공기의 기온이 낮아지는 비율이다.  $h_1 \sim h_2$  구간에서 기온 감률은 (가)는 약  $5^\circ\text{C}$  미만이고, (나)는 약  $5^\circ\text{C}$  이상이다. 따라서  $h_1 \sim h_2$  구간에서 기온 감률은 (가)가 (나)보다 작다.

㉠ 대기가 안정하면 굴뚝에서 배출된 연기가 연직 방향으로 잘 퍼져 나가지 않아 지표 부근에 머물게 되어, 대기 오염이 더 심해질 수 있다. 역전층은 절대 안정층이므로 역전층이 형성되어 있는 (나)가 역전층이 형성되어 있지 않은 (가)보다 지표 부근의 대기 오염이 더 심해질 수 있다.

## 08 안개의 종류

**예설** | 복사 안개는 공기의 냉각에 의해 생성되는 안개로, 복사 냉각에 의해 지표면 기온이 하강할 때 생성된다.

㉠ 안개는 지표면 부근에서 수증기가 응결되어 생성된 작은 물방울이 공기 중에 떠 있는 현상으로, 가시거리가 1 km 미만일 때를 말한다. 따라서 안개가 관측된 시기는 가시거리가 1 km 미만인 B 시기이다.

✗ 안개는 지표면 부근에서 수증기가 응결되는 현상이므로, 안개가 발생하면 상대 습도는 100%가 되며 기온과 이슬점이 같아져서 (기온-이슬점)이 0이 된다. 따라서 지표 부근의 (기온-이슬점)은 안개가 관측된 B 시기가 안개가 관측되지 않은 A 시기보다 작다.

✗ 이 안개는 복사 안개이다. 복사 안개는 바람이 약하고 날씨가 맑은 날 새벽에 지표면의 복사 냉각이 활발할 때 잘 생긴다. 산악 지역에서 공기 덩어리가 산 사면을 따라 상승하면서 단열 팽창에 의한 냉각으로 생성되는 안개는 활승 안개이다.

✗ 공기 덩어리가 상승하면 부피가 팽창하며, 불포화 상태의 공기 덩어리는  $10^\circ\text{C}/\text{km}$ , 포화 상태의 공기 덩어리는  $5^\circ\text{C}/\text{km}$ 의 비율로 기온이 낮아진다. (가)의 공기 덩어리는 1 km 상승하는 동안 기온이  $10^\circ\text{C}$  낮아졌으므로, B는 불포화 상태이다. 따라서 B의 이슬점은 공기 덩어리의 기온  $15^\circ\text{C}$ 보다 높을 수는 없다.

㉠ 절대 습도( $\text{g}/\text{m}^3$ )는 공기  $1\text{m}^3$  속에 들어 있는 수증기의 질량(g)이다. 불포화 상태의 A가 단열 팽창하여 불포화 상태의 B가 되면, 공기 덩어리의 수증기량은 변화 없이 부피만 늘어나게 된다. 따라서 수증기의 밀도를 의미하는 절대 습도는 A가 B보다 높다.

✗ 절대 습도( $\text{g}/\text{m}^3$ )는 공기  $1\text{m}^3$  속에 들어 있는 수증기의 질량(g)이다. 공기 덩어리 P가 가열되어 Q로 되면, 공기 덩어리의 전체 수증기량은 일정한 채 부피가 팽창하므로 절대 습도는 감소한다. 따라서 절대 습도는 P가 Q보다 높다.

## 02 편

**예설** | 공기 덩어리가 산을 넘는 과정에서 응결 및 강수 현상이 진행되면, 출발점과 같은 고도에 도달했을 때의 기온은 산을 넘기 전보다 높아진다.

㉠ (가)에서 북동풍 계열의 바람이 ㉡ 지역으로 불어와 ㉢ 지역으로 불어가고 있다. 편 현상에 의한 기온 상승은 공기가 산을 넘어간 후에 나타나므로, 편 현상에 의한 기온 상승은 ㉡ 지역보다 ㉢ 지역에서 일어난 것을 알 수 있다. 또한 (나)에서 낮 최고 기온이 A가 B보다 약  $17^\circ\text{C}$  더 높은 것으로 보아 편 현상에 의해 기온이 상승한 지역의 기온 분포는 A이다. 따라서 (가)의 ㉢ 지역의 기온 분포는 (나)의 A이다.

✗ 편 현상은 공기 덩어리가 산 정상에서 하강하는 동안 공기 덩어리의 기온은 상승하고, 상대 습도는 낮아진다. 따라서 15시에 상대 습도는 편 현상이 일어난 ㉢ 지역이 ㉡ 지역보다 낮다.

✗ 15시에 동해로부터 불어오는 북동풍 계열의 바람에 의해 ㉡ 지역에서는 공기가 산 사면을 따라 올라가고, ㉢ 지역에서는 산 정상을 넘어온 공기가 아래로 내려오고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 산 정상과 각 지역 사이의 산 사면을 따라 일어나는 단열 팽창 과정은 공기가 산을 넘어가는 쪽인 ㉡ 지역이 공기가 산을 내려오는 쪽인 ㉢ 지역보다 우세하다.

## 03 역전층

**예설** | 바람이 약하고 날씨가 맑은 날 새벽에는 지표면의 복사 냉각으로 지표 근처의 공기가 냉각되어 역전층을 형성할 수 있다.

㉠ 이날 8시에 지표 부근의 기온은 일 최저 기온보다 높고, 지표 부근에 형성되어 있던 역전층이 소멸되고 상층에는 역전층이 남아 있는 모습이다. 이는 태양에 의해 지표면이 가열되고 있음을 나타내므로, 8시에 태양은 지평선 위로 떠올라 있었던 것으로 해석할 수 있다.

㉡ 20시에 높이 0~150 m 기층에서는 기온이 높이에 따라 증가하는 역전층이 형성되어 있다. 역전층은 대기 안정도가 절대 안정한 기층이다.

㉢ 높이 0~300 m에서 8시에는 높이 150 m 부근에 역전층이 형성되어 있고, 12시에는 고도에 따라 기온이 계속 하강하고 있다. 따라서 높이 0~300 m에서 평균 기온 감률은 8시보다 12시에 더 크다.

수능 3점 테스트

본문 066~067쪽

01 ②

02 ①

03 ⑤

04 ①

## 01 단열 변화

**예설** | 공기 덩어리가 외부와의 열 교환 없이 주위 기압 변화에 의한 부피 변화로 인해 공기 덩어리의 기온이 변하는 현상을 단열 변화라고 한다.



### 04 대기 안정도와 구름

**예설** | 대기의 안정도는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 절대 불안정 상태이고, 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으면 절대 안정 상태이다. 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 크고 건조 단열 감률보다 작으면 조건부 (불)안정 상태이다. 지표에서 기온이  $T$ 이고, 이슬점이  $T_d$ 일 때 상승 응결 고도( $H$ )는  $H(\text{km}) = \frac{1}{8} \times (T - T_d)$ 이다.

㉠. 공기 덩어리 A의 기온은  $25^\circ\text{C}$ 이고, 이슬점은  $21^\circ\text{C}$ 이므로 A의 상승 응결 고도는  $0.5\text{ km}$ 이다.

✗. 공기 덩어리 A와 B는 이슬점과 기압이 같은 상태에서 온도는 A가 B보다 낮으므로, 공기 덩어리의 부피는 A가 B보다 작고, 공기 덩어리 속의 수증기 질량은 A와 B가 같다. 따라서 공기  $1\text{ m}^3$  속에 들어 있는 수증기의 질량( $g$ )을 나타내는 절대 습도( $g/m^3$ )는 A가 B보다 높다.

✗. ㉠ 기층과 ㉡ 기층은 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 크고 건조 단열 감률보다 작으므로 조건부 불안정한 층이다. ㉢ 기층은 기온 역전층이므로 절대 안정한 층이다. 따라서 ㉠, ㉡, ㉢ 기층의 안정도는 모두 조건부 불안정한 것은 아니다.

THEME  
**09**

### 바람의 종류

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 069쪽

**정답 ②**

**예설** | 높이  $1\text{ km}$  이상의 상층 대기에서 등압선이 직선으로 나란할 때 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루며 부는 바람을 지균풍이라고 한다.

✗.  $500\text{ hPa}$  등압면에서 지균풍의 풍향은 서풍이다. 서풍의 지균풍은 남쪽의 등고선이 높고 북쪽의 등고선이 낮을 때 부는 바람으로, 남쪽에서 북쪽으로 등압면이 기울어져 있음을 알 수 있다. 이는  $500\text{ hPa}$  등압면의 공기 기둥이 북쪽으로 갈수록 짧아지는 것을 나타내므로, 이 지점에서  $500\text{ hPa}$ 의 기온은 북쪽이 남쪽보다 낮다.

✗.  $V_1$ 은  $1000\text{ hPa}$ 에서의 바람이므로 지상풍이다.  $V_1$ 은 기압 경도력이 전향력과 마찰력의 합력과 평형을 이루면서 부는 바람이므로, 전향력의 크기와 기압 경도력의 크기가 같지 않다.

㉠. 지균풍은 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루면서 부는 바람으로, 지균풍에 작용하는 기압 경도력은 풍속에 비례한다. 또한  $V_2$ 와  $V_3$ 은 모두 서풍이므로 기압 경도력의 방향은 모두 남북 방향 성분이다. 따라서 기압 경도력의 남북 방향 성분의 크기는 풍속이 3배인  $V_3$ 이  $V_2$ 의 3배이다.

수능 2점 테스트

본문 070~071쪽

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ⑤ | 03 ① | 04 ③ | 05 ③ |
| 06 ① | 07 ③ | 08 ④ |      |      |

### 01 정역학 평형

**예설** | 고도가 낮은 곳은 높은 곳에 비해 기압이 높으므로 연직 방향의 기압 경도력은 고도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 작용한다. 이때 연직 방향의 기압 경도력은 중력과 평형을 이루기 때문에 연직 방향으로 정역학 평형 상태이다.

㉠. 이 공기 기둥의 질량은 '밀도  $\times$  부피'이므로  $\rho \Delta z$ 이다.

㉡.  $P$ 는 높이  $z + \Delta z$ 의 수평면에 작용하고 있는 압력이고,  $Q$ 는 높이  $z$ 의 수평면에 작용하고 있는 압력이며,  $Q$ 가  $P$ 보다 크다. 정역학 평형 상태에서는  $-\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta z} = g$  ( $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta P$ : 기압 차,  $\Delta z$ : 고도 차,  $g$ : 중력 가속도)이므로,  $\Delta P = -\rho g \Delta z$ 이다. 여기서 크기만 고려하면  $\Delta P$ , 즉  $(P - Q)$ 는  $\rho g \Delta z$ 이다.

✗. 정역학 평형 상태인  $\Delta P = -\rho g \Delta z$ 에 의하면 어떤 고도에 있어서의 기압은 그 고도보다 위에 있는 대기의 무게와 같다.

### 02 기압 분포

**예설** | 고도에 따라 기압은 지수함수적으로 감소한다.

㉠. 대기는 정역학 평형 상태이므로, 지표에서 높이  $5\text{ km}$  사이의 공

기의 평균 밀도( $\rho$ )는  $\rho = \frac{1}{g} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta z} = \frac{1}{10 \text{ m/s}^2} \cdot \frac{50000 \text{ N/m}^2}{5000 \text{ m}} = 1 \text{ kg/m}^3$ 이다.

㉠ 지표에서의 기압이 1000 hPa이고, 높이  $z_1$ 에서의 기압이 200 hPa보다 낮으므로, 지표에서 높이  $z_1$  사이에는 전체 공기의 80% 이상이 존재한다.

㉡ 그림에서 고도에 따라 기압이 지수함수적으로 감소하므로, 같은 고도 차이  $\Delta z$ 에 해당하는 기압 차는 고도가 높은 높이  $z_1$ 이 고도가 낮은 높이 5 km 부근보다 작다.

### 03 전향력

**예설** | 전향력은 지구 자전에 의해 나타나는 겉보기 힘으로 지구상에서 운동하는 물체에 작용한다. 북반구에서는 물체가 진행하는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하고, 남반구에서는 물체가 진행하는 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.

㉠ 공기 1 kg에 작용하는 전향력( $C$ )은  $C = 2v\Omega \sin\varphi$ ( $v$ : 운동 속도,  $\Omega$ : 지구 자전 각속도,  $\varphi$ : 위도)이다. 지구 자전 각속도는 항상 일정하므로, 위도가 일정할 때 전향력의 크기는 속력에 비례한다. 그림에서 위도  $30^\circ$  지역에서 전향력의 크기는 속력이 ㉠일 때  $C$ , 속력이 ㉡일 때  $\frac{1}{2}C$ , 속력이 ㉢일 때  $\frac{1}{4}C$ 이다. 따라서 속력의 비 ㉠ : ㉡ : ㉢ = 4 : 2 : 1이다.

㉣ 속력이 일정할 때, 전향력의 크기는  $\sin\varphi$ ( $\varphi$ : 위도)에 비례한다. 속력이 ㉡일 때 위도  $30^\circ$ 에서의 전향력은 약  $\frac{1}{2}C$ 이므로, 위도  $90^\circ$ 에서 전향력의 크기는 약  $C$ 이다.

㉤ 남반구에서는 물체가 운동하는 방향의 왼쪽 직각 방향으로 전향력이 작용한다.

### 04 경도풍과 지상풍

**예설** | 등압선이 원형일 때 마찰력이 작용하지 않는 높이 약 1 km 이상의 상층 대기에서는 등압선에 나란하게 경도풍이 불고, 마찰력이 작용하는 높이 약 1 km 이내의 대기 경계층에서는 등압선에 비스듬하게 지상풍이 분다.

㉠ (가)는 바람이 등압선에 나란하게 시계 방향으로 불고 있으므로 북반구 상층에 위치한 고기압성 경도풍이다. (나)는 등압선의 중심부를 향해 바람이 시계 반대 방향으로 불어 들어가므로 북반구 지상에 위치하고 중심이 저기압인 지상풍이다. 따라서 지표로부터의 높이는 (가)가 (나)보다 높다.

㉡ (가)는 고기압성 경도풍이므로 중심의 기압이 주변보다 높고, (나)는 지상 저기압이므로 중심의 기압이 주변보다 낮다.

㉢ 지상풍은 상층풍에 비해 마찰로 인해 풍속이 감소한다. 따라서 이 그림 상황에서 기압 경도력이 같을 때, 풍속은 상층풍인 (가)가 지상풍인 (나)보다 빠르다.

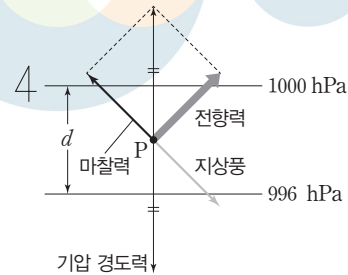
### 05 지상풍

**예설** | 지상풍은 지표면의 마찰력이 작용하는 높이 약 1 km 이하의 대기 경계층(마찰층)에서 부는 바람이다. 지상풍에는 기압 경도력, 전

향력, 마찰력이 작용하고, 전향력과 마찰력의 합력이 기압 경도력과 평형을 이룬다.

㉠ 전향력은 북반구에서 물체가 진행하는 방향의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구에서 물체가 진행하는 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용한다. 문제 상황과 같이 기압 경도력이 북쪽에서 남쪽으로 작용하고 전향력과 직각 방향으로 지상풍이 불기 위해서는 지상풍이 전향력의 오른쪽 직각 방향으로 불어야 한다. 따라서 이 지역은 남반구에 위치한다.

㉡ 지점 P는 남반구에 위치하므로, 남반구에서 지상풍은 기압이 높은 쪽(북쪽)에서 기압이 낮은 쪽(남쪽)으로 기압 경도력에 대해서 왼쪽으로 비스듬하게 분다. 따라서 P에서 부는 지상풍의 풍향은 북서풍이 된다.



㉢  $d$ 는 등압선 사이의 간격이다. 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력의 크기는  $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$ ( $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta P$ : 기압 차,  $\Delta L$ : 등압선 사이의 간격)로, 공기의 밀도와 기압 차이가 일정할 때, 기압 경도력은 등압선 사이의 간격에 반비례한다. 따라서  $d$ 가 현재보다 더 짧아지면 P의 공기에 작용하는 기압 경도력이 더 커지고, 지상풍의 풍속은 빨라질 것이다.

### 06 경도풍

**예설** | 지표면의 마찰이 작용하지 않는 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 원형이나 곡선일 때 부는 바람을 경도풍이라고 한다. 경도풍은 기압 경도력, 전향력, 구심력이 균형을 이루며 등압선과 나란하게 분다.

㉠ 북반구에서 경도풍은 중심부가 고기압일 때는 시계 방향으로, 중심부가 저기압일 때는 시계 반대 방향으로 분다. 이 지역은 북반구에 위치하고, 바람이 시계 반대 방향으로 불고 있으므로 중심부가 저기압이다. 따라서 등압선 ㉡은 700보다 크다.

㉢ 지점 P에서 부는 바람은 경도풍 균형에 도달하기 전의 바람이고, 지점 Q에서 부는 바람은 경도풍 균형에 도달하였을 때의 바람이다. 따라서 풍속은 P가 Q보다 느리다.

㉣ 구심력은 원의 중심 방향을 향한다. A는 기압 경도력, B는 전향력이다. 마찰력이 작용하지 않는 상층 대기에서 등압선이 원형일 때 기압 경도력(A)과 전향력(B)의 차가 구심력으로 작용하여 경도풍이 분다. 따라서 Q에서 힘의 크기는 A가 B보다 크다.

### 07 지상풍과 지균풍

**예설** | 마찰이 작용하는 지표 부근에서는 바람이 등압선에 비스듬하게 불지만 고도가 높아질수록 마찰력이 감소하면서 점차 등압선에 나란하게 불게 된다.

㉠ 북반구에서 지상풍은 기압이 높은 쪽에서 기압이 낮은 쪽으로 기압 경도력에 대해서 오른쪽으로 비스듬하게 분다. 따라서 이 지역에서 지상풍의 풍향은 ㉠이다.

㉡ 공기 1kg에 작용하는 기압 경도력의 크기는  $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$  ( $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta P$ : 기압 차,  $\Delta L$ : 등압선 사이의 간격)이다. 지표 부근은 상층보다 공기의 밀도가 크므로 지표 부근과 상층에서 등압선 사이의 간격이 같고, 기압 차이가 같을 때 기압 경도력은 상층이 지표 부근보다 크다. 또한 A의 공기에는 마찰력이 작용하지만, B의 공기에는 마찰력이 거의 작용하지 않는다. 따라서 풍속은 A보다 B에서 빠르다.

✕ 상층에서 등압선이 직선이므로 지점 B에서는 지균풍이 분다. 지균풍은 기압 경도력과 전향력이 균형을 이루며 부는 바람이므로, B의 공기에 작용하는 기압 경도력은 전향력과 같다.

### 08 경도풍과 지균풍

예설 | 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 직선으로 나란할 때는 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루어 지균풍이 분다. 상층 대기에서 등압선이 원형이나 곡선일 때는 기압 경도력과 전향력의 차가 구심력으로 작용하여 경도풍이 분다.

✕ 지균풍은 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루고 있을 때 부는 바람이므로, 지균풍의 풍속( $v$ )은  $v = \frac{1}{2\Omega \sin \varphi} \cdot \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$  ( $\Omega$ : 지구 자전 각속도,  $\varphi$ : 위도,  $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta P$ : 기압 차,  $\Delta L$ : 등압선 사이의 간격)이다. 지점 A와 B에서는 기압 차, 공기의 밀도, 위도가 같고, 등압선 사이의 거리는 A가 B보다 멀다. 따라서 지균풍의 풍속은 A가 B보다 느리다.

㉠ ㉠은 전향력이다. 전향력은 풍속에 비례하므로, 전향력은 지균풍의 풍속이 더 빠른 B가 A보다 크다.

㉡ C에서는 고기압성 경도풍이 분다. 고기압성 경도풍은 전향력과 기압 경도력의 차가 구심력이 되어 부는 바람으로, 전향력과 구심력이 모두 원운동의 중심 방향으로 작용하므로 전향력과 구심력의 방향이 같다.

립한다. (가)에서 공기의 밀도( $\rho_1$ )는  $\rho_1 = \frac{1}{g} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta z} = \frac{1}{10 \text{ m/s}^2} \cdot \frac{10000 \text{ N/m}^2}{1000 \text{ m}} = 1 \text{ kg/m}^3$ 이고, (나)에서 공기의 밀도( $\rho_2$ )는  $\rho_2 =$

$\frac{1}{g} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta z} = \frac{1}{10 \text{ m/s}^2} \cdot \frac{10000 \text{ N/m}^2}{800 \text{ m}} = 1.25 \text{ kg/m}^3$ 이다. 따라서 ( $\rho_1 - \rho_2$ )의 절댓값은  $0.25 \text{ kg/m}^3$ 이다.

㉠ (가)와 (나) 모두 공기 기둥의 윗면과 아랫면의 기압 차가  $100 \text{ hPa} = 10000 \text{ Pa} = 10000 \text{ N/m}^2$ 이고, 공기 기둥의 윗면과 아랫면의 면적이  $1 \text{ m}^2$ 이다. 따라서 이들 공기 기둥의 무게( $F$ )는  $F = 10^4 \text{ N/m}^2 \times 1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ N}$ 으로 같다.

㉡ 정역학 평형 방정식은  $\Delta P = -\rho g \Delta z$  ( $\Delta P$ : 기압 차,  $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta z$ : 고도 차,  $g$ : 중력 가속도)이므로, 기압 차이가 일정할 때 밀도가 클수록 고도 차는 작아진다. 즉, 정역학 평형 방정식은 공기의 밀도가 클수록 같은 기압 차를 만드는 고도 차가 작다는 것을 나타낸다고 할 수 있다.

### 02 지균풍

예설 | 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 직선으로 나란할 때 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루며 부는 바람을 지균풍이라고 한다.

✕  $V_1$ 은 850 hPa 등압면에서의 지균풍으로 기압 경도력이 북서쪽으로 작용하므로 풍향은 남서풍이다.  $V_2$ 은 500 hPa 등압면에서의 지균풍으로 기압 경도력이 북쪽으로 작용하므로 풍향은 서풍이다.

✕ 전향력(C)은  $C = 2v\Omega \sin \varphi$  (C: 공기 1kg에 작용하는 전향력,  $v$ : 지균풍 속력,  $\Omega$ : 지구 자전 각속도,  $\varphi$ : 위도)이다. 같은 지점에서는 지구 자전 각속도와 위도가 같으므로, 전향력은 지균풍 속력에 비례한다. 따라서  $V_1$ 이  $V_2$ 의  $\frac{2}{3}$ 배이므로,  $V_1$ 에 작용하는 전향력의 크기는  $V_2$ 의  $\frac{2}{3}$ 배이다.

㉠ 500 hPa 등압면은 남쪽에서 북쪽으로 경사져 있고, 850 hPa 등압면은 남동쪽에서 북서쪽으로 경사져 있다. 따라서 A 지점에서 서쪽으로 갈수록 500~850 hPa 대기층의 두께는 두꺼워진다.

### 03 지상풍

예설 | 지표면의 마찰력이 작용하는 높이 약 1 km 이하의 대기 경계층(마찰층)에서 부는 바람을 지상풍이라고 한다. 등압선이 직선일 때 지상풍에는 기압 경도력, 전향력, 마찰력이 작용한다.

✕ A에서는 지상풍이 불고 있고, 풍향은 북서풍이다. 따라서 A에서 등압선은 왼쪽에 고기압, 오른쪽에 저기압을 두고 대체로 남북 방향으로 나란하다.

✕ A는 육지이고, B는 호수이다. 호수는 육지보다 마찰력이 작아서 풍속이 빨라진다. 풍속이 빨라지면 전향력이 커지므로 A에서 B로 이동하는 동안 바람의 방향은 점점 더 오른쪽으로 변하게 된다. 따라서 전향력은 풍속이 약한 A가 풍속이 강한 B보다 작다.

㉠ 기압 경도력이 같을 때, 지상풍의 풍속은 육지인 C보다 호수인 B에서 더 빠르다. 따라서 바람이 B를 지나 C로 오면서 속력이 느려져서, C에서는 공기가 수렴한다.

#### 수능 3점 테스트

본문 072~073쪽

01 ④    02 ②    03 ②    04 ④

### 01 정역학 평형

예설 | 공기가 연직 방향으로 정역학 평형 상태일 때 연직 방향의 기압 경도력과 중력이 평형을 이룬다.

✕ 연직 기압 경도력과 중력이 평형을 이루므로  $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta z} = g$  ( $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta P$ : 기압 차,  $\Delta z$ : 고도 차,  $g$ : 중력 가속도)의 관계가 성

## 04 지균풍

**예설** | 지균풍은 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루어 부는 바람이다. 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력의 크기는  $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$  ( $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta P$ : 기압 차,  $\Delta L$ : 등압선 사이의 간격)이다.

✗ P에서는 기압 경도력이 북쪽에서 남쪽으로 작용하므로, 지균풍은 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향, 즉 동쪽에서 서쪽으로 분다. Q에서는 기압 경도력이 남쪽에서 북쪽으로 작용하므로, 지균풍은 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향, 즉 동쪽에서 서쪽으로 분다. 따라서 P와 Q에서 부는 바람은 모두 동풍이다.

㉠ 기압 경도력은 공기의 밀도와 기압 차이가 같을 때, 등압선 사이의 간격에 반비례한다. 두 지점 P와 Q에서 기압 차는 같고 등압선 사이의 거리는 P가 Q의  $\frac{1}{2}$ 배이므로, 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력의 크기는 P가 Q의 2배이다. 지균풍이 불 때 기압 경도력의 크기와 전향력의 크기는 같으므로, 공기 1 kg에 작용하는 전향력의 크기는 P가 Q의 2배이다.

㉡ 지균풍은 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루고 부는 바람이므로, 지균풍의 풍속( $v$ )은  $v = \frac{1}{2\Omega \sin \varphi} \cdot \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$  ( $\Omega$ : 지구 자전 각속도,  $\varphi$ : 위도,  $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta P$ : 기압 차,  $\Delta L$ : 등압선 사이의 간격)이다. 지구 자전 각속도, 공기의 밀도, 기압 차이가 모두 같으므로, P와 Q에서 부는 지균풍을 각각  $v_P$ ,  $v_Q$ 라고 하면,

$\frac{v_P}{v_Q} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} \cdot \frac{200 \text{ km}}{100 \text{ km}} = 2\sqrt{2}$ 이므로, 지균풍의 풍속은 P가 Q의  $2\sqrt{2}$ 배이다.

THEME

10

## 편서풍 파동과 대기 대순환

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 075쪽

### 정답 ①

**예설** | 열대 수렴대는 북반구의 북동 무역풍과 남반구의 남동 무역풍이 수렴되는 저압대를 말한다.

㉠ 그림에서 열대 수렴대가 적도보다 약간 남반구에 치우쳐 나타나고 있다. 이것은 해들리 순환에서의 상승 기류가 나타나는 지점이 남반구에 위치한다는 의미이므로 이 시기는 1월이다.

✗ 적도 부근의 저압대에서는 북위 30°와 남위 30°로부터 이동해 온 공기가 만나지만 성질이 비슷하므로 전선이 형성되지는 않는다. 대기 대순환에 의해 전선이 형성되는 저압대는 위도 60° 부근이다.

✗ 고기압 ①은 공간 규모가 수백 km에 이를 정도로 크기 때문에 지구 자전에 의한 전향력의 효과를 무시할 수 없다.

### 수능 2점 테스트

본문 076~077쪽

01 ④      02 ①      03 ③      04 ②      05 ④  
06 ②      07 ①      08 ⑤

### 01 상공의 편서풍

**예설** | 지균풍이 불 때는 기압 경도력 A와 전향력 B가 평형을 이루고 있을 때이므로 A와 B의 크기는 같다.

✗ ㉠에서 ㉡으로 갈수록 등압면의 간격이 넓게 나타나므로 ㉠은 ㉡보다 저위도이다.

㉠ 북반구에서 북쪽을 향해 기압 경도력이 작용할 때 바람은 오른쪽 90° 방향으로 편향되어 편서풍이 분다.

㉡ 등압면 경사가 커지면 같은 수평 거리에서 기압 차이가 커지므로 등압선 간격이 좁아지면서 기압 경도력이 커지게 되고, 그에 따라 풍속이 증가하면서 전향력 또한 커지게 된다. 따라서 등압면 경사가 커지면 A, B의 크기는 모두 커진다.

