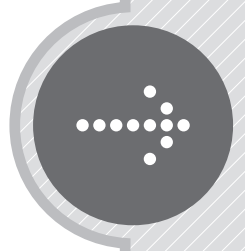


# 정답과 해설



# 01 지구의 형성과 역장

## 2 점 수능 테스트

본문 15~19쪽

- 01 ⑤ 02 ① 03 ⑤ 04 ① 05 ③ 06 ③ 07 ②  
 08 ④ 09 ④ 10 ② 11 ① 12 ④ 13 ⑤ 14 ①  
 15 ③ 16 ④ 17 ⑤ 18 ③ 19 ⑤ 20 ②

### 01 태양계 형성 과정

약 50억 년 전 태양계 성운 근처에서 초신성 폭발이 일어나 그 영향이 태양계 성운에 전달되어 밀도 차이가 생겼고, 밀도가 높은 부분이 중력 수축하면서 회전하기 시작하였다.

- ㉠. 태양계 성운의 질량 대부분을 차지하는 원소는 수소와 헬륨이다.
- ㉡. 밀도가 높은 부분이 자체 중력으로 수축하면서 회전하기 시작하였고, 물질들이 중심으로 모이면서 회전 속도가 점점 빨라졌다.
- ㉢. 태양계는 태양계 성운의 형성(A) → 태양계 성운의 수축과 회전(B) → 원시 태양의 형성(D) → 원시 행성의 형성(C) 순으로 형성되었다.

### 02 지구의 탄생과 진화

원시 지구는 많은 미행성체들의 충돌로 크기가 커지고, 온도가 상승하여 마그마 바다 시기를 거치면서 내부에 층상 구조를 형성하게 되었으며, 미행성체들의 충돌이 감소하면서 온도가 하강하기 시작하였다.

- ㉠. A는 주로 밀도가 큰 금속 성분들로 이루어진 핵이고, B는 주로 밀도가 작은 규산염 물질로 이루어진 맨틀이다. 따라서 밀도는 A가 B보다 크다.
- ㉡. 마그마 바다가 형성된 뒤 온도가 점점 감소하면서 원시 지각과 원시 바다가 형성되었다. 따라서 지구 표면 온도는 (가)가 (다)보다 높다.
- ㉢. 대기 중 산소의 농도가 급격히 증가한 시기는 바다에서 광합성을 하는 남세균이 등장한 이후이므로 (다) 이후이다.

### 03 지구의 진화

원시 바다가 형성된 이후에 대기 중의 이산화 탄소가 바다에 용해되었고, 이후 탄산염의 형태로 퇴적되어 지권에 고정되었다.

- ㉠. 미행성체가 충돌할 때 발생한 열과 원시 지구 내부 방사성 원소의 붕괴로 발생한 열에 의하여 원시 지구에는 지표와 지구 내부의 상당 부분이 녹아 있는 액체 상태의 마그마 바다가 형성되었다.
- ㉡. 미행성체들의 충돌이 감소하면서 지구의 온도는 점점 낮아졌

고, 지표가 식으면서 단단한 원시 지각이 형성되었다.

- ㉢. 화산 활동 등으로 원시 대기에 공급된 수증기가 응결하여 많은 비가 내렸고, 낮은 곳으로 모인 물이 원시 바다를 형성하였다. 그 후 대기 중의 이산화 탄소가 바다에 용해되었다.

### 04 지구 주요 대기 성분의 변화

광합성을 하는 원시 생명체가 출현하여 산소가 대기 중에 축적되면서 오존층이 형성되었다.

- ㉠. 지구 형성 초기에 가장 많은 양을 차지하는 A는 이산화 탄소, 현재 대기 중에 가장 많은 양을 차지하는 B는 질소, 약 23억 년 전에 급격히 증가하기 시작한 C는 산소이다.
- ㉡. 바다에 녹아 탄산염 형태로 퇴적되어 지권에 고정된 것은 A(이산화 탄소)이다.
- ㉢. 오존층은 산소가 대기 중에 축적되면서 형성되었으므로, C가 축적되기 전에는 존재하지 않았다.

### 05 지구 내부 에너지

A는 화강암, B는 현무암, C는 감람암이다.

- ㉠. 대륙 지각은 주로 화강암(A)으로 구성되어 있다.
- ㉡. 대륙 지각은 주로 화강암, 해양 지각은 주로 현무암, 맨틀은 주로 감람암으로 구성되어 있으며, 화강암과 현무암은 감람암보다 방사성 원소의 함량이 많다. 따라서 단위 부피당 방사성 원소의 방출 열량은 지각이 맨틀보다 많다.
- ㉢. 지구 내부 에너지원에는 지구 형성 초기에 일어난 미행성체 충돌에 의한 열, 중력 수축에 의한 열, 방사성 원소의 붕괴열 등이 있다.

### 06 지각 열류량

지구 내부 에너지가 지표로 방출되는 열량을 지각 열류량이라고 한다.

- ㉠. A는 대륙의 중앙부이고, B는 화산 활동이 활발한 해령이다. 따라서 지각 열류량은 A가 B보다 적다.
- ㉡. B는 지각 열류량이 많은 동태평양 해령 부근이므로 맨틀 대류의 상승부에 위치한다.
- ㉢. 방사성 원소의 함량은 대륙 지각(A)이 해양 지각(B)보다 많다. 따라서 방사성 원소에 의한 단위 면적당 에너지 방출량은 A가 B보다 많다.

### 07 지구 내부 연구 방법

지구 내부 연구 방법에는 시추, 포획암 분석 등의 직접적인 방법과 지진파 분석, 지각 열류량 측정, 운석 연구 등의 간접적인 방법이 있다.

㉔ A는 시추로, 내부 시료를 직접 채취할 수 있는 장점이 있지만 연구가 가능한 깊이가 얕다는 단점이 있다. B는 포획암 분석으로, 마그마에 포획되어 올라온 지하 물질인 맨틀 포획암을 분석하여 상부 맨틀 물질을 알 수 있다. C는 지진파 분석으로, 지구 내부를 통과하는 지진파를 연구하여 지구 내부 불연속면의 깊이 및 지구 내부를 구성하는 물질의 물리적 성질을 알 수 있다.

### 08 주시 곡선

관측소에는 P파가 먼저 도착하고, S파가 나중에 도착한다.

✕. 같은 진앙 거리에 도달하는 데 걸린 시간이 긴 ㉑은 S파, 도달하는 데 걸린 시간이 짧은 ㉒은 P파이다.

㉑ 관측소 A에 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간이 7분이므로 관측소 A에서 진앙 거리는 약 2000 km이다.

㉒ PS시는 P파가 도달한 후 S파가 도달할 때까지의 시간 차이므로 (㉑-㉒)이다. 관측소 A에 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간이 7분이므로 관측소 A의 PS시는 약 3분이고, 관측소 B에 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간이 15분이므로 관측소 B의 PS시는 약 7분이다. 따라서  $\frac{\text{관측소 B의 PS시}}{\text{관측소 A의 PS시}} > 2$ 이다.

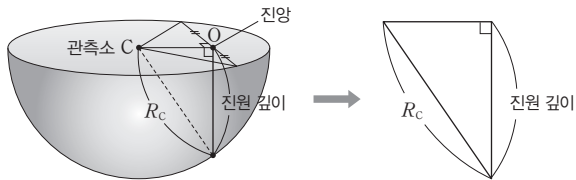
### 09 진앙과 진원의 위치 결정

지진파는 진앙으로부터 가장 가까운 관측소에 가장 먼저 도달한다. 또한 관측소에서 진앙까지의 거리는 속도가 다른 P파와 S파의 도달 시간의 차이로부터 계산할 수 있다.

㉑ 관측소 A, B, C에서 진원 거리를 반지름으로 하는 원을 그렸을 때, 각 원들의 교점을 연결하면 3개의 현이 교차하는 하나의 점 O가 나타나는데, 이곳이 진앙이다.

㉒ 진앙 거리는 반지름이 가장 큰 A가 가장 멀다.

✕. 진원 깊이는 아래 그림과 같이 결정된다. 따라서  $R_c$ 가 진원 깊이보다 크다.



### 10 지구 내부 구조

지구 내부를 통과하는 지진파가 굴절되거나 반사되는 성질을 이용하여 지구 내부가 지각, 맨틀, 외핵, 내핵의 층상 구조를 이루고 있음을 알아내었다.

✕. 진앙으로부터의 각거리가 약 110°인 곳에 약한 P파가 도달한다는 사실로부터 내핵을 발견하였다. 따라서 ㉑을 통해 내핵을 발견하였다.

✕. P파가 ㉑의 경로를 따라 전파되는 동안 속도는 맨틀 구간에서 증가하고 맨틀과 외핵의 경계 부근에서 급격히 감소한다. 외핵 구간을 통과하면서 속도는 다시 증가하다가 감소하고, 외핵과 맨틀의 경계 부근에서 급격히 증가하며, 맨틀 구간에서는 다시 감소한다. 따라서 P파가 ㉑의 경로를 따라 전파되는 동안 속도가 계속 감소하는 것은 아니다.

㉒ P파는 고체, 액체, 기체 상태의 매질을 모두 통과하고, S파는 고체 상태의 매질만 통과한다. ㉑은 액체 상태인 외핵을 통과하였으므로, P파의 경로를 나타낸 것이다.

### 11 지진파의 전파

지진파 속도는 지구 중심으로 가면서 맨틀, 외핵, 내핵 각 구간에서 대체로 증가하는 경향이 있다.

㉑ 지구 내부에서 지진파 속도가 일정한 경우에는 진원 거리(km)에 대한 P파 최초 도착 시간 그래프의 기울기가 일정하다. 반면, 지구 내부에서 지진파 속도가 깊이에 따라 점차 증가하는 경우에는 지구 중심에 가까울수록 P파의 속도가 빨라지므로 진원 거리(km)에 대한 P파 최초 도착 시간 그래프의 기울기가 감소한다. 따라서 ㉑이 가장 적절하다.

### 12 지구 내부의 구성 물질과 물리량

지구 내부의 밀도 분포는 불연속면에서 급격히 변하므로 지구 내부의 층상 구조를 구분하는 데 유용하다. A는 맨틀, B는 외핵, C는 내핵이다.

㉑ 지구 내부의 밀도는 불연속면에서 급격히 증가하는 계단 모양의 분포를 이룬다.

㉒ 압력은 지구 중심으로 갈수록 증가하며, 깊이에 따른 압력 증가율이 가장 큰 구간은 외핵(B)이다.

✕. P파의 평균 속도는 맨틀에서가 외핵에서보다 크다. 따라서 P파의 평균 속도는 A 구간이 B 구간보다 크다.

### 13 지온 곡선과 용융 곡선

깊이에 따른 지구 내부 온도는 각 구간에서 대체로 증가하는 경향이 있다. 또한 깊이에 따른 지온 상승률은 암석권에서 가장 크다.

㉑ 지구 내부의 온도가 구성 물질의 용융 온도보다 높을 때 물질의 용융이 일어난다. 외핵은 액체 상태이므로 외핵에서는 지구 내부 온도가 구성 물질의 용융 온도보다 높다. 따라서 ㉑은 구성 물질의 용융 온도 곡선, ㉒은 지구 내부의 온도 곡선이다.

㉒ A는 암석권, B는 연약권이다. 연약권은 지구 내부 온도가 구성 물질의 용융 온도에 근접하여 부분 용융이 일어나기 쉽다.

㉑ 외핵은 지구 내부 온도가 물질의 용융 온도보다 높으므로 액체 상태, 내핵은 지구 내부 온도가 물질의 용융 온도보다 낮으므로 고체 상태이다.