### 02 편서풍 파동의 발달

**예설** | 편서풍 파동은 저위도와 고위도의 기온 차와 지구 자전에 의한 전향력으로 발생한다.

㉠ 편서풍 파동의 고위도에는 찬 공기가 분포하고, 저위도에는 따뜻한 공기가 분포한다. 따라서 기온은 A가 B보다 낮다.

✗ 편서풍 파동이 발달하기 시작하면서 A의 공기는 시계 반대 방향의 저기압성 경도풍이 발달한다.

✗ 편서풍 파동은 남북 방향으로 파동이 더 커지면서 성장하고, A가 편서풍 파동에서 분리되면 편서풍 파동의 진폭은 작아진다.

### 03 500 hPa 등압면의 고도 분포

**예설** | 남북 간의 온도 차이가 클수록 등압면의 기울기가 커져서 기압 경

도력이 증가하게 되고 바람이 강하게 분다.

- ✗ 기온이 높을수록 등압면의 고도가 높다. 이 지역은 남쪽에서 북쪽으로 갈수록 등압면의 고도가 낮아지므로 북반구에 위치한다.
- ✗ A, B, C는 모두 500 hPa 등압면상에 위치하므로 A, B, C에서의 기압은 모두 같다.
- ㉠ B에서는 남쪽의 기압이 높고 북쪽의 기압이 낮으므로 기압 경도력은 북쪽을 향한다.

### 04 제트류

예설 | 아열대 제트류는 위도 30° 부근의 높이 약 13 km 부근에서 형성된다.

- ✗ 중위도 지방은 지상에서 편서풍이 불고, 상공에서도 편서풍 파동에 의한 강한 서풍이 분다.
- ✗ 제트류는 편서풍 파동에서 남북 방향의 기압 경도력이 크고 마찰이 작은 대류권 계면 부근에 발달한다.
- ㉠ 편서풍과 무역풍의 경계인 위도 약 30°에 아열대 고압대가 형성된다.

### 05 대기 순환의 규모

예설 | 대기 순환은 공간 규모와 시간 규모에 따라 미규모, 중간 규모, 종관 규모, 지구 규모로 구분한다. (가)는 태풍, (나)는 토네이도이다.

- ㉠ (가)는 종관 규모에 해당하는 태풍이고, (나)는 미규모 또는 중간 규모인 토네이도이다. 공간 규모가 클수록 시간 규모가 커서 수명이 길기 때문에 (가)는 (나)보다 수명이 길다.
- ㉡ 대기 순환의 규모가 작을수록 전향력의 효과는 무시할 수 있을 정도로 작다. 따라서 전향력의 효과는 (가)가 (나)보다 크다.
- ✗ 작은 규모의 순환에서는 연직 규모와 수평 규모가 대체로 비슷하고, 큰 규모의 순환에서는 연직 규모에 비해 수평 규모가 훨씬 크다. 따라서  $\frac{\text{연직 규모}}{\text{수평 규모}}$ 는 (가)가 (나)보다 작다.

### 06 편서풍 파동

예설 | 편서풍 파동의 기압 마루에는 고기압성 경도풍이, 기압골에는 저기압성 경도풍이 분다.

- ✗ 기압골의 서쪽에 위치한 A에서는 공기가 수렴하여 하강 기류가 발달한다.
- ✗ 기압골에 위치하는 B에는 기압 경도력, 전향력, 구심력이 평형을 이루며 저기압성 경도풍이 분다.
- ㉠ 기압골의 서쪽 지상에는 고기압이, 동쪽 지상에는 저기압이 발달하기 유리하다. 따라서 C는 상층 발산으로 지상 저기압 발달에 유리한 곳이다.

### 07 해륙풍

예설 | 해륙풍은 맑은 날 해안의 약 1 km 이하의 고도에서 육지와 바다의 온도 차에 의해 발생하는 바람이다. A는 육풍, B는 해풍이다.

- ㉠ 밤에는 육지가 빠르게 냉각되어 육지에서의 기압이 바다에서보다 높다.

✗ B일 때는 해풍이 불므로 기압은 바다가 더 높다. 공기의 밀도는 기압에 비례하므로 지표 부근의 공기 밀도는 바다에서 더 크다.

- ✗ 낮에 부는 해풍(B)의 최대 속도가 육풍(A)보다 크다.

### 08 온난 고기압과 한랭 고기압

예설 | (가)는 적도에서 상승한 공기가 하강하여 형성되는 온난 고기압이고, (나)는 추운 지방에서 형성되는 한랭 고기압이다.

- ㉠ (가)는 단열 압축이 일어나는 중심부의 온도가 주변보다 높은 온난 고기압이고, (나)는 지표면의 냉각으로 공기가 침강하여 발생하는 한랭 고기압이다. 따라서 A는 C보다 기온이 높다.
- ㉡ 주변보다 기압이 높으면 고기압이고 낮으면 저기압이다. A, B, C는 고기압, D는 저기압이다.
- ㉢ 온난 고기압은 대기 대순환에 의해 상층에서 공기가 수렴하여 발생하며 중심축에서는 단열 압축이 일어난다.

#### 수능 3점 테스트

본문 078~079쪽

01 ㉢      02 ㉢      03 ㉡      04 ㉠

### 01 편서풍 파동

예설 | 기압골의 서쪽 지상에는 고기압이 형성되고 동쪽 지상에는 저기압이 형성된다.

- ㉠ A는 기압골의 서쪽에 위치한 지점으로 공기의 수렴이 일어나므로 하강 기류가 발달하고 지상에는 고기압이 형성된다.
- ✗ B는 기압골에서 기압 마루로 가면서 공기의 발산이 일어나고 지상에는 저기압이 형성된다.
- ㉡ 지상에서 저위도는 고위도보다 기온이 높기 때문에 500 hPa 등압면의 높이는 저위도가 높다. 따라서 C는 A보다 높은 고도에 위치한다.

### 02 편서풍 파동 실험

예설 | 회전 원통 실험에서 회전 속도가 느릴 때는 해들리 순환, 회전 속도가 빠를 때는 편서풍 파동에 해당하는 흐름이 나타난다.

- ㉠ 원통의 회전 속도가 빨라질수록 파동의 수가 늘어난다. A에서는 회전 속도가 느리고, B에서는 회전 속도가 빠르다.
- ㉡ 회전 속도가 느릴 때는 물이 회전판과 같은 방향으로 흐른다. 또한 물은 내벽을 따라 하강하고 외벽을 따라 상승하는데, 이는 해들리 순환에 해당하는 흐름이다.
- ✗ ㉢은 편서풍 파동에서 고위도에서 저위도로 이동하는 찬 공기 덩어리에 나타나는 저기압성 소용돌이에 해당한다.

### 03 계절풍

예설 | 계절풍은 해양과 대륙을 구성하는 물질의 열용량 차이에 따른 지표의 상승 온도 차이로 기압 차이가 발생하여 부는 바람이다.

✗ 여름에는 대륙이 해양보다 빨리 가열되므로 해양에서 대륙으로 바람이 불고, 겨울에는 대륙이 해양보다 빨리 냉각되므로 대륙에서 해양으로 바람이 분다. (가)는 우리나라 남동쪽 해양에 위치한 북태평양 고기압이 영향을 주는 여름철이다.

㉠ (나)는 우리나라 북서쪽 대륙에 위치한 시베리아 고기압이 영향을 주는 겨울철이며, 우리나라는 시베리아 고기압의 영향으로 주로 북풍 계열의 바람이 분다.

✗ 북동 무역풍과 남동 무역풍이 수렴하는 열대 수렴대는 북반구 겨울철에 남하하고 여름철에 북상한다.

#### 04 제트류

예설 | 제트류는 편서풍 파동에서 축이 되는 좁고 강한 흐름이다.

㉠ 제트류의 풍속은 겨울철이 여름철보다 더 빠르게 나타난다. 그림에서 북반구보다 남반구에서 제트류의 풍속이 빠르므로 북반구는 여름철, 남반구는 겨울철이다.

㉡ 제트류는 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 매우 강한 흐름이다. 아열대 제트류(A)와 한대 전선 제트류(B)에서는 모두 서풍 계열의 바람이 분다.

✗ 남반구는 현재 겨울철이므로 저위도와 고위도의 기온 차가 북반구(여름철)보다 크게 나타나고 있어 제트류가 북반구보다 더 강하다.

THEME

11

## 좌표계와 태양계 모형

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 082쪽

정답 ③

예설 | P는 황도, Q는 천구의 적도이다.

㉠ Q가 천구의 적도이고 목성과 토성은 천구의 적도 남쪽에 위치하므로 모두 적위가 (-)이다. 토성이 목성보다 더 남쪽에 위치하므로 적위는 토성이 목성보다 작다.

✗ P와 Q가 만나는 두 지점은 춘분점과 추분점인데, 목성 근처에서 P와 Q가 만나는 지점은 태양이 황도를 따라 천구의 남반구에서 북반구로 올라가면서 천구의 적도와 만나므로 춘분점이고, 관측 시기는 12월경이다.

㉡ 1년 뒤 목성은 현재보다 조금 더 동쪽에서 관측되므로 방위각은 현재보다 작아진다.

수능 2점 테스트

본문 083~085쪽

01 ③	02 ③	03 ①	04 ④	05 ②
06 ④	07 ③	08 ①	09 ①	10 ④
11 ⑤	12 ②			

### 01 지구상의 위치와 시각

예설 | 위도는 적도를 기준으로 북위와 남위로 각각 90°까지 나타내고, 경도는 그리니치 천문대를 지나는 경선을 기준으로 동경과 서경으로 각각 180°까지 나타낸다.

㉠ 그리니치 천문대를 지나는 경선의 경도가 0°이다. A는 경도가 0°인 경선에서 서쪽으로 30°에 위치하므로 경도는 30°W이다.

㉡ 세계시는 그리니치 천문대를 기준으로 정한다. 따라서 경도 180° 부근에서 날짜가 변경된다. B는 그리니치 천문대의 30° 동쪽에, A는 30° 서쪽에 위치하므로 같은 날 태양이 남중하는 시각(세계 표준시 기준)은 지점 B가 지점 A보다 빠르다.

✗ 춘분날 태양의 남중 고도는 '90° - 관측자가 위치한 지역의 위도 + 태양의 적위'이므로 위도가 더 높은 지점인 A에서가 B에서보다 낮다.

### 02 천체의 위치와 좌표계

예설 | 별이 지평선 위로 떠올라 최대 고도에 도달할 때 최대 고도는 남반구에서는 '90° - 관측자의 위도 - 별의 적위'이다.

㉠ 적위가 +20°인 별은 북반구 중위도에서는 남중하였을 때, 남반구 중위도에서는 가장 북쪽에 있을 때가 최대 고도이다. A가 남반구 중위도에 위치하였다고 한다면 S의 최대 고도는 (90° - A의 위도 - 20°)가 되고 A는 적도에 위치한 것이 된다. 따라서 지점 A는 북반구에 위치하고 위도는 40°N이다.

㉡ 위도의 크기가 동일하므로 B의 위도는 40°S이다.

✗ S의 최대 고도는 (90° - B의 위도 - 20°)이므로 30°이다.

### 03 천체의 위치와 좌표계

**예설** | 방위각은 북점(또는 남점)을 기준으로 지평선을 따라 시계 방향으로 천체를 지나는 수직권까지 잰 각이다.

- ㉠ S는 천정과 남점을 이은 수직권에 위치하므로 방위각이 180°이다.
- ㉡. 자정에 태양은 북쪽에 위치하므로 S의 적경은 12<sup>h</sup>이다.
- ㉢. S의 남중 고도가 50°이므로 이 지역의 위도는 30°N이다.

### 04 천체의 위치와 좌표계

**예설** | 최저 고도가 존재하는 별은 지평선 아래로 지지 않는 별이다.

- ㉣. 북반구에서 관측할 때 별 A와 B는 최저 고도가 0°보다 큰 것으로 보아 지평선 아래로 지지 않는다. 별들은 천구의 북극을 중심으로 일주 운동하므로 천구의 북극의 고도는 60°이고 천정에 위치한 별의 적위는 60°이다. 이 지역은 60°N에 위치한다.
- ㉤. A는 최저 고도일 때 천구의 북극과 고도 차가 20°이므로 적위는 70°이고, B의 적위는 80°이다.
- ㉥. 천구의 북극의 고도는 그 지역의 위도와 같으므로 ㉠은 70이다.

### 05 천구의 적도와 황도

**예설** | 천구의 적도와 황도는 천구상에서 춘분점과 추분점에서 만나며, 천구의 적도와 지평선은 천구상에서 동점과 서점에서 만난다.

- ㉦. 화성과 목성의 위치로 보아 P가 황도, Q가 천구의 적도이다.
- ㉧. X는 태양이 황도를 따라 천구의 북반구에서 남반구로 내려가면서 천구의 적도와 만나는 지점으로 추분점이다.
- ㉨. 태양이 황도를 따라 서에서 동으로 이동함에 따라 추분점이 지평선 위로 떠오르는 시간이 점점 빨라진다. 따라서 (가)는 (나)보다 한 달 전에 관측한 것이다.

### 06 태양의 관측

**예설** | 지평선과 천구의 적도가 이루는 각은 위도가 높을수록 작다.

- ㉩. 우리나라에서 남중 고도는 위도가 높은 지역일수록 낮다. 따라서 하짓날 태양의 남중 고도는 (가)가 (나)보다 낮다.
- ㉪. 동짓날 태양의 적위는 (-)이고 태양이 뜨는 지점은 위도가 높은 지역일수록 남점에 가까워진다. 따라서 태양이 뜰 때 방위각은 (가)가 (나)보다 크다.
- ㉫. (가)는 (나)보다 동쪽에 위치하므로 춘분날 태양이 떠오르는 시각은 세계 표준시 기준으로 (가)가 (나)보다 빠르다.

### 07 지구 중심설과 태양 중심설

**예설** | (가)는 프톨레마이오스의 지구 중심설, (나)는 티코 브라헤의 지구 중심설, (다)는 코페르니쿠스의 태양 중심설이다.

- ㉬. (가)와 (나)는 모두 지구를 중심으로 천체가 공전하는 지구 중심설이다.
- ㉭. 티코 브라헤의 지구 중심설은 자기 궤도상에 중심을 두고 있는 주전원 없이 행성의 역행을 설명한다.
- ㉮. 코페르니쿠스의 태양 중심설은 지구의 공전으로 인한 연주 시차를 설명할 수 있다.

### 08 내행성의 관측

**예설** | 내행성인 수성과 금성은 최대 이각이 존재한다.

- ㉯. 이각의 최댓값이 있으므로 내행성이다.
- ㉺. 이각 변화로 보아 A~B 시기는 내합에서 서방 최대 이각의 위치로 변하는 기간이므로 P와 지구 사이의 거리는 증가한다.
- ㉻. 최대 이각에서 이각 0°가 되는 기간이 긴 경우는 서방 최대 이각에서 외합으로 가는 기간이므로 C는 외합 부근이다. 따라서 C일 때 P는 역행하지 않는다.

### 09 태양과 행성의 관측

**예설** | 금성은 태양의 서쪽에 위치하고, 화성은 충에 위치한다.

- ㉼. 행성들은 황도면 근처에 위치한다. 현재 태양의 적경으로 보아 동짓날이고 화성은 충에 위치하므로 적위가 0°보다 크다.
- ㉽. 화성은 충에 위치하고 역행한다.
- ㉾. 금성은 서방에 위치하고 다음 날 지구와의 거리는 증가한다.

### 10 행성의 관측

**예설** | 황도와 천구의 적도는 23.5° 기울어져 있다. 천구의 적도와 지평선은 천구상에서 동점과 서점에서 만난다.

- ㉿. 황도의 위치를 보아 해가 뜨기 전에 관측한 것이다.
- ㊀. 수성은 동점보다 북쪽에서 떠올랐으므로 수성의 적위는 0°보다 크다.
- ㊁. 금성은 태양보다 먼저 지평선 위로 떠올랐으므로 서방에 위치하고 시지름은 다음 날 작아진다.

### 11 지구 중심설과 태양 중심설

**예설** | (가)는 프톨레마이오스의 우주관, (나)는 코페르니쿠스의 우주관이다.

- ㊂. 금성의 주전원 중심은 항상 지구와 태양을 잇는 선 위에 위치하고 금성은 태양보다 지구에 항상 가깝다.
- ㊃. 코페르니쿠스의 우주관은 보름달 모양의 금성 위상을 설명할 수 있다.
- ㊄. (가)는 주전원으로 역행을 설명할 수 있고, (나)는 행성의 공전 속도 차이로 역행을 설명할 수 있다.

### 12 지구 중심설과 태양 중심설

**예설** | (가)는 코페르니쿠스의 우주관, (나)는 프톨레마이오스의 우주관이다.

- ㊅. (가)는 지구의 공전에 따른 태양의 상대적인 이동으로 태양의 연주 운동을 설명할 수 있다.
- ㊆. (나)에서 화성이 태양과 반대쪽에 위치할 수 있으므로 보름달 모양의 화성 위상을 설명할 수 있다.
- ㊇. (가)에서 화성은 충의 위치에 있고, (나)에서는 화성은 동에서 서로 이동하는 역행을 하는 위치에 있다.

- 01 ③      02 ②      03 ③      04 ①      05 ②  
 06 ①      07 ⑤      08 ⑤

**01 외행성의 관측**

예설 | 토성은 남중하였고, 목성은 아직 남중하기 전이다.

- ㉠ 토성은 자정에 남중하므로 충 부근에 위치하고 역행한다.
- ㉡ 목성과 토성의 위치로 보아 적위는 목성이 토성보다 크므로 지평선 위에 떠 있는 시간은 목성이 토성보다 길다.
- ㉢ 천구상의 위치로 보아 목성은 충과 서구 사이에 위치한다. 따라서 한 달 후 목성과 지구 사이의 거리는 감소한다.

**02 천체의 위치와 좌표계**

예설 | 지평선 아래로 지지 않는 별은 방위각이 0°에서 360°로 꾸준히 증가하지 않고 갑자기 360°가 된다.

- ㉠ 24시간 동안 A는 방위각이 한 번 360°에서 0°로 바뀌고 다시 꾸준히 증가하는 것으로 보아 지평선 아래로 진다.
- ㉡ B는 방위각이 360°에서 0°로 바뀌고 다시 0°에서 360°로 바뀌는 것으로 보아 지평선 아래로 지지 않는 별이고 방위각이 0°에서 360°로 바뀌는 시간에 고도가 가장 높다.
- ㉢ B는 이 기간 동안 지평선 아래로 지지 않지만 A는 지는 것으로 보아 B가 A보다 더 천구의 북극에 가깝고 적위가 크다.

**03 천체 관측과 좌표계**

예설 | 황도와 천구의 적도는 23.5° 기울어져 있다. 천구의 적도는 동점에서 시작해서 서점에서 끝난다.

- ㉠ B는 춘분날 0시가 조금 지나서 남중하므로 적경이 0°보다 조금 크다. A는 B에 비해 상대적으로 동쪽에 위치하므로 적경은 A가 B보다 크다.
- ㉡ 천구의 북극은 천정보다 더 북쪽에 위치하므로 A는 새벽 6시 이전에 남중한다.
- ㉢ B는 자정 무렵에 남중하였으므로 춘분점 부근에 위치하고 역행하고 있으므로 일주일 뒤에 적위가 감소한다.

**04 계절에 따른 태양의 일주권**

예설 | 적도 지방에서는 태양의 일주권과 지평선이 수직이다.

- ㉠ 적도 지역에서 춘·추분날에는 태양이 동점에서 떠서 서점으로 진다. 따라서 ㉠은 90°이다.
- ㉡ 적도 지역의 낮과 밤의 길이는 항상 12시간이다.
- ㉢ ㉠은  $90^\circ - 23.5^\circ$ 이고, ㉡은  $270^\circ + 23.5^\circ$ 이다.

**05 별과 행성의 관측**

예설 | 적경이 작으면 남중 시각이 빠르다.

- ㉠ 남중 시각은 목성이 A보다 빠르므로 적경은 A가 목성보다 크다.
- ㉡ 남중 고도로 보아 A의 적위는  $36.5^\circ$ , 목성의 적위는  $-22.5^\circ$ 이다.

㉢ 목성은 자정경에 남중하였으므로 이날 태양의 적경은 약  $6^\circ$ 이고 관측 시기는 6월경이다.

**06 내행성의 관측**

예설 | 내행성인 금성은 해 뜨기 직전 동쪽 하늘에서, 해진 직후 서쪽 하늘에서 관측된다.

- ㉠ 해 뜨기 직전에 관측한 금성의 위상으로 보아 관측 지점은 남반구이다.
- ㉡ 3월 21일경에 금성은 서방 최대 이각 부근에 위치한다.
- ㉢ 금성은 이 기간 동안 서방에 위치하므로 금성과 지구 사이의 거리는 증가하였다.

**07 지구 중심설과 태양 중심설**

예설 | (가)는 코페르니쿠스의 우주관, (나)는 프톨레마이오스의 우주관에서 금성의 위상 변화이다.

- ㉠ (가)와 (나)에서 A는 모두 그믐달 모양의 위상으로 관측되는 시기가 있다. 따라서 A는 내행성이다.
- ㉡ 이 기간 동안 북반구에서 관측하면, (가)에서 A는 서방에 위치하고 새벽에 관측된다.
- ㉢ 프톨레마이오스 우주관에서 금성은 태양 뒤쪽에 위치할 수 없으므로 보름달 모양의 위상으로 관측되지 않는다.

**08 지구 중심설**

예설 | (가)는 프톨레마이오스의 우주관, (나)는 티코 브라헤의 우주관이다.

- ㉠ (가)에서는 금성이 지구에서 태양보다 먼 위치에 있을 수 없지만, (나)에서는 지구보다 먼 위치에 있을 수 있다.
- ㉡ (나)에서 금성은 태양의 뒤쪽으로 이동할 수 있어 보름달 모양의 위상을 설명할 수 있다.
- ㉢ (가)와 (나) 모두 행성의 역행을 설명할 수 있다.



THEME

12

행성의 궤도 운동

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 091쪽

정답 ②

예설 | 공전 궤도 긴반지름을  $a$ , 공전 궤도 짧은반지름을  $b$ 라고 할 때, 초점 거리( $c$ )는  $\sqrt{a^2 - b^2}$ 이다.

✗. 공전 주기를  $P$ , 공전 궤도 긴반지름을  $a$ 라고 할 때,  $P$ 의 단위를 년,  $a$ 의 단위를 AU로 하면 태양계 천체들은 케플러 제3법칙에 따라  $P^2 = a^3$ 이므로 A의 공전 주기는 8년이고, B에서 공전 궤도 긴반지름 값의 세제곱은 2197이고 48의 제곱은 2304이므로 공전 주기는 B가 A의 6배보다 작다.

㉠. B의 초점 거리는 5 AU이고, 이심률은  $\frac{\text{초점 거리}}{\text{공전 궤도 긴반지름}}$ 이므로 B의 공전 궤도 이심률은  $\frac{5}{13}$ 이다.

✗. 이심률이 비슷할 경우 평균 공전 속도는 공전 궤도 긴반지름이 작을수록 빠르다. 따라서 평균 공전 속도는 A가 C보다 빠르다.

수능 2점 테스트

본문 092~093쪽

- 01 ②
- 02 ④
- 03 ①
- 04 ③
- 05 ③
- 06 ⑤
- 07 ④
- 08 ②

01 회합 주기

예설 | 내행성과 외행성은 각각 지구에서 멀어질수록 회합 주기가 짧아지며, 외행성의 경우 지구에서 멀어질수록 회합 주기가 1년에 가까워진다.

✗. 지구에서 관측한 회합 주기는 화성의 경우 2년이 넘고, 금성은 2년보다 짧다.

㉠.  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P_{\text{금성}}} - \frac{1}{P_{\text{화성}}} = \frac{1}{0.62} - \frac{1}{1.88}$ 이므로  $S \approx 0.94$ 년이다. 따라서 화성에서 관측한 금성의 회합 주기는 1년보다 짧다.

✗. C에서 관측한 B의 회합 주기는 C의 공전 주기인 0.62년보다 조금 더 길고, A의 회합 주기는 약 0.94년이다. 따라서 C에서 관측한 회합 주기는 B가 A보다 짧다.

02 회합 주기

예설 | 외행성의 회합 주기는 모두 1년보다 길고, 내행성의 경우 수성은 회합 주기가 1년보다 짧다.

㉠. A는 회합 주기가 1년보다 짧으므로 내행성이다.

㉡. 외행성의 경우 지구에서 멀수록 회합 주기가 1년에 가까워진다. 따라서 C가 해왕성이다.

✗. 해왕성은 아주 멀리 있으므로 수성이나 화성에서 회합 주기를 관측하면 수성과 화성의 공전 주기와 비슷하다. 따라서 C에서 관측한 회합 주기는 A가 B보다 짧다.

03 회합 주기

예설 | 외행성의 공전 주기를  $P$ , 지구의 공전 주기를  $E$ 라고 하면 하루 동안 외행성과 지구가 공전한 각도 차는  $\frac{360^\circ}{E} - \frac{360^\circ}{P}$ 가 된다.

㉠. 하루 동안 외행성과 지구가 공전한 각도 차  $\left(\frac{A}{30}\right)$ 에 회합 주기를 곱하면  $360^\circ$ 가 된다.

✗. P의 공전 주기가 길수록 회합 주기는 짧아지고 지구의 1년에 가까워지게 된다. 따라서 A는 커져야 한다.

✗. 외행성의 회합 주기는 1년보다 길다. 따라서  $\frac{A}{30}$ 는  $1^\circ$ 보다 작아야 한다.

04 회합 주기

예설 | 외행성은 지구에서 멀수록 회합 주기가 짧다.

㉠. 케플러 제3법칙에 따라 A의 궤도 긴반지름은 4 AU, B의 궤도 긴반지름은 9 AU이다. 원일점 거리는 '궤도 긴반지름 + 초점 거리'이므로 B의 원일점 거리는 17 AU이다.

✗. A의 이심률은  $\frac{1}{4}$ , B의 이심률은  $\frac{8}{9}$ 이다.

㉡. 지구에서 관측한 회합 주기는 궤도 긴반지름이 큰 B가 짧다.

05 회합 주기

예설 | 외행성은 지구에서 멀수록 회합 주기가 짧다.

㉠. (가)와 (나)는 태양과 이루는 각이  $180^\circ$ 일 때 있으므로 외행성이다.

㉡. (나)는 9월 18일에 충 근처에 위치하므로 역행한다.

✗. 합에서 충으로 이동하는 데 걸리는 시간이 (가)가 (나)보다 긴 것으로 보아 회합 주기는 (가)가 (나)보다 길다. 따라서 (가)가 (나)보다 지구에 가깝고 공전 주기가 짧다.

06 케플러 법칙

예설 | 쌍성계를 이루는 별의 공전 주기는 서로 같다.

㉠. A의 질량을  $m_A$ , B의 질량을  $m_B$ 라고 하면,  $m_A a = m_B b$ 이다.  $m_A$ 가  $m_B$ 의 2배이므로  $b$ 는  $a$ 의 2배이다.

㉡. A와 B의 공전 주기( $P$ )는 같고  $V_A = \frac{2\pi a}{P}$ 이고  $V_B = \frac{2\pi b}{P}$ 이므로,  $V_A$ 는  $V_B$ 의  $\frac{1}{2}$ 배이다.

㉢.  $m_A + m_B = 6 \times \text{태양 질량} = \frac{(a+b)^3}{[A의 공전 주기(년)]^2} \times \text{태양 질량}$ 이다.  $b=2a$ 이므로  $[A의 공전 주기(년)]^2 = \frac{9}{2} a^3$ 이 된다.

07 케플러 법칙

예설 | 태양을 하나의 초점으로 공전하는 천체들은 공전 주기가 같으면 공전 궤도 긴반지름도 같다.

✗. 공전 주기가 같으므로 공전 궤도 긴반지름도 A~D 모두 같다.

㉠. 공전 궤도 긴반지름이 같은 경우 공전 궤도 두 초점 사이의 거리는 이심률이 클수록 길어진다.

㉔. 공전 주기가 같지만 A가 C보다 이심률이 작아 원에 가까우므로 공전 궤도 면적이 A가 C보다 크고 같은 시간 동안 행성과 태양을 잇는 선분이 쓸고 지나간 면적은 A가 C보다 크다.

### 08 케플러 법칙

예설 | 초점 거리는 초점으로부터 타원 궤도의 중심까지의 거리이다.

✕. 케플러 제2법칙에 따라 태양과 행성을 잇는 선분은 같은 시간 동안 같은 면적을 쓸고 지나간다.