### 14 지진 기록 분석

P파의 속도를  $V_P$ , S파의 속도를  $V_S$ , PS시를  $t$ 라고 하면, 관측소에서 진원까지의 거리( $d$ )는 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{d}{V_S} - \frac{d}{V_P} = t \Rightarrow d = \frac{V_P \times V_S}{V_P - V_S} \times t$$

㉠. ㉠에 S파가 도달한 시간은 12초이고, S파의 속도는 3.5 km/s 이므로, 진원 거리 ㉠은 42 km이다.

㉡. 진원 거리가 21 km일 때 P파가 도착한 시간은 3초이므로, P파의 속도는 7 km/s이다.

㉢. 관측소 A의 PS시( $t$ )는 10초, P파의 속도( $V_P$ )는 7 km/s, S파의 속도( $V_S$ )는 3.5 km/s이므로 진원 거리( $d$ )는  $d = \frac{V_P \times V_S}{V_P - V_S}$

$\times t$ 로부터  $d = \frac{7 \text{ km/s} \times 3.5 \text{ km/s}}{7 \text{ km/s} - 3.5 \text{ km/s}} \times 10 \text{ s} = 70 \text{ km}$ 이다.

### 15 지각 평형설

지각 평형설은 밀도가 작은 지각이 밀도가 큰 맨틀 위에 떠서 평형을 이룬다는 이론이다.

㉠. A가 B보다 지각 평형 깊이에 더 가까이 있다. 따라서 압력은 A에서가 B에서보다 크다.

㉡. 빙하가 쌓이면서 모호면의 깊이가 깊어진다. 따라서 A'는 A에 비해 더 깊은 곳에 위치한다.

㉢. 대륙 지각이 해양 지각보다 더 높이 솟아 있고 더 깊숙히 들어가 있다. 이는 두꺼운 대륙 지각이 얇은 해양 지각보다 평균 밀도가 상대적으로 작기 때문이다.

### 16 지각 평형의 모형실험

지각 평형설은 밀도가 작은 나무토막이 밀도가 큰 물 위에 떠서 평형을 이루는 것과 같이 밀도가 작은 지각이 밀도가 큰 맨틀 위에 떠서 평형을 이룬다는 이론이다.

㉠. 에어리설은 밀도가 같은 지각이 맨틀 위에 떠 있으며, 지각의 해발 고도가 높을수록 해수면을 기준으로 한 모호면의 깊이가 깊어진다는 지각 평형설이다. 따라서 에어리설은 나무토막 A와 B를 비교하여 설명할 수 있다.

㉡. 프래트설은 밀도가 서로 다른 지각이 맨틀 위에 떠 있으며, 밀도가 작은 지각일수록 지각의 해발 고도가 높으나 밀도에 관계없이 해수면을 기준으로 한 모호면의 깊이가 같다는 지각 평형설이다. 따라서 프래트설은 나무토막 B와 C를 비교하여 설명할 수 있다.

㉢. 물 위로 드러난 나무토막의 두께는 A는 1.5 cm, B는 3 cm, C는 2 cm로, A가 가장 얇다.

### 17 지각 평형의 모형실험

물의 밀도가 1.0 g/cm<sup>3</sup>일 때 나무토막의 밀도(g/cm<sup>3</sup>)는 수면 아랫부분의 두께 나무토막 전체 두께이다.

㉠. 나무토막의 밀도는 변하지 않으므로  $h_1 > h_3$ 이다.

㉡.  $h_1 + h_2 = h$ 이고,  $h_3 + h_4 = \frac{h}{2}$ 이므로,  $\frac{h_2}{h} = \frac{h_4}{h}$ ,  $h_2 = 2h_4$ 이다.

따라서  $h_2 : h_4 = 2 : 1$ 이다.

㉢. 과정 (다)에서 나무토막을 반으로 자르고 물 위에 띄우면 수면 아랫부분의 두께는 얇아지는데, 이것으로부터 지각의 침식이 일어나면 모호면의 깊이가 얕아진다는 것을 설명할 수 있다. 따라서 이 실험을 통해 조륙 운동을 설명할 수 있다.

### 18 지각 평형설

대륙 지각이 해양 지각보다 밀도가 작다는 점에서는 프래트의 지각 평형설이 타당하지만, 해수면을 기준으로 한 모호면의 깊이가 대륙 지각이 해양 지각보다 깊다는 점에서는 에어리의 지각 평형설이 타당하다.

㉠. 프래트의 지각 평형설은 밀도가 서로 다른 지각이 맨틀 위에 떠 있으며, 밀도가 작은 지각일수록 지각의 해발 고도가 높으나 밀도에 관계없이 해수면을 기준으로 한 모호면의 깊이가 같다고 설명한다. 따라서 그림은 프래트의 지각 평형설에 해당한다.

㉡. 밀도가 작은 지각일수록 해발 고도가 높으므로, 밀도는  $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$ 이다.

㉢. 모호면의 깊이가 같으므로 P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> 지점에서의 압력은 모두 같다.

### 19 지구 중력 측정

지하 물질의 밀도가 클수록 실측 중력은 커진다.

㉠. 동일한 위도에 위치한 A, B, C 중 중력이 가장 작은 곳은 밀도가 가장 작은  $\rho_1$ 이 가장 두껍게 분포한 C이고, 중력이 가장 큰 곳은 밀도가 가장 큰  $\rho_3$ 이 가장 두껍게 분포한 A이다. 단진자의 길이를  $l$ 이라고 하면, 단진자의 주기( $T$ )는  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  ( $g$ : 중력 가속도)이므로 동일한 단진자를 사용했을 때, 주기가 길수록 중력이 작다. 따라서 단진자의 주기는  $C > B > A$ 이다.

### 20 지구 자기 3요소

지구 자기 3요소는 편각, 복각, 수평 자기력이다.

㉠. 그림에서 자침이 진북에 대해 서쪽으로 치우쳐 있기 때문에 W 또는 (-)로 표시된다.

㉠ 어느 지점에서 지구 자기장의 수평 성분의 세기를 수평 자기력, 연직 성분의 세기를 연직 자기력이라고 한다. 따라서 O는 수평 자기력이고, R은 연직 자기력이다.

㉡. 북극은 지구 자기장의 방향이 수평면에 대하여 기울어진 각으로, 자기 적도에서  $0^\circ$ 이고 자북극에 가까워질수록 커진다. 따라서 이 지역과 경도가 동일하지만 자북극에 가까운 지역의 북극은 Q보다 크다.

### 3 점 수능 테스트

본문 20~29쪽

01 ㉠ 02 ㉡ 03 ㉠ 04 ㉡ 05 ㉣ 06 ㉡ 07 ㉤  
 08 ㉣ 09 ㉢ 10 ㉤ 11 ㉢ 12 ㉤ 13 ㉤ 14 ㉣  
 15 ㉣ 16 ㉢ 17 ㉣ 18 ㉠ 19 ㉣ 20 ㉠

#### 01 태양계의 형성

약 50억 년 전 태양계 성운 근처에서 초신성 폭발이 일어나 그 영향이 태양계 성운에 전달되어 밀도 차이가 생겼고, 밀도가 높은 부분이 중력 수축하면서 회전하기 시작하였다.

㉠. 미행성체들이 서로 충돌하고 뭉치면서 원시 행성을 형성하였으므로, 태양계 형성 과정 순서는 (나) → (가)이다.

㉡. 태양계 성운 대부분의 질량을 차지하는 원소는 수소와 헬륨이므로, 태양의 주성분 역시 수소와 헬륨이다.

㉢. ㉠은 얼음 상태의 입자, 수소, 헬륨 등으로 이루어진 목성형 행성이고, ㉡은 규소, 철, 니켈 등으로 이루어진 지구형 행성이다. 따라서 평균 밀도는 ㉠이 ㉡보다 작다.

#### 02 지구의 진화 과정

원시 지구가 형성된 이후 끊임없이 지구는 진화하였다.

㉢. 원시 지구가 형성된 이후 지구 표면 온도가 상승하다가 미행성체의 충돌 수가 줄어들어 지구 표면 온도가 낮아지면서 원시 지각 및 원시 바다가 형성되었다.

㉣. 지구 중심부의 밀도는 맨틀과 핵의 분리(C) 이후가 분리 이전보다 크다. 따라서 지구 중심부의 밀도는 B가 D보다 작다.

㉤. 광합성을 하는 남세균이 등장하여 바다에 산소를 공급하기 시작했고, 이후 대기에 산소가 축적되기 시작했으며, 약 4억 년 전 대기 중의 산소가 증가하였을 때 오존층이 형성될 수 있었다. 따라서 오존층은 원시 바다가 형성된 이후인 E 단계 이후에 형성되었다.

#### 03 지구의 진화 과정

A는 반지름이 가장 작으므로 원시 지구 초기, B는 표면 온도가 가장 높으므로 마그마 바다 형성 시기, C는 반지름이 가장 크므로 원시 지각 형성 시기이다.

㉠. 지구는 진화를 거치는 동안 반지름이 점차 증가한다. 따라서 지구의 진화 과정 순서는 A → B → C이다.

㉡. 원시 바다는 원시 지각이 형성된 이후에 형성되었다. 따라서 원시 바다는 C 시기 이후에 형성되었다.

## 수능 기출의 미래

두꺼운 분량을 벗어난 가장 완벽한 기출문제집  
 쉬운 문항은 간략하고 빠르게,  
 고난도 문항은 상세하고 심도 있게



✕. 최초의 생명체는 바다에서 탄생하였을 것으로 추정된다. 따라서 최초의 생명체는 C 시기 이후에 탄생하였을 것이다.

#### 04 지구 대기의 조성 변화

X는 이산화 탄소, Y는 산소이다.

✕. A 시기는 (X 분압+Y 분압)이 4이므로 약 40억 년 전~약 30억 년 전이고, B 시기는 (X 분압+Y 분압)이 1이므로 약 27억 년 전이며, C 시기는 (X 분압+Y 분압)이 0.21이므로 B 시기 이후이다. 따라서 현재로부터 가장 가까운 시기는 C이다.

✕. 맨틀과 핵이 분리되기 시작한 시기는 A, B, C 시기 중 A 시기에 가장 가깝다.

㉠. A와 B 시기에는 아직 Y가 대기에 축적되지 않았으므로 대기 중 X 분압이 Y 분압보다 크다.

#### 05 지각 열류량

지구 내부 에너지는 지구 내부에 저장되어 있는 열에너지로, 판의 운동, 화산 활동, 지진 등을 일으키는 근원 에너지이다.

✕. 지각 열류량은 지구 내부 에너지가 지표로 방출되는 열량이다.

㉠. 화산 활동이나 조산 운동이 활발한 지역에서는 지각 열류량이 많다. 또한 해령과 호상 열도 부근에서도 지각 열류량이 많다. 지각 열류량은 ㉠에서 약  $140 \text{ mW/m}^2$ , ㉡에서 약  $50 \text{ mW/m}^2$ 이다. 따라서 지각 열류량은 해령에 가까운 ㉠이 ㉡보다 많다.

㉢. ㉠에서는 ㉡에서보다 깊이에 따른 지온 증가율이 크다. 따라서 A는 ㉡에서의 지온 분포이고, B는 ㉠에서의 지온 분포이다.

#### 06 지구 내부의 구성 물질과 물리량

구성 물질의 용융 온도보다 지구 내부 온도가 낮은 지각, 맨틀, 내핵은 고체 상태이며, 구성 물질의 용융 온도보다 지구 내부 온도가 높은 외핵은 액체 상태이다.

✕. 외핵은 액체 상태이므로 구성 물질의 용융 온도보다 지구 내부의 온도가 높아야 한다. 따라서 A는 지구 내부의 온도이다.

✕. ㉠은 맨틀과 외핵의 경계이다. 맨틀과 외핵의 경계에서 지진파 속도가 크게 감소하는 것은 구성 물질의 상태가 고체에서 액체로 바뀌기 때문이다.

㉢. ㉠은 맨틀과 외핵의 경계, ㉡은 외핵과 내핵의 경계이다. 따라서 ㉠을 경계로 고체에서 액체로, ㉡을 경계로 액체에서 고체로 물질의 상태가 바뀐다.

#### 07 지구 내부 지진파 주시 곡선

지진파 속도가 일정한 경우와 지진파 속도가 일정하게 증가하는 경우 모두 각거리(°)에 대한 P파 도착 시간 그래프(주시 곡선)는 곡

선의 형태를 띤다.

㉤. 지구 내부의 지진파 속도가 일정한 경우(A)에 진앙 각거리(°)에 대한 P파 도착 시간 그래프는 기울기가 감소하는 형태가 된다. 지구 내부의 지진파 속도가 일정하게 증가할 경우(B)에 진앙 각거리(°)에 대한 P파 도착 시간 그래프는 역시 기울기가 감소하는 형태가 된다. 하지만 같은 진앙 각거리(°)에 대한 P파 도착 시간은 B가 A의 경우보다 더 빠르므로 가장 적절한 주시 곡선은 ㉤이다.

#### 08 지진파 암영대

진앙으로부터의 각거리가 약  $103^\circ \sim 180^\circ$ 인 지역에는 S파가 도달하지 않고, 진앙으로부터의 각거리가 약  $103^\circ \sim 142^\circ$ 인 지역에는 P파가 도달하지 않는다.

✕. 관측소 B에는 지진 ㉠의 P파와 S파가 모두 도달하지 못하였고, 지진 ㉡의 P파와 S파는 모두 도달하였으므로 B에서 지진 ㉠의 진앙 거리는 지진 ㉡의 진앙 거리보다 길다.

㉠. P파 암영대를 벗어난 곳( $142^\circ \sim 180^\circ$ )에서는 P파는 도달할 수 있지만 S파는 도달하지 못한다. 따라서 관측소 C에는 외핵을 통과한 P파가 도달할 수 있다.

㉢. S파 암영대는 P파 암영대보다 넓은 범위이므로 ㉢은 ×이다.

#### 09 지진 기록 분석

진원 거리가 먼 관측소일수록 PS시가 길다.

㉠. (가)에 P파가 처음 도착한 시각은  $12^{\text{h}} 00^{\text{m}} 02^{\text{s}}$ 이고, S파가 처음 도착한 시각은  $12^{\text{h}} 00^{\text{m}} 04^{\text{s}}$ 이므로 P파 속도가 S파 속도보다 2배 빠르다. (나)에서 P파가 처음 도착한 시각은  $12^{\text{h}} 00^{\text{m}} 03^{\text{s}}$ 이므로, S파는  $12^{\text{h}} 00^{\text{m}} 06^{\text{s}}$ 에 처음 도착해야 한다.

✕. (가)의 PS시는 2초, (나)의 PS시는 3초이므로, 진원 거리는 (나)가 (가)의 1.5배이다.

㉢. P파가 늦게 도착한 관측소일수록 진원으로부터 멀리 있는 곳이다. 진원 거리가 멀수록 PS시는 길다. 따라서 PS시가 가장 긴 관측소는 (다)이다. (다) 관측소에 S파가 처음 도착한 시각은  $12^{\text{h}} 00^{\text{m}} 10^{\text{s}}$  이후로,  $12^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$ 부터  $12^{\text{h}} 00^{\text{m}} 10^{\text{s}}$ 까지 관측하는 동안에는 도착하지 않았다.

#### 10 진앙 및 진원의 결정

세 관측소에서 진원 거리를 반지름으로 하는 원을 그렸을 때 세 공통 현의 교점을 진앙이라고 한다.

㉠. PS시는 진원 거리가 먼 A가 B보다 길다.

㉢. 진앙 거리는 진원 거리보다 크지 않기 때문에 a는 B의 진앙이고, b는 A의 진앙이다.

㉤. B는 진원 거리와 진앙 거리가 같기 때문에 관측소의

$\frac{\text{진원 거리}}{\text{진앙 거리}}$ 는 1이고, A에 의한 관측소의  $\frac{\text{진원 거리}}{\text{진앙 거리}}$ 는 1보다 크다.

## 11 지진 기록 분석

지진 기록에서 P파가 도달한 후 S파가 도달할 때까지의 시간을 PS이라고 한다.

㉠ PS시는 진원 거리가 멀수록 길고, 진원 거리가 멀수록 지진 파의 도착 시간이 늦다. 따라서 PS시는 진원 거리가 가장 먼 D에서 가장 길다.

㉡ B에서 PS시는 1초이고 C에서 PS시는 2초이므로 PS시는 C가 B의 2배이다. 따라서 진원 거리는 C가 B의 2배이다.

㉢ 각 관측소에 도달한 S파의 도착 시간은 P파의 도착 시간의 2배이므로  $\frac{\text{P파 속도}}{\text{S파 속도}}=2$ 이다.

## 12 지진 기록 분석

지진 기록에서 P파가 도달한 후 S파가 도달할 때까지의 시간을 PS라고 한다.

㉠ 관측소 A에 P파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 5초이고, PS시가 8초이므로 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 13초이다. P파의 속도는 S파의 속도에 비해 2.6배 빠르다. 따라서 P파의 속도는 6.5 km/s이다.

㉡ 관측소 B에 P파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 10초이다. P파가 S파보다 2.6배 빠르므로 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 26초이다. 따라서 ㉠은 16이다.

㉢ 진원 거리는 PS시에 비례하므로 Y는 X의 2배이다.

## 13 지각 평형설

지각 평형설은 밀도가 작은 지각이 밀도가 큰 맨틀 위에 떠서 평형을 이룬다는 이론이다.

㉠ (가)에 비해 (나)는 물이 없어지고, 퇴적층이 침식되면서 지각이 융기하였다.

㉡ A와 B는 등압력면에 있으므로 압력은 동일하다.

㉢ 압력(P)은  $P=\rho gh$ ( $\rho$ : 밀도,  $g$ : 중력 가속도,  $h$ : 높이)이다. A에서의 압력( $P_A$ )은  $P_A=(1.0 \times 2)+(2.0 \times 2)+(3.0 \times 10)+(4.0 \times 20)=116$ 이고, B에서의 압력( $P_B$ )은  $P_B=(2.0 \times 1)+(3.0 \times 10)+(4.0 \times h)=32+4h$ 이며,  $P_A=P_B$ 이므로  $116=32+4h$ ,  $h$ 는 21이다.

## 14 지각 평형의 원리 실험

나무토막의 밀도가 물의 밀도보다 작으므로 나무토막은 물 위에 떠서 평형을 이룬다.

㉠ 프래트설은 밀도가 서로 다른 지각이 맨틀 위에 떠 있고, 밀도가 작은 지각일수록 지각의 해발 고도는 높지만 밀도에 관계없이 해수면을 기준으로 한 모호면의 깊이가 같다는 것이다. 따라서 프래트설은 나무토막 A와 B의 실험 결과로 설명할 수 있다.

㉡ 에어리설은 밀도가 서로 같은 지각이 맨틀 위에 떠 있고, 지각의 해발 고도가 높을수록 해수면을 기준으로 한 모호면의 깊이가 깊다는 것이다. 따라서 에어리설은 나무토막 B와 C의 실험 결과로 설명할 수 있다.

㉢ 나무토막 A에서  $\rho_1=\frac{h_1-\text{㉠}}{h_1}$ 이고, 나무토막 C에서  $\rho_2=$

$\frac{h_1-\text{㉡}}{h_1}$ 이다. 따라서  $\rho_1:\rho_2=(h_1-\text{㉠}):(h_1-\text{㉡})$ 이다.

## 15 지각 평형 원리

해수면을 기준으로 한 모호면의 평균 깊이는 대륙 지각이 해양 지각보다 깊다.

㉠ 지각의 두께가 두꺼울수록 모호면의 깊이는 깊어지고, 지각의 두께가 얇을수록 모호면의 깊이는 얕아진다. 따라서 모호면의 깊이는 대륙 지각이 해양 지각보다 깊다.

㉡ ㉠~㉢ 지점에 작용하는 압력은 ㉡=㉢>㉠>㉠이므로, ㉠에서 가장 작다.

㉢ 평균 밀도는 모호면의 깊이가 얇은 해양 지각이 모호면의 깊이가 깊은 대륙 지각보다 크다. 따라서 평균 밀도는  $\rho_1$ 이  $\rho_2$ 보다 크다.

## 16 지각 평형의 원리 실험

지형의 형성 과정 중 지구 내부의 힘에 의한 작용으로 지반의 융기, 침강 작용을 수반하는 운동을 조륙 운동이라고 한다.

㉠ 나무토막 A 위에 나무토막 C를 올리는 과정 (나)의 결과로 조륙 운동을 설명할 수 있다.

㉡ 과정 (가)의 결과 나무토막 A의 밀도는  $\frac{2.4}{4}=0.6$ 이고, 나무토

막 B의 밀도는  $\frac{3.6}{6}=0.6$ 이다. 따라서 나무토막 A와 B의 밀도는 같다.

㉢ 나무토막 (A+C)와 B는 수면 아래부분의 두께가 같으므로 (A+C)에서의 압력과 B에서의 압력이 같다( $P_{(A+C)}=P_B$ ). 따라서  $P_{(A+C)}=(0.6 \times 4)+\rho h$ ,  $P_B=0.6 \times 6$ 이므로  $\rho h=1.2$ 이다.

## 17 중력 이상

표준 중력값은 저위도에서 고위도로 갈수록 증가한다.

㉠ 중력 이상=(실측 중력-표준 중력)이고, ㉠ 지점에서의 중력 이상값은 (-)이므로, 실측 중력은 표준 중력보다 작다.

- ㉠ 표준 중력은 지구 타원체 내부의 밀도가 균일하다고 가정할 때 위도에 따라 달라지는 이론적인 중력값이다. 표준 중력값은 고위도로 갈수록 증가한다. 따라서 표준 중력은 고위도에 위치한 ㉠ 지점에서가 ㉡ 지점에서보다 크다.
- ㉢ 지하의 밀도가 클수록 중력 이상값이 크므로 A~D의 밀도는  $A > C > B > D$ 이다. 따라서 A~D 중 밀도는 D가 가장 작다.

### 18 중력 이상

- 관측된 실측 중력에서 이론적으로 구한 표준 중력을 뺀 값을 중력 이상이라고 한다.
- ㉠ 동일한 단진자를 사용했을 때, 단진자의 주기는 중력이 클수록 짧아진다. A와 B는 동일 위도이지만 A가 B보다 중력 이상값이 더 크기 때문에 단진자의 주기는 A가 B보다 짧다.
- ✕ B의 중력 이상값은 +30 mGal이므로 (+)이다.
- ✕ 표준 중력 방향이 지구 중심 방향인 곳은 적도와 극 지역이다. A, B, C는 적도와 극 지역에 위치하지 않으므로 표준 중력 방향이 지구 중심을 향하지 않는다.

### 19 지구 자기장

- 어느 지점에서 진북 방향과 지구 자기장의 수평 성분 방향이 이루는 각을 편각이라고 한다.
- ✕ (가)는 편각의 분포이다. 따라서 (나)의  $\beta$  분포이다.
- ㉠ A, B, C 중  $\beta$ (편각)의 크기가 가장 큰 지점은 B(+50)이다. A와 C에서 편각은 0이다.
- ㉢  $\sqrt{f_1^2 + f_2^2}$ 은 수평 자기력,  $f_3$ 은 연직 자기력이다. 자북극에 가까울수록  $\frac{f_3}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}}$  값은 커진다. 따라서  $\frac{f_3}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}}$  값이 가장 작은 지점은 A, B, C 중 C이다.