✕. 초점 거리는 초점으로부터 타원 궤도의 중심까지의 거리이고 P가 Q보다 짧다.

㉔.  $\frac{(\text{공전 궤도 긴반지름})^3}{(\text{공전 주기})^2}$ 은 태양을 초점으로 하는 타원 궤도로 공전하는 모든 천체가 일정하다.

따라서  $\frac{P\text{의 공전 주기}}{Q\text{의 공전 주기}} = \left(\frac{P\text{의 궤도 긴반지름}}{Q\text{의 궤도 긴반지름}}\right)^{\frac{3}{2}}$ 이다.

#### 수능 3점 테스트

본문 094~095쪽

01 ⑤

02 ①

03 ④

04 ③

### 01 케플러 법칙

예설 | 행성과 두 초점 사이의 거리 합은 궤도 긴반지름의 2배와 같다.

㉑. 케플러 제3법칙을 이용하면 소행성 P의 공전 궤도 긴반지름은 4 AU이다. a+b는 공전 궤도 긴반지름의 2배이므로 8 AU이다.

㉒. 이심률은  $\frac{\text{타원 궤도 중심으로부터 태양까지의 거리}}{\text{공전 궤도 긴반지름}}$ 이므로 0.5이다.

㉓. 이심률은  $\frac{\sqrt{(\text{공전 궤도 긴반지름})^2 - (\text{공전 궤도 짧은반지름})^2}}{\text{공전 궤도 긴반지름}}$ 이므로 공전 궤도 짧은반지름은  $\sqrt{12}$  AU이다.

### 02 회합 주기

예설 | 외행성은 공전 궤도가 클수록 지구에서 측정한 회합 주기가 작아진다.

㉑. A와 B의 회합 주기가 2이고 A의 공전 주기가 1이므로 B의 공전 주기는 2이거나  $\frac{2}{3}$ 이다. A와 C의 회합 주기가  $\frac{4}{3}$ 이므로 C의 공전 주기는 4이거나  $\frac{4}{7}$ 이다. B와 C의 회합 주기가 4이므로 B와 C의 공전 주기는 각각 2, 4이거나  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{4}{7}$ 이다. 두 경우 모두 공전 궤도 긴반지름 차는 A와 B가 A와 C보다 작다.

✕. B와 C의 공전 주기가 각각 2, 4인 경우 A가 가장 가깝고,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{4}{7}$ 인 경우 C가 가장 가깝다.

✕. B와 C의 공전 주기가 A 공전 주기의 배수일 경우 B와 C의 공전 주기는 각각 2, 4이다. 태양과 소행성 A, B, C가 일직선상에 위치한 뒤 A 공전 주기의 2배가 지나면 A와 B는 원래 위치로, C는  $180^\circ$  회전한 위치에 있으므로 태양과 소행성 A, B, C가 일직선상에 위치한 뒤 바로 다음에 일직선상에 위치하는 데 걸리는 시간은 A 공전 주기의 2배이다.

### 03 쌍성계

예설 | 쌍성계를 구성하는 두 별은 공전 주기가 서로 같으며, 질량이 상대적으로 큰 별이 공통 질량 중심에 가까운 안쪽 궤도에서 공전한다.

✕. 두 별로 이루어진 쌍성계에서  $\frac{(\text{두 별 사이의 거리})^3}{(\text{공전 주기})^2} = \frac{G}{4\pi^2} \times (\text{쌍성계의 질량})$ 이 성립한다. (가)와 (나)에서 두 별 사이의 거리와 쌍성계의 질량이 같으므로 공전 주기가 같다. 따라서 B와 D의 공전 주기는 같다.

㉒. (가)에서  $(2 \times A \text{ 질량}) = (3 \times B \text{ 질량})$ 이고, (나)에서  $(C \text{ 질량}) = (4 \times D \text{ 질량})$ 이므로 질량은 C가 B보다 2배 크다.

㉓. 행성 A~D의 공전 주기는 같다. 공전 속도는  $\frac{2\pi \times (\text{공전 궤도 반지름})}{\text{공전 주기}}$ 이므로 공전 속도는 D가 A보다 2배 빠르다.

### 04 케플러 법칙

예설 | (초점 거리) = (이심률) × (공전 궤도 긴반지름)이다.

㉑.  $(\text{초점 거리})^2 + (\text{공전 궤도 짧은반지름})^2 = (\text{공전 궤도 긴반지름})^2$ 이다. 따라서 A의 공전 궤도 긴반지름은 5 AU, B는 13 AU, C는 40 AU이다.

✕. A의 공전 궤도 긴반지름은 5 AU, C는 40 AU이므로 공전 주기는 C가 A의  $16\sqrt{2}$ 배이다.

㉒. 이심률 =  $\frac{\text{초점 거리}}{\text{공전 궤도 긴반지름}}$ 이므로 A의 이심률은  $\frac{3}{5}$ , B의 이심률은  $\frac{5}{13}$ 이다.

THEME

13

천체의 거리

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 098쪽

정답 ④

예설 | 거리가  $r(\text{pc})$ 인 어떤 별의 겉보기 등급을  $m$ , 절대 등급을  $M$ 이라고 하면  $m - M = 5 \log r - 5$ 이다.

✗. 연주 시차를  $p''$ 라고 할 때, 별까지의 거리  $r(\text{pc}) = \frac{1}{p''}$ 이다. A의 연주 시차가  $0.0036''$ 이므로 A의 거리는 300 pc보다 작다.

㉠. A까지의 거리가 1000 pc일 경우 거리 지수가 10이 된다. A까지의 거리는 1000 pc보다 작으므로 A의 거리 지수는 10보다 작다.

㉡. A의 절대 등급은  $-3.7$ 보다 크다. 따라서 A의 변광 주기는 30일보다 짧다.

수능 2점 테스트

본문 099~100쪽

- 01 ③
- 02 ③
- 03 ①
- 04 ⑤
- 05 ③
- 06 ①
- 07 ②
- 08 ④

01 별의 거리와 밝기

예설 | 별의  $m - M$ (겉보기 등급 - 절대 등급)을 거리 지수라고 하며, 거리 지수가 클수록 거리가 멀다.

㉠. 연주 시차를  $p''$ 라고 할 때, 별까지의 거리  $r(\text{pc}) = \frac{1}{p''}$ 이고 A의 거리는 2 pc이다.

㉡. B의 거리는 약 1.3 pc이다. 따라서 거리 지수는 0보다 작다.

✗. 지구에서부터 거리는 B가 A보다 가까우므로 겉보기 등급은 B가 A보다 작다.

02 천체의 거리 측정

예설 | 천체까지의 거리에 따라 거리를 측정하는 방법이 다르다.

㉠. 연주 시차는 대략 1000 pc 내의 가까운 별의 거리를 측정하는데 이용하지만, 세페이드 변광성은 외부 은하까지의 거리도 측정할 수 있다.

㉡. 주계열 맞추기는 표준 주계열성의 색등급도와 성단의 색등급도에서 성단을 구성하는 별들의 겉보기 등급과 절대 등급을 비교하여 거리 지수를 알아낸다.

✗. 연주 시차는 대략 1000 pc 내의 가까운 별의 거리를 측정하는데만 사용할 수 있으므로 외부 은하까지의 거리는 측정할 수 없다.

03 거리 지수

예설 | 별의  $m - M$ (겉보기 등급 - 절대 등급)을 거리 지수라고 하며, 거리 지수가 클수록 거리가 멀다.

㉠. A의 거리 지수는  $5 - 10 = -5$ 이다.

✗. 별까지의 거리를  $r(\text{pc})$ 라고 하면, 거리 지수  $= 5 \log r - 5$ 이다. 따라서 B의 거리는 100 pc이다.

✗. 절대 등급은 B가 A보다 5등급 작으므로 실제 밝기는 B가 A보다 100배 밝다.

04 세페이드 변광성의 주기-광도 관계

예설 | 세페이드 변광성의 변광 주기를 관측하여 절대 등급을 알아낸 후 겉보기 등급과 비교하여 별의 거리를 측정할 수 있다.

㉠. 변광 주기는 (가)가 (나)보다 길다.

㉡. 평균 겉보기 등급은 (가)가 (나)보다 크다.

㉢. (가)는 (나)보다 겉보기 등급이 크고 절대 등급은 작다. 따라서 (가)는 (나)보다 거리 지수가 더 크고 지구에서부터의 거리가 멀다.

05 구상 성단과 산개 성단

예설 | (가)는 구상 성단, (나)는 산개 성단이다.

㉠. 구상 성단은 수만~수십만 개의 별들이 모여 있고, 산개 성단은 수백~수천 개의 별들이 모여 있다.

✗. 구상 성단은 산개 성단에 비해 나이가 많아 주계열성의 비율이 낮다.

㉢. 구상 성단은 산개 성단보다 나이가 많아 전향점에 위치한 별의 색지수가 크고 절대 등급이 크다.

06 산개 성단의 색등급도

예설 | 10 pc의 거리에 위치한 별은 겉보기 등급과 절대 등급이 같다.

㉠. 성단을 이루는 별들의 색등급도상 분포로 보아 A와 B는 산개 성단이다.

✗. 전향점의 색지수가 A가 B보다 작은 것으로 보아 나이는 A가 B보다 적다.

✗. B에 위치한 주계열성은 같은 색지수이면서 A에 위치한 주계열성보다 겉보기 등급이 크다. 따라서 B까지의 거리는 10 pc보다 멀다.

07 전향점

예설 | 성단의 색등급도에서 성단을 이루는 별들이 주계열 단계에서 벗어나는 지점을 전향점이라 하고, 전향점의 절대 등급이 클수록 오래된 성단이다.

✗. 주계열성은 절대 등급이 클수록 색지수가 커진다. 따라서 색지수  $(B - V)$ 는 P가 Q보다 크다.

㉡. P가 Q보다 색지수  $(B - V)$ 가 크므로 (가)가 (나)보다 나이가 많다.

✗. 거리 지수(겉보기 등급 - 절대 등급)는 Q가 P보다 크므로 거리는 (나)가 (가)보다 멀다.

08 세페이드 변광성의 주기-광도 관계

예설 | 세페이드 변광성의 변광 주기를 관측하여 절대 등급을 알아낸 후 겉보기 등급과 비교하여 별의 거리를 측정할 수 있다.

× 종족 I 세페이드 변광성은 주기가 길수록 절대 등급이 작아지고, 광도가 커진다.

㉠ A의 주기는 10일보다 조금 작다. 따라서 절대 등급은 -5등급보다 크다.

㉡ A의 평균 겉보기 등급은 약 +4.0이고, 절대 등급은 약 -4.2이므로 거리 지수는 0보다 크다.

**수능 3점 테스트**

본문 101~103쪽

- 01 ②    02 ②    03 ④    04 ①    05 ③  
06 ④

**01 별의 물리량**

예설 | 연주 시차는 별의 거리에 반비례하고, (겉보기 등급-절대 등급)의 값이 클수록 별의 거리가 멀다.

× 연주 시차가 클수록 별의 거리가 가깝다. 따라서 별의 거리는 A가 가장 가깝다.

㉠ 연주 시차로 구한 거리를  $r(\text{pc})$ 이라고 하면, (겉보기 등급-절대 등급) $=5\log r-5$ 가 된다. 절대 등급은 A는 10, B는 1, C는 5이다. 따라서 절대 등급은 A가 가장 크고 B가 가장 작다.

× 주계열성은 절대 등급이 클수록 색지수가 크다. 따라서 색지수는 A가 가장 크다.

**02 연주 시차**

예설 | 황도에 위치한 별의 연주 운동은 직선이다.

× 천구의 북극에 위치한 별은 (나)와 비슷한 연주 운동을 나타낸다.

× 지구와의 거리가 10 pc인 별의 연주 시차는 0.1"이므로 B와 지구와의 거리는 10 pc이 아니다.

㉠ C는 황도에 위치하고 적경이 18°이므로 적위는 -23.5°이고 하짓날 태양의 적위는 +23.5°이므로 (태양의 남중 고도-C의 남중 고도)는 40°보다 크다.

**03 색지수**

예설 | 색지수는 한 파장대에서 측정한 등급과 다른 파장대에서 측정한 등급의 차이로, 별의 표면 온도를 나타내는 척도가 된다.

× P는 V 필터에서 B 필터에서보다 밝게 보이고, Q는 B 필터에서 V 필터에서보다 밝게 보인다. 따라서 표면 온도는 Q가 P보다 높다.

㉠ 표면 온도는 P가 Q보다 낮으므로 색지수(B-V)는 P가 Q보다 크다.

㉡ 주계열성은 색지수가 작을수록 절대 등급이 작다.

**04 세페이드 변광성의 주기-절대 등급 관계**

예설 | 세페이드 변광성의 변광 주기를 관측하여 절대 등급을 알아낸 후 겉보기 등급과 비교하여 별의 거리를 측정할 수 있다.

㉠ 변광 주기가 (가)가 (나)보다 긴 것으로 보아 절대 등급은 (가)가 (나)보다 작고, 광도는 (가)가 (나)보다 크다.

× (가)의 절대 등급은 약 -5.5이고 거리 지수가 약 10.5가 된다. 따라서 거리는 1000 pc보다 멀므로, 연주 시차는 0.001"보다 작다.

× (나)의 거리 지수는 약 19이므로, 지구로부터의 거리는 100000 pc보다 가깝다. 따라서 (나)는 (가)보다 지구로부터의 거리가 100배 이상 멀지 않다.

**05 성단의 색등급도**

예설 | 절대 등급이 같은 별인 경우 거리가 가까울수록 겉보기 등급이 작아진다.

㉠ 전향점에 위치한 별의 색지수가 A가 B보다 작은 것으로 보아 성단의 나이는 A가 B보다 적다.

㉡ A와 B의 거리가 20 pc보다 멀다. 따라서 10 pc의 거리에 위치한 표준 주계열성의 절대 등급은 6보다 작아야 한다.

× 성단 A와 B의 같은 색지수인 주계열성의 겉보기 등급 차이는 5보다 작다. 따라서 겉보기 밝기 차이는 100배보다 작다.

**06 구상 성단과 산개 성단**

예설 | (가)는 산개 성단, (나)는 구상 성단이다.

× 전향점에 위치한 별의 색지수가 (가)가 (나)보다 작으므로 성단의 나이는 (가)가 (나)보다 적다.

㉠ Q의 전향점에 위치한 별의 색지수는 약 0.4로 P의 전향점에 위치한 별의 색지수보다 크다. 따라서 전향점에 위치한 별의 광도는 P가 Q보다 크다.

㉡ 산개 성단은 구상 성단에 비해 젊고 질량이 큰 주계열성이 많이 분포한다.

THEME

14

## 우리은하의 구조

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 106쪽

### 정답 ⑤

**예설** | 색초과는 (관측된 색지수 - 고유 색지수)이다. 별빛이 성간 물질을 통과하여 관측자에게 도달하는 경우 색초과는 0보다 크다.

✕ A는 색초과가 0이므로 성간 물질에 의한 성간 소광이 나타나지 않았다. 즉, 관측자의 시선 방향에서 A와 관측자 사이에는 성간 물질이 없다. B는 색초과가 0보다 크므로 성간 물질에 의한 성간 소광량이 0보다 크다. 따라서 성간 소광량은 B가 A보다 크다.

㉠ A와 B의 관측된 색지수가 같으므로, A의 고유 색지수는 (B의 색초과 + B의 고유 색지수)와 같다. B의 색초과가 0.6이므로 A의 고유 색지수는 B의 고유 색지수보다 크다.

㉡ A와 B는 관측자로부터의 거리가 같고 광도가 같으므로 겉보기 밝기도 같아야 한다. 그러나 B는 성간 소광에 의해 관측된 겉보기 밝기가 원래보다 어두워졌다. 즉, B의 관측된 겉보기 등급은 원래의 겉보기 등급보다 커졌다. 따라서 B의 관측된 겉보기 등급(6.8)은 A의 관측된 겉보기 등급(7)보다 크다.

### 수능 2점 테스트

본문 107~110쪽

01 ①	02 ③	03 ⑤	04 ⑤	05 ④
06 ③	07 ④	08 ③	09 ⑤	10 ①
11 ④	12 ③	13 ①	14 ①	15 ⑤
16 ③				

### 01 허셜과 캅테인이 주장한 우리은하의 구조

**예설** | (가)는 허셜이 주장한 우리은하의 모습이고, (나)는 캅테인이 주장한 우리은하의 모습이다.

㉠ 허셜은 별의 공간 분포를 통해 우주의 구조를 알아내려고 하였는데, 당시에는 은하라는 개념이 없어 우리은하가 곧 우주라고 생각하였다. (가)는 허셜이 주장한 우리은하의 모습이다.

✕ 캅테인은 별의 겉보기 등급과 분광형 등을 고려하여 별의 공간 분포를 통계적으로 조사한 결과 우주는 지름이 약 16 kpc인 납작한 원반 모양이라고 추정하였다. 캅테인도 허셜과 마찬가지로 우리은하가 곧 우주라고 생각하였고, 캅테인이 주장한 우리은하의 크기는 현재 우리가 알고 있는 우리은하의 지름 약 30 kpc보다 작다.

✕ 허셜은 태양이 우리은하 중심 근처에 있다고 생각하였고, 캅테인은 태양이 우리은하 중심에서 약간 벗어나 있다고 생각하였다.

### 02 새플리가 주장한 우리은하

**예설** | 새플리는 구상 성단의 공간 분포를 조사하여 구상 성단이 태양을 중심으로 분포하지 않는다는 사실을 발견하였다.

㉠ 새플리는 구상 성단에 있는 맥동 변광성의 주기-광도 관계를 이

용하여 구상 성단까지의 거리를 구하였다.

㉡ 새플리는 구상 성단의 3차원 분포를 분석하여 구상 성단의 분포 중심에 태양이 위치하지 않으므로 우리은하의 중심은 태양이 아니라는 것을 알아냈다.

✕ 새플리는 우리은하의 지름을 실제보다 큰 100 kpc 정도로 추정하였는데, 이는 성간 소광을 고려하지 않아 구상 성단의 거리를 실제보다 더 먼 것으로 계산했기 때문이다.

### 03 우리은하의 구조

**예설** | 우리은하는 중심부에 구형의 중앙 팽대부, 은하면에 해당하는 은하 원반, 이를 둘러싸고 있는 헤일로로 구성되어 있다. 은하 원반에는 중앙 팽대부를 가로지르는 막대 구조의 끝에서 나선팔이 뻗어있고, 나선팔 중간에 가지가 갈라지는 구조이다. A는 나선팔, B는 중앙 팽대부, C는 헤일로에 해당한다.

㉠ 중성 수소 원자에서 방출되는 21 cm파를 관측하여 수소 구름의 분포가 나선팔의 형태를 이루고 있음을 알게 되었다.

✕ 나선팔(A)에는 주로 젊고 푸른 별과 산개 성단이 분포하고, 헤일로(C)에는 주로 늙고 붉은 별과 구상 성단이 분포한다. 별의 색지수는 붉은 별이 푸른 별보다 크므로, 분포하는 성단의 전체 밝기로부터 구한 색지수는 나선팔(A)보다 헤일로(C)에서 크다.

㉡ 구상 성단은 은하 원반을 둘러싸고 있는 구형의 헤일로(C)와 은하 중심의 중앙 팽대부(B)에 주로 분포한다.

### 04 성간 물질

**예설** | 성간 물질은 성간 기체와 성간 티끌로 이루어져 있다. A는 성간 기체, B는 성간 티끌이다.

㉠ 성간 기체는 수소, 헬륨 등으로 이루어져 있고, 그 중에서 수소가 가장 큰 비율을 차지한다.

㉡ 성간 물질의 약 99%는 성간 기체, 약 1%는 성간 티끌로 이루어져 있다.

㉢ 성간 티끌은 규산염 또는 흑연, 얼음 등으로 이루어진 미세한 고체 입자로 별빛을 흡수하거나 산란시킨다. 별빛이 흡수 또는 산란되는 정도는 별빛의 파장에 따라 다른데, 성간 티끌층을 통과한 파란빛이 붉은빛보다 더 많이 산란되어 별빛이 실제보다 더 붉게 보이는 성간 적색화가 나타난다.

### 05 성간 소광

**예설** | 성간 티끌층을 통과한 별빛은 성간 티끌에 의한 흡수와 산란으로 인해 별빛의 세기가 약해지는 성간 소광이 일어난다.

✕ 별의 관측된 색지수와 고유 색지수의 차를 색초과라고 한다. 성간 티끌층을 통과한 별빛은 붉은색보다 푸른색이 더 많이 산란되어 관측자에게 도달한 별빛은 원래보다 적색화되므로 고유 색지수보다 관측된 색지수가 커진다. A와 관측자 사이에는 티끌 구름이 없어 성간 적색화가 일어나지 않으므로 A는 고유 색지수와 관측된 색지수가 같고, 색초과는 0이다. B와 관측자 사이에는 티끌 구름이 있어 성간 적색화가 일어나므로 관측된 색지수는 고유 색지수보다 커지고, 색초과는 (+)이다. 따라서 색초과는 B가 A보다 크다.

㉠ A와 B는 절대 등급과 관측자까지의 거리가 같으므로 티끌 구름

이 없다면 A와 B의 겉보기 등급도 같아야 한다. 그러나 B와 관측자 사이에 티끌 구름이 있어 관측자에게 도달하는 B의 별빛이 감소하게 되므로 B는 원래보다 어둡게 관측되고, 겉보기 등급은 A보다 커진다.

㉔. 티끌 구름에 의한 성간 소광은 대체로 파장이 짧을수록 크게 일어난다. 즉, 적외선 영역보다 가시광선 영역에서 성간 소광이 더 크게 일어난다. 따라서 적외선 영역으로 관측할 때보다 가시광선 영역으로 관측할 때 별의 겉보기 등급이 더 커지므로, 별의 (겉보기 등급-절대 등급)은 적외선 영역보다 가시광선 영역으로 관측할 때가 더 크다. (겉보기 등급-절대 등급)은 거리 지수인데, 성간 소광이 일어나는 경우는 성간 소광이 일어나지 않는 경우보다 거리 지수가 커져 별이 실제보다 더 멀리 있는 것처럼 보일 수 있다.

## 06 반사 성운과 방출 성운

예설 | (가)는 플레이아데스 성운으로, 밝은 별 주변에 있는 성간 티끌이 별빛을 산란시켜 밝게 보이는 반사 성운이고, (나)는 장미 성운으로, 고온의 별 주변의 수소가 전리되었다가 전자와 재결합하면서 빛을 방출하여 밝게 보이는 방출 성운이다.

㉑. (가)는 별 주변의 티끌 구름이 별빛을 산란시켜 뿌옇게 보이는 반사 성운이다. 티끌에 의한 산란은 파장이 짧은 파란빛에서 잘 일어나므로 반사 성운은 대체로 파란색으로 관측된다.

✗. 별 주변의 전리된 수소는 O형이나 B형과 같은 고온의 별에서 방출된 자외선에 의해 생성되고, 전자와 결합하는 과정에서 붉은색을 방출하여 주로 붉은색으로 관측된다. 따라서 전리된 수소는 반사 성운인 (가)보다 방출 성운인 (나)에 많이 분포한다.

㉒. 가시광선 영역에서 (가)는 파란색으로, (나)는 붉은색으로 관측되므로 가시광선 영역에서 방출되는 최대 복사 에너지 파장은 (나)가 (가)보다 길다.

## 07 성간 기체의 분류

예설 | 성간 기체는 주성분인 수소의 상태에 따라 전리된 수소로 이루어진 HII 영역, 중성 수소 원자로 이루어진 HI 영역, 온도가 낮아 수소가 분자로 존재하는 분자운으로 나눌 수 있다. (가)는 HI 영역, (나)는 분자운이다.

㉑. HII 영역은 분자운에서 갓 태어난 O형 별이나 B형 별이 방출하는 자외선 때문에 별 주위의 수소들이 전리되어 이온으로 존재하는 영역이다.

✗. 방출 성운에 해당하는 것은 HII 영역이다. (가)는 21 cm파를 방출하는 중성 수소 구름, 즉 HI 영역이다.

㉒. 분자운인 (나)는 성운의 밀도가 중성 수소 구름이나 HII 영역보다 훨씬 커서 새로운 별의 생성이 활발하게 일어난다.

## 08 중성 수소(HI)와 전리된 수소(HII)의 분포

예설 | 은하의 나선팔에는 중성 수소(HI)와 전리된 수소(HII)가 함께 분포한다. (가)와 (나)는 나선 은하 M51의 나선팔에 분포하는 중성 수소(HI)와 전리된 수소(HII) 영역을 관측한 영상이다.

㉑. HI 영역은 중성 수소에서 방출하는 21 cm파를 관측하여 알아낼 수 있고, HII 영역은 전리된 수소가 전자와 재결합할 때 방출되는 붉은색의 가시광선을 관측하여 알아낼 수 있다.

㉒. (가)에서는 수소가 중성 원자 상태로 존재하고 (나)에서는 수소가 전리된 상태로 존재하므로, 수소 구름의 온도는 (나)가 (가)보다 높다.

✗. (가)에서는 은하 중심부가 밝게 보이지 않으므로 은하 중심부에는 중성 수소가 많지 않다는 것을 알 수 있다.

## 09 은하면 부근의 성간 티끌

예설 | 은하면 부근에서는 성간 티끌로 인한 소광 현상이 관측된다.

㉑. (가)는 가시광선, (나)는 적외선으로 관측한 영상이다.

㉒. (가)에서 중앙을 가로지르는 검은 부분은 성간 티끌에 의한 소광 현상 때문에 어둡게 보이는 것이다. 성간 소광은 적외선보다 가시광선 영역에서 잘 나타난다. 가시광선의 파장은 400~700 nm인데, 성간 티끌의 크기가 이와 비슷하여 성간 티끌은 가시광선을 잘 산란시킨다. 산란에 의해 관측자에게 도달하는 빛의 양이 감소하여 어둡게 보이는 영역이 (가)에 잘 나타나 있다.

㉓. 성간 티끌은 빛을 흡수만 하지 않고 자신의 온도에 해당하는 전자기파를 방출하며, 대부분 적외선 영역에서 방출이 나타난다. (나)에서 은하면 부근이 밝게 보이는 것은 은하면 부근에서 적외선이 많이 방출되고 있다는 의미이고, 이는 은하면 부근에 성간 티끌이 많이 분포한다는 의미이다.

## 10 중성 수소와 21 cm파

예설 | 중성 수소는 양성자와 전자의 스핀 방향에 따라 두 종류의 에너지 상태가 존재하는데, 에너지가 높은 상태에서 낮은 상태로 바뀔 때 21 cm파를 방출한다.

㉑. 중성 수소는 중심에 원자핵인 양성자(A)가 위치하고, 그 주변에 전자(B)가 돌고 있다.

✗. 중성 수소의 에너지 상태는 양성자와 전자의 스핀 방향이 같을 때가 반대일 때보다 조금 더 높다. 현재는 양성자와 전자의 스핀 방향이 반대인데, B의 스핀 방향이 반대로 바뀌면 에너지 상태가 더 높아지는 것이므로 21 cm파를 방출할 수 없다.

✗. 21 cm파는 중성 수소의 밀도가 큰 곳에서는 강하게, 밀도가 작은 곳에서는 약하게 관측될 것이다. (나)에서 21 cm파의 강도가 은하면 부근에서 가장 강하게 나타나는 것으로 보아 중성 수소는 우리 은하 전체에 고르게 분포하지 않고 은하면 부근에 집중되어 있다는 것을 알 수 있다.

## 11 별의 공간 운동

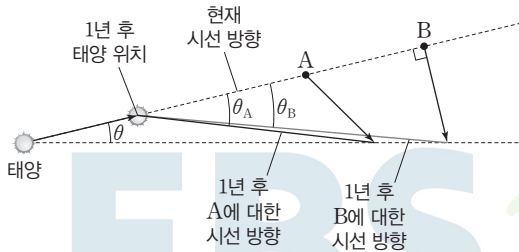
예설 | 태양은 은하 중심에 대해 회전하고 있으므로 태양에서 관측한 별의 운동은 상대적인 운동이고, 이를 시선 방향으로의 속도(시선 속도)와 시선 방향과 수직인 방향으로의 속도(접선 속도)로 나타낼 수 있다.

㉑. 움직이는 태양에서 A를 관측할 때 A의 시선 속도를 구하려면 시선 방향으로의 태양의 속도와 시선 방향으로의 A의 속도를 비교해야 한다. 시선 방향으로의 A의 속도는 시선 방향으로의 태양의 속도보다 작으므로 태양에서 관측할 때 A는 태양으로 접근하는 것으로 관측된다. 따라서 A에서 청색 편이가 관측된다.

㉒. 태양과 A, B는 우주 공간에서 일정한 속력으로 이동하고 1년 동안 이동한 거리가  $r$ 로 모두 같다고 하였으므로 현재 태양, A, B의

속력은 모두  $r$ /년이다. 태양의 시선 방향과 B의 이동 방향이 수직이므로 현재 태양에서 관측한 B의 접선 속도는  $r$ /년이다.

✗ A와 B의 공간 운동을 태양에 대한 상대적인 운동으로 바꾸어 보면 A와 B가 천구상에서 1년 동안 움직인 각은 각각  $\theta_A, \theta_B$ 로  $\theta$ 보다 크다.



### 12 태양 부근 별들의 시선 속도

예설 | 태양 주변에서 태양으로부터 같은 거리에 있는 별들이 은하 중심에 대해 케플러 회전을 하면 별들의 시선 속도는 이중 사인 곡선을 나타낸다.

㉠ A는 시선 속도가 (+)인 것으로 보아 태양에서 A를 관측할 때 시선 방향으로의 태양의 속도보다 시선 방향으로의 A의 속도가 더 크다.

✗ B의 은경이  $180^\circ$ 이므로 은하 중심으로부터의 거리는 B가 태양보다 멀다. 태양과 B는 케플러 회전을 하고 있으므로 은하 중심으로부터 가까운 태양이 먼 B보다 은하 중심에 대한 회전 속도가 크다.

㉡ C는 은경이  $315^\circ$ 이고 B는 은경이  $180^\circ$ 이므로 C는 태양보다 은하 중심에 가깝고, B는 태양보다 은하 중심에서 멀다.

### 13 태양 부근 별들의 공간 운동

예설 | 우주 공간에서 별의 실제 움직임을 공간 운동이라 하고, 이는 시선 방향의 운동과 시선 방향에 수직인 접선 방향의 운동으로 나타낼 수 있다.

㉠ 태양과 별 A, B는 케플러 회전을 하고 있으므로 은하 중심에 대한 회전 속도는 은하 중심으로부터의 거리가 더 가까운 B가 A보다 크다.

✗ 태양에서 관측한 별의 시선 속도는 시선 방향으로의 태양의 속도와 시선 방향으로의 별의 속도를 비교해 구할 수 있다. B는 A보다 회전 속도가 크고, 현재 시선 방향과 B의 궤도가 접하는 곳에 위치하고 있어 시선 방향으로의 B의 속도는 시선 방향으로의 A의 속도보다 크다. 따라서 태양에서 관측한 시선 속도는 B가 A보다 크다.

✗ 태양에서 관측한 B의 시선 속도는 시선 방향으로의 B의 속도에서 시선 방향으로의 태양의 속도를 빼야 한다. 따라서 B의 시선 속도는 은하 중심에 대한 회전 속도보다 작다.

### 14 우리은하 회전 속도 곡선

예설 | 우리은하는 중심 부근에서는 강제 회전을 하고, 태양 부근에서는 케플러 회전을 하며, 은하 외곽에서는 거의 일정한 속도로 회전한다.

㉠ 태양과 A는 은하 중심에서 볼 때 같은 방향에 위치하고 회전 속도가 같으므로 태양에서 관측할 때 A의 시선 속도와 접선 속도는 모두 0 km/s이다.

✗ A와 B는 강제 회전 영역에 놓여 있으므로 B에서 A를 볼 때 시선 방향은 은하 중심 방향이 되고, 시선 방향 속도는 0이다. 따라서 B에서 관측한 A의 수소선의 파장은 21 cm로 관측된다.

✗ B와 C는 회전 속도는 같으나 은하 중심으로부터의 거리는 C가 B보다 멀므로 공전 주기는 C가 B보다 길다.

### 15 성간 소광

예설 | 성간 티끌에 의한 성간 소광은 별빛을 감소시켜 겉보기 등급이 커지고, 성간 적색화로 인해 색지수가 커진다.

㉠ 별빛은 성운을 통과하면서 복사 세기가 감소하였고, 파장이 짧은 영역에서 더 많이 감소하였으므로 실제보다 붉게 보이는 성간 적색화가 일어났다. 따라서 관측된 색지수가 고유 색지수보다 크게 나타난다.

㉡ 별의 밝기는 파장별 복사 세기의 총합과 같고, 파장별 복사 세기의 총합은 그래프의 면적에 해당한다. 소광 전 별의 밝기에 해당하는 면적은  $(S_1 + S_2)$ 이고, 소광 후 별의 밝기에 해당하는 면적은  $S_2$ 이다. 따라서 '소광 전 별의 밝기 : 소광 후 별의 밝기 = 5 : 2'이므로 소광 후 겉보기 밝기는 소광 전 겉보기 밝기의 0.4배이다.

㉢ 소광 전 겉보기 등급을  $m_1$ , 소광 후 겉보기 등급을  $m_2$ , 별의 실제 거리를  $d_1$ , 소광을 고려하지 않고 구한 거리를  $d_2$ , 별의 절대 등급을  $M$ 이라고 하면

$$\begin{aligned} m_1 - M &= 5 \log d_1 - 5 \\ m_2 - M &= 5 \log d_2 - 5 \end{aligned}$$

이다. 소광 전 별의 밝기는 소광 후 별의 밝기의 2.5배이므로 소광에 의해 별의 겉보기 등급은 약 1등급 커졌다. 따라서  $m_2 - m_1 = 5 \log \frac{d_2}{d_1} = 1$ 이고,  $\frac{d_2}{d_1} = 10^{0.2}$ 이다. 즉, 성간 소광에 의해 거리가 실제 거리의 약 1.58배인 것으로 계산된다.

### 16 우리은하의 질량 분포

예설 | 은하 중심으로부터 거리  $r$ 에 위치한 별이  $v$ 의 속도로 회전하고 있고, 별 궤도 안쪽의 은하 질량을  $M$ 이라고 할 때, 은하 질량이 별에 미치는 만유인력이 별에 구심력으로 작용하므로 은하 질량은  $M = \frac{rv^2}{G}$  ( $G$ : 만유인력 상수)이 된다.

㉠ 우리은하의 질량이 대부분 태양 궤도 안쪽에 집중되어 있다면 은하 외곽에 위치한 별들은 회전 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 감소하는 케플러 회전을 해야 한다.

✗ 은하 중심으로부터 태양까지의 거리 약 8.5 kpc, 태양의 회전 속도 약 220 km/s를 이용하여 은하 질량을 구하면 약  $10^{11} M_\odot$  ( $M_\odot$ : 태양 질량), 우리은하 외곽 약 15 kpc 거리에서 230 km/s로 회전하는 별을 이용하여 은하 질량을 구하면 약  $2 \times 10^{11} M_\odot$ 을 얻는다. 따라서 ㉠이 ㉡보다 작다.

㉡ 은하 외곽에서 케플러 회전을 하지 않고 일정한 속도로 회전하는 별의 운동을 이용하여 구한 은하 질량이 대부분의 은하 질량이 태양 궤도 안쪽에 분포한다고 가정한 경우보다 약 2배 크다는 것은 은하 외곽에도 많은 양의 물질이 분포한다는 것을 의미한다. 우리은하에서 빛을 내는 물질은 대부분 태양 궤도 안쪽에서 관측되므로 은하 외곽에 빛을 내지 않는 물질이 많이 분포하고 있고, 이를 암흑 물질이라고 한다.

- 01 ④      02 ③      03 ②      04 ⑤      05 ⑤  
 06 ④      07 ③      08 ②

### 01 성간 소광

**예설** | 성간 소광은 파장이 짧은 자외선과 가시광선 영역에서 잘 일어나고, 상대적으로 파장이 긴 적외선과 전파 영역에서는 덜 일어난다. ㉠은 적외선 영역, ㉡은 가시광선 영역, ㉢은 자외선 영역이다.  
 ✕ 파장이 짧은 ㉡ 영역에서 파장이 긴 ㉠ 영역에서보다 성간 소광량이 크다.  
 ㉣ 가시광선 영역인 ㉠에서 파장이 길수록 성간 소광량이 작으므로 푸른색이 붉은색보다 소광이 많이 일어나 별이 실제보다 붉게 보이는 성간 적색화가 나타날 수 있다.  
 ㉤ 성간 소광량은 ㉡>㉣>㉠이므로 겉보기 밝기의 변화는 ㉡ 영역에서 가장 크게 나타난다. 따라서 실제 밝기에 대한 겉보기 밝기의 비는 성간 소광량이 작은 ㉠ 영역에서 가장 크다.

### 02 암흑 성운과 방출 성운

**예설** | A는 암흑 성운, B는 방출 성운이다. 암흑 성운은 밀도가 높은 성간 티끌 구름이 그 뒤에서 오는 별빛을 흡수하여 어둡게 보이는 성운이고, 방출 성운은 밝은 별 주변의 HII 영역에서 전리된 수소가 전자와 재결합하면서 빛을 방출하여 밝게 보이는 성운이다.  
 ㉠ 성운은 약 99%가 기체이고 약 1%가 티끌이다. A는 암흑 성운으로 성간 티끌에 의한 소광으로 어둡게 보이지만 성운 전체로 보았을 때 주성분은 99%를 차지하는 성간 기체이고, 성간 기체 중 가장 많은 성분은 수소이다.  
 ✕ B가 붉은색으로 관측된 것은 HII 영역에서 전리된 수소가 전자와 재결합하면서 방출한 붉은색 파장의 빛이 우리에게 관측되었기 때문이다.  
 ㉤ 암흑 성운을 이루는 수소는 주로 원자 또는 분자 상태이고, 방출 성운을 이루는 수소는 전리되어 있으므로 온도는 B가 A보다 높다.

### 03 성간 적색화

**예설** | 성간 티끌이 많은 성운을 통과하는 별빛은 푸른색이 붉은색보다 많이 줄어들어 별의 색깔이 실제보다 붉게 보이는데, 이를 성간 적색화라고 한다. 성간 적색화가 일어나면 별의 색지수가 고유 색지수보다 크게 관측되는 색초과가 나타난다.  
 ✕ 색초과는 (관측된 색지수 - 고유 색지수)이다. A는 성운과 함께 관측되었는데 색초과가 0인 것으로 보아 성운 내에 있지 않고 성운보다 앞에 있어 성운에 의한 적색화가 나타나지 않았다.  
 ㉣ A와 B는 관측된 색지수가 같은데, B는 색초과가 0.3이므로 별의 고유 색지수는 B가 A보다 작다. 별은 표면 온도가 높을수록 색지수가 작으므로 표면 온도는 B가 A보다 높다.  
 ✕ A는 성운보다 앞에 있고, B는 성운 내에 또는 성운 뒤에 있으므로 관측자로부터의 거리는 B가 A보다 멀다. 따라서 거리 지수는 B가 A보다 크다. A의 절대 등급을  $M_A$ , B의 절대 등급을  $M_B$ 라고 하면  $(6.0 - M_A)$ 는  $(\ominus - M_B)$ 보다 작다. B의 광도가 A의 2배이므로

$M_A = M_B + a (0 < a < 1)$ 의 관계를 가진다. 따라서 ㉠은  $(6 - a)$ 보다 크므로 ㉠은 5.0보다 크다.

### 04 암흑 성운과 성간 소광

**예설** | (가)는 성간 티끌 구름 너머의 배경별이 보이는 것으로 보아 적외선으로 관측한 영상이고, (나)는 성간 티끌 구름 영역이 어둡게 보이므로 가시광선으로 관측한 영상이다.  
 ㉠ 이 성운은 성간 티끌이 포함되어 있고, 가시광선 영상에서 성운에 의해 뒤에서 오는 별빛이 차단되어 어둡게 보이므로 암흑 성운이다.  
 ✕ A는 성운 밖에 위치하고, B는 성운 내에 위치하므로 성간 적색화는 A보다 B에서 크게 나타난다. 따라서 관측된 색지수와 고유한 색지수의 차이 색초과는 B가 A보다 크다.  
 ㉤ 적외선 영상에서는 A와 B가 모두 보이지만 가시광선 영상에서는 성운에 의한 성간 소광으로 인해 B가 보이지 않는다. 따라서 티끌에 의한 소광 현상은 적외선 영역보다 가시광선 영역에서 크게 나타난다.

### 05 우리은하의 회전 속도

**예설** | 중성 수소 구름에서 방출되는 21 cm 전파 관측 자료를 이용하여 우리은하의 회전 속도를 구할 수 있다. 태양에서 관측한 천체의 시선 속도는 (시선 방향으로의 천체의 속도 - 시선 방향으로의 태양의 속도)이다.  
 ㉠ 태양에서 관측한 A의 시선 속도가 0보다 작으므로 현재 태양과 A 사이의 거리는 감소하고 있다.  
 ㉣ 중성 수소 구름의 회전 속도가  $v$ , 시선 방향과 중성 수소 구름의 회전 방향이 이루는 각이  $\theta$ 일 때  $v \times \cos\theta$ 는 시선 방향으로의 중성 수소 구름의 속도이다. 태양에서 관측한 A의 시선 속도가  $-33 \text{ km/s}$ 이고 시선 방향으로의 중성 수소 구름의 속도가  $60 \text{ km/s}$ 이므로 시선 방향으로의 태양의 속도는  $93 \text{ km/s}$ 이다.  
 ㉤ 중성 수소 구름의 시선 속도는  $(v \times \cos\theta - 93 \text{ km/s})$ 인데,  $\theta$ 가 작을수록  $\cos\theta$ 의 값이 커지므로  $(v \times \cos\theta - 93 \text{ km/s})$ 의 절댓값은 A가 B보다 크다. 따라서 도플러 효과에 의한 중성 수소선의 파장 변화량도 A가 B보다 크다.

### 06 은하의 회전 속도 곡선

**예설** | 외부 은하의 회전 속도 곡선을 분석하면 외부 은하도 질량이 은하 중심에 집중되어 있지 않고, 은하 외곽에도 상당히 많은 질량이 분포하고 있음을 알 수 있다. A는 실제 회전 곡선이고, B는 은하 원반의 밝기로부터 추정된 속도 곡선이다.  
 ✕ 은하 외곽에서 은하 회전 속도가 거의 일정한 것으로 보아 은하의 질량이 중심부인 ㉠ 영역에 집중되어 있지 않음을 알 수 있다.  
 ㉣ ㉠ 영역에서는 은하 회전 속도가 은하 중심으로부터의 거리에 비례하여 증가하는 강제 회전을 하고 있다.  
 ㉤ 은하 외곽인 ㉣ 영역에서 은하의 실제 회전 속도가 은하 중심으로부터의 거리에 따라 감소하지 않고 거의 일정하게 유지되는 것은 전자기파를 방출하지 않아 광학적으로 관측되지는 않지만 질량을 가지는 미지의 물질인 암흑 물질 때문이다.



### 07 우리은하의 회전과 수소 구름의 분포

예설 | 21 cm 수소선의 세기는 중성 수소의 원자 수에 비례한다.

㉠ 은하 중심으로부터 A까지의 거리는 (태양의 궤도 반지름 × sin60°)이므로 4 kpc보다 크다.

✕ B의 시선 속도는 시선 방향으로의 B의 속도 ( $-\frac{1}{2}v$ )에서 시선 방향으로의 태양의 속도 ( $-\frac{\sqrt{3}}{2}v$ )를 뺀 값인  $\frac{\sqrt{3}-1}{2}v$ 로  $\frac{1}{2}v$ 보다 작다.

㉡ A의 시선 속도는  $\frac{\sqrt{3}-2}{2}v$ 로 (-)의 값을, B의 시선 속도는  $\frac{\sqrt{3}-1}{2}v$ 로 (+)의 값을 가지므로 21 cm 수소선의 상대 복사 세기는 A가 B보다 크다. 따라서 중성 수소의 양은 A가 B보다 많다.

### 08 은하단과 중력 렌즈 현상

예설 | 제임스웹 우주 망원경은 46억 광년 거리에 있는 SMACS 0723 은하단을 관측하여 은하단과 같은 방향에서 은하단보다 훨씬 멀리 위치하는 거의 우주 초기에 형성된 은하, 은하단 뒤에 위치하여 원래는 보이지 않아야 하나 은하단의 질량에 의한 중력 렌즈 현상으로 인해 일그러진 모양으로 관측되는 은하 등 다양한 은하들을 함께 관측하였다.

✕ 제임스웹 우주 망원경은 적외선 망원경이므로 원래 관측 영상은 색깔이 없으나 적외선 영역의 다양한 파장에서 관측한 영상을 합성하여 색깔이 있는 영상으로 만든 것이다.

㉠ 휘어진 원반 모양은 은하단의 질량에 의한 중력 렌즈 현상으로 은하의 모양이 일그러진 것이므로 ㉡의 천체들은 SMACS 0723보다 뒤에 위치한다.

✕ 중력 렌즈 현상에 의해 은하의 모양이 휘어진 방향을 보면 렌즈 역할을 한 은하단 질량의 중심은 영상 가운데의 밝고 뿌옇게 보이는 부분이다. 따라서 A는 은하단의 질량 중심 방향에서 약간 벗어난 위치에 있다.

## THEME 15

### 우주의 구조

#### 많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 116쪽

#### 정답 ③

예설 | 보통 물질의 밀도가 낮은 A 영역은 거대 공동에 해당하고, 보통 물질의 밀도가 높은 B 영역은 거대 가락이 교차하면서 은하들이 밀집되어 있는 곳에 해당한다.

㉠ A 영역은 거대 공동에 해당하고, B 영역은 거대 가락이 교차하는 곳에 해당한다.

㉡ 우주 전체 공간에서 은하가 차지하는 부분은 일부이고 대부분은 거대 공동이 차지하고 있으나 B와 같이 거대 가락이 교차하는 곳은 은하들의 밀도가 높다. 따라서 보통 물질의 평균 밀도는 B 영역이 우주 전체보다 크다.

✕ 대부분의 은하들은 거대 가락 구조를 따라 존재하므로 (나)와 같은 은하 집단은 우주에 고르게 분포하지 않는다. 은하들이 우주에 고르게 분포한다면 거대 공동은 존재할 수 없다.

#### 수능 2점 테스트

본문 117쪽

01 ②

02 ③

03 ③

04 ③

### 01 은하의 집단

예설 | 은하들은 독립적으로 존재하지 않고 다양한 규모의 집단을 이루고 있다. A는 은하단, B는 초은하단, C는 은하군이다.

✕ 우주에서 서로의 중력에 의해 묶여 있는 천체들 중 규모가 가장 큰 것은 은하단이다. 초은하단은 공간 규모가 매우 커서 초은하단을 이루는 각 은하단들은 서로 중력적으로 묶여 있지 않고 우주가 팽창함에 따라 흩어지고 있다.

㉠ 공간 규모는 초은하단 > 은하단 > 은하군 순이다.

✕ 은하단은 은하군보다 규모가 더 큰 은하들의 집단이지만 은하군(C)이 모여 은하단(A)을 이루는 것은 아니다.

### 02 국부 은하군

예설 | 우리은하를 포함하고 있는 은하군을 국부 은하군이라고 한다.

㉠ 우리은하와 안드로메다은하는 국부 은하군에서 질량이 가장 큰 은하로, 국부 은하군 전체 질량의 70% 이상을 차지하고 있어 두 은하 사이에 국부 은하군의 중심이 위치한다.

㉡ 은하군과 은하단에 속한 은하들은 서로 중력에 의해 묶여 있다.

✕ 은하단은 은하군보다 규모가 더 큰 은하들의 집단이지만 은하군이 모여 은하단을 이루는 것은 아니다. 국부 은하군은 처녀자리 은하단과 함께 처녀자리 초은하단에 속해 있다.

### 03 우주 거대 구조

예설 | 우주 거대 구조는 우주에서 가장 큰 구조로 거대 가락(필라멘트), 은하 장성, 거대 공동으로 이루어져 있다. A는 은하 장성, B는

거대 공동이다.

㉠ 은하 장성(A)은 초은하단보다 훨씬 거대한 규모로, 우주에서 볼 수 있는 가장 큰 규모의 구조이다.

✗ 우주 전체 공간에서 은하가 차지하는 부분은 일부이고, 대부분은 거대 공동이 차지하고 있다. 따라서 우주 전체에서 차지하는 부피는 거대 공동(B)이 은하 장성(A)보다 크다.

㉡ 초기 우주에 미세한 물질 분포의 차이가 있었는데, 이 물질 분포의 차가 우주 거대 구조를 형성하게 되었다. 즉, 밀도가 큰 곳은 중력의 영향으로 물질이 점점 모이게 되었고, 밀도가 작은 곳은 점점 더 비어 있는 공간으로 남게 되었다.

#### 04 우주 거대 구조

예설 | 우주 거대 구조에서 은하 장성은 은하들이 모여서 거대한 띠를 이루고 있는 구조이고, 거대 공동은 은하가 거의 분포하지 않는 공간이다. A는 슬론 은하 장성으로 길이는 약 14억 광년이고, 현재까지 발견된 가장 큰 구조이다. C는 CfA2 은하 장성이다. B는 거대 공동에 해당된다.

㉠ 암흑 물질은 빛을 방출하지 않아서 광학적으로 관측할 수는 없지만 질량을 가지고 있으므로 중력적으로 일반 물질을 끌어당긴다. 이로 인해 암흑 물질의 분포에 따라 은하 장성(A, C)과 같은 구조가 만들어진다. 은하가 거의 없는 거대 공동에는 암흑 물질이 거의 없다.

✗ 초은하단은 거대 가락이 교차하여 은하들의 밀도가 높은 부분에 분포한다. B는 거대 공동으로 은하들이 거의 분포하지 않으므로 초은하단이 발견될 수 없다.

㉡ 우리은하는 후퇴 속도가 0인 지점에 위치한다. A는 C보다 후퇴 속도가 크므로 우리은하로부터 더 멀리 있으며 더 빨리 멀어지고 있다.

#### 02 우주 거대 구조의 형성

예설 | 우주는 큰 구조 안에 작은 구조가 순차적으로 포함된 계층적 구조를 이루고 있으며, 우주 거대 구조는 암흑 물질에 의해 형성된 것으로 추정되고 있다.

㉠ 우주 공간에서 상대적으로 물질의 밀도가 큰 곳에서는 별과 은하가 형성되었고, 상대적으로 밀도가 작은 곳은 점점 빈 공간이 되어 현재의 거대 공동이 되었다. 따라서 A 영역은 거대 공동에 해당되고, B 영역은 은하들이 몰려 있는 거대 가락이 교차하는 곳에 해당된다.

✗ 우주 형성 초기에 물질 분포에 미세한 차이가 있었고, 시간이 지날수록 그 차이가 커지면서 우주 거대 구조가 형성되었다. 따라서 시간이 지날수록 물질의 분포는 점점 더 불균일해진다.

㉡ 우주 배경 복사 지도에 나타나는 미세한 온도 차이는 초기 우주의 물질 분포가 균일하지 않았음을 의미하고, 초기 우주의 물질 분포 차이가 현재와 같은 우주 거대 구조를 형성하였다. 따라서 A 영역과 B 영역의 밀도 차이는 우주 배경 복사의 미세한 온도 차이와 관련이 있다.

#### 수능 3점 테스트

본문 118쪽

01 ㉡

02 ㉤

#### 01 은하단과 우주 거대 구조

예설 | 은하단들은 서로 연결되어 우주에서 마치 거품의 표면을 따라 분포하는 것처럼 나타나고, 거품 내부에는 은하들이 거의 존재하지 않는다.

✗ 은하들의 집단으로 가장 큰 단위는 초은하단이다.

㉠ 우주 거대 구조는 은하들이 이루는 구조 중 우주에서 볼 수 있는 가장 큰 구조이다. 따라서 공간 규모는 (가)보다 (나)가 더 크다.

✗ (가)의 A 영역은 은하단 내에 있는 빈 공간이고, (나)의 B 영역은 우주 거대 구조에서 은하가 거의 없는 공간인 거대 공동의 일부이다. A를 포함한 은하단은 우주 거대 구조에서 거대 공동보다는 거대 가락과 관련이 있으므로 (가)의 A 영역은 (나)의 B 영역에 속하지 않는다.

실전 모의고사 1회

본문 120~124쪽

01 ③	02 ③	03 ①	04 ⑤	05 ②
06 ④	07 ①	08 ③	09 ①	10 ③
11 ⑤	12 ④	13 ⑤	14 ②	15 ①
16 ③	17 ⑤	18 ②	19 ①	20 ④

01 지진파와 PS시

예설 | 지진파 중에서 P파는 S파보다 속력이 빠르고 진폭이 작다. 지진 관측소에 P파와 S파가 최초로 도착하는 시간 차를 PS시라고 하며, PS시는 진원 거리와 비례한다.

㉠ 지진 발생 후 관측소에 가장 먼저 도달하는 지진파는 속도가 가장 빠른 P파이다. P파는 종파이다.

✕. (나)에서 직선의 기울기는  $\frac{PS시}{P파 도착 시간} = \frac{2}{3}$ 이다.

$$\frac{PS시}{P파 도착 시간} = \frac{S파 도착 시간 - P파 도착 시간}{P파 도착 시간} = \frac{S파 도착 시간}{P파 도착 시간} - 1$$

$$-1 = \frac{\frac{진원 거리}{S파 속도}}{\frac{진원 거리}{P파 속도}} - 1 = \frac{P파 속도}{S파 속도} - 1 = \frac{2}{3}$$

이므로,  $\frac{P파 속도}{S파 속도} = \frac{5}{3}$

이다. 따라서 이 지진의 P파 속력은 S파 속력의 약 1.67배이므로 2배보다 느리다.

㉡ A에 P파가 도착한 시각은 9<sup>h</sup>13<sup>m</sup>04<sup>s</sup>이므로, 경보가 발령된 시각은 9<sup>h</sup>13<sup>m</sup>06<sup>s</sup>이다. 한편 B에 P파가 도착한 시각은 9<sup>h</sup>13<sup>m</sup>07<sup>s</sup>이고, PS시가 4초이므로 S파가 도착한 시각은 9<sup>h</sup>13<sup>m</sup>11<sup>s</sup>이다. 따라서 B에는 경보 발령 후 5초가 지나서 S파가 도착한다.

02 지구 자기 요소

예설 | 지구 자기장의 방향과 세기는 수평 자기력, 복각, 편각으로 나타낼 수 있다. 편각은 지구 자기장의 수평 성분 방향과 진북 방향이 이루는 각이며, 복각은 지구 자기장의 방향이 수평면에 대하여 기울어진 각이다.

㉠ A 지점은 우리나라보다 저위도에 위치하므로 복각이 작다. 전 자기력 방향과 연직 자기력 방향이 이루는 각과 복각을 더하면 90°가 되므로, A 지점은 우리나라보다 전 자기력 방향과 연직 자기력 방향이 이루는 각이 크다.

㉡ A 지점은 편각이 0°이므로 나침반 자침의 N극이 향하는 자북과 진북이 같은 방향이다.

✕. B 지점은 자남극이 위치하는 곳이므로 복각은 -90°이다.

03 지각 열류량

예설 | 지각 열류량은 지각에 포함된 방사성 동위 원소의 붕괴열과 맨틀 대류에 의해 지구 내부에서 지표면으로 방출되는 열에너지 등에 의해 결정된다.

㉠ A와 B 중에서 지각 열류량이 많은 A는 해령, 지각 열류량이 적은 B는 해구이다. 따라서 A에서는 해양 지각이 생성되고, B에서는 해양 지각이 섭입한다.

✕. 순상지는 대륙 지각 중에서 선캄브리아 시대부터 분포한 가장 오래된 지역이며, 조산대는 고생대 이후 대규모 습곡 작용으로 형성된 지역이다. 화산대는 대체로 신생대 이후에 형성된 지역이 많다. 따라서 대륙에서는 최근에 형성된 지역일수록 지각 열류량이 대체로 많다.

✕. 지각의 부피와 단위 부피의 암석에 포함된 방사성 동위 원소의 방출 열량을 곱한 값이 지각에서 방사성 동위 원소의 붕괴로 발생하는 에너지의 총량이며, 해양 지각보다 대륙 지각에서 큰 값으로 나타난다. 하지만 평균 지각 열류량은 해양이 대륙보다 많은데, 이는 맨틀 대류에 의해 지표면으로 방출되는 지구 내부 에너지가 대륙 지각보다 해양 지각에서 상대적으로 더 많기 때문이다.

04 해양 에너지 자원

예설 | 해양 에너지를 이용한 발전 방식에는 밀물과 썰물 현상을 이용한 조력 발전과 조류 발전, 파도의 힘을 이용한 파력 발전 등이 있다.