### 20 지구 자기장

- 어느 지점에서 지구 자기장의 세기를 전 자기력이라 하며, 지구 자기장의 수평 성분의 세기를 수평 자기력이라고 한다. 수평 자기력은 자극에서 0이고, 자기 적도에서 최대이다.
- ㉠ 자기력선은 남쪽에서 북쪽으로 향하기 때문에 a는 남이다.
- ✕ ㉠은 B 지점에서의 자기력선이고, ㉡은 C 지점에서의 자기력선이다.
- ✕ A, B, C 중 수평 자기력이 가장 센 지점은 자기 적도에 있는 B이다.

## 02 광물

### 2점 수능 테스트

본문 36~37쪽

- 01 ㉠ 02 ㉢ 03 ㉠ 04 ㉡ 05 ㉠ 06 ㉢ 07 ㉡  
08 ㉠

### 01 광물의 성질

- 원자나 이온의 배열 상태가 규칙적인 물질을 결정질, 원자나 이온의 배열 상태가 불규칙적인 물질을 비결정질이라고 한다.
- ㉡ 방해석과 장석은 결정질 광물이고, 흑요석은 비결정질 광물이므로 A는 흑요석이다. 방해석은 탄산염 광물이고, 장석은 규산염 광물이므로, B는 방해석, C는 장석이다.

### 02 규산염 광물의 사면체 결합 구조

- 규산염 광물은 1개의 규소와 4개의 산소가 결합된  $\text{SiO}_4$  사면체를 기본 단위로 하며,  $\text{SiO}_4$  사면체가 다른 이온과 결합되어 이루어진 광물이다.
- ✕ A는 감람석, B는 흑운모, C는 석영이다. 석영은 밝은색 광물이고, 감람석과 흑운모는 어두운색 광물이므로, C는 A, B, C 중 광물의 색이 가장 밝다.
- ✕ Si:O는 A가 1:4, B가 2:5, C가 1:2이므로  $\frac{\text{Si 원자 수}}{\text{O 원자 수}}$ 는  $C(0.5) > B(0.4) > A(0.25)$ 이다. 따라서  $\frac{\text{Si 원자 수}}{\text{O 원자 수}}$ 는 C가 가장 크다.
- ㉠ A(감람석)와 C(석영)는 불규칙하게 부서지는 깨짐이 발달한다.

### 03 비규산염 광물

- 규산염 광물을 제외한 원소 광물, 산화 광물, 황화 광물, 탄산염 광물 등을 비규산염 광물이라고 한다. (가)는 금강석, (나)는 자철석, (다)는 암염이다.
- ㉠ 원소 광물은 다른 원소와 결합하지 않고 한 종류의 원소만으로 산출되는 광물이다. (가)는 화학식이 C인 금강석으로, 원소 광물이다.
- ✕ (나)는 자철석으로 산소가 금속 원소와 결합된 산화 광물이다.
- ✕ 광물에 X선을 투과시키면 규칙적으로 배열된 점무늬가 나타나는데, 이를 라우에 점무늬라고 한다. 결정질 광물은 규칙적인 배열이 나타나지만, 비결정질 광물은 불규칙적인 배열이 나타난다. (다)는 암염으로 결정질 광물이므로 X선을 투과시키면 규칙적으로 배열된 점무늬가 나타난다.



#### 04 광물의 광학적 성질

개방 니콜에서는 다색성을 관찰할 수 있고, 직교 니콜에서는 간섭색과 소광 현상을 관찰할 수 있다.

㉮ 학생 A. 개방 니콜에서 유색의 광학적 이방체 광물의 박편을 재물대 위에 놓고 회전시킬 때, 광물의 색과 밝기가 일정한 범위에서 변하는 현상을 다색성이라고 한다.

학생 B. 직교 니콜에서 광학적 이방체 광물의 박편을 재물대 위에 놓았을 때 관찰되는 색을 간섭색이라고 하며, 간섭색은 복굴절된 빛의 간섭에 의해 생긴다.

학생 C. 직교 니콜에서 광학적 이방체 광물의 박편을 재물대 위에 놓고 회전시키면 간섭색이 변하는데, 어느 각도에서는 빛이 통과하지 않는 소광 현상이 일어난다.

#### 05 편광 현미경을 이용한 광물 관찰

상부 편광판을 ㅼ 상태를 개방 니콜, 상부 편광판을 넣은 상태를 직교 니콜이라고 한다.

㉮ 유리질 조직이나 세립질 조직 바탕에 결정의 크기가 큰 반정이 섞여 있는 조직을 반상 조직이라고 한다. ㉮은 결정의 크기가 비교적 큰 반정이다.

✕. 광물 내에서 방향에 관계없이 빛의 통과 속도가 일정한 광물을 광학적 등방체라고 한다. 광학적 등방체는 직교 니콜에서 검게 보인다. ㉮은 직교 니콜에서 밝게 보이므로 광학적 등방체가 아니다.

✕. (나)는 조립질 조직으로 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되어 형성되었고, (다)는 세립질 조직으로 마그마가 지표 부근에서 빠르게 냉각되어 형성되었다. 따라서 (나)가 (다)보다 지하 깊은 곳에서 냉각되어 생성되었다.

#### 06 편광 현미경을 이용한 광물 관찰

광학적 등방체는 단굴절을 일으키고, 광학적 이방체는 복굴절을 일으킨다.

✕. ㉮은 상부 편광판을 ㅼ 상태이므로 개방 니콜이다.

✕. 광물 A는 직교 니콜에서 검은색, 흰색, 갈색 등 다양한 색깔의 간섭색을 관찰할 수 있다.

㉮ 직교 니콜에서 박편을 재물대 위에 놓았을 때 간섭색이 관찰되는 광물은 광학적 이방체 광물이다. 따라서 광물 A는 간섭색이 관찰되므로 광학적 이방체이다.

#### 07 편광 현미경을 이용한 광물 관찰

박편 상태에서 빛이 투과하는 광물은 투명 광물이고, 투과하지 못하는 광물은 불투명 광물이다.

✕. A는 개방 니콜에서 관찰 가능하고, 복굴절하지 않으며, 직교 니콜에서 완전 소광으로 0°와 45°에서 검게 보이므로 광학적 등방체인 석류석이다. 진행 방향에 따라 속도가 달라지는 것은 광학적 이방체이다. 따라서 A를 통과하는 빛은 진행 방향에 따라 속도가 달라지지 않는다.

㉮ B는 흑운모로, 직교 니콜에서 소광 현상이 나타난다.

✕. A는 간섭색이 나타나지 않고, B는 간섭색이 나타난다.

#### 08 퇴적암의 조직

퇴적암은 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 구분할 수 있다. 역암과 사암은 쇄설성 퇴적암이고, 석회암은 화학적 퇴적암 또는 유기적 퇴적암이다.

㉮ 퇴적암은 교결 물질이 입자들 사이에 존재하는 빈 공간을 채운 후 입자들을 고정하여 단단하게 되는 교결 작용을 거쳐 만들어진다. 따라서 (가)의 역암이 생성될 때 교결 작용이 일어났다.

✕. 화학적 퇴적암은 화학적 풍화 작용으로 생성된 이온 등의 반응으로 광물이 침전하여 생성된 암석으로, 석회암, 석고, 암염 등이 있다. (나)의 사암은 쇄설성 퇴적암이다.

✕. (다)의 석회암은 유기적 또는 화학적 퇴적암이므로 쇄설성 조직을 관찰할 수 없다.

3 점 수능 테스트

본문 38~41쪽

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

01 규산염 광물의 결합 구조와 특징

규산염 광물은 1개의 규소와 4개의 산소가 결합된  $\text{SiO}_4$  사면체를 기본 단위로 하며,  $\text{SiO}_4$  사면체가 다른 이온과 결합되어 이루어진 광물이다.

㉠. 복사슬 구조를 가지는 대표적인 규산염 광물은 각섬석이며, ㉡( $\text{Si} : \text{O}$ )은 4 : 11이다.

✕.  $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{Si 원자 수}}$ 의 값이 큰 규산염 광물일수록  $\text{SiO}_4$  사면체의 공유 산소 수가 감소하며,  $\text{SiO}_4$  사면체의 공유 산소 수는 저온에서 정출된 광물일수록 증가한다. 따라서  $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{Si 원자 수}}$ 의 값이 큰 규산염 광물일수록 고온에서 정출된다.

✕. 석영( $\text{SiO}_2$ )은 망상 구조를 가진다.

02 편광 현미경을 이용한 광물 관찰

상부 편광판을 뺀 상태를 개방 니콜, 상부 편광판을 넣은 상태를 직교 니콜이라고 한다.

✕. 광물 A는 개방 니콜에서 검게 보이기 때문에 빛이 통과하지 못하는 금이다. 불투명 광물은 다색성을 관찰할 수 없다.

✕. 광물 B는 직교 니콜에서 검게 보이므로 단굴절을 일으키는 광학적 등방체인 석류석이다.

㉠. 광물 C는 흑운모로, (다)에서 간섭색을 관찰할 수 있다.

03 규산염 광물의 광학적 특징

박편 상태에서 빛이 투과하는 광물은 투명 광물이고, 투과하지 못하는 광물은 불투명 광물이다.

✕.  $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{Si 원자 수}}$ 가 큰 것부터 순서대로 나열하면, 감람석(4) > 휘석(3) > 사장석(2)이다.

✕. 감람석은 깨짐이, 사장석과 휘석은 쪼개짐이 나타난다.

㉠. 세 광물 모두 직교 니콜에서 관찰되므로 개방 니콜에서도 관찰 가능할 것이다. 개방 니콜에서 관찰 가능한 광물은 투명 광물이다. 따라서 세 광물은 모두 투명 광물이다.

04 화성암 분류

(가)는 판상 구조로 흑운모, (나)는 단사슬 구조로 휘석, (다)는 독립형 구조로 감람석이다.

✕. 화강암은 주로 석영과 장석으로 이루어져 있다. 이 암석은 흑운모, 휘석, 감람석 등으로 이루어져 있으므로 화강암이 아니다.

㉠. (나)는 광물 내에서 방향에 따라 빛의 통과 속도가 달라져서 굴절률에 차이가 생기는 광물인 광학적 이방체이다.

㉡. 저온에서 정출된 광물일수록  $\text{SiO}_4$  사면체의 공유 산소 수가 증가하므로, 가장 고온에서 형성되는 광물은 공유 산소 수가 가장 적은 (다)이다.

05 편광 현미경을 이용한 광물 관찰

광역 변성암에서는 흑운모나 백운모와 같은 판상의 광물이 압력에 수직인 방향으로 나란하게 배열된 엽리(편리, 편마 구조)가 발달한다.

㉠. (가)는 개방 니콜로 다색성을, (나)는 직교 니콜로 간섭색과 소광 현상을 관찰할 수 있다.

㉡. 광물 내에서 방향에 관계없이 빛의 통과 속도가 일정한 광물을 광학적 등방체라고 한다. 광학적 등방체는 직교 니콜에서 검게 보인다. ㉠과 ㉡은 직교 니콜에서 관찰되므로 광학적 등방체가 아니다. 따라서 ㉠과 ㉡은 복굴절을 일으킨다.

㉢. A에서는 흑운모가 일정한 방향으로 나열되어 있는 엽리를, B에서는 여러 엽리가 일정한 방향으로 나열되어 있는 모습을 확인할 수 있다.

06 암석의 광학적 특징

유리질 조직 및 세립질 조직은 마그마가 지표 부근에서 빠르게 식어 형성되며, 비결정질이거나 결정이 매우 작다. 조립질 조직은 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어 형성되며, 입자가 크고 비교적 고르다.

㉠. (가)는 엽리 구조를 관찰할 수 있는 편마암이고, (나)는 대부분 석영으로 이루어져 있는 사암이다.

✕. (나)는 주로 투명 광물인 석영과 장석으로 구성된다.

㉡. (다)는 세립질 조직을 가지는 유문암으로, 마그마가 지표 부근에서 빠르게 식어 생성되었다.

07 편광 현미경을 이용한 광물 관찰

개방 니콜에서는 다색성을 관찰할 수 있고, 직교 니콜에서는 간섭색과 소광 현상을 관찰할 수 있다. A는 암염, B는 감람석, C는 흑운모이다.

㉠. (가)는 상부 니콜이 없는 개방 니콜 상태, (나)는 상부 니콜이 있는 직교 니콜 상태이다.

㉡. 광물 B는 감람석으로, 광학적 이방체 광물이다. 따라서 직교 니콜에서 광물 B를 통과하는 빛은 진행 방향에 따라 속도가 달라진다.

㉢. 광물 B(감람석)와 C(흑운모)는 광학적 이방체 광물로, 직교

니콜에서 재물대를 회전시킬 때  $90^\circ$  간격으로 소광 현상이 나타난다. 따라서 광물 B와 C는 (나)와 같은 직교 니콜에서 재물대를  $360^\circ$  회전시키는 동안 소광 현상이 4회 나타난다.

### 08 광물의 성질

방해석은 탄산염 광물, 장석과 흑운모는 규산염 광물이므로 A는 방해석이다. 장석은 망상 구조, 흑운모는 판상 구조이므로 B는 흑운모, C는 장석이다.

㉠ 방해석, 장석, 흑운모는 모두 직교 니콜에서 간섭색을 관찰할 수 있는 광학적 이방체이다.

✕. A는 방해석, B는 흑운모, C는 장석이다. 흑운모의 Si : O(☉)는 2 : 5이다.

✕. 방해석은 3방향의 쪼개짐이 나타나고, 장석은 2방향의 쪼개짐이 나타난다. 따라서 ㉠+㉡은 5이다.

## 03 지구의 자원

### 2 점 수능 테스트

본문 49~51쪽

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

### 01 광상

지각에는 자원으로 이용되는 여러 가지 광물들이 포함되어 있다. 어떤 지역에서는 유용한 광물이 지각 내의 평균적인 함량보다 훨씬 높은 비율로 모여 있는 곳이 있는데, 이러한 곳을 광상이라고 한다.

- ㉠ 광상은 광물 자원이 지각 내에 채굴이 가능할 정도로 농집되어 있는 장소이다.
- ㉡ 광상은 지질학적 형성 과정에 따라 화성 광상, 퇴적 광상, 변성 광상으로 구분한다.
- ㉢ 광상에서 채굴한 경제성이 있는 암석을 광석이라 하고, 광상에서 광석을 채굴하는 곳을 광산이라고 한다.

### 02 광상의 종류

광상은 지질학적 형성 과정에 따라 화성 광상, 퇴적 광상, 변성 광상으로 구분한다.

- ㉣ A는 지표의 광상이나 암석이 풍화, 침식, 운반되는 과정 중에 유용 광물이 집적되어 형성된 퇴적 광상이다. B는 마그마가 냉각되는 과정에서 마그마 속에 포함된 유용한 원소들이 분리되거나 한 곳에 집적되어 형성되는 화성 광상이다. C는 광물이 변성 작용을 받는 과정에서 재배열됨으로써 새로운 광물이 농집되거나 기존의 광상이 변성 작용을 받아 광물의 조성이 달라져 형성된 변성 광상이다.

### 03 퇴적 광상

퇴적 광상은 지표의 광상이나 암석이 풍화, 침식, 운반되는 과정 중에 유용 광물이 집중적으로 집적되어 형성된 광상이다.

- ㉤ (가)의 광상은 암석이 풍화되어 생긴 유용한 광물이 흐르는 물에 운반되는 동안 밀도가 큰 광물이 하천의 바닥에 쌓이면서 형성된 표사 광상에 해당한다.
- ✕. 주변의 모래보다 밀도가 큰 사금은 유속이 느린 곳에 모여서 쌓일 수 있다.
- ✕. A는 하천에서 유속이 느린 영역에 밀도가 큰 입자가 퇴적되어 표사 광상이 생성되는 환경이다. 호상 철광층은 주로 해수에 녹아 있던 철이 산소와 결합하여 산화된 후 침전되어 형성된 것이다.

### 04 변성 광상

변성 광상은 광물이 변성 작용을 받는 과정에서 재배열됨으로써 새로운 광물이 농집되거나 기존의 광상이 변성 작용을 받아 광물의 조성이 달라져 형성된 광상이다.

✗. 활석은 철과 마그네슘 함량이 풍부한 고철질 암석이나 마그네사이트가 열수 변질되어 생성된 광물로, 일반적으로 녹색과 흰색의 진주광택을 띤다.

✗. 활석은 비금속 광물이므로 제련 과정이 필요 없다.

㉠. 활석 광상, 흑연 광상, 석면 광상 등이 변성 광상에 해당한다.

### 05 한반도 광물 자원

우리나라에는 철, 고령토 등 다양한 광물 자원이 분포한다.

㉠. 철근을 만드는 데 이용된 ㉠은 철이다. 철은 금속 광물 자원이다.

㉡. ㉠은 철이고, 도자기를 만드는 데 이용된 ㉡은 고령토이다. 고령토는 한반도 남부 지방에 주로 분포하며, 철은 고령토보다 대체로 북쪽에 분포한다.

㉢. 고령토는 장석류가 풍화 작용을 받아 생성되므로 주로 퇴적 광상에서 산출된다.

### 06 광물의 이용

지구상에 분포하는 다양한 광물 중에서 일상생활이나 산업에 이용하는 광물을 광물 자원이라고 한다. 광물 자원은 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원으로 구분한다.

✗. 금속 광물 자원에는 희토류, 구리, 납, 아연, 텅스텐, 백금, 철, 알루미늄 등이 있고, 비금속 광물 자원에는 규사, 석고, 고령토, 활석 등이 있다. 따라서 ㉠은 비금속 광물 자원이고, ㉡은 금속 광물 자원이다.

㉢. ㉠은 전기 배선에 이용되는 광물이므로 전기를 잘 전달하는 성질이 있는 구리는 ㉠으로 적절하다.

㉣. 희토류는 란타넘족 원소 15개에 원자 번호 21번인 스칸듐(Sc), 39번인 이트륨(Y)을 더한 총 17개 원소를 말한다. 희토류는 전자 산업, 항공 우주 산업 등에 사용된다.

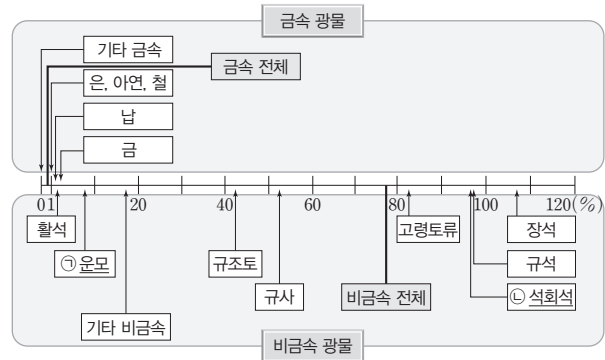
### 07 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원

금속 광물 자원은 금, 은, 구리, 철 등의 금속이 주성분인 광물 자원이고, 비금속 광물 자원은 석회석, 고령토 등과 같이 금속 광물 자원을 제외한 나머지 광물 자원이다.

㉠. 금속 전체의 자급률은 1% 미만으로 대부분 수입에 의존한다.

✗. 운모는 비금속 광물 자원이다. 제시된 자료의 광물을 금속 광물과 비금속 광물로 구분한 결과는 다음과 같다.

✗. 석회석의 자급률은 약 95%로 비금속 전체의 자급률(약 77%)보다 높다.



### 08 암석의 이용

지각을 구성하는 광물이나 암석은 우리 생활과 산업 활동에 다양한 형태로 사용되고 있다.

㉠. 이 암석은 열과 압력을 받아 구성 입자가 재결정화되는 변성 작용을 받아 생성된 대리암이다.

㉡. 대리암은 탄산칼슘이 주성분이므로 묽은 염산과 반응하여 이산화 탄소 기체가 발생한다.

㉢. 대리암은 흰색과 갈색, 그리고 독특한 무늬를 띠는 경우가 많다. 대리암은 이러한 성질을 이용하여 건축 자재를 비롯하여 조각용, 도예용 등으로 이용된다.

### 09 해양 자원의 종류

해양에서 이용 가능한 모든 것을 해양 자원이라고 한다. 해양 자원에는 해양 에너지 자원, 해양 생물 자원, 해양 광물 자원 등이 있다.

㉠. 조력 발전은 해양 에너지를 이용하여 전기를 생산하므로 A는 해양 에너지 자원이다.

㉡. B는 해양 생물 자원이다. 해양 생물은 육상 생물에 비하여 재생산력이 약 5~7배에 달한다.

㉢. C는 해양 광물 자원이다. 해수에 녹아 있는 광물 자원으로는 소금, 브로민, 마그네슘, 금, 은, 우라늄, 리튬 등이 있다.

### 10 해양 광물 자원

해양 광물 자원으로는 해수에 녹아 있는 소금, 브로민, 마그네슘 등과 심해저에 분포하는 망가니즈 단괴 등이 있다.

㉠. 망가니즈 단괴는 해수에 녹아 있던 망가니즈, 철, 구리, 니켈, 코발트 등이 침전하여 공 모양의 덩어리로 성장한 것이다.

✗. 망가니즈 단괴는 수심 4000 m 이상의 심해저에서 주로 발견된다. 대륙붕은 수심 200 m 이내의 해저이다.

㉔ 우리나라는 태평양의 클라리온—클리퍼턴 해역을 탐사하여 망가니즈 단독 개발권을 확보하였다.

## 11 조류 발전과 파력 발전

조류 발전은 조석에 의해 발생하는 조류의 흐름을 이용하고, 파력 발전은 바람에 의해 생기는 파도의 운동을 이용한다. 따라서 (가)는 조류 발전 방식이고, (나)는 파력 발전 방식이다.

- ① 조류 발전 방식은 조석에 의해 자연적으로 발생하는 빠른 흐름인 조류에 직접 터빈을 설치함으로써 해수의 수평 흐름을 회전 운동으로 변환시켜 전기 에너지를 생산한다.
- ② (나)는 바람에 의해 생기는 파도의 운동을 이용하여 전기 에너지를 생성한다.
- ③ 조류 발전 방식은 조력 발전 방식보다 생태계에 미치는 영향이 적다.
- ✕ 조류 발전 방식은 날씨나 계절에 관계없이 발전할 수 있고, 특정 지역의 시간대별 유속을 알면 발전량 예측이 가능하다. 파도의 운동은 날씨나 계절에 따라 달라지므로 파력 발전 방식은 전기를 생산할 때 날씨와 계절의 영향을 많이 받는다.
- ⑤ 조류 발전 방식과 파력 발전 방식은 재생 가능한 해양 에너지를 이용한다.

## 12 해양 에너지 자원

1차 에너지는 석유, 석탄, 천연가스, 재생 에너지(해양 에너지 포함) 등 변환이나 가공의 과정을 거치지 않고 자연으로부터 직접 얻을 수 있는 에너지이고, 최종 에너지는 휘발유, 경유, 도시가스 등 1차 에너지를 소비자가 사용하기 편리하도록 가공한 에너지이다. 1차 에너지를 최종 에너지로 전환하는 과정에서 손실되는 양이 발생하므로 최종 에너지는 1차 에너지보다 양이 적다.