㉠ A는 바람의 영향을 많이 받는 파력 발전이다. 파도는 바람에 의해 형성되며, 바람은 지표면의 온도 차이에 따른 기압 차이에 의해 발생하므로 파력 발전의 근원 에너지는 태양 복사 에너지이다.

㉡ 밀물과 썰물 현상을 이용한 발전 방식 중에서 주로 조류의 운동 에너지를 이용하는 것은 조류 발전(C), 조차에 의한 위치 에너지를 직접 이용하는 것은 조력 발전(B)이다. 따라서 B는 조차가 큰 지역일수록 더 적합하다.

㉢ 조력 발전(B)은 조차가 큰 연안에 방조제를 만들어 물을 가두었다가 발전에 활용하므로 조류의 흐름을 이용하는 조류 발전(C)보다 갯벌과 같은 연안의 해양 생태계에 미치는 영향이 크다.

05 한반도의 지질

예설 | A는 경기 육괴, B는 대보 화강암, C는 태백산 분지, D는 경상 분지이다.

✕. A는 선캄브리아 시대의 변성암으로 이루어진 경기 육괴이며, A~D 중 가장 오래 전에 생성되었다.

✕. B는 중생대의 대보 조산 운동 시기에 생성된 화강암이다. 화강암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되어 생성된 심성암에 해당한다.

㉡ (나)에서 ㉠은 신생대, ㉡은 고생대, ㉢은 중생대이며, C의 태백산 분지는 고생대, D의 경상 분지는 중생대에 생성된 퇴적암으로 이루어져 있다. 따라서 C에서는 ㉡, D에서는 ㉢ 시대의 화석이 발견될 수 있다.

06 변성 작용과 변성암

예설 | 변성 작용에는 마그마가 관입할 때 주로 열에 의해 발생하는 접촉 변성 작용과 조산 운동과 같이 압력이 우세하게 작용할 때 발생하는 광역 변성 작용이 있다.

✕. (나)는 셰일에서 암석 A를 거쳐 편마암이 생성된 것으로 보아 광역 변성 작용이다. 마그마의 열에 의해 일어나는 접촉 변성 작용은 (가)이다.

㉡ 암석 A는 셰일이 압력을 받아 편마암이 생성되는 중간 단계이므로 광물 입자의 평균 크기는 편마암보다 작다.

㉔. 세일이 압력을 받아 편마암이 생성되는 광역 변성 작용은 조산 운동으로 습곡 산맥이 형성되는 지역에서 잘 나타난다.

## 07 지형류 평형

**예설** | 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루면서 형성되며, 단위 질량당 작용하는 수압 경도력과 전향력을 고려하면,  $g \frac{\Delta z}{\Delta x} = 2v\Omega \sin\varphi$  ( $g$ : 중력 가속도,  $\Delta z$ : 해수면 높이 차,  $\Delta x$ : 수평 거리,  $v$ : 유속,  $\Omega$ : 지구 자전 각속도,  $\varphi$ : 위도)이다.

㉕. 해저면의 수압이 일정할 때  $\rho_1 \times 1.4 \text{ m} + \rho_1 \times \Delta H = \rho_2 \times \Delta H$  가 성립하므로  $\Delta H = \frac{\rho_1 \times 1.4 \text{ m}}{\rho_2 - \rho_1}$  이다.

따라서  $\Delta H = \frac{1.010 \text{ g/cm}^3 \times 1.4 \text{ m}}{1.024 \text{ g/cm}^3 - 1.010 \text{ g/cm}^3}$  이므로,  $\Delta H = 101 \text{ m}$  이다.

✕. 해수면 경사가 동쪽에서 서쪽으로 기울어졌으므로 수압 경도력은 서쪽으로 작용하며, 북반구에서 지형류는 수압 경도력이 작용하는 방향의 오른쪽 90° 방향으로 형성된다. 따라서 A 지점에서 지형류는 북쪽으로 흐르며, 전향력은 지형류에 대하여 오른쪽 90° 방향으로 작용한다.

✕. A 지점은 B 지점과 위도가 같지만 수압 경도력이 크기 때문에 지형류 평형이 이루어진 상태라면 전향력이 크다. 전향력은 유속에 비례하므로 지형류의 유속은 A 지점이 B 지점보다 빠르다.

## 08 폭풍 해일

**예설** | 폭풍 해일은 태풍이 지나갈 때 강한 저기압과 바람에 의해 해수면이 높아지면서 발생한다. 또한 만조 시기와 겹치면 해수면의 상승 폭이 더욱 커진다.

㉕.  $t_1$ 은 간조에서 만조로 바뀌는 시간대이므로 밀물이 나타난다.

㉖. 해안 주변 지역의 평균 기압이 1010 hPa이고, 태풍의 중심 기압이 970 hPa이라면 40 hPa의 기압 차로 인해 해수면이 상승한다. 1기압(약 1013 hPa)의 대기압은 약 10 m의 물기둥과 맞먹는 압력이므로 40 hPa의 기압 차로 인한 해수면 상승은 약 40 cm이다. 따라서  $t_2$  일 때 태풍에 의한 해수면 변화가 60 cm보다 작으므로  $\frac{\text{태풍의 중심과 주변의 기압 차에 의한 해수면 변화량}}{\text{태풍에 의한 해수면 변화량}}$  은 0.5보다 크다.

✕. 관측 기간 동안 해수면의 높이 변화는 태풍에 의한 변화와 조석에 의한 변화를 함께 고려해야 한다.  $t_2$ 는 태풍에 의한 해수면 변화가 가장 큰 시기이지만 조석에 의한 변화는 비교적 작은 시기이다. 따라서  $t_2$ 는 관측 기간 동안 해수면이 가장 높은 시기가 아니다. 조석에 의한 해수면 변화와 태풍에 의한 해수면 변화를 합쳤을 때 해수면 높이 변화가 가장 크게 나타나는 시기는 20시 무렵이다.

## 09 심해파와 천해파

**예설** | 심해파의 속력은 해파의 파장에 의해 결정되고, 천해파의 속력은 해파가 지나가는 해역의 수심에 의해 결정된다.

✕. 천해파의 속력은 수심의 제곱근에 비례하므로 해안 가까이 올수록 느려진다.

㉕. 해파의 파장이 같다면 심해파일 때가 천해파일 때보다 속력이 빠르다. 천해파는 해저면의 마찰에 의해 에너지 손실이 일어나므로 해저면의 영향을 받지 않는 심해파에 비해 속력이 느리다.

✕. 파장이 100 m인 해파가 수심이 70 m인 해역을 지날 때는 심해파이다. 하지만 그림 (나)와 같이 물 입자가 타원 운동을 하는 해파는 천해파이다.

## 10 대기의 안정도

**예설** | 기온 감률이 건조 단열 감률보다 클 때는 절대 불안정이며, 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작고 습윤 단열 감률보다 클 때는 조건부 불안정이고, 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작을 때는 절대 안정이다.

㉕. 지표면에서 높이 1.0 km에 해당하는 구간에서 기온 감률은 15 °C/km이며, 건조 단열 감률(10 °C/km)보다 크므로 기층의 안정도는 절대 불안정이다.

✕. 공기 덩어리 A의 상승 응결 고도는 1 km이므로 지표면에서 강제로 단열 상승시키면 높이 1 km에서 응결이 시작된다. 이후 습윤 단열 감률을 따라 기온이 변화하면 높이 1.5 km 지점에서는 주변 공기보다 기온이 높다. 따라서 높이 1.5 km까지 강제로 상승시킨 공기 덩어리 A는 자발적으로 상승한다.

㉖. 공기 덩어리 B의 상승 응결 고도는 1.5 km이며, 구름이 생성된 이후 자발적으로 상승이 가능한 높이는 2.5 km보다 높다. 따라서 구름의 두께는 1 km보다 두껍다.

## 11 편

**예설** | 산을 넘는 공기 덩어리가 상승 응결 고도에 도달하여 구름이 생기고, 응결한 수증기가 모두 비가 되어 내린다면 산 정상에 넘어 반대편으로 이동한 공기는 고온 건조해진다.

㉕. (가)에서 B에 도착한 공기 덩어리 ㉕은 산 정상에서 2000 m를 내려오면서 건조 단열 감률을 따라 기온이 상승하여 30 °C가 되었으므로, 산 정상에서 기온은 10 °C이다. 공기 덩어리 ㉕의 상승 응결 고도인 1000 m 지점에서 산 정상인 2000 m까지 상승하며 습윤 단열 감률을 따라 기온이 변화하여 산 정상에서 기온이 10 °C가 되었다면, 상승 응결 고도에서 기온은 15 °C이다. 한편 A 지점에서 상승 응결 고도까지 1000 m를 상승하는 동안에는 건조 단열 감률을 따라 기온이 변화하므로 A 지점에서 공기 덩어리 ㉕의 기온은 25 °C이다.

㉖. (나)에서 A에 도착한 공기 덩어리 ㉖은 산 정상에서 2000 m를 내려오면서 이슬점 감률을 따라 이슬점이 상승하여 12 °C가 되었으므로, 산 정상에서 이슬점은 8 °C이다. 공기 덩어리 ㉖의 상승 응결 고도인 1000 m 지점에서 산 정상인 2000 m까지 포화 상태이므로 이슬점이 습윤 단열 감률을 따라 변화하여 산 정상에서 8 °C가 되었다면, 상승 응결 고도에서 이슬점은 13 °C이다. B 지점에서 상승 응결 고도까지 1000 m를 상승하는 동안에는 이슬점 감률을 따라 이슬점이 변화하므로 B 지점에서 공기 덩어리 ㉖의 이슬점은 15 °C이며, 기온은 23 °C이다.

㉗. 산 정상에서 공기 덩어리 ㉗과 ㉘은 포화 상태이므로 이슬점은 기온과 같다. 따라서 산 정상에서 공기 덩어리 ㉗의 이슬점은 10 °C이고, ㉘은 8 °C이다.

## 12 경도풍과 지상풍

**예설** | 경도풍은 지표면의 마찰력이 작용하지 않는 상층에서 부는 바람이며, 지상풍은 지표면의 마찰력이 작용하는 높이 1 km 이하에서 부는 바람이다.

✗ 북반구에서 (가)와 같이 저기압이 분포하는 곳은 시계 반대 방향 (㉠)으로 바람이 불며, (나)와 같이 고기압이 분포하는 곳은 시계 방향 (㉡)으로 바람이 분다.

㉠ (나)에서는 고기압성 경도풍이 불고 있으므로 전향력이 기압 경도력보다 크고, (전향력 - 기압 경도력)이 구심력으로 작용한다.

㉡ (다)는 (나)와 위도가 같은 지역이므로 풍속이 같다면 바람에 작용하는 전향력이 서로 같다. 또한 (다)는 지상풍이므로 기압 경도력은 마찰력과 전향력의 합과 같고, 공기의 밀도는 (나)보다 크다. 따라서 (다)는 (나)보다 기압 경도력이 크지만 기압 차는 같으므로 등압선 사이의 간격이 좁다.

## 13 대기 순환 규모

**예설** | 대기 순환 규모는 공간 규모와 시간 규모에 따라 구분한다.

㉠ 토네이도는 발생 이후 지속 시간이 수 분에서 수 시간 이내이므로 B에 해당한다.

㉡ 대기 순환 규모가 클수록 지구 자전의 영향을 크게 받는다. 따라서 A보다 C에서 지구 자전의 효과가 크게 나타난다.

㉢ 토네이도는 수평 규모보다 수직 규모가 크며, 태풍은 수직 규모보다 수평 규모가 크다. 따라서 대기 순환의 수직 규모는 (나)가 태풍보다 크다.

## 14 편서풍 파동

**예설** | 편서풍 파동의 기압골 동쪽 지상에서는 저기압이, 서쪽 지상에서는 고기압이 형성된다.

✗ 서울에서 500 hPa 등압면의 경사는 (나)가 (가)보다 크다. 따라서 (나)가 (가)보다 서울에서 500 hPa 등압면의 기압 경도력이 크다.

㉠ (나)에서 우리나라 상공 서쪽에 편서풍 파동의 기압골이 형성되었으므로, (나) 이후 우리나라 상공으로 기압골이 통과할 것이다.

✗ A는 편서풍 파동의 기압골 서쪽에 위치하므로 상층에서 공기의 수렴이 일어난다. 따라서 A의 지상에서는 하강 기류와 함께 고기압이 발달한다.

## 15 별의 일주 운동과 좌표계

**예설** | 북쪽 하늘의 별은 천구의 북극을 중심으로 시계 반대 방향으로 1시간당 15°씩 일주 운동을 하며, 시간권은 천구의 북극과 남극을 지나며 천구의 적도와 수직을 이루는 천구상의 대원이다.

㉠ 위도가 50°N인 지역에서 천구의 북극의 고도는 50°이므로 천구의 북극에서 10° 떨어진 별 A의 적위는 +80°이고, 천구의 북극에서 5° 떨어진 별 B의 적위는 +85°이다.

✗ 천구의 북극이 별 A와 B 사이에 위치하므로 천구의 북극에서 별 A를 지나가는 시간권이 천구의 적도와 만나는 지점과 천구의 북극에서 별 B를 지나가는 시간권이 천구의 적도와 만나는 지점은 천구상에서

서로 반대이다. 따라서 A와 B의 적경은 서로 다르다.

✗ 북쪽 하늘의 별은 천구의 북극을 기준으로 시계 반대 방향으로 일주 운동하므로 6시간이 지난 후 A는 천구의 북극을 기준으로 서쪽에, B는 동쪽에 위치한다. 따라서 6시간이 지난 후 방위각은 A가 B보다 크다.

## 16 태양의 남중 고도와 일주권

**예설** | C는 태양의 남중 고도이고, A는 태양의 적위이다. B는 관측 지역의 위도( $\phi$ )와 같다.

㉠ 천체의 남중 고도( $h$ )는  $h = 90^\circ - \text{위도} + \text{적위}$ 이므로,  $C = 90^\circ - B + A$ 이다. 따라서  $A = B + C - 90^\circ$ 이다.

㉡ 이날 태양의 적위가 (+)이므로 낮이 밤보다 길다. 낮과 밤의 길이가 같을 때 태양이 지는 지점의 방위각이 270°이므로, 이날 태양이 질 때의 방위각은 270°보다 크다.

✗ 일주권은 천구의 적도와 나란하므로 일주권이 지평면과 이루는 각은 천구의 적도와 지평면이 이루는 각( $= C - A$ )과 같다.

## 17 행성의 시운동

**예설** | 행성의 겉보기 등급은 지구와 행성 사이의 거리와 행성이 햇빛을 반사하는 면적에 의해 결정된다. 겉보기 등급의 변화 주기가 짧은 C가 수성이며, 겉보기 등급의 변화 폭이 큰 B가 화성, 나머지 A가 목성이다.

㉠ 5월 초에 A(목성)는 겉보기 등급이 가장 작으므로 충 부근에 위치한다. 따라서 행성의 겉보기 운동은 역행이 일어나는 시기이므로, 적경은 감소한다.

㉡ 8월 초에 C(수성)는 겉보기 등급이 커서 어둡게 보이므로 내함 부근에 위치하고, B(화성)는 겉보기 등급이 작아서 밝게 보이므로 충 부근에 위치한다. 8월 초에 태양의 적위는 (+)이므로, 지구를 기준으로 태양 방향에 위치하는 C의 적위는 (+)이고 태양의 반대 방향에 위치하는 B의 적위는 (-)이다. 따라서 적위는 C가 B보다 크다.

㉢ 내행성 중에서 수성은 회합 주기가 1년보다 짧고, 외행성 중에서는 지구와 가장 가까운 화성(B)이 회합 주기가 가장 길다.

## 18 색등급도와 주계열 맞추기

**예설** | 성단을 구성하는 별들의 색지수와 겉보기 등급 사이의 관계를 표준 주계열성과 비교하면 성단까지의 거리를 알아낼 수 있다.

✗ (나)의 성단은 대부분 주계열성으로 이루어져 있으며 거성 이후 단계의 별이 거의 나타나지 않는 것으로 보아 산개 성단에 해당한다.

㉠ (나)에서 색지수가 0에 해당하는 별의 겉보기 등급( $m$ )이 약 7이며, (가)에서 색지수가 0에 해당하는 별의 절대 등급( $M$ )은 거의 0이다. 등급의 차이가 5보다 크므로 성단의 거리 지수( $m - M$ )가 5보다 크다. 따라서 (나)의 성단은 태양에서 100 pc보다 멀리 떨어져 있다.

✗ (나)에서 전향점에 위치하는 별의 겉보기 등급은 약 5이다. 성단의 거리가 100 pc보다 멀리 떨어져 있으므로 전향점에 위치하는 별의 겉보기 등급과 절대 등급의 차이는 5보다 크다. 따라서 전향점에 위치하는 별의 절대 등급은 0보다 작다.

## 19 성간 소광

**예설** | 성간 티끌에 의해 별빛이 산란되거나 흡수되어 실제보다 어둡게 보이는 현상을 성간 소광이라 하며, 이 과정에서 파란빛이 붉은빛보다 더 많이 산란되어 별빛이 실제보다 붉게 보이는 현상을 성간 적색화라고 한다.

㉠ 은하 중심 방향에 위치한 ㉡은 ㉠보다 성간 소광이 더 많이 일어난다. 따라서 A는 ㉠, B는 ㉡을 관측한 결과이다.

✗ ㉠과 ㉡은 절대 등급이 같고 태양으로부터의 거리가 같으므로 겉보기 등급이 같아야 하지만, ㉡이 ㉠보다 성간 소광이 더 많이 일어나기 때문에 더 어둡게 보인다. 따라서 겉보기 등급은 ㉡이 ㉠보다 크다.

✗ 거리 지수는 겉보기 등급에서 절대 등급을 뺀 값이므로, 성간 소광이 많이 일어나는 ㉡은 거리 지수가 실제보다 더 커진다. 따라서 거리 지수를 이용하면 ㉡은 실제 거리보다 더 멀리 위치하는 것으로 계산된다.

## 20 우주 거대 구조

**예설** | 우주 거대 구조에서 은하 장성은 은하들이 모여서 거대한 띠를 이루고 있는 구조이고, 거대 공동은 은하가 거의 분포하지 않는 공간이다.

㉠ 우주에서 은하는 고르게 분포하는 것이 아니라 일부 지역에 밀집하여 존재한다. A~D 중에서 은하가 가장 밀집된 곳은 A이다.

✗ 암흑 물질은 전자기파와 상호 작용하지 않지만, 질량을 가지고 있어서 다른 물질을 끌어당길 수 있다. 따라서 D와 같이 은하가 거의 분포하지 않는 거대 공동보다 A와 같이 은하가 밀집된 곳에 암흑 물질도 더 많이 분포한다.

㉡ 빅뱅 직후 초기 우주의 질량 분포는 미세한 불균일 상태였으며, 이로 인해 물질이 상대적으로 많이 모인 곳에서 별과 은하가 생성되어 오늘날의 우주 거대 구조 형성에 큰 영향을 주었다.

### 실전 모의고사 2회

본문 125~129쪽

01 ㉢	02 ㉤	03 ㉠	04 ㉢	05 ㉢
06 ㉣	07 ㉢	08 ㉡	09 ㉠	10 ㉡
11 ㉠	12 ㉡	13 ㉤	14 ㉤	15 ㉢
16 ㉠	17 ㉡	18 ㉢	19 ㉣	20 ㉤

## 01 진원 거리와 PS시

**예설** | P파와 S파의 도달 시간의 차가 PS시이며, 진원으로부터의 거리가 멀수록 PS시가 길어진다. 그림에서 X는 P파, Y는 S파이다.

㉠ 그림에서 진원 거리가 1000 km일 때, X의 도달 시간은 2분보다 짧고, Y의 도달 시간은 약 4분이므로,  $\frac{X의 속도}{Y의 속도}$ 는 2보다 크다.

✗ 진원 거리는 PS시가 클수록 멀기 때문에, PS시가 큰 A가 PS시가 작은 B보다 멀다.

㉡ A 지역의 PS시는 6분이다. 그림에서 P파(X)와 S파(Y)의 도달 시간의 차가 6분이 되는 진원 거리는 2000 km와 3000 km 사이에 있다. 따라서 이 진원 거리에 대한 X의 최초 도달 시간은 3분보다 길고 5분보다 짧다.

## 02 중력 이상

**예설** | 중력은 측정 지점의 해발 고도, 지형의 기복, 지하 물질의 밀도 등에 따라 달라지는데, 관측된 실측 중력과 이론적으로 구한 표준 중력의 차를 중력 이상이라고 한다. 해발 고도와 지형의 기복 등의 영향을 보정한 중력 이상으로 지하 물질의 밀도와 분포를 알 수 있다.

㉠ 표준 중력은 지구를 밀도가 균일한 회전 타원체로 가정하여 이론적으로 계산한 중력값으로 적도에서 고위도로 갈수록 크다. 따라서 A 지점은 B 지점보다 위도가 높으므로 표준 중력은 A 지점이 B 지점보다 크다.

㉡ 중력 이상은 실측 중력에서 표준 중력을 뺀 값(=실측 중력-표준 중력)으로, 부호가 (+)이면 실측 중력이 표준 중력보다 크고, 부호가 (-)이면 실측 중력이 표준 중력보다 작다. A 지점은 중력 이상 값이 (+)이므로 실측 중력이 표준 중력보다 크고, B 지점과 C 지점은 중력 이상 값이 (-)이므로 실측 중력이 표준 중력보다 작다.

㉢ 중력 이상 값이 (-)인 지점은 지하 내부에 밀도가 작은 물질이 있다. B와 C는 모두 중력 이상 값이 (-)인 지점이나, B 지점이 C 지점보다 중력 이상 값이 크므로 지하 내부 물질의 평균 밀도는 B 지점이 C 지점보다 크다.

## 03 광물의 분류

**예설** | 규산염 광물은 1개의 규소와 4개의 산소가 결합된  $SiO_4$  사면체를 기본 단위로 하며,  $SiO_4$  사면체 결합 구조가 다른 이온과 결합하여 이루어진 광물이다. 비규산염 광물은 규산염을 제외한 원소 광물, 산화 광물, 황화 광물, 탄산염 광물 등을 말한다.

㉠ A는 방해석, B는 석영, C는 각섬석이다. 방해석은 세 방향의 쪼개짐이 있다.

✗ 석영의  $SiO_4$  사면체 결합 구조는 망상형이다.

✗ 복사슬 구조를 가지는 각섬석은  $\frac{Si 원자 수}{O 원자 수} = \frac{4}{11}$ 이다.

Si 원자 수 / O 원자 수 = 2/5 를 가지는 광물은 흑운모이다.

### 04 편광 현미경 관찰

**예설** | 편광 현미경에서 상부 편광판을 뺀 상태를 개방 니콜, 상부 편광판을 넣은 상태를 직교 니콜이라고 한다. 개방 니콜로 관찰하면 다색성을, 직교 니콜로 관찰하면 간섭색과 소광 현상을 관찰할 수 있다.

㉠ (가)는 다색성으로, 개방 니콜에서 재물대를 회전시키면서 관찰할 때 나타나는 색깔 변화이다. 상부 니콜을 뺀 개방 니콜에서 유색의 광학적 이방체 광물 박편을 재물대 위에 놓고 회전시키면, 방향에 따라 광물이 빛을 흡수하는 정도가 달라져 광물의 색과 밝기가 변하는 현상이 나타나는데 이를 다색성이라고 한다.

✕ A는 (가)와 같이 개방 니콜에서는 다색성이 나타나고, (나)와 같이 직교 니콜에서는 간섭색이 나타난다. 이렇게 다색성과 간섭색이 모두 나타나는 광물은 유색의 광학적 이방체이다.

㉡ (나)를 관찰하던 상태는 직교 니콜 상태이다. 직교 니콜 상태에서 광학적 이방체 광물 박편을 재물대 위에 놓고 회전시키면 간섭색이 변하는데, 어느 각도에서는 빛이 통과하지 않아 어둡게 보이는 소광 현상이 일어난다. 소광 현상은 90°마다 일어나, 재물대를 한 바퀴 회전시킬 때 4번의 소광 현상이 일어난다.

### 05 광물 자원

**예설** | 광물 자원은 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원이 있다.

㉠ 풍화 잔류 광상은 기존의 암석이 풍화 작용을 받은 후 풍화의 산물이 그 자리에 남아서 만들어진 광상이다. 고령토는 주로 정장석이 풍화되어 형성된 퇴적 광상 중 풍화 잔류 광상에서 산출된다.

㉡ 고령토는 비금속 광물이고, 주석은 금속 광물이다. 금속 광물은 비금속 광물에 비해 전기와 열을 잘 전달한다. 따라서 주석은 고령토보다 전기와 열을 잘 전달한다.

✕ 금속 광물인 주석은 제련 과정을 거쳐 추출하고, 비금속 광물인 고령토는 제련 과정이 아니라 분쇄 과정을 거쳐 이용한다.

### 06 해양 에너지를 이용한 발전 방식

**예설** | 파력 발전은 파도의 운동 에너지를 이용하며, 조류 발전은 조석 현상으로 일어나는 조류의 흐름을 이용한다.

㉠ (가)는 조류 발전이다. 조류 발전은 조석 현상으로 일어나는 조류의 흐름을 이용하므로 조력 에너지를 이용한다.

㉡ (나)의 공기실로 파도가 밀려 들어가서 물의 높이가 높아지면 공기실의 공기가 압축되어 밖으로 이동하면서 터빈을 돌려 발전을 한다.

✕ (가)는 조석에 의해 발생하는 조류를 이용하는 것으로 조류의 속력이 큰 곳이 유리하며, (나)는 바람에 의해 생기는 파도의 상하좌우 운동을 이용하는 것으로 강한 파도가 발생하는 곳이 유리하다.

### 07 지질 단면도

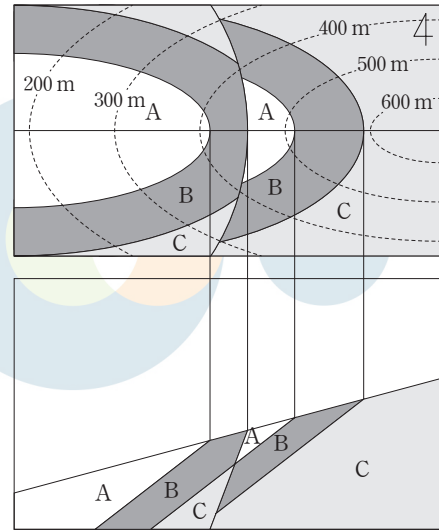
**예설** | 지질도에서 A와 B가 반복적으로 나타나고 있으므로 이 지역에는 단층이 형성되어 있다.

㉠ 주향선은 지층 경계선이 같은 고도의 등고선과 만나는 두 지점을

연결한 직선이다. A층의 경계와 점선으로 된 등고선을 연결하는 직선은 남북 방향을 가리키므로 주향은 NS이다.

㉡ 상반의 먼저 생긴 B가 하반의 나중에 생긴 A와 맞닿아 있는 것으로 보아 이 지역에 형성되어 있는 단층은 역단층이다.

✕ 지층의 생성 순서는 C → B → A이다.



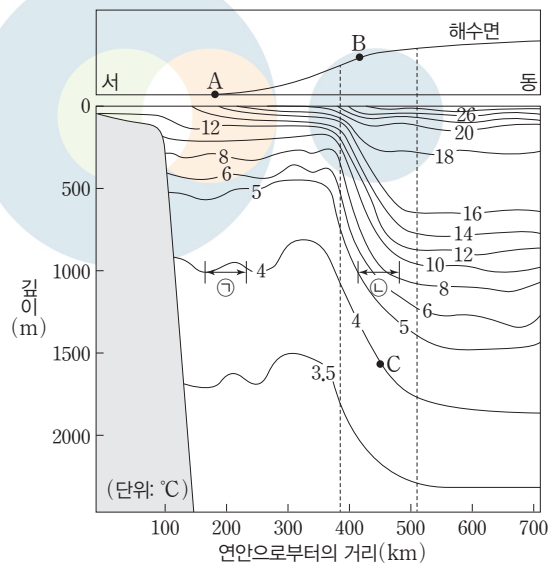
### 08 지형류

**예설** | 수온 약층이 아래로 경사지면 해수면이 높게 나타난다. 수온 약층의 경사와 해수면의 경사는 서로 상반되는 관계가 있다.

✕ A 지점 아래에서 수온 약층의 경사는 거의 나타나지 않고, B 지점 아래에서 수온 약층의 경사가 급하게 나타나므로 해수면은 B 지점이 A 지점보다 높다.