✕. 석탄의 에너지 공급량은 2020년에 약  $156 \times 10^{18}$  J이고 2050년에 약  $117 \times 10^{18}$  J이다.

✕. 전 세계의 최종 에너지 소비량은 2020년에 약  $413 \times 10^{18}$  J인 것에 비해 2050년에 약  $550 \times 10^{18}$  J로 증가한다.

㉔. 화석 연료는 매장량의 한계가 있으므로 재생 가능한 해양 에너지를 개발하면 미래의 에너지 자원을 확보하는 데 도움이 된다.

## 3 점 수능 테스트

본문 52~57쪽

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

## 01 화성 광상

마그마가 냉각되는 과정에서 마그마 속에 포함된 유용한 원소들이 분리되거나 한 곳에 집적되어 형성되는 광상을 화성 광상이라고 한다.

- ① A는 정마그마 광상, B는 페그마타이트 광상, C는 기성 광상, D는 열수 광상이다.
- ✕ 정마그마 광상에서는 고온의 마그마가 냉각되는 초기에 정출된 밀도가 큰 자철석, 크로몰철석, 백금, 니켈 등이 산출된다. 밀도가 작은 암염, 석고는 주로 퇴적 광상(침전 광상)에서 산출된다.
- ③ 기성 광상은 마그마에 있던 수증기와 휘발 성분이 주위의 암석을 뚫고 들어가 일부를 녹이고 침전하여 형성된다.
- ④ 광상의 형성 온도는 마그마 냉각 초기에 형성된 정마그마 광상(A)이 열수 용액에 의해 형성된 열수 광상(D)보다 높다.
- ⑤ 정마그마 광상(A), 페그마타이트 광상(B), 기성 광상(C), 열수 광상(D)은 화성 광상에 해당한다.

## 02 풍화 잔류 광상

퇴적 광상 중 풍화 잔류 광상은 기존의 암석이 풍화 작용을 받은 후 풍화의 산물이 그 자리에 남아서 만들어진 광상이다.

✕. (가)는 지표의 용해성 물질이 지하에 스며들어 화학적 풍화를 거쳐 잔류 물질로 알루미늄, 철 등이 산출되므로 풍화 잔류 광상의 생성 환경이다.

㉔. 광물 ㉔은 고령토가 풍화되어 생성된 보크사이트이다.

㉔. (가)는 열대 지역에서 풍화 잔류 광상이 생성되는 환경이다. 고령토는 주로 열대 지역에서 화학적 풍화를 거쳐 보크사이트로 변한다. 따라서 (나)는 (가)와 같은 생성 환경에서 주로 일어난다.

## 03 침전 광상

퇴적 광상 중 침전 광상은 해수에 녹아 있는 물질이 침전되어 형성된 광상으로 호상 철광층은 적철석, 자철석 등의 침전으로 형성된 것이다.

㉔. 오스트레일리아에는 철광상 A를 중심으로 철광상이 집중적으로 분포하며 매장량도 대부분을 차지한다. 따라서 오스트레일리아에서 철의 매장량은 135°E를 기준으로 서쪽이 동쪽보다 많다.

✕. 호상 철광층은 해수에 녹아 있던 철이 산소와 결합하여 산화된 후 침전되어 형성된 것이므로 호상 철광층이 분포하는 A는 퇴적 광상(침전 광상)에 해당한다.



㉔ 약 25억 년 전~18억 년 전 사이에 해수에 용해된 철 이온은 남세균류가 광합성으로 생성한 산소와 결합하여 호상 철광층을 형성하였다. 따라서 해수에 존재하는 철 이온의 양은 (나)가 생성 될 당시에 현재보다 많았다.

#### 04 변성 광상

변성 광상에는 광역 변성 광상과 접촉 고대 광상이 있다. 광역 변성 광상에서는 우라늄, 흑연, 활석, 석면, 납정석 등이 산출되고, 접촉 고대 광상에서는 철, 구리, 텅스텐, 납, 아연, 몰리브데넘, 주석 등이 산출된다.

㉕ A는 텅스텐, 아연 등이 주로 산출되는 접촉 고대 광상이고, B는 활석, 석면 등이 주로 산출되는 광역 변성 광상이다. (나)는 접촉 고대 광상에 대한 설명이므로 A에 대한 설명이다.

㉖ 광역 변성 광상은 접촉 고대 광상보다 생성 과정에서 압력에 의한 영향을 많이 받았다.

㉗ 흑연 광상은 높은 열과 압력을 받아 형성되므로 광역 변성 광상에 해당한다.

#### 05 희토류 원소

희토류 원소는 란타넘족 원소 15개에 원자 번호 21번인 스칸듐(Sc), 39번인 이트륨(Y)을 더한 총 17개 원소이다.

㉘ 희토류 원소는 대부분 철(Fe)보다 원자 번호가 크지만 스칸듐(Sc)은 철(Fe)보다 원자 번호가 작다.

㉙ 규소(Si)는 산소(O)와 함께 지각을 구성하는 주요 원소이다. 희토류 원소는 '지각 내에 희귀하게 존재하는 원소'라는 의미로, 대륙 지각에서 규소(Si)보다 원자 개수가 적다.

㉚ 희토류 원소는 지각에 농축된 형태로는 거의 존재하지 않지만 전자 산업, 항공 우주 산업 등 첨단 산업에 필수적으로 이용된다.

#### 06 광물 자원의 매장량과 용도

광물 중에서 일상생활이나 산업에 이용하는 광물을 광물 자원이라고 하며 광물 자원은 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원으로 구분한다. 금속 광물 자원은 금, 은, 구리, 철 등의 금속이 주성분인 광물 자원이고, 비금속 광물 자원은 석회석, 고령토 등과 같이 금속 광물 자원을 제외한 나머지 광물 자원이다.

㉛ 은은 금속 광물이므로 은의 매장량을 알아보기 위해서는 과정 II에서 ㉔를 선택해야 한다.

㉜ A에 막대를 그린 광물은 금속 광물로 전기와 열을 잘 전달한다.

㉝ 조사 대상 광물 중 금속 광물은 은, 철이고, 비금속 광물은 규사, 석회석, 활석이다. 따라서 과정 III에서 그린 막대의 개수는 금속 광물이 비금속 광물보다 적다.

㉞ 매장량이 많을수록 과정 III에서 그린 막대의 길이가 길다. 매장량은 활석이 규사보다 많으므로 막대의 길이는 활석이 규사보다 길다.

㉟ 석회석은 주로 시멘트의 원료로 이용되므로 '시멘트의 원료'는 ㉞으로 적절하다.

#### 07 우리나라의 광물 자원

우리나라의 광물 매장량은 비금속 광물이 금속 광물보다 많다.

㉠ 금속 광물의 매장량과 가채 연수는 비례하지 않는다. 금은 다른 금속 광물에 비해 매장량 비율은 적은 편이지만 가채 연수는 긴 편이다.

㉡ 철은 금속 광물 중 매장량 비율이 34.85%이고 규석은 비금속 광물 중 매장량 비율이 16.98%이다. 하지만 비금속 광물이 금속 광물보다 총매장량이 100배 이상 많으므로 매장량은 규석이 철보다 많다.

㉢ 매장량이 가장 많은 광물은 석회석이다. 석회석은 주로 퇴적 광상에서 산출된다.

#### 08 가스수화물

가스수화물은 온실 기체인 메테인이 저온·고압 환경에서 물 분자와 결합한 고체 물질이다.

㉣ X-Y 구간의 깊이 1400 m 지점은 가스수화물 안정 영역이다. 가스수화물은 안정 영역에서 고체 상태로 존재한다.

㉤ 해저 퇴적층의 지온 상승률이 증가하면 지온 곡선은 상 경계 곡선과 더 얇은 깊이에서 만나게 된다. 따라서 해저 퇴적층의 지온 상승률이 증가하면 가스수화물 안정 영역은 감소한다.

㉥ 가스수화물은 메테인이 물 분자와 결합한 고체 물질이므로 연소할 때 이산화 탄소 등의 온실 기체가 발생한다.

#### 09 조력 발전

조력 발전은 만조와 간조 때 발생하는 해수면의 높이 차를 이용하여 위치 에너지를 전기 에너지로 전환한다.

㉦ 이 발전소는 바다의 수위가 호수의 수위보다 높은 시기 중에 발전한다. (가)에서 호수의 수위가 바다의 수위보다 높으므로 (가)는 발전소가 배수 중인 시기의 모습이다.

㉧ 발전 시작 시점은 바다의 수위가 높아지는 중에 해당하므로 간조 시각에서 만조 시각 사이이다.

㉨ 조차가 작아지면 발전에 사용 가능한 해수의 위치 에너지가 감소하므로 생산 가능한 전력량이 감소할 것이다.

#### 10 해양 온도 차 발전

해양 온도 차 발전은 표층수와 심층수의 온도 차이를 이용하여 전

기를 생산하는 방법으로, 표층수의 따뜻한 열로 액체를 기화시켜 터빈을 돌려서 전기를 생산하고, 사용한 기체를 온도가 낮은 심층수로 다시 액화시킨다.

✗. A 지점에서 B 지점으로 동일 경도를 따라갈수록 전력 추정치는 대체로 증가한다.

○. 표층수와 수심 1000 m 심층수의 수온 차이가 클수록 해양 온도 차 발전 시설에 수심 1000 m 심층수가 1 m<sup>3</sup>/s로 유입될 때 생산되는 전력 추정치가 증가한다. 전력 추정치는 B 지점이 C 지점보다 크므로 표층수와 수심 1000 m 심층수의 수온 차이는 B 지점이 C 지점보다 클 것이다.

✗. 해양 온도 차 발전은 표층수와 심층수의 수온 차이가 클수록 전력 생산에 유리하다. 심층수의 수온은 위도와 관계없이 비슷하지만 표층수의 수온은 적도 해역이 60°N 해역보다 높으므로 해양 온도 차 발전은 적도 해역이 60°N 해역보다 전력 생산에 유리하다.

## 11 해양 광물 자원

우리나라는 해저 열수 광상, 망가니즈 단괴 등을 개발하여 해양 광물 자원을 확보하기 위해 노력하고 있다.

✗. 열수 분출 지역은 해령뿐만 아니라 화산 활동이 활발한 섭입대 부근이나 열점에도 분포한다.

○. A와 B에서 채취한 광석에는 금속 광물인 구리가 포함되어 있다. 따라서 A와 B에서 채취한 광석을 제련하면 구리를 얻을 수 있다.

○. A에서 채취한 광석에는 아연을 비롯하여 구리, 니켈 등이 포함되어 있고, B에서 채취한 광석의 주요 금속 성분은 망가니즈이다. A는 우리나라가 해저 열수 광상 탐사권을 확보한 해역이고, B는 우리나라가 망가니즈 단괴의 개발권을 확보한 해역이다.

## 12 해양 에너지 자원

급격한 인구 증가와 산업화의 영향으로 환경오염, 식량 자원 고갈 등의 문제점이 대두되며, 새로운 광물과 에너지 자원 확보 등의 해결 방안을 해양에서 찾을 수 있다.

✗. (가)에서 설비 용량은 조력 발전 > 조류 발전 > 파력 발전 > 해양 온도 차 발전이다.

✗. (나)에서 잠재적 발전 가능량이 가장 큰 발전은 해양 온도 차 발전이다. 해양 온도 차 발전은 밤낮 구별 없이 안정적으로 전력 생산이 가능하다.

○. 2019년 전 세계 전력 수요량은 25814 TWh이지만 해양 온도 차 발전의 잠재적 발전 가능량은 44000 TWh로 더 큰 것을 알 수 있다. 따라서 2019년 전 세계 해양 에너지 자원을 이용한 발전의 잠재적 발전 가능량은 전 세계 전력 수요량보다 크다.

## 04 한반도의 지질

### 2 점 수능 테스트

본문 66~69쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ② 04 ① 05 ① 06 ④ 07 ③  
08 ④ 09 ⑤ 10 ① 11 ③ 12 ⑤ 13 ③ 14 ⑤  
15 ④ 16 ④

### 01 주향과 경사

지질 조사에서 가장 기본적인 활동은 지층의 분포와 지질 구조를 파악하는 일이다. 지표에 노출된 지층의 공간적 분포는 주향과 경사로 표시한다.

㉠. 주향은 지층이 수평면과 만나서 이루는 교선의 방향으로, 진북을 기준으로 측정한다.

㉡. 지층의 경사는 경사 방향과 경사각으로 표시한다. 경사 방향은 주향과 직각인 방향이고, 경사각은 지층면이 수평면과 이루는 각도이다.

㉢. 경사 방향은 항상 주향과 수직을 이루므로 주향이 NE일 때, 경사 방향은 NW 또는 SE이다.

### 02 클리노미터의 구조

클리노미터를 이용하면 지층의 주향과 경사를 측정할 수 있다.

㉠. 주향은 지층면에 클리노미터의 긴 모서리를 수평으로 대고 북쪽을 기준으로 자침이 가리키는 방향의 바깥쪽 눈금을 읽는다. A는 바깥쪽 눈금이므로 주향을 측정할 때 사용하는 눈금이다.

✗. B는 지층의 경사를 측정할 때 사용하는 경사추로, 지구 중력 방향을 향한다. 지층의 경사는 지층면에 클리노미터의 긴 변을 붙여 주향 방향에 수직으로 놓고 경사추가 가리키는 눈금을 읽어 측정한다.

✗. 클리노미터로 주향을 측정할 때는 수준기의 중앙에 기포를 위치시켜서 수평을 맞춰야 한다.

### 03 주향과 경사의 표시

지층의 주향과 경사 표시 기호에서 긴 직선의 방향은 주향이고, 짧은 선의 방향은 경사 방향을 나타낸다.

㉡. 지층 A는 주향이 N30°W이고 경사가 60°NE이다. 지층 B는 주향이 N45°E이고 경사가 15°SE이다.

### 04 지질도 해석

지질도의 등고선과 지층 경계선의 관계에서 주향, 경사 등 지층의 공간적 분포를 알 수 있다. (가)는 산등성이가 있는 지역의 지질도

이고, (나)는 골짜기가 있는 지역의 지질도이다.

㉠. 주향은 하나의 지층 경계선이 같은 등고선과 두 점에서 만날 때 이 두 점을 연결한 직선(주향선)의 방향이다. A는 주향선이 남북 방향을 향하므로 A의 주향은 NS이다.

㉡. 경사 방향은 고도가 높은 주향선에서 낮은 주향선 쪽으로 주향선에 수직이 되도록 그린 직선의 방향이다. 따라서 B의 경사 방향은 동쪽이고, D의 경사 방향은 서쪽이다.

㉢. C와 D는 서쪽으로 경사져 있고 C가 D보다 더 서쪽에 위치하므로 C는 D의 위에 쌓인 지층이다. 따라서 C는 D보다 나중에 생성되었다.

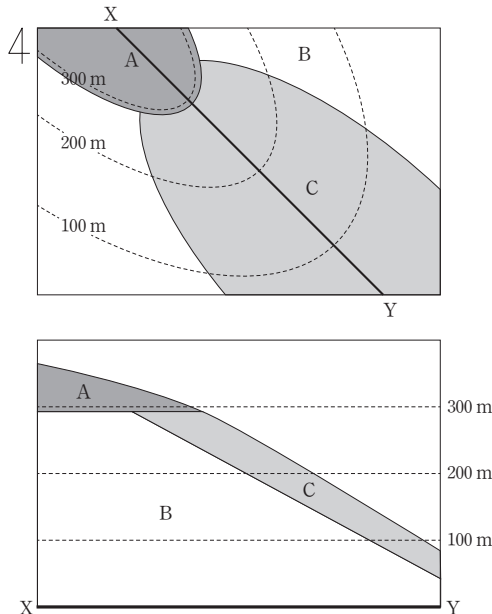
### 05 지질도 해석

지질도에서 수평층은 지층 경계선이 등고선과 나란하고, 경사층은 지층 경계선과 등고선이 서로 교차한다.

㉠. A는 지층 경계선이 등고선과 나란한 수평층이다.

㉡. 경사 방향은 고도가 높은 주향선에서 낮은 주향선 쪽으로 주향선에 수직이 되도록 그린 화살표의 방향이다. C는 200 m 주향선이 100 m 주향선보다 북서쪽에 위치하므로 C의 경사 방향은 남동쪽이다.

㉢. 지층의 생성 순서는 B → C → A이다. X-Y 방향의 연직 단면은 아래 그림과 같다.



### 06 지질도 해석

지질도에서 수평층은 지층 경계선이 등고선과 나란하고, 수직층은 지층 경계선이 직선이다.

㉡. 이 지역은 지층 경계선이 휘어져 있지만 등고선도 지층 경계

선과 나란하게 휘어져 있다. 따라서 C, D, E는 수평층이고, 이 지역에는 습곡이 발달해 있지 않다.

㉠. A는 등고선을 가로지르며 D와의 경계선이 직선으로 나타나는 것으로 보아 A는 D를 수직으로 관입하였다.

㉢. 관입암은 기존 암석보다 나중에 생성된 것이므로 A~E의 생성 순서는 E → D → C → B → A이다.

### 07 한반도의 지체 구조

어느 지역을 암석의 종류와 연령, 지각 변동에 의한 특징적인 지질 구조 등에 따라 여러 지역으로 나눈 것을 지체 구조라고 한다. 한반도의 지체 구조는 육괴와 퇴적 분지, 습곡대로 구성되어 있다.

㉠. A는 경기 육괴이다. 한반도의 육괴는 낭림 육괴, 경기 육괴, 영남 육괴 등이 있다.

㉡. B는 옥천 분지이다. 옥천 분지는 변성 작용을 받은 변성 퇴적암류가 분포한다.

㉢. C는 포항 분지이다. 동해안 쪽에 소규모로 분포하는 포항 분지에는 신생대의 퇴적암이 쌓여 있다.

### 08 조선 누층군과 경상 누층군

조선 누층군은 고생대 캄브리아기에서 오르도비스기 중기까지 퇴적된 해성층이다. 조선 누층군에서는 삼엽충, 완족류, 필석류, 코노돈트 등의 화석이 산출된다. 경상 누층군은 중생대 백악기에 퇴적된 육성층이다. 경상 누층군에서는 민물조개, 공룡의 뼈와 발자국, 연체동물, 절지동물, 새의 발자국 등의 화석이 산출된다.

㉠. A는 조선 누층군, B는 경상 누층군이다.

### 09 한반도의 종류별 암석 분포

우리나라에 분포하는 암석들 중 가장 넓은 지역을 차지하는 것은 선캄브리아 시대의 변성암류로 약 40%에 해당된다. 그 다음은 중생대에 관입한 화성암류가 약 35%를 차지한다. 그리고 고생대, 중생대, 신생대의 퇴적암류가 약 25%를 차지한다.

㉠. A는 중생대 백악기에 경상 분지를 중심으로 여러 지역에 화강암류가 관입하여 형성된 불국사 화강암이다.

㉡. ㉠은 변성암, ㉡은 퇴적암, ㉢은 화성암이다.

㉢. 불국사 화강암은 화성암에 해당하므로 A는 ㉢에 해당한다.

### 10 평안 누층군과 경상 누층군

평안 누층군은 고생대 석탄기에서 중생대 트라이아스기에 걸쳐 퇴적된 지층이고, 경상 누층군은 중생대 백악기에 퇴적된 지층이다.

㉠. A는 평안 누층군이다. 평안 누층군의 하부는 해성층이고 상부는 육성층이다.

✕. B는 경상 누층군이다. 경상 누층군은 육성층으로 해양 생물인 암모나이트는 경상 누층군에서 화석으로 발견되지 않는다.

✕. B는 중생대 백악기에 퇴적되었지만, A는 고생대 석탄기에서 중생대 트라이아스기에 걸쳐 퇴적되었다.

## 11 한반도의 지질 계통

한반도에 분포하고 있는 암석과 지층을 생성 시대 순으로 배열하여 상호 관계를 나타낸 것을 한반도 지질 계통이라고 한다.

㉠. A는 해성층인 조선 누층군이다. 조선 누층군에서는 석회암층이 발견된다.

㉡. B는 평안 누층군이고, E는 연일층군이다. 평안 누층군과 연일층군에서는 해성층과 육성층이 모두 발견되므로, 평안 누층군과 연일층군은 모두 육성층을 포함한다.

✕. C는 대동 누층군이고, D는 경상 누층군이다. 대동 누층군은 중생대 트라이아스기 후기에서 쥐라기 중기까지 퇴적되었고, 경상 누층군은 중생대 백악기에 퇴적되었다. 대보 조산 운동은 고생대 지층과 대동 누층군의 지층을 크게 변형시켰고, 이후 경상 누층군이 퇴적되었다.

## 12 한반도의 형성 과정

한중 지괴와 남중 지괴가 곤드와나 대륙에서 멀어지면서 북쪽으로 이동하다가 중생대에 서로 충돌하여 합쳐지면서 한반도를 비롯한 동북아시아의 모습이 현재와 비슷한 모습이 되었다.

㉠. 경기 육괴의 위도는 (가)에서는  $30^{\circ}\text{N}$ 보다 높고, (나)에서는  $20^{\circ}\text{N}$ 과  $30^{\circ}\text{N}$  사이이다.

㉡. (가)는 여러 지괴가 합쳐져서 한반도가 현재와 비슷한 모습을 보이지만, (나)는 지괴들이 합쳐지기 시작할 때의 모습이다. 따라서 (가)는 쥐라기 말, (나)는 쥐라기 초의 지괴 분포이다.

㉢. 현재의 한반도는 서로 다른 지괴가 합쳐져서 형성된 것이다.

## 13 동해의 형성 과정

약 2500만 년 전에 태평양판이 유라시아판 아래로 섭입하면서 동해가 확장되며 형성되기 시작하였고, 약 450만 년 전에 화산 분출이 일어나 독도가 형성되었다.

㉠. (가) 시기는 약 2500만 년 전으로, (가) 시기에 태평양판은 유라시아판 아래로 섭입하면서 동해가 확장되며 형성되기 시작하였다.

✕. (가) 시기 이후 동해는 확장하면서 (다) 시기에 이르러 동해의 확장이 거의 멈추고 오늘날과 비슷한 모습을 갖추게 되었다. 따라서 동해의 면적은 (다) 시기가 (나) 시기보다 넓었다.

㉢. 독도는 (다) 시기 이후인 약 450만 년 전에 화산 분출이 일어나면서 형성되었다.

## 14 접촉 변성 작용과 광역 변성 작용

접촉 변성 작용은 마그마와의 접촉부를 따라 일어나는 변성 작용이고, 광역 변성 작용은 조산 운동이 일어나는 지역에서 열과 압력에 의해 일어나는 변성 작용이다.

㉠. (가)는 습곡 산맥이 형성되는 지역의 하부에 변성 영역이 나타나는 것으로 보아 광역 변성 작용이 일어나는 환경이다.

㉡. (나)는 마그마와의 접촉부를 따라 변성 영역이 나타나는 것으로 보아 접촉 변성 작용이 일어나는 환경이다. 접촉 변성 작용의 주요 요인은 열이다.