✕ 수온의 수평 변화는 구간 ㉠에서는 4°C 내외이지만, 구간 ㉡에서는 약 5~9°C로 ㉠이 ㉡보다 작다. 수온에 의한 밀도 분포만을 고려하므로, 수온의 수평 변화가 작은 ㉠이 밀도의 수평 변화도 작다. 따라서 밀도의 수평 변화는 ㉠이 ㉡보다 작다.

㉢ C 지점에서 등수온면의 기울기가 기울어져 있는 것으로 보아 등밀도면의 기울기도 기울어져 있다. 따라서 수평 방향의 수압 경도력이 작용하여 지형류가 흐른다. C 지점에서 해수는 동에서 서로 낮아지므로 수압 경도력은 서쪽으로 작용하며 C 지점에서 지형류는 남쪽에서 북쪽으로 흐른다.



## 09 해파의 굴절

**예설** | 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$  보다 얇은 곳에서 진행할 때의 해파를 천해 파라고 한다. 천해파의 속력은 수심의 제곱근에 비례한다. 따라서 천해파가 해안에 접근할 때 수심이 먼저 얇아지는 곳에서부터 해파의 속력이 느려지므로 해파는 수심이 얇은 쪽으로 굴절이 일어난다.

㉠ 천해파인 해파가 해안에 접근할 때 A의 동쪽보다 서쪽이 먼저 수심이 얇아지므로 서쪽의 속력이 느려져 해파는 A에서 남서쪽으로 진행한다.

✗ 이 해파는 수심 8 m에서 파장이 300 m이므로 천해파이고, 천해파의 전파 속력은  $\sqrt{\text{수심}}$ 에 비례한다. A의 수심은 4 m, B의 수심은 2 m이므로 해파의 전파 속력은 A가 B의  $\sqrt{2}$ 배이다.

✗ C에서는 에너지가 집중되므로 침식 작용이 우세하게 나타난다.

## 10 사리와 조금

**예설** | 사리(대조)는 달의 위상이 삭이나 망일 때로 달과 태양이 나란하게 위치하여 두 천체의 기조력이 합쳐져서 조차가 최대가 되는 시기이다. 조금(소조)은 달의 위상이 상현이나 하현일 때로 달과 태양이 수직으로 위치하여 두 천체의 기조력이 분산되어 조차가 최소가 되는 시기이다.

✗ 이 지역은 하루에 대략 두 번의 만조와 두 번의 간조가 나타난다.

✗ 13일은 조차가 최대인 사리(대조)이다. 사리는 달과 태양이 나란하게 위치하여 두 천체의 기조력이 합쳐질 때 나타난다.

㉠ ㉠과 ㉡은 연속되는 만조의 높이로, 연속되는 만조의 높이가 다른 주된 이유는 달의 공전 궤도가 지구의 적도와 약  $23.5^\circ \pm 5^\circ$  기울어져 있기 때문에 달의 위치에 따라서 해수면이 부풀어 오르는 방향이 달라지기 때문이다.

## 11 기층의 안정도와 구름의 생성

**예설** | 불포화 상태의 공기는 단열 상승하면 건조 단열선을 따라 기온이 낮아지고, 상승 응결 고도에 이르면 응결이 일어나서 구름이 생성된다. 구름이 생성된 이후부터 공기는 포화가 되어 기온선과 만날 때까지 습윤 단열선을 따라 기온이 낮아진다.

㉠ 기온과 이슬점 차가 작을수록 상대 습도는 높다. 따라서 높이 4 km가 지표보다 상대 습도가 높다.

✗ 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으면 절대 안정, 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 절대 불안정, 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 크고 건조 단열 감률보다 작으면 조건부 (불)안정이다. 높이 2.5~4 km 사이의 구간은 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 크고 건조 단열 감률보다 작다. 그러나 기온 곡선과 이슬점 곡선을 통해 이 기층은 불포화 상태임을 알 수 있으므로, 이 기층의 대기 안정도는 안정이다.

✗ 기온과 이슬점이 각각  $24^\circ\text{C}$ 와  $14^\circ\text{C}$ 인 공기 덩어리의 상승 응결 고도는 1250 m이다. 따라서 A를 높이 1.3 km까지 강제 상승시키면 높이 1250 m에서 응결이 일어난다. 이후 공기 덩어리의 기온은 주위 공기의 기온보다 높아 스스로 상승하여 습윤 단열선을 따라 기온이 낮아지다가 높이 2 km보다 낮은 높이에서 기온선을 만나 더 이상 상승하지 못한다. 따라서 구름의 두께는 1 km보다 얇다.

## 12 편서풍

**예설** | 상공에서 등압면은 저위도에서 고위도 쪽을 향해 아래로 기울어져 있고, 이에 따라 기압 경도력은 저위도에서 고위도로 작용한다. 700 hPa 등압면의 높이가 높은 곳일수록 같은 고도에서 기압이 높다.

✗ 저위도는 고위도보다 지표의 온도가 높아 대류 운동이 활발하여 700 hPa 등압면이 높아지므로 위도는 A가 B보다 낮다.

✗ 대기는 정역학 평형 상태이므로,  $\Delta P = -\rho g \Delta z$  ( $\Delta P$ : 기압 차,  $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta z$ : 고도 차,  $g$ : 중력 가속도)이다.  $\rho = \frac{1}{g} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta z}$ 에서  $g$ 와  $\Delta P$ 가 같을 때 공기의 밀도는 고도 차에 반비례한다. 따라서 지표면과 700 hPa 등압면 사이의 공기의 평균 밀도는 고도 차가 큰 A가 B보다 작다.

㉠ A와 B 지역 모두에서 기압 경도력이 북쪽으로 작용하고 전향력이 남쪽으로 작용하므로 지균풍은 서쪽에서 동쪽으로 분다.

## 13 지상풍과 지균풍

**예설** | 지표면의 마찰력이 작용하는 높이 1 km 이하의 대기 경계층(마찰층)에서 부는 바람을 지상풍이라고 한다. 등압선이 직선일 때 지상풍에는 기압 경도력, 전향력, 마찰력이 작용한다. 지균풍은 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 직선으로 나란할 때 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루어 부는 바람이다.

㉠ P의 공기는 마찰력이 존재하는 대기 경계층 내에 있으므로, 기압 경도력이 전향력과 마찰력의 합력과 평형을 이루고 있다. 따라서 P의 공기에 작용하는 기압 경도력의 크기는 전향력의 크기보다 크다.

㉡ Q에서는 남쪽에서 북쪽으로 작용하는 기압 경도력과 반대 방향으로 작용하는 전향력이 평형을 이루고 있어 바람은 서쪽에서 동쪽으로 분다.

㉢ 1000 hPa 등압면은 남동쪽이 높아 북서쪽으로 기울어져 있고, 500 hPa 등압면은 남쪽이 높아 북쪽으로 기울어져 있다. 따라서 지점 P에서 서쪽으로 갈수록 1000~500 hPa 대기층의 두께는 두꺼워진다.

## 14 편서풍 파동

**예설** | 편서풍 파동에서 기압골의 동쪽 지상에서는 저기압이, 서쪽 지상에서는 고기압이 발달한다. 500 hPa 등압면상에 있는 A에서는 공기의 하강 운동이, C에서는 공기의 상승 운동이 강하게 나타난다.

㉠ A는 500 hPa 등압면에서 공기의 하강 운동이 강하게 나타나는 지점이므로, 이 지점에서는 공기가 수렴한다.

㉡ B에서는 저기압성 경도풍이 분다. 저기압성 경도풍이 불 때는 기압 경도력과 전향력의 차가 구심력으로 작용한다. 따라서 B의 공기에 작용하는 기압 경도력의 크기는 전향력의 크기보다 크다.

㉢ C는 500 hPa 등압면에서 공기의 상승 운동이 강하게 나타나는 지점이므로, 이 지점에서는 공기가 발산한다. 상층 공기의 발산은 지상 공기의 수렴을 유도하므로, C의 지상에는 공기의 수렴으로 인한 상승 운동이 유도되어 저기압이 발달하기 좋은 조건이 된다.



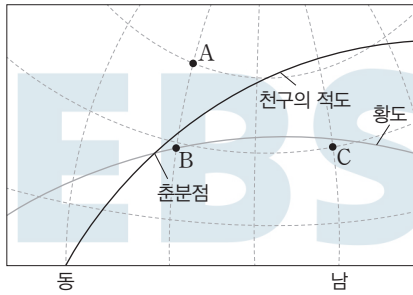
### 15 천체 좌표계

**예설** | 적경은 춘분점을 기준으로 천구의 적도를 따라 시계 반대 방향(서 → 동)으로 천체의 시간권까지 잰 각이고, 적위는 천구의 적도를 기준으로 시간권을 따라 천체까지 측정한 각이다.

㉠ 5월에 태양의 적위가 (+)이므로, ㉠은 천구의 적도이고 ㉠은 황도이다. 천구의 적도로부터 시간권을 따라 천체까지 잰 각을 적위라고 한다. A는 천구의 적도보다 북쪽에 위치하므로 적위가 (+)이고, B는 천구의 적도보다 남쪽에 위치하므로 적위가 (-)이다. 그런데 천구의 적도로부터 시간권을 따라 잰 각의 크기는 적위의 부호와 상관없이 천구의 적도로부터 멀리 떨어진 정도를 의미하므로, A가 B보다 크다.

㉡ 같은 지역에서 적위가 그 지방의 위도보다 작을 때는 별의 적위가 클수록 남중 고도가 높다. B가 C보다 적위가 크므로, 남중 고도는 B가 C보다 높다. 또한 현재 C는 남중해 있고, 별은 천구의 적도와 나란하게 일주 운동을 하므로 B가 C와 같은 수직권에 도달했을 때 고도는 B가 C보다 높다.

✕ 이날부터 한 달 동안 태양은 황도상에서 하지점을 향해, 즉 시계 반대 방향으로 약 30° 이동하고 천구의 적도로부터 더 북쪽으로 이동한다. 따라서 태양의 적경과 적위는 모두 증가한다. 태양은 천구상에서 적경이 증가하는 방향으로 연주 운동을 한다.



### 16 행성의 위치 관계

**예설** | 행성의 시지름은 지구로부터의 거리가 가까울수록 크다. 내행성이 지구에 가장 가까울 때의 위치는 내합 부근이므로 내행성의 시지름은 내합 부근에서 가장 크며, 외행성이 지구에 가장 가까울 때의 위치는 충 부근이므로 외행성의 시지름은 충 부근에서 가장 크다. A는 금성, B는 화성, C는 수성이다.

㉠ ①일 때 화성(B)의 시지름이 최대이다. 따라서 ①일 때 화성은 충 부근에 위치하므로, 화성은 태양의 반대편에 위치하고, 화성의 적경은 태양의 적경보다 약 12° 크다. 그러므로 ①일 때 태양의 적경이 7°라면, 화성의 적경은 약 19°이다.

✕ ②일 때 수성(C)의 시지름이 최대이다. 내행성의 시지름은 내합 부근에 위치할 때 가장 크므로 ②일 때 수성은 내합 부근에 위치한다. 수성이 보름달에 가까운 모양으로 관측되는 시기는 수성이 외합 부근에 위치할 때이다. 따라서 ②일 때 수성은 보름달에 가까운 모양으로 관측되지 않는다.

✕ ㉡과 ㉢ 사이는 금성의 시지름이 점점 증가하여 최대가 되는 시기이므로 금성이 지구에 가까워지는 시기이다. 따라서 이 시기에 금성은 태양보다 동쪽에 위치하므로 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

### 17 케플러 법칙

**예설** | 공전 궤도 이심률이 클수록 타원 궤도의 납작한 정도가 크다. 행성의 공전 궤도 긴반지름이 지구보다 클 경우, 지구와의 회합 주기는 공전 주기가 짧을수록 길다.

✕ 공전 궤도 이심률은 타원의 납작한 정도로,  $\frac{\text{중심과 초점 사이의 거리}}{\text{공전 궤도 긴반지름}}$ 이다. 공전 궤도 긴반지름이 같은 경우 이심률은 중심과 초점 사이의 거리(=  $\frac{\text{두 초점 사이의 거리}}{2}$ )에 비례한다. 따라서 공전 궤도 이심률은 A가 B의  $\frac{4}{3}$ 배이다.

✕ A와 B는 공전 궤도 긴반지름이 같으므로 공전 주기가 같다. 공전 주기가 같으면 지구와의 회합 주기는 같다.

㉡ A와 B는 공전 궤도 긴반지름이 같으므로 공전 주기는 같지만, 타원 궤도의 면적은 공전 궤도 이심률이 작은 B가 A보다 넓다. 따라서 태양과 행성을 잇는 선분이 1년 동안 쓸고 지나간 면적은 A가 B보다 작다.

### 18 내행성과 외행성의 관측

**예설** | 지구와 내행성의 상대적인 위치 관계는 내합 → 서방 최대 이각 → 외합 → 동방 최대 이각 → 내합 순이다. 내행성은 내합 부근에서, 외행성은 충 부근에서 역행한다.

㉠ 1월 9일~8월 18일 사이에 금성은 외합에서 동방 최대 이각의 위치로 바뀌므로 금성과 지구 사이의 거리는 점점 가까워진다.

㉡ 5월 9일은 목성이 충에 위치한다. 충은 태양과 반대편의 위치이므로, 외행성이 충에 위치할 때 자정 무렵에 남쪽 하늘에서 관측된다.

✕ 6월 초순에 금성은 외합과 동방 최대 이각 사이에 위치하고, 목성은 충 부근에 위치한다. 따라서 6월 초순에 금성은 순행하고, 목성은 역행한다.

### 19 산개 성단의 H-R도

**예설** | 성단의 H-R도에서 성단을 이루는 별들이 주계열 단계에서 벗어나는 지점을 전향점이라고 한다. 전향점의 광도가 작을수록(절대 등급이 클수록, 전향점이 아래에 있을수록) 오래된 성단이다.

✕ 성단의 나이는 전향점이 아래에 있을수록 많다. 따라서 성단의 나이는 전향점이 상대적으로 위에 있는 (가)가 (나)보다 작다.

㉡ (가)는 (나)보다 전향점의 위치가 상대적으로 왼쪽에 위치한다. 따라서 (가)의 전향점에 있는 별은 (나)의 전향점에 있는 별보다 표면 온도가 높고 색지수가 작다.

㉢ (가)는 (나)보다 전향점의 위치가 상대적으로 위쪽에 위치한다. 따라서 (가)의 전향점에 있는 별은 (나)의 전향점에 있는 별보다 광도가 크므로 절대 등급은 작다.

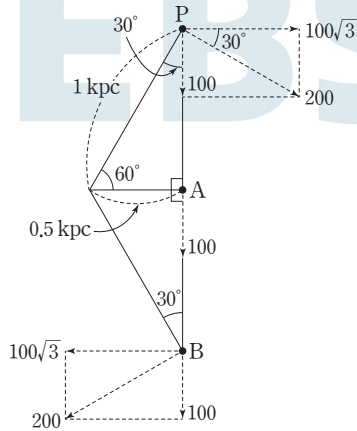
### 20 은하의 회전 속도

**예설** | 우리은하는 중심 부근에서는 강제 회전을, 태양 부근에서는 케플러 회전을, 은하 외곽에서는 거의 일정한 속도로 회전한다.

㉠ 은하 중심에서 A까지 직선을 그으면, ∠P가 30°이고, ∠A가 90°인 직각삼각형이 된다. 삼각함수의 성질을 이용하면 은하 중심으로부터 A까지의 거리는 0.5 kpc이다.

㉔. B의 회전 속도는 200 km/s이고, 이를 벡터 분해하면 시선 방향 속도는 100 km/s이다. 중성 수소 구름 A의 회전 속도는 100 km/s이고, 이 지점에서는 회전 속도가 시선 방향과 일치하므로 A의 시선 방향 속도는 100 km/s이다. 따라서 P에서 관측한 A와 B의 시선 속도는 같다.

㉕. B의 회전 속도를 시선 방향 속도와 접선 방향으로 분해하면, 접선 방향 속도는 왼쪽 방향으로  $100\sqrt{3}$  km/s이다. P의 회전 속도를 시선 방향 속도와 접선 방향으로 분해하면, 접선 방향 속도는 오른쪽 방향으로  $100\sqrt{3}$  km/s이다. 따라서 B에서 관측한 P의 접선 속도는  $100\sqrt{3} + 100\sqrt{3} = 200\sqrt{3}$  km/s이다.



실전 모의고사 3회

본문 130~134쪽

01 ②	02 ④	03 ⑤	04 ②	05 ④
06 ③	07 ③	08 ①	09 ②	10 ⑤
11 ③	12 ②	13 ③	14 ②	15 ③
16 ②	17 ④	18 ⑤	19 ④	20 ③

01 지구의 중력장

예설 | 표준 중력은 지구 타원체 내부의 밀도가 균일하다고 가정할 때 위도에 따라 달라지는 이론적인 중력값이다. 만유인력은 지구 중심을 향하며 지구 중심과 물체 사이의 거리 제곱에 반비례한다. 지구 자전에 의한 원심력은 자전축에 수직인 지구의 바깥쪽으로 작용하며, 크기는 자전축으로부터의 수직 거리에 비례한다. 고위도로 갈수록 그 값이 커지는 것은 만유인력, 표준 중력이다. 지구 자전에 의한 원심력은 고위도로 갈수록 작아진다. 만유인력은 지구 중심 방향이고, 표준 중력은 연직 방향이다.

✕. A는 표준 중력, B는 만유인력이다. 지구 자전축에 수직인 방향으로 작용하는 힘은 지구 자전에 의한 원심력이다.

㉔. B는 만유인력이다. 만유인력은 고위도로 갈수록 커지며 극에서 최대이다.

✕. 적도에서는 표준 중력과 만유인력이 지구 중심을 향하므로, 적도에서 표준 중력과 만유인력이 이루는 각은 0°이다.

02 지진파의 전파 경로와 주시 곡선

예설 | P파는 S파보다 속도가 빠르기 때문에 같은 진앙 거리를 이동할 때 걸리는 시간이 짧다.

✕. 지진파는 맨틀 내에서 깊이가 깊어질수록 속도가 증가하기 때문에 (가)에서 지진파가 굴절하게 되며 (나)의 주시 곡선에서도 도달 시간이 거리에 비례하지 않고 짧아지고 있다.

㉔. P파의 속도가 S파보다 빠르므로 주시 곡선에서 ㉔은 S파, ㉕은 P파에 해당한다.

㉕. B 지점에 도달하는 지진파는 외핵을 통과해야 하는데 외핵이 액체 상태이므로 액체 상태의 매질에서 전달되지 않는 S파는 B 지점에 도달할 수 없다.

03 지구 내부의 온도 분포

예설 | 지구 내부의 온도와 구성 물질의 용융 온도를 통해 지구 내부의 물질 상태를 알 수 있다.

㉔. 지각, 맨틀, 내핵은 고체 상태이므로 지구 내부의 온도가 용융 온도보다 낮다. 따라서 A는 지구 내부의 온도, B는 구성 물질의 용융 온도이다.

㉔. 용융 온도가 ㉔에서 불연속적으로 급변하는 것은 ㉔을 경계로 구성 물질이 크게 다르기 때문이다.

㉕. ㉔보다 얇은 구간과 ㉕보다 깊은 구간은 지구 내부의 온도가 구성 물질의 용융 온도보다 낮으므로 고체 상태이고, ㉔과 ㉕ 사이의 구간은 지구 내부의 온도가 구성 물질의 용융 온도보다 높으므로 액체 상태이다.

## 04 복각의 분포

**예설** | 복각은 지구 자기장의 방향이 수평면에 대하여 기울어진 각이다.  
 ✕ 전 자기력과 수평 자기력의 크기가 같은 곳은 복각이 0°인 자기 적도이다. A 지점의 복각은 0°가 아니다.

㉠ 복각은 자침의 N극이 아래로 향하면 (+), 위로 향하면 (-)로 표시한다. B 지점의 복각은 약 +50°이므로 자침의 N극이 수평면보다 아래로 향한다.

✕ C 지점은 복각이 0°이지 편각이 0°인 것은 아니므로 진북 방향과 지구 자기장의 수평 성분 방향이 일치하지 않는다.

## 05 화성암과 변성암의 조직

**예설** | 화강암과 현무암은 화성암이고, 편암은 변성암이다. (가)는 현무암, (나)는 화강암, (다)는 편암이다.

✕ (가)는 결정의 크기가 매우 작은 세립질 조직을 보이는 현무암이다. 따라서 (가)는 육안으로 광물 입자를 구별하기 어렵다.

㉠ (가)는 세립질 조직을 보이므로 냉각 속도가 빨랐고, (나)는 조립질 조직을 보이므로 냉각 속도가 느렸다.

㉡ (다)의 편암에서는 흑운모나 백운모와 같은 판상의 광물이 압력에 수직인 방향으로 나란하게 배열된 구조(편리)를 볼 수 있다.

## 06 중생대의 화성 활동

**예설** | 그래프를 해석하면 세 종류의 방사성 원소 A, B, C의 반감기는 각각 0.5억 년, 1억 년, 2억 년이다. 현재 화강암 (가), (나), (다)에 포함된 방사성 원소의 양(%)은 각각 순서 없이 12.5, 25, 50이므로 (가), (나), (다)에 포함된 방사성 원소는 각각 순서 없이 반감기가 1회, 2회, 3회 지났다. 화강암 (가), (나), (다)의 연령을 모두 더하면 7억 5천만 년이고, 화강암의 연령은 (다) > (가) > (나)를 만족하려면, 화강암 (가)에는 B, (나)에는 A, (다)에는 C가 각각 포함되어 있어야 한다.

㉠ 화강암 (가)에는 방사성 원소 B가 포함되어 있고, 반감기가 3회 지났다.

✕ 화강암 (나)에는 방사성 원소 A가 포함되어 있고, 반감기가 1회 지났으므로 화강암 (나)의 연령은 5천만 년이다. 불국사 변동은 중생대 백악기 후기에 일어났다. 따라서 화강암 (나)는 불국사 변동보다 나중에 생성되었다.

㉡ 화강암 (다)에는 방사성 원소 C가 포함되어 있고, 반감기가 2회 지났으므로 화강암 (다)의 연령은 4억 년이다. 송림 변동은 트라이아스기에 있었다. 따라서 화강암 (다)는 송림 변동보다 먼저 생성되었다.

## 07 별의 밝기와 등급

**예설** | 별의 밝기는 등급으로 나타내며, 밝은 별일수록 작은 숫자로 나타낸다.

✕ 별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례한다. 별의 거리가 10배 멀어지면 밝기는  $\frac{1}{100}$ 배로 된다.

✕ 거리 지수는 (겉보기 등급 - 절대 등급)이다. 이 별의 겉보기 등급은 0이고, 절대 등급은 10 pc 거리에 있다고 가정할 때의 등급이므로 0.5이다. 따라서 거리 지수는 -0.5이다.

㉢ a는 b보다 겉보기 등급의 숫자가 5만큼 크다. 즉, a의 밝기는 b의  $\frac{1}{100}$ 배인 것이다. 별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례하므로 ㉢은 5의 10배인 50이다.

## 08 우리나라의 지질 계통

**예설** | A와 그 주변에는 고생대의 조선 누층군, 회동리층, 평안 누층군이 분포하고, B에는 중생대의 경상 누층군이 분포하며, C에는 신생대의 퇴적암층이 분포한다.

㉠ A에는 고생대, B에는 중생대, C에는 신생대에 형성된 지층이 분포한다. 따라서 지층은 A(고생대층) → B(중생대층) → C(신생대층)의 순으로 생성되었다.

✕ B의 경상 누층군은 중생대 백악기에 퇴적되었고, 대보 조산 운동은 쥐라기와 백악기의 경계에 있었다. 따라서 B는 대보 조산 운동 이후에 퇴적되었다.

✕ 고생대 초기의 조선 누층군은 석회암 등이 퇴적된 두꺼운 해성층이다. 고생대 후기의 평안 누층군은 하부에는 셰일, 석회암 등의 해성층이 분포하고, 중부에는 양질의 무연탄층이 분포하며, 상부는 사암, 셰일 등의 육성층이 분포한다. (나)는 고생대 평안 누층군의 지층 단면도이므로 (가)의 A 지역에 해당한다.

## 09 핀 현상과 상대 습도의 변화

**예설** | I 구간은 불포화 상태, II 구간은 포화 상태, C~D 구간은 불포화 상태이다.

✕ 그림에서 점선이 온도 변화 그래프이다. I 구간은 불포화 상태이므로 건조 단열 감률에 따라 기온이 낮아지고, II 구간은 포화 상태이므로 습윤 단열 감률에 따라 기온이 낮아진다. 따라서 기온 변화율은 I 구간이 II 구간보다 크다.

㉠ 불포화 상태인 공기(I 구간)의 이슬점 감률은 포화 상태인 공기(II 구간)의 이슬점 감률보다 작다.

✕ 그림에서 실선이 상대 습도 변화 그래프이다. I 구간에서는 공기 덩어리가 상승하면서 상대 습도가 상승하며, II 구간에서는 상대 습도가 일정하다. 따라서 상대 습도 변화율은 I 구간이 II 구간보다 크다.

## 10 경도풍

**예설** | 경도풍은 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 원형이나 곡선일 때 부는 바람이다.

㉠ (가)는 기압 경도력이 등압선 원 중심에서 바깥쪽을 향하므로 고기압이다. 북반구 상공의 고기압에서는 바람이 시계 방향으로 등압선과 나란하게 분다.

㉡ (가)와 (나)는 등압선이 원형이므로 공기의 운동에는 구심력이 작용한다. (나)에서 기압 경도력은 등압선 원 중심을 향해 작용하고, 전향력은 저기압 중심에서 바깥쪽을 향하며, 기압 경도력과 전향력의 합력인 구심력은 등압선 원의 바깥쪽에서 중심을 향한다. 따라서 (나)에서는 기압 경도력이 전향력보다 크다.

㉢ (가)는 기압 경도력이 전향력보다 작고, (나)는 기압 경도력이 전향력보다 크다. 풍속은 전향력의 크기에 비례하므로 A에서 B에서 보다 크다.

## 11 지형류

**예설** | 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루는 상태에서 흐르는 해류를 지형류라고 한다.

㉠ 수압 경도력은 서쪽으로, 전향력은 동쪽으로 작용하므로 쿠로시오 해류는 북쪽으로 흐른다.

㉡ 수압 경도력은 A 방향으로, 전향력은 B 방향으로 작용한다.

✕ 쿠로시오 해류는 지형류 평형 상태에 있으므로 거리  $\Delta x$ 에 대하여  $\Delta z$ 만큼 경사졌다고 하면,  $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x} = g \frac{\Delta z}{\Delta x} = 2v\Omega \sin 37.5^\circ$  ( $\rho$ : 해수의 밀도,  $v$ : 유속)의 관계를 만족한다. 따라서  $10 \times 1.6 \div (100 \times 10^3) = 8.85 \times 10^{-5} \times v$ 이므로  $v \approx 1.8$  m/s이다.

## 12 심해파와 천해파

**예설** | 심해파(표면파)는 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서 진행하는 해파이고, 천해파(장파)는 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 곳에서 진행하는 해파이다.

✕ B는 파장이 1000 m이므로 수심이 500 m보다 깊은 ㉠에서 심해파의 성질을 갖는다. 심해파는 해저의 마찰을 받지 않으므로 물 입자는 원운동을 한다.

㉡ A는 수심이 50 m보다 깊은 곳에서는 심해파의 성질을 가지므로 ㉠과 ㉢에서 모두 심해파이다. 심해파의 속도는 수심과 관계없고 파장의 제곱근에 비례하므로 A의 속도는 ㉠과 ㉢에서 같다.

✕ ㉢은 수심이 5 m 이하이므로 A와 B 모두 천해파의 성질을 갖는다. 천해파의 속도는 파장과 관계없이 수심에 의해 정해지므로 ㉢의 같은 지점에서 A와 B의 속도는 같다.

## 13 용승과 침강

**예설** | 해안에 가까울수록 표층 해수의 밀도가 커지는 것으로 보아 이 해역의 연안에서는 용승이 일어나고 있다.

㉠ 연안에서 심층의 찬 해수가 상승하는 용승이 일어나므로 표층 수온은 서쪽보다 동쪽에서 낮다.

㉡ 북풍 계열의 바람이 불면 에크만 수송에 의해 먼 바다 쪽으로 표층 해수가 이동하고 이에 따라 연안에서는 용승이 일어난다.

✕ 바람이 약해진다면 에크만 수송에 의한 표층수의 이동이 약해지고 그에 따라 밀도가 큰 심층수의 용승도 약해지므로 연안에서 등밀도선의 기울기는 더 작아질 것이다.

## 14 구름의 생성

**예설** | 지표면에서 국지적으로 가열된 공기 덩어리가 상승하면서 온도와 이슬점이 같아지면 포화 상태에 도달하여 구름이 생성된다. 이 고도를 상승 응결 고도라고 한다.

✕ 상승하는 공기 덩어리의 기온과 이슬점이 같아지는 높이  $h_1$ 에서 구름이 생성된다. 상승하는 공기 덩어리의 기온이 높이  $h_3$  이상에서는 주위 기온보다 낮아지므로 높이  $h_3$ 에서 공기 덩어리는 더 이상 상승하지 못한다. 따라서 구름이 존재하는 구간은  $h_1 \sim h_3$ 이다.

✕ 지표면에서  $h_1$ 까지 상승하는 동안 공기 덩어리의 온도와 이슬점의 차이가 줄어들면서 상대 습도는 높아진다.

㉢ 지표면에 위치한 공기 덩어리의 이슬점이  $T_d$ 이고 기온이  $T$ 보다 높으면 건조 단열선이 이슬점선과 만나는 높이인 상승 응결 고도가  $h_1$ 보다 높아진다.

## 15 케플러 법칙

**예설** | 공전 궤도 긴반지름은 타원 궤도의 중심으로부터 원일점 또는 근일점까지의 거리이며, 태양과 행성 사이의 평균 거리에 해당한다.

㉠ 타원의 공전 궤도 긴반지름은 타원 중심으로부터 원일점 또는 근일점까지의 거리이다. A의 공전 주기가 B의 공전 주기보다 짧으므로 케플러 제3법칙에 의해 A보다 B의 공전 궤도 긴반지름이 크다.

㉡ 케플러 제3법칙에 따라 행성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다. A와 B의 공전 궤도 긴반지름은 지구의 공전 궤도 긴반지름보다 길다. 따라서 A와 B의 공전 주기는 모두 지구의 공전 주기인 1년보다 길다.

✕ A의 공전 주기는 변하지 않고 공전 궤도 이심률이 커지면 A의 공전 궤도는 현재보다 더 일그러지므로 지구와 A 공전 궤도의 두 교차점 사이의 거리는 가까워진다.

## 16 프톨레마이오스의 우주관

**예설** | 프톨레마이오스의 지구 중심설은 지구가 우주의 중심에 고정되어 있고, 지구로부터 달, 수성, 금성, 태양, 화성, 목성, 토성의 순으로 각각 원 궤도를 그리며 지구 주위를 공전하고 있다는 태양계 모형이다.

✕ (가)에서 행성이 궤도 A를 1회전하는 데 걸리는 시간은 천구상에서 관측되는 행성의 회합 주기와 역행 기간을 고려하여 정해지는 것으로, 지구의 1일과는 관련이 없다.

✕ 주전원(궤도 A)은 행성의 역행을 설명하는 데 필요하여 모든 행성에 도입되었다.

㉢ (나)의 a → b에서 행성과 지구 사이의 거리는 가까워지므로 행성의 시지름은 커진다.

## 17 성단의 색등급도

**예설** | 산개 성단은 수백~수천 개의 별들이 허술하게 모여 있는 집단이고, 구상 성단은 수만~수십만 개의 별들이 구형으로 매우 조밀하게 모여 있는 집단이다.

✕ (가)는 별의 대부분이 주계열성 단계에 있어 나이가 젊은 산개 성단의 색등급도이고, (나)는 (가)에 비해 전향점이 더 아래쪽에 위치하며 나이가 많은 구상 성단의 색등급도이다.

㉠ 주계열성에서 질량이 큰 별이 광도가 크며 표면 온도도 높다. 따라서 A가 B보다 질량이 크다.

㉡ C는 적색 거성, D는 주계열성이므로 C는 D보다 반지름이 크다.

## 18 별의 일주 운동과 연주 운동

**예설** | 천구의 적도는 동점과 서점을 지나며, 남쪽 자오선과 만날 때 고도가 가장 높다.

✕ 그림에서 천구의 적도는 동점에서 서점으로 이어진 아래쪽으로 오목한 선(㉠)이다. ㉠은 황도이다.

- ✗ 천구의 적도는 황도와 화성이 있는 위치에서 만나게 되는데, 이 교점이 춘분점이다. 춘분점이 자정에 남중하고 있으므로, 태양은 북쪽 지평선 아래 적경 12시인 곳에 위치하고 이날은 추분날이다.
- ✗ 적경은 춘분점으로부터 천구의 적도를 따라 천체를 지나는 시간권까지 서쪽에서 동쪽으로 측정하므로 직녀성보다 견우성이 크다.
- ✗ 견우성보다 적위가 더 큰 직녀성은 견우성이 뜨는 지점보다 더 북쪽에서 뜬다.

㉔ 화성은 천구의 적도상에 있고, 목성은 천구의 적도에서 천구의 북반구 쪽의 황도상에 위치하므로 남중 고도는 화성보다 목성이 더 높다.

### 19 별의 운동

- 예설** | 고유 운동은 별이 1년 동안 천구상을 움직인 각거리이다. 시선 속도는 별이 관측자의 시선 방향으로 멀어지거나 접근하는 속도이며, 접선 속도는 시선 방향에 수직인 방향의 선속도를 말한다.
- ✗ 별까지의 거리가 같을 때 고유 운동 값은 접선 속도 성분이 클수록 크다. 따라서 별 A, B, C 중 고유 운동이 가장 큰 별은 B이다.
  - ㉒ 별 B의 접선 속도는 별 B의 공간 속도와 같으므로 별 A, B, C 중 접선 속도가 가장 큰 별은 B이다.
  - ㉓ A는 지구로부터 멀어지므로 적색 편이가 나타나고, C는 지구와 가까워지므로 청색 편이가 나타난다.

### 20 우리은하의 발견

- 예설** | 새플리는 변광성을 이용하여 구상 성단의 공간 분포를 알아내고 이를 이용하여 우주의 크기를 구하였다.
- ㉒ 허셜은 별들의 광도가 모두 같다고 가정하고 어두운 별은 거리가 멀기 때문에 어둡다고 생각하였다.
  - ✗ (나)에서 새플리는 태양이 우리은하의 중심에서 벗어나 있고, 은하 중심 방향으로 많은 구상 성단이 분포한다는 것을 알아냈다. (가)에서 허셜은 태양이 우주의 중심에 있다고 생각했다.
  - ㉓ (가)에서는 가로 방향에서 은하 중심 방향으로 별의 분포가 급격히 줄어든 영역이 존재하는데, 이는 성간 소광을 고려하지 않았기 때문이다. (나)에서 새플리가 우리은하의 지름을 실제보다 큰 100 kpc 정도로 추정한 이유는 성간 소광을 고려하지 않았기 때문이다.

### 실전 모의고사 4회

본문 135~139쪽

01 ①	02 ⑤	03 ①	04 ⑤	05 ⑤
06 ①	07 ②	08 ⑤	09 ②	10 ②
11 ②	12 ④	13 ④	14 ③	15 ③
16 ③	17 ③	18 ④	19 ②	20 ⑤

### 01 지구의 탄생과 진화

- 예설** | 마그마 바다가 형성된 이후 중력의 작용으로 밀도가 큰 물질은 핵을, 밀도가 작은 물질은 지구 표면으로 떠올라 맨틀을 형성하면서 층의 분화가 진행되었다.
- ㉒ A 과정에서 중력의 작용으로 철과 니켈 등 밀도가 큰 금속 성분들은 지구 중심부로 가라앉아 핵을 형성하였다.
  - ✗ 원시 지각이 형성된 이후 대기 중의 수증기가 응결하여 비가 내려 원시 바다를 형성하였다.
  - ✗ 미행성체들의 충돌이 감소하면서 지구의 온도는 점점 낮아졌고, 지표가 식으면서 단단한 원시 지각이 형성되었다.

### 02 지진파에 의한 지구 내부의 탐사

- 예설** | 지진 기록에서 P파가 도달한 후 S파가 도달할 때까지의 시간차를 PS시라고 한다. PS시는 진원으로부터의 거리가 멀수록 길게 나타난다.
- ㉒ (가), (나), (다) 중 PS시가 가장 작은 (가)가 진원에 가장 가깝다.
  - ㉓ X축을 P파 도달 시간, Y축을 PS시로 하는 그래프를 그려보면 그래프의 기울기는  $\frac{(가)와 (다) 관측소 간 PS시의 차}{(가)와 (다) 관측소 간 P파 도달 시간의 차}$  이고 이는  $\frac{(가)와 (다) 관측소 간 S파 도달 시간의 차}{(가)와 (다) 관측소 간 P파 도달 시간의 차} - 1 = \frac{P파 속도}{S파 속도} - 1$  이 된다. 따라서 P파의 속력은 S파 속력의  $\frac{3}{2}$  배이다.
  - ㉓  $\frac{PS시}{S파 도달 시간}$  는 일정하므로 ㉓은 9이다.

### 03 규산염 광물

- 예설** | 규산염 광물은 1개의 규소와 4개의 산소가 결합된 SiO<sub>4</sub> 사면체를 기본 단위로 하며, 사면체가 다른 이온과 결합하여 이루어진 광물로 조암 광물의 대부분은 규산염 광물이다. (가)는 감람석, (나)는 석영, (다)는 흑운모이다.
- ㉒ (가)와 (나)는 깨짐, (다)는 쪼개짐이 나타난다.
  - ✗ 감람석에는 Fe, Mg이 많이 포함되어 색이 어둡고, 석영에는 Fe, Mg이 거의 포함되지 않아 색이 밝다.
  - ✗  $\frac{Si 원자 수}{O 원자 수}$  는 석영은  $\frac{1}{2}$ , 흑운모는  $\frac{2}{5}$  이다.

### 04 지하자원

- 예설** | 백금과 리튬은 금속 광물, 고령토는 비금속 광물이다.
- ㉒ 고령토는 퇴적 광상 중 풍화 잔류 광상에서 산출된다.
  - ㉓ 리튬은 리튬-이온 전지와 같은 전지의 원료로 사용된다.
  - ㉓ 백금과 리튬은 금속 광물로 제련 과정을 거쳐 이용된다.

## 05 해양 에너지 자원

예설 | (가)는 조력 발전, (나)는 조류 발전이다.

- ㉠ 조력 발전은 만조와 간조 때 발생하는 해수면의 높이 차를 이용하여 위치 에너지를 전기 에너지로 전환하는 발전 방식이다.
- ㉡ 조력 발전은 제방 안쪽에 해수가 갇힘으로서 갯벌이 사라지고, 염분 농도가 변하며, 해양 생태계에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다.
- ㉢ 조력 발전과 조류 발전은 날씨나 계절에 관계없이 발전할 수 있다.

## 06 지질도 해석

예설 | 주향은 진북을 기준으로 하여 주향선이 동쪽 또는 서쪽으로 몇 도(°) 돌아가 있는지를 나타낸다.

- ㉠ A의 주향은 NS, 경사는 30°E이다.
- ㉡ B, C, D의 경사 방향이 동쪽인 것으로 보아 B가 퇴적된 후에 D가 퇴적되었다.
- ㉢ X-X' 선을 기준으로 서쪽이 상반, 동쪽이 하반이다. X-X'은 서쪽에 위치한 상반이 아래로 내려간 정단층이다.

## 07 한반도의 지질

예설 | (가)는 경상 누층군, (나)는 평안 누층군, (다)는 조선 누층군이다.

- ㉠ (가)는 경상 누층군으로 백악기에 형성된 지층이다. 송림 변동은 중생대 트라이아스기에 일어났다.
- ㉡ (다)는 조선 누층군으로 해성층이다.
- ㉢ 지층의 생성 순서는 조선 누층군 → 평안 누층군 → 경상 누층군이다.

## 08 지형류

예설 | 북반구에서 지형류의 방향은 수압 경도력이 작용하는 방향의 오른쪽 90°, 남반구는 왼쪽 90°이다.

- ㉠ 수압 경도력이 동에서 서로 작용하고 북반구이므로 지형류의 방향은 북쪽이다.
- ㉡ 밀도 경계면 상층의 밀도가 일정하므로 상층에서 지형류의 유속은 어느 지점에서나 같다.
- ㉢  $\rho_2 \times 4h = \rho_1 \times h + \rho_1 \times 4h$ 가 된다. 정리하면  $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{4}{5}$ 이다.

## 09 심해파와 천해파

예설 | 심해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 해역에서 진행되는 해파이고, 천해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 해역에서 진행되는 해파이다.

- ㉠ P는 심해파이고 수심이 600 m인 지점에서 심해파 상태이므로 P의 파장은 1200 m보다 짧다.
- ㉡ 해파의 전파 속력 =  $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$ 이므로  $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$ 은 P가 Q보다 크다.
- ㉢ P와 Q가 수심 5 m인 해역으로 진행하면 모두 천해파 상태이므로 해파의 속력은 같다.

## 10 조석

예설 | 일주조는 하루에 만조와 간조가 한 번씩만 일어나는 것이고, 반일주조는 하루에 만조와 간조가 대략 두 번씩 일어나는 것이다.

- ㉠ 하루에 만조와 간조가 대략 두 번씩 일어나므로 이 지역은 일주조가 나타나지 않는다.
- ㉡ 조차는 만조 때와 간조 때의 해수면 높이 차이므로 7일이 15일보다 작다.
- ㉢ 달의 위상이 삭이나 망일 때 달과 태양이 지구와 일직선상에 위치하여 조차가 최대가 되는데, 23일은 조차가 최대가 아니므로 달의 위상은 망이 아니다.

## 11 핀 현상

예설 | 핀은 산 사면을 따라 공기 덩어리가 상승할 때에는 단열 팽창이 일어나서 상승 응결 고도 이상에서는 구름이 생성되어 비가 내리고, 산 정상을 넘어 하강할 때는 단열 압축이 일어나므로, 산을 넘기 전에 비하여 고온 건조한 상태가 되는 현상이다.

- ㉠ B 지점에서 이슬점은 12.5 °C이다. 만약에 A 지점의 공기 덩어리가 수증기의 응결 없이 건조 단열적으로 상승했다면 B 지점에서 기온은 10 °C이어야 하므로 B 지점의 이슬점보다 낮기 때문에 성립하지 않는다. 따라서 A 지점과 B 지점 사이에 응결이 일어난다.
- ㉡ C 지점에서 이슬점이 14.5 °C이므로 B 지점에서 기온과 이슬점은 모두 12.5 °C이다. 따라서 C 지점에서 기온은 22.5 °C이다. D 지점에서는 기온과 이슬점이 모두 2.5 °C이다. 따라서 B 지점과 D 지점의 기온 차는 10 °C이다.
- ㉢ B 지점에서 기온과 이슬점은 모두 12.5 °C이다. A 지점에서 기온이 20 °C인 공기가 B 지점에서 기온과 이슬점이 모두 12.5 °C가 되려면 A 지점에서 이슬점은 16 °C이어야 한다. 따라서 A 지점과 E 지점의 이슬점 차는 7.5 °C이다.

## 12 대기 안정도

예설 | 기온 감률보다 단열 감률이 크면 기층은 안정, 기온 감률이 단열 감률보다 크면 기층은 불안정, 기온 감률과 단열 감률이 같으면 기층은 중립이다.

- ㉠ A의 지표에서 기온과 이슬점의 차는 10 °C이므로 상승 응결 고도는 1.25 km로 1 km보다 높다.
- ㉡ B의 기온이 30 °C, 이슬점이 14 °C이므로 상승 응결 고도는 2 km이고 높이 2 km부터는 습윤 단열 감률로 온도가 감소하는데 높이 3 km에 이르면 주변과 기온이 같아지므로 상승을 멈춘다. 따라서 B가 자발적으로 상승하여 생성되는 구름의 두께는 1 km이다.
- ㉢ 기온 감률은 기온이 감소하는 정도를 의미하며, 높이 0~1 km 기층이 높이 1.5~2 km 기층보다 크다.

## 13 지상에서 부는 바람

예설 | 지표면의 마찰력이 작용하는 높이 1 km 이하의 대기 경계층에서는 북반구의 경우 기압 경도력이 작용하는 방향의 오른쪽으로 바람이 분다.

✕. 지상풍에서 전향력은 지상풍과 직각인 방향으로 작용하고 북반구의 경우 지상풍 방향의 오른쪽, 남반구는 왼쪽으로 작용한다. 따라서 (가)는 북반구이고, 기압은 ㉠이 ㉡보다 높다.

㉠. Q가 북반구에 위치한다고 하면 바람의 방향은 전향력 방향의 왼쪽 90°인데 그러면 남반구에서 부는 지상풍이 되므로 모순이 생긴다. 따라서 Q는 남반구에 위치한다.

㉡. 마찰력이 감소하면 바람은 점점 등압선에 평행한 방향으로 변하므로 풍향은 시계 방향으로 변한다.

## 14 종관 규모의 순환

예설 | (가)는 온난 고기압이고, (나)는 한랭 고기압이다.

㉠. 온난 고기압은 대기 대순환에 의해 상층에서 공기가 수렴하여 발생하며, 단열 압축이 일어나는 중심부의 온도가 주변보다 높다.

✕. 북태평양 고기압은 온난 고기압에 해당하고, 한랭 고기압에 해당하는 것은 시베리아 고기압이다.

㉡. (가)와 (나)는 종관 규모로 공간 규모가 토네이도보다 크다.

## 15 남중 고도와 남중 시각

예설 | 북반구에서 천체의 남중 고도는 '90° - 관측자의 위도 + 천체의 적위'이다.

㉠. S의 남중 시각이 A에서 B에서보다 빠르므로 A에서 S가 남중했을 때 B에서 S는 아직 남중하기 전이므로 S의 방위각은 180°보다 작다.

✕. S의 남중 고도가 A가 더 크므로 위도는 B가 A보다 높다. 지평선과 천구의 적도가 이루는 각도는 '90° - 위도'이므로 A가 B보다 크다.

㉡. S의 남중 시각이 A에서 B에서보다 빠르므로 경도는 A가 B보다 크다.

## 16 황도와 천구의 적도

예설 | 태양이 황도를 따라 천구의 남반구에서 북반구로 올라가면서 천구의 적도와 만나는 지점이 춘분점이다.

㉠. P 근처에서 화성과 토성 같은 행성이 관측되는 것으로 보아, P가 황도이고 Q가 천구의 적도이다.

✕. A의 오른쪽에서 황도와 천구의 적도가 만나는 지점은 춘분점이다. 춘분점이 04시에 남동쪽 하늘에서 보이므로 관측 시기는 대략 6월경이다.

㉡. A가 남쪽 하늘에서 보이는 것으로 보아 외행성이고, 외행성의 뜨고 지는 시각은 그 전날에 비해 항상 빨라진다.

## 17 회합 주기

예설 | 수성은 회합 주기가 1년보다 짧고 외행성은 지구에서부터 거리가 멀수록 회합 주기가 1년에 가까워진다.

㉠. 외행성들의 회합 주기는 지구의 1년보다 길다. 따라서 A가 수성이다. 외행성은 초승달 모양의 위상으로 관측되지 않는다.

㉡. 회합 주기가 780일인 것으로 보아 C가 화성, B가 해왕성이다. 수성에서 관측할 때 회합 주기는 수성으로부터 거리가 멀수록 수성의

공전 주기와 비슷해진다. 따라서 A에서 관측할 때 회합 주기는 C가 B보다 길다.

✕. 화성(C)의 공전 주기를 1.5년이라고 하면 회합 주기가 1095일이 되므로 화성의 공전 주기는 1.5년보다 길다. 해왕성은 화성에서 볼 때 외행성이므로 회합 주기는 화성의 공전 주기보다 커야 한다. 따라서 B에서 관측한 C의 회합 주기는 1.5년보다 길다.

## 18 구상 성단과 산개 성단

예설 | 산개 성단은 수백~수천 개의 별들의 집단으로 나이가 젊고 고온의 푸른 별들이 많다. 구상 성단은 수만~수십만 개의 별들이 구형으로 모여 있는 집단으로 나이가 많은 별들로 구성된다. (가)는 구상 성단, (나)는 산개 성단이다.

✕. 성단을 이루는 별들의 개수는 (가)는 수만~수십만 개, (나)는 수백~수천 개이다.

㉠. 색지수가 같은 주계열성의 겉보기 등급이 (가)가 (나)보다 크므로 (가)가 (나)보다 멀리 있다.

㉡. 전향점에 위치한 별의 색지수로 보아 나이는 (가)가 (나)보다 많다.

## 19 우리은하의 회전

예설 | 태양계 부근의 별들은 케플러 회전을 하고 케플러 회전을 하는 별들은 은하 중심에서부터 거리가 멀수록 회전 속도가 느리다.

✕. A는 적색 편이, C는 청색 편이가 나타난다.

✕. B는 D보다 은하 중심에서 멀리 있으므로 회전 속도가 느리다.

㉡. C와 D의 공전 속도는 동일하지만 D는 시선 속도가 0이기 때문에 접선 속도의 크기는 C가 D보다 작다.

## 20 성간 적색화

예설 | 색초과는 실제로 관측된 별의 색지수( $B-V$ )와 그 별의 고유 색지수의 차이이다.

㉠. 파장이 짧은 빛은 성간 티끌이 쉽게 흡수되거나 산란되어 버리고 파장이 긴 빛은 상대적으로 성간 티끌을 잘 통과하기 때문에 색초과가 나타난다.

㉡. P, Q, R의 관측된 색지수가 같기 때문에 고유 색지수는 Q가 가장 작다. 따라서 표면 온도는 Q가 가장 높다.

㉢. 색초과 값이 클수록 성간 적색화가 더 크게 일어난 것이다.

01 ㉓	02 ㉓	03 ㉓	04 ㉑	05 ㉒
06 ㉓	07 ㉓	08 ㉔	09 ㉓	10 ㉑
11 ㉓	12 ㉓	13 ㉓	14 ㉒	15 ㉑
16 ㉒	17 ㉓	18 ㉓	19 ㉒	20 ㉑

### 01 지진파

**예설** | 지각에서 P파의 속도는 약 5~8 km/s, S파의 속도는 약 3~4 km/s이므로, 관측소에는 S파보다 P파가 먼저 도달한다.

㉑. 관측소에 최초로 도달한 지진파는 P파이다. P파가 관측소에 도달하는 데 걸린 시간이 4초인 경우 PS시는 3초이므로 같은 관측소에 S파가 도달하는 데 걸린 시간은 7초(=4초+3초)이다. S파의 속도는 4 km/s이므로 S파의 이동 거리는 28 km이고, P파의 속도는 7 km/s(=28 km ÷ 4초)이다.

㉒. A 관측소에 P파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간이 8초이므로 진원 거리는 56 km(=7 km/s × 8초)이다.

㉓. 진원 거리가 70 km인 경우 P파가 관측소에 최초로 도달하는 데 걸리는 시간이 10초이고, S파가 관측소에 최초로 도달하는 데 걸리는 시간이 17.5초이므로 PS시는 7.5초로 8초보다 짧다.

### 02 지각 평형

**예설** | 물과 나무토막의 밀도 차로 나무토막이 물 위에 떠서 평형을 이룬다. 이때 나무토막의 밀도에 따라 물 위로 올라온 부분과 물 아래로 잠긴 부분의 비율이 달라진다.

㉑. 얼음의 두께를  $h$ 라고 할 때,  $h \times 0.9 + 20 \times 0.5 = 20 \times 0.475 + h \times 1$ 이므로  $h = 5$  cm이다.

㉒. A 위의 얼음이 녹으면 얼음의 무게가 줄어들어만큼 A가 융기하여 새로운 평형 상태를 이룬다. A의 밀도는  $0.5 \text{ g/cm}^3$ 이므로 융기하여 평형을 이루었을 때 물 위로 올라온 부분의 높이는 전체의 절반인 10 cm이다. B는 밀도가  $0.475 \text{ g/cm}^3$ 이므로 물 위로 올라온 부분의 높이를  $x$ 라고 할 때, 다음과 같은 식이 성립한다.

$$\frac{(20-x)}{20} = 0.475 \therefore x = 10.5 \text{ cm}$$

따라서 얼음이 완전히 녹은 후 물 위로 올라온 부분은 B가 A보다 0.5 cm 더 높다.

㉓. 스칸디나비아 반도는 빙하가 녹으면서 지각이 융기하여 최근 6000년 동안 해발 고도가 최대 120 m 정도 상승하였다. A 위의 얼음이 녹으면서 A가 융기하므로 A의 위치 변화는 스칸디나비아 반도의 융기 과정에 해당한다.

### 03 규산염 광물의 결합 구조

**예설** | 규산염 광물은  $\text{SiO}_4$  사면체가 산소 원자를 공유하는 형태에 따라 독립형 구조, 단사슬 구조, 복사슬 구조, 판상 구조, 망상 구조를 이루며, 결합 구조와 양이온에 따라 물리적·광학적 성질이 결정된다.

㉑. 규산염 사면체 구조는 규소(Si) 1개와 산소(O) 4개가 사면체 모양으로 결합된 것이므로, A는 규소(Si)에 해당한다.

㉒. 모형은 독립형 구조를 나타낸 것이다. 독립형 구조를 가지는 광물은 물리적 힘을 받으면 깨지는 성질을 가지고 있다.

㉓. 모형은 단사슬 구조를 나타낸 것이다. 휘석은 단사슬 구조를 가지는 대표적인 광물이다.

### 04 지구 자기장

**예설** | 편각은 지구 자기장의 수평 성분과 진북이 이루는 각을, 북각은 지구 자기장이 수평면에 대해 기울어진 각을 나타낸다.

㉑. 북반구에서 북각은 자북극에 가까울수록 커진다. 북각이 A에서 B에서보다 크므로 A는 B보다 고위도에 위치한다.

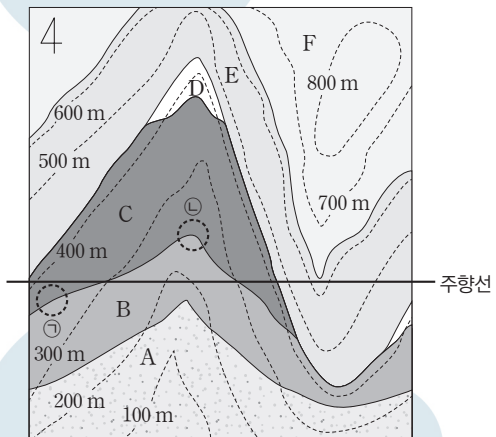
㉒. 수평 자기력 / 전 자기력 의 값은  $\cos(\text{북각})$ 과 같으므로 B에서가 A에서보다 크다.

㉓. 편각을 표시할 때 (-)는 서쪽을 의미하고, 편각이 (-)인 지역에서 나침반의 자침은 진북에 대해 서쪽으로 치우친다. A에서 B로 이동할 때 편각은  $-6.5^\circ$ 에서  $-5^\circ$ 로 변하므로 나침반의 자침이 진북에 대해 서쪽으로 치우친 정도가 감소한다. 즉, 시계 방향으로 회전한다.

### 05 지질도

**예설** | 경사층과 수평층이 만나는 경계에는 부정합면이 존재한다.

㉑. B와 C의 지층 경계선과 300 m 등고선이 만나는 점을 이어 B의 주향선을 확인하면 아래 그림과 같다. B의 주향이 EW이므로 지층의 경사 방향은 남쪽 또는 북쪽이다. B와 C의 지층 경계선에서 ㉑ 부분은 300 m 등고선보다 높고 ㉒ 부분은 300 m 등고선보다 낮으므로 B는 북쪽 방향으로 경사져 있다.



㉒. A~D는 지층 경계선과 등고선이 교차하므로 경사층이고, E와 F는 지층 경계선과 등고선이 나란하므로 수평층이다. 따라서 경사층인 C와 수평층인 E의 경계에는 부정합면이 존재하고 C와 E는 부정합 관계이다.

㉓. A~D는 모두 주향이 EW이고, 경사 방향은 북쪽이다. 따라서 가장 먼저 생성된 퇴적층은 A이다.

### 06 파력 에너지와 파력 발전

**예설** | 파력 발전은 파도의 운동 에너지를 이용하여 전기 에너지를 생산하는 방식이므로 파력 에너지 밀도가 높은 지역이 발전에 유리하다.



- ㉠ 파력 에너지 밀도는 A 지역에서 약 10 kW/m, B 지역에서 약 4 kW/m이다.
- ㉡ 파력 발전은 파도의 운동 에너지를 이용하므로 파력 에너지 밀도가 높은 A 지역에서 B 지역보다 생산할 수 있는 에너지가 많다.
- ㉢ 파력 에너지 밀도가 높은 지역이 파력 발전에 유리하므로 파력 발전소 후보지는 A 지역이 B 지역보다 적합하다.

### 07 한반도의 지질

예설 | A는 조선 누층군, B는 경상 누층군, C는 신생대 퇴적층에 해당한다.

- ㉠ A는 주로 석회암, 사암, 이암 등으로 이루어진 두꺼운 해성층이다.
- ㉡ B는 중생대 백악기에 경상 분지의 하천과 호수 환경에서 형성된 지층이고, 송림 변동은 중생대 트라이아스기에 나타난 지각 변동이므로 경상 누층군은 송림 변동에 의해 변형될 수 없다.
- ㉢ C는 신생대 팔레오기와 네오기에 퇴적된 지층으로, 육성층과 해성층이 번갈아 나타난다.

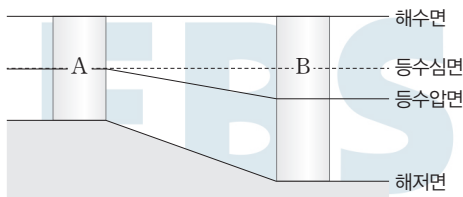
### 08 해수의 정역학 평형

예설 | 해수는 연직 수압 경도력과 중력이 평형을 이루는 정역학 평형 상태에 있으므로  $\Delta P = -\rho g \Delta h$  ( $\rho$ : 밀도,  $g$ : 중력 가속도,  $\Delta h$ : 해수 기둥 높이)이다.

㉠ A의 해저면에 작용하는 수압과 B의 해저면에 작용하는 수압은 같다. 수압  $P = \rho gh$  ( $\rho$ : 밀도,  $g$ : 중력 가속도,  $h$ : 해수면에서부터의 깊이)이고, 중력 가속도  $g$ 는 일정하므로  $h$ 가 클수록 해수의 밀도  $\rho$ 가 작다. 밀도  $\rho$ 는 온도가 높을수록 작고, 온도가 높을수록 해수 기둥은 팽창하므로 평균 수온은 B가 A보다 높다.

㉡ 해저면에 작용하는 수압은 해수의 질량에 의해 해저면에 가해지는 단위 면적당 힘이다. 해저면에 작용하는 수압은 A와 B에서 같으므로 해수 기둥의 질량도 A와 B가 같다.

㉢ A와 B에서 해저면에 작용하는 수압이 같으므로 임의의 등수압면을 그리면 아래 그림과 같이 A보다 B에서 깊게 나타난다. 수압은 수심이 깊을수록 커지므로 등수심면에서 수압은 A에서 B에서보다 크다.



### 09 해파

예설 | 천해파의 속도는 수심이 깊을수록 빠르므로, 천해파가 해안에 접근하면 속도는 느려진다.

㉠ 심해파는 수심이 파장의 1/2보다 깊은 곳을, 천해파는 수심이 파장의 1/20보다 얇은 곳을 진행하는 해파이다. 파장이 100 m인 해파가 수심이 4 m보다 얇은 해역을 진행하고 있으므로 이 해파는 천해

파이다.

㉡ 천해파의 속력은 수심의 제곱근에 비례하므로 수심이 깊은 B에서 A에서보다 빠르다.

㉢ 천해파가 해안선에 비스듬히 접근할 때 수심이 얇은 곳을 지나서 해파보다 수심이 깊은 곳을 지나서 해파가 더 빠르게 접근하므로 해파의 마루를 연결한 선은 회전하게 된다. 해파의 속력은 A에서 B에서보다 느리므로 해파의 마루를 연결한 선은 시계 방향으로 회전하면서 해안으로 접근한다.

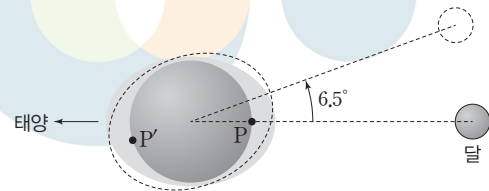
### 10 조석

예설 | 밀물과 썰물에 의해 해수면의 높이가 주기적으로 변하는 현상을 조석이라고 한다. 만조 때와 간조 때의 해수면 높이 차를 조차라 하고, 만조에서 다음 만조 또는 간조에서 다음 간조까지 걸리는 시간을 조석 주기라고 한다.

㉠ A일 때 최대 조차는 약 900 cm이고, B일 때 최대 조차는 약 400 cm이다.

㉡ 15시경에 해수면의 높이가 높아지는 밀물인 때는 A이다. B일 때 15시경에는 해수면이 낮아지고 있으므로 썰물이다.

㉢ A의 경우  $t$ 는 만조에서 다음 만조까지 걸린 시간으로 약 12시간 25분이다. 그림에서 현재 만조가 되는 지점을 P라고 할 때, 이 지점에서 다시 만조가 되려면 지구가 자전하여 이 지점이 P'으로 와야 한다. 지구상의 어떤 지점이 P에서 P'으로 이동하는 동안 달은 약 6.5°를 공전한다. 따라서  $t$  동안 태양-지구-달의 상대적 위치는 약 6.5° 변한다.



### 11 구름의 생성

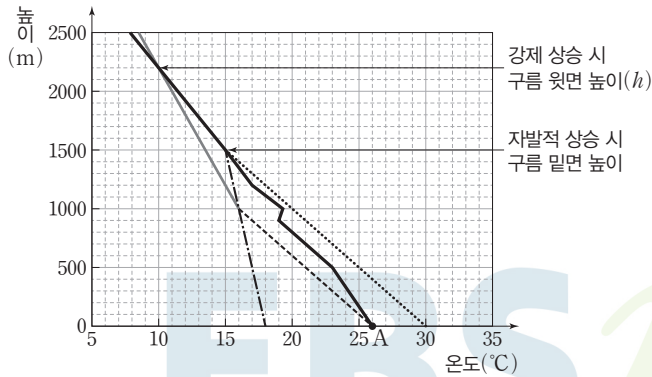
예설 | 불포화 상태의 공기 덩어리가 상승할 때 공기 덩어리의 온도는 건조 단열 감률을 따라 낮아진다. 이 공기 덩어리가 상승 응결 고도에 도달하면 응결이 시작되어 구름이 생성되고 이후부터 습윤 단열선을 따라 기온이 낮아지다가 주위 공기와 기온이 같아지면 상승을 멈춘다.

㉠ 기온이 26 °C인 공기 덩어리가 상승하여 1000 m에서 구름이 발생하였으므로 1000 m에서 기온과 이슬점이 같아진다. A의 이슬점을  $T_d$ 라 할 때, 1000 m에서의 기온은  $16 (= 26 - 10)$  °C이고, 이슬점은  $(T_d - 2)$  °C이다. 따라서 A의 이슬점은 18 °C이다.

㉡ 1000 m에서 응결이 시작된 공기 덩어리는 습윤 단열 감률을 따라 기온이 낮아지다가 약 2200 m에서 주위 공기와 기온이 같아졌다. 따라서  $h$ 는 약 2200 m이고, 구름의 두께는 약 1200 m이다.

㉢ A가 가열되어 자발적으로 상승하여 구름이 생성되는 경우, 이슬점은 0 km에서 18 °C로 출발하여 이슬점 감률에 따라 낮아지고, 공기 덩어리의 온도는 26 °C보다 높은 온도에서 출발하여 건조 단열 감률에 따라 낮아져 이슬점과 기온이 같아지는 높이에서 구름이 생성된다. 0 m에서 자발적으로 상승하는 공기 덩어리가 이 조건을 만족하는 최저 온도는 약 30 °C이다. 0 m에서 30 °C의 공기는 자발적으로

상승하여 약 1500 m에서 구름을 생성하므로 구름 밑면의 최저 높이는  $h$ 보다 낮다.



## 12 지균풍과 경도풍

**예설** | 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 직선으로 나란할 때는 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루어 지균풍이 분다. 상층 대기에서 등압선이 원형이나 곡선일 때는 기압 경도력과 전향력의 차가 구심력으로 작용하여 경도풍이 분다.

㉠. (가)에서 기압 경도력과 전향력의 방향은 반대이므로 기압 경도력은 P의 오른쪽에서 왼쪽 방향으로 작용한다. 따라서 ㉠은 800보다 크다. (나)에서도 기압 경도력과 전향력의 방향은 반대이므로 기압 경도력은 Q의 오른쪽에서 왼쪽 방향으로 작용한다. 따라서 ㉠은 800보다 작다.

㉡. 북반구에서는 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 바람이 분다. Q에서 기압 경도력이 오른쪽에서 왼쪽 방향으로 작용하므로 바람은 시계 반대 방향의 저기압성 경도풍이 분다.

㉢. P에 작용하는 전향력은 기압 경도력과 크기가 같고, Q에 작용하는 전향력은 기압 경도력보다 작다. P와 Q에 작용하는 기압 경도력의 크기가 같으므로 P에 작용하는 전향력은 Q에 작용하는 전향력보다 크다.

## 13 해륙풍

**예설** | 해륙풍은 맑은 날 해안 지역에서 육지와 바다의 온도 차이에 의해 발생하는 바람으로 낮에는 해풍, 밤에는 육풍이 분다.

㉠. 해안선이 남북 방향이고, 지상에서 높이 약 1 km 사이에 서풍이 불고 있으므로 바다는 관측 지점의 서쪽에 위치한다.

㉡. 바람은 고기압에서 저기압으로 분다. 낮에 바다에서 육지로 해풍이 불고 있으므로 바다에서의 평균 기압이 육지에서의 평균 기압보다 높다.

㉢. 지상에서 높이 약 1 km 사이에서는 바다에서 육지로 서풍이 불고, 높이 약 1 km에서 2.4 km 사이에서는 육지에서 바다로 동풍이 불고 있으므로, 이 지역에 나타난 해륙풍의 순환은 연직 규모가 2 km보다 크다.

## 14 좌표계

**예설** | 남쪽 자오선은 지평선과 남점에서 만나고, 천구의 적도는 지평선과 동점과 서점에서 만나므로 ㉠은 천구의 적도, ㉡은 황도이다.

㉢. 현재 태양은 황도를 따라 천구의 북반구에서 남반구로 가면서 천구의 적도와 만나는 지점에 있으므로 이날은 춘분날이고, 다음 날 태양의 적위는 (-)로 감소한다.

㉣. 춘분날 태양의 적경은  $12^h$ 이므로, A의 적경은  $12^h$ 보다 크다. 또한 A는 천구의 적도보다 위에 있으므로 적위는 (+)이다. 따라서 춘분날로부터 3개월 후인 동짓날 해 뜨기 직전에 남동쪽 하늘에서 A를 관측할 수 있다.

㉤. 적위가  $0^\circ$ 인 별은 뜰 때와 질 때의 방위각 차가  $180^\circ$ 이다. C는 적위가 (+)이므로 뜰 때와 질 때의 방위각 차가  $180^\circ$ 보다 크고, B는 적위가 (-)이므로 뜰 때와 질 때의 방위각 차가  $180^\circ$ 보다 작다.

## 15 행성의 겉보기 운동

**예설** | 외행성이 충 부근을 지날 때는 자정에 관측할 수 있다.

㉠. A의 남중 시각이 자정 근처인 것으로 보아 A는 외행성이다. 관측 기간 동안 A는 충 부근을 지나고 있다.

㉡. 외행성은 지구보다 공전 속도가 느리므로 충 → 동구 → 합 → 서구 → 충 순으로 위치 관계가 변한다. 외행성이 충에 위치할 때는 자정에 남중하고, 서구에서 충으로 이동하는 동안은 자정 이후에 남중하며, 충을 지나 동구로 이동하는 동안은 자정 전에 남중한다. 따라서 A의 남중 시각이 자정 전인 (나)가 자정 후인 (가)보다 나중에 관측한 자료이다.

㉢. 내행성인 B의 남중 시각이 (가)에서는 13시~14시 사이, (나)에서는 12시~13시 사이이다. 내행성이 태양이 남중할 직후에 남중하는 것은 내합이나 외합 근처에서 태양보다 동쪽에 있을 때이다. 관측 시각은 (가)가 (나)보다 먼저이므로 관측 기간 동안 B의 남중 시각은 빨라졌다. 따라서 관측 기간 동안 B는 내합으로 접근하고 있고, 시지름은 커진다.

## 16 케플러 법칙

**예설** | 소행성은 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 공전하고, 타원 궤도는 이심률이 작을수록 원에 가까워지고, 이심률이 클수록 납작한 모양이 된다.

㉠. 소행성이 지구로부터 가장 가까울 때는 태양과 반대 방향에 위치할 때이고, 지구로부터 가장 멀 때는 태양 너머에 위치할 때이다. 지구로부터 가장 가까울 때의 거리와 가장 멀 때의 거리의 합의  $\frac{1}{2}$ 은 공전 궤도 긴반지름에 해당한다. 따라서 A와 B의 공전 궤도 긴반지름은 15 AU로 같고, 케플러 제3법칙에 따라 공전 주기도 같다.

㉡. 소행성은 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 돌고 있으므로 소행성의 근일점 거리는 소행성이 지구로부터 가장 가까울 때의 거리와 지구와 태양 사이의 거리를 합한 것과 같다. 따라서 근일점 거리는 A가 약 3 AU, B가 약 6 AU이다.

㉢. 타원 궤도에서 공전 궤도 긴반지름이 같을 때 이심률이 클수록 공전 궤도가 작다. A와 B는 공전 궤도 긴반지름은 같지만 이심률은 A가 B보다 크므로 공전 궤도는 B가 A보다 크다. A와 B는 공전 주기가 같으므로 평균 공전 속도는 B가 A보다 빠르다.

## 17 성단의 주계열 맞추기

**예설** | 성단을 이루는 별의 색등급도와 표준 주계열성의 색등급도를 비교하여 성단까지의 거리를 알 수 있다.

㉠ 성단의 별들이 대부분 주계열에 위치하고 거성으로 진화한 별이 거의 없는 것으로 보아 이 성단은 산개 성단이다.

㉡ ㉠은 절대 등급, ㉡는 겉보기 등급이다.

㉢ 성단의 색등급도와 표준 주계열성의 색등급도를 겹쳐놓고 분광형(또는 색지수)을 일치시키면서 움직여 주계열을 맞추면 성단의 겉보기 등급과 표준 주계열성의 절대 등급을 비교하여 성단의 거리 지수를 구할 수 있다. 두 개의 세로축 눈금 차이가 거리 지수에 해당하므로 이 성단의 거리 지수는 약 7이고, 이 성단까지의 거리는  $10^{2.4} \approx 251$  pc이다. 우리은하는 지름이 약 30 kpc이므로 이 성단은 우리은하 내에 위치한다.

## 18 별의 공간 운동

**예설** | 도플러 효과로 인한 흡수선의 파장 변화를 이용하여 별의 시선 속도를 구할 수 있다.

㉠ CaI 흡수선의 파장 변화량이  $1.12 \text{ \AA}$ 이므로 시선 속도는 다음과 같다.

$$V_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \times c = \frac{1.12 \text{ \AA}}{5600 \text{ \AA}} \times 3 \times 10^5 \text{ km/s} = 60 \text{ km/s}$$

( $\lambda_0$ : 흡수선의 고유 파장,  $\Delta\lambda$ : 흡수선의 파장 변화량,  $c$ : 빛의 속도)

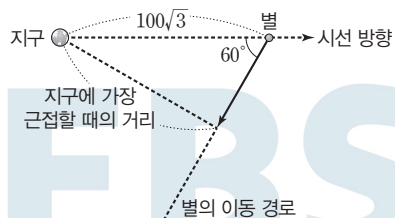
흡수선의 파장 변화량이 (-)이므로 이 별은 60 km/s로 접근하고 있다.

㉡ 이 별은 시선 방향에 대해  $60^\circ$ 의 각을 이루며 공간 운동을 하고 있으므로 접선 방향의 속도는  $60 \text{ km/s} \times \tan 60^\circ$ 이다. 접선 속도는 별이 천구상에서 1년 동안 이동한 각  $\mu$ (")와 다음과 같은 관계를 가진다.

$$60 \text{ km/s} \times \tan 60^\circ = 4.74 \times \mu \times 100\sqrt{3}$$

따라서 별이 천구상에서 1년 동안 이동한 각(")은 약  $0.13''$ 이다.

㉢ 이 별은  $100\sqrt{3}$  pc의 거리에서 시선 방향에 대해  $60^\circ$ 의 각을 이루며 접근하고 있으므로 가장 근접할 때의 거리는  $100\sqrt{3} \times \sin 60^\circ = 150$  pc이다.



## 19 성간 기체

**예설** | 성간 기체를 주성분인 수소의 상태에 따라 구분하면 분자운, HI 영역, HII 영역이 있다. (가)는 HII 영역, (나)는 분자운, (다)는 HI 영역이다.

㉠ HII 영역은 고온의 별에서 방출되는 자외선에 의해 수소가 전리된 영역으로, 전리된 수소가 자유 전자와 재결합하면서 붉은색 파장의 빛을 방출하여 붉게 보인다.

㉡ 별은 저온 고밀도의 거대 분자운에서 주로 탄생하며, 주로 은하 원반에서 발견된다.

㉢ 중성 수소 구름인 HI 영역은 중성 수소에서 방출되는 21 cm 전파를 관측하여 은하 내의 분포를 확인할 수 있다.

## 20 우리은하의 회전과 수소 구름의 분포

**예설** | 우리은하의 회전 속도는 중성 수소 구름의 21 cm 전파를 관측하여 알 수 있다.

㉠ 중성 수소 구름 A와 B는 태양 부근에서 케플러 회전을 하고 있으므로 회전 속도는  $B > \text{태양} > A$ 이다. 따라서 태양에서 관측할 때 A는 태양으로 접근하는 것으로 관측된다.

㉡ 태양에서 볼 때 B는 시선 방향의 속도 성분만 있고 접선 방향의 속도 성분은 없다. 그러나 은하 중심에 대한 태양의 회전은 태양에서 B를 보는 방향의 직각 방향으로 속도 성분이 존재하고, 태양에서 B를 관측한 시선 속도와 접선 속도는 상대적인 속도이므로 B의 접선 속도는 0이 아니다.

㉢ 태양에서 관측할 때 A의 시선 속도는 (-), B의 시선 속도는 (+)로 나타나므로 A와 B에서 방출한 21 cm파를 태양에서 관측하면 B에서는 21 cm보다 긴 파장으로, A에서는 21 cm보다 짧은 파장으로 관측된다. 21 cm파의 상대적 복사 세기는 파장이 짧은 A에서 더 크게 나타나므로 중성 수소의 양은 A가 B보다 많다.

[인용 사진 출처]

030p 호상 철광층: ©blickwinkel / Alamy Stock Photo

# 한눈에 보는 정답

## 01 지구의 탄생과 지구 내부 구조 본문 006~013쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

01 ④	02 ③	03 ②	04 ①
05 ③	06 ②	07 ②	08 ④
09 ①	10 ③	11 ⑤	12 ②

수능 3점 테스트

01 ④	02 ③	03 ③	04 ⑤
05 ①	06 ③	07 ②	08 ⑤

## 04 지구의 자원 본문 029~033쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

01 ①	02 ②	03 ③	04 ⑤
05 ②	06 ⑤	07 ①	08 ④

수능 3점 테스트

01 ⑤	02 ③	03 ③	04 ④
------	------	------	------

## 02 지구의 역장 본문 016~021쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

01 ③	02 ①	03 ②	04 ②
05 ④	06 ④	07 ⑤	08 ②

수능 3점 테스트

01 ④	02 ③	03 ③	04 ②
05 ④	06 ①		

## 05 한반도의 지질 본문 036~043쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ①

수능 2점 테스트

01 ①	02 ④	03 ⑤	04 ③
05 ③	06 ①	07 ①	08 ⑤
09 ④	10 ①	11 ⑤	12 ②

수능 3점 테스트

01 ③	02 ②	03 ②	04 ④
05 ⑤	06 ②	07 ⑤	08 ③

## 03 광물 본문 023~027쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

01 ⑤	02 ②	03 ⑤	04 ③
05 ①	06 ④	07 ⑤	08 ④

수능 3점 테스트

01 ⑤	02 ③	03 ②	04 ④
------	------	------	------

## 06 해류 본문 046~051쪽

답은 풀 문제로 유형 익히기 ④

수능 2점 테스트

01 ③	02 ④	03 ①	04 ①
05 ②	06 ②	07 ①	08 ③

수능 3점 테스트

01 ⑤	02 ③	03 ③	04 ①
05 ③	06 ③		

**07** 해파와 조석

본문 054~061쪽

답은 골 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

01 ①	02 ②	03 ⑤	04 ⑤
05 ①	06 ③	07 ③	08 ③
09 ④	10 ②	11 ①	12 ③

수능 3점 테스트

01 ③	02 ②	03 ②	04 ④
05 ⑤	06 ④	07 ①	08 ⑤

**10** 편서풍 파동과 대기 대순환

본문 075~079쪽

답은 골 문제로 유형 익히기 ①

수능 2점 테스트

01 ④	02 ①	03 ③	04 ②
05 ④	06 ②	07 ①	08 ⑤

수능 3점 테스트

01 ③	02 ③	03 ②	04 ④
------	------	------	------

**08** 대기의 운동

본문 063~067쪽

답은 골 문제로 유형 익히기 ①

수능 2점 테스트

01 ⑤	02 ③	03 ①	04 ②
05 ③	06 ④	07 ②	08 ①

수능 3점 테스트

01 ②	02 ①	03 ⑤	04 ①
------	------	------	------

**11** 좌표계와 태양계 모형

본문 082~089쪽

답은 골 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

01 ③	02 ③	03 ①	04 ④
05 ②	06 ④	07 ③	08 ①
09 ①	10 ④	11 ⑤	12 ②

수능 3점 테스트

01 ③	02 ②	03 ③	04 ①
05 ②	06 ①	07 ⑤	08 ⑤

**09** 바람의 종류

본문 069~073쪽

답은 골 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

01 ③	02 ⑤	03 ①	04 ③
05 ③	06 ①	07 ③	08 ④

수능 3점 테스트

01 ④	02 ②	03 ②	04 ④
------	------	------	------

**12** 행성의 궤도 운동

본문 091~095쪽

답은 골 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

01 ②	02 ④	03 ①	04 ③
05 ③	06 ⑤	07 ④	08 ②

수능 3점 테스트

01 ⑤	02 ①	03 ④	04 ③
------	------	------	------

**13** 천체의 거리

본문 098~103쪽

답은 꼴 문제로 유형 익히기 ④

수능 2점 테스트

01 ③	02 ③	03 ①	04 ⑤
05 ③	06 ①	07 ②	08 ④

수능 3점 테스트

01 ②	02 ②	03 ④	04 ①
05 ③	06 ④		

**실전 모의고사 1회**

본문 120~124쪽

01 ③	02 ③	03 ①	04 ⑤	05 ②
06 ④	07 ①	08 ③	09 ①	10 ③
11 ⑤	12 ④	13 ⑤	14 ②	15 ①
16 ③	17 ⑤	18 ②	19 ①	20 ④

**실전 모의고사 2회**

본문 125~129쪽

01 ③	02 ⑤	03 ①	04 ③	05 ③
06 ④	07 ③	08 ②	09 ①	10 ②
11 ①	12 ②	13 ⑤	14 ⑤	15 ③
16 ①	17 ②	18 ③	19 ④	20 ⑤

**14** 우리은하의 구조

본문 106~114쪽

답은 꼴 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

01 ①	02 ③	03 ⑤	04 ⑤
05 ④	06 ③	07 ④	08 ③
09 ⑤	10 ①	11 ④	12 ③
13 ①	14 ①	15 ⑤	16 ③

수능 3점 테스트

01 ④	02 ③	03 ②	04 ⑤
05 ⑤	06 ④	07 ③	08 ②

**실전 모의고사 3회**

본문 130~134쪽

01 ②	02 ④	03 ⑤	04 ②	05 ④
06 ③	07 ③	08 ①	09 ②	10 ⑤
11 ③	12 ②	13 ③	14 ②	15 ③
16 ②	17 ④	18 ⑤	19 ④	20 ③

**실전 모의고사 4회**

본문 135~139쪽

01 ①	02 ⑤	03 ①	04 ⑤	05 ⑤
06 ①	07 ②	08 ⑤	09 ②	10 ②
11 ②	12 ④	13 ④	14 ③	15 ③
16 ③	17 ③	18 ④	19 ②	20 ⑤

**15** 우주의 구조

본문 116~118쪽

답은 꼴 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

01 ②	02 ③	03 ③	04 ③
------	------	------	------

수능 3점 테스트

01 ②	02 ⑤
------	------

**실전 모의고사 5회**

본문 140~144쪽

01 ③	02 ⑤	03 ③	04 ①	05 ②
06 ⑤	07 ③	08 ④	09 ③	10 ①
11 ③	12 ⑤	13 ③	14 ②	15 ①
16 ②	17 ⑤	18 ⑤	19 ②	20 ①

# 고2~N수 수능 집중 로드맵

수능 입문	기출 / 연습	연계+연계 보완	고난도	모의고사	
<p>윤혜정의 개념/패턴의 나비효과</p> <hr/> <p>수능 감(感)잡기</p> <hr/> <p>수능특강 Light</p>	<p>윤혜정의 기출의 나비효과</p> <hr/> <p>수능 기출의 미래</p> <hr/> <p>수능 기출의 미래 미니모의고사</p> <hr/> <p>수능특강Q 미니모의고사</p>	<p>수능연계교재의 국어 어휘</p> <hr/> <p>수능연계교재의 VOCA 1800</p> <hr/> <p>수능연계 기출 Vaccine VOCA</p> <hr/> <p><b>연계</b></p> <p>강수 수능특강</p> <hr/> <p>강수 수능완성</p>	<p>수능특강 사용설명서</p> <hr/> <p>수능특강 연계 기출</p> <hr/> <p>수능 영어 간접연계 서치라이트</p> <hr/> <p>수능완성 사용설명서</p>	<p>수능연계완성 3/4주 특강 고난도·신유형</p> <hr/> <p>박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴</p>	<p>FINAL 실전모의고사</p> <hr/> <p>만점 마무리 봉투모의고사</p> <hr/> <p>고난도 시크릿X 봉투모의고사</p> <hr/> <p>수능 싱크로 100% 프리미엄 봉투모의고사</p>

구분	시리즈명	특징	수준	영역
수능 입문	윤혜정의 개념/패턴의 나비효과	윤혜정 선생님과 함께하는 수능 국어 개념/패턴 학습	●	국어
	수능 감(感)잡기	동일 소재·유형의 내신과 수능 문항 비교로 수능 입문	●	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 연계교재 입문서	●	국/영
기출/연습	수능개념	EBS 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	●	전 영역
	윤혜정의 기출의 나비효과	윤혜정 선생님과 함께하는 까다로운 국어 기출 완전 정복	●	국어
	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	●	전 영역
	수능 기출의 미래 미니모의고사	부담없는 실전 훈련, 고품질 기출 미니모의고사	●	국/수/영
연계 + 연계 보완	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분으로 연습하는 고품격 미니모의고사	●	전 영역
	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 분석한 종합 개념서	●	전 영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 지문·자료·문항 분석	●	국/영
	수능특강 연계 기출	수능특강 수록 작품·지문과 연결된 기출문제 학습	●	국/영
	수능완성	유형 분석과 실전모의고사로 단련하는 문항 연습	●	전 영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어·영어 지문 분석	●	국/영
	수능 영어 간접연계 서치라이트	출제 가능성이 높은 핵심만 모아 구성된 간접연계 대비 교재	●	영어
	수능연계교재의 국어 어휘	수능 지문과 문항 이해에 필요한 어휘 학습서	●	국어
고난도	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	●	영어
	수능연계 기출 Vaccine VOCA	수능-EBS 연계 및 평가원 최다 빈출 어휘 선별 수록	●	영어
	수능연계완성 3/4주 특강	단기간에 끝내는 수능 킬러 문항 대비서	●	국/수/영/과
모의고사	박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회·문화 표 분석 문항의 패턴 연습	●	사회탐구
	FINAL 실전모의고사	수능 동일 난도의 최다 분량, 최다 과목 모의고사	●	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실전 훈련 모의고사	●	전 영역
	고난도 시크릿X 봉투모의고사	제대로 어려운 최고난도 모의고사	●	국/수/영
	수능 싱크로 100% 프리미엄 봉투모의고사	수능 직전에 만나는, 수능과 가장 가까운 고품격 프리미엄 모의고사	●	국/수/영

MEMO

A series of horizontal dotted lines for writing.