㉢. (가)는 습곡 산맥 하부의 넓은 영역에 걸쳐 변성 작용이 일어나지만 (나)는 마그마와의 접촉부를 따라 좁은 영역에서 변성 작용이 일어난다. 따라서 변성 작용이 일어나는 영역은 (가)가 (나)보다 넓다.

## 15 접촉 변성 작용과 변성암

접촉 변성 작용은 마그마가 관입할 때 방출된 열에 의해 마그마와의 접촉부를 따라 일어나는 변성 작용으로, 혼펠스 조직이나 입상 변정질 조직이 발달할 수 있다.

✕. 석회암이 접촉 변성 작용을 받으면 대리암이 되고, 사암이 접촉 변성 작용을 받으면 규암이 된다. 따라서 A는 대리암이고, B는 규암이다.

㉠. 입상 변정질 조직은 방향성이 없이 원암의 구성 광물들이 재결정되어 크기가 커진 조직으로, 대리암이나 규암에서 잘 나타난다.

㉢. A와 B는 화강암 주위의 변성 영역에 분포하는 것으로 보아 접촉 변성 작용에 의해 생성되었다.

## 16 광역 변성 작용과 변성암

광역 변성 작용은 조산 운동이 일어나는 지역에서 넓은 범위에 걸쳐 열과 압력에 의해 일어나는 변성 작용으로, 엽리(편리, 편마 구조)가 발달할 수 있다.

✕. 셰일이 광역 변성 작용을 받으면 변성도가 증가하면서 점판암, 천매암, 편암, 편마암이 생성된다. 생성 과정에서 편암은 점판암보다 높은 열과 압력을 받았다.

㉠. 편리는 유색 광물과 무색 광물이 재배열되면서 얇은 줄무늬를 갖는 구조이다. 편암에는 편리가 나타난다.

㉢. 점판암과 편암은 셰일이 열과 압력을 받아 생성될 수 있다.



3 점 수능 테스트

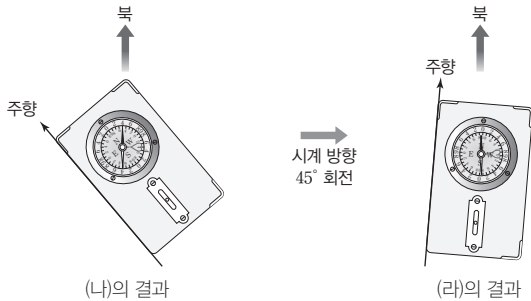
본문 70~77쪽

- 01 ⑤ 02 ① 03 ② 04 ⑤ 05 ④ 06 ⑤ 07 ③  
 08 ① 09 ③ 10 ① 11 ③ 12 ⑤ 13 ④ 14 ⑤  
 15 ③ 16 ②

01 주향과 경사의 측정

클리노미터를 이용하면 지층의 주향과 경사를 측정할 수 있다. 주향은 클리노미터의 자침이 가리키는 바깥쪽 눈금을 읽고, 경사는 클리노미터의 경사추가 가리키는 안쪽 눈금을 읽는다.

- ㉠. 클리노미터로 주향을 측정하기 위해서는 지층면에 클리노미터의 긴 모서리를 수평으로 대고 북쪽을 기준으로 자침이 가리키는 바깥쪽 눈금을 읽어야 한다. 따라서 (나)는 주향을 측정하기 위한 과정이다.
- ㉡. 클리노미터로 경사를 측정하기 위해서는 경사추가 가리키는 안쪽 눈금을 읽어야 한다. 따라서 (다)의 결과에서 경사각은 40°이다.
- ㉢. (나)의 결과에서 책의 주향은 N40°W이다. 책을 시계 방향으로 45° 회전한 후 측정한 (라)의 결과에서 책의 주향은 N5°E이다. 북쪽을 기준으로 책의 주향을 나타낸 결과는 아래 그림과 같다.



02 지질도 해석

중앙을 기준으로 양쪽의 지층이 대칭적으로 반대 방향으로 경사져 있으면 배사 구조가 나타나고, 중앙을 기준으로 양쪽의 지층이 서로 마주 보고 경사져 있으면 향사 구조가 나타난다.

- ㉠. 주향과 경사를 기호로 표시할 때 긴 선은 주향, 짧은 선은 경사를 의미한다. D층의 서쪽에 위치한 A층의 경사각은 45°이고, E층의 동쪽에 위치한 A층의 경사각은 30°이므로 D층의 서쪽에 위치한 A층은 E층의 동쪽에 위치한 A층보다 경사가 급하다.
- ㉡. D층을 기준으로 양쪽의 지층이 서로 마주 보고 경사져 있는 것으로 보아 D층을 기준으로 향사 구조가 나타난다. 향사 구조에서는 습곡축에 가까운 지층이 나중에 생성된 것이므로 C층은 B층보다 나중에 생성되었다.

㉢. D층을 기준으로 양쪽의 지층이 서로 마주 보고 경사져 있고, E층을 기준으로 양쪽의 지층이 대칭적으로 반대 방향으로 경사져 있는 것으로 보아 D층을 기준으로 향사 구조가 나타나고 E층을 기준으로 배사 구조가 나타난다. 따라서 배사 구조는 향사 구조보다 동쪽에서 나타난다.

03 노선 지질도 해석

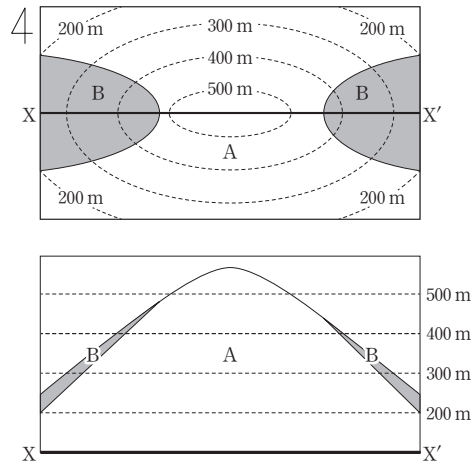
노선 지질도는 암석과 지층, 지질 구조 등이 잘 나타난 지역을 따라가며 체계적으로 조사하여 지층의 주향과 경사, 암석의 특징 등을 지형도상에 색깔과 기호로 자세히 표시한 평면도이다.

- ㉠. 지질도에 암석과 지층을 색깔로 표시할 때 화성암은 붉은색 계열, 퇴적암은 푸른색 계열, 변성암은 갈색 계열로 표시한다. 화강암은 화성암에 해당하므로 붉은색 계열로 표시한다.
- ㉡. '⊕'는 수평층을 의미한다. 이 지역에서 사암층은 수평층으로 나타나므로 '⊕'는 (나)의 사암층에 표시할 지질 기호로 적절하다.
- ㉢. 지질도에서 석회암은 , 사암은 , 화강암은 , 셰일은 로 표시된다. (나)의 조사 경로에서 지층이나 암석이 발견된 순서는 석회암층 → 사암층 → 화강암 → 셰일층이므로 노두의 조사 순서는 D → C → B → A이다.

04 지질도 해석

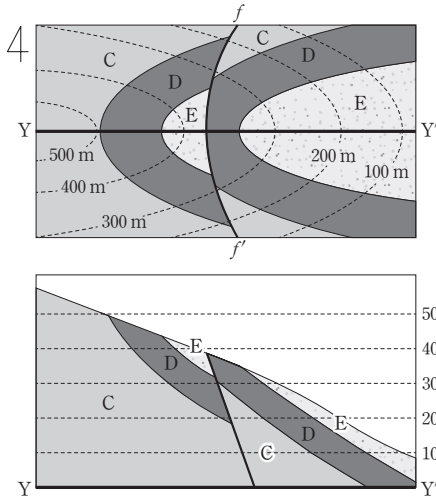
지질도에서 습곡은 지층 경계선이 습곡축을 중심으로 대체로 대칭을 이루며, 습곡축을 중심으로 경사의 방향은 반대이고, 단층은 지층 경계선이 끊어져 있고, 끊어진 선을 경계로 같은 지층이 반복된다.

- ㉠. (가)에서는 지층 경계선이 습곡축을 중심으로 반대 방향으로 기울어져 있으므로 배사 구조가 나타난다. (가)의 지질 단면은 아래 그림과 같다.





㉞ (나)에서 지층 C와 D의 경계선과 단층  $f-f'$ 의 단층선이 모두 동쪽으로 경사져 있고, 단층선의 동쪽에 위치한 C와 D의 경계선이 서쪽에 위치한 C와 D의 경계선보다 단층선과 이루는 교점의 고도가 높은 것으로 보아 단층  $f-f'$ 는 역단층이다. (나)의 지질 단면은 아래 그림과 같다.



㉞ (가)에서 지층의 생성 순서는 A → B이고, (나)에서 지층의 생성 순서는 C → D → E이다. 따라서 A와 E의 생성 시기가 같다면 지층 B, C, D 중 가장 오래된 지층은 C이다.

### 05 클리노미터와 지질도 해석

클리노미터를 이용하면 지층의 주향과 경사를 측정할 수 있다. 클리노미터에서 읽은 주향은 조사 지역의 편각을 고려하여 보정한다.

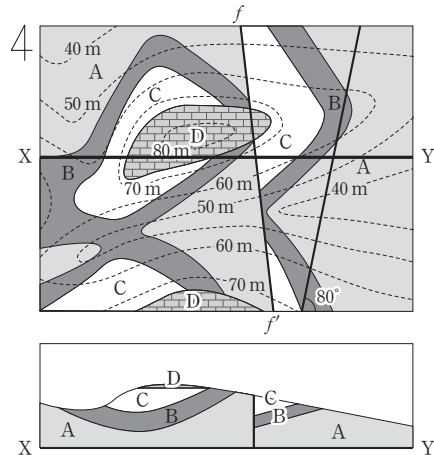
✕. 편각이 8°W일 때 클리노미터의 자침은 진북보다 8°만큼 서쪽을 가리키므로 (나)에서 자침이 가리키는 방향보다 8°만큼 동쪽을 향한 방향이 진북 방향이다. 따라서 편각이 8°W일 때, B의 주향은 N32°E이다.

㉞. 지층의 경사 방향은 지층 경계선상에서 고도가 높은 주향선에서 낮은 주향선 쪽으로 주향선에 수직이 되도록 그은 화살표의 방향이다. (가)에서 C의 주향은 B와 같이 북동쪽이고, 40 m 주향선에서 30 m 주향선을 향한 방향이 남동쪽이므로 C의 경사 방향은 남동쪽이다.

㉞. 이 지역은 골짜기가 발달한 지역으로, 지층의 생성 순서는 A → B → C이다. 따라서 가장 오래된 지층은 A이다.

### 06 지질도 해석

이 지역은 습곡, 단층, 부정합이 발달해 있다. 이 지역의 지질 단면은 다음 그림과 같다.



㉞. 주향선은 지층 경계선이 같은 고도의 등고선과 만나는 두 점을 연결한 직선이다. 단층  $f-f'$ 의 동쪽에 위치한 A층의 60 m 주향선이 북쪽을 기준으로 10°만큼 동쪽으로 기울어져 있으므로 단층  $f-f'$ 의 동쪽에 위치한 A층의 주향은 N10°E이다.

㉞. 부정합인 경우 한 지층 경계선이 다른 지층 경계선을 덮으며, 덮은 선을 경계로 다른 지층이 나타난다. B층과 A층, C층이 이루는 경계선을 수평층인 D층이 덮고 있으므로 B층과 D층은 부정합 관계이다.

㉞. 이 지역에서는 C층을 기준으로 양쪽의 지층이 마주 보고 경사져 있으므로 향사 구조가 나타난다.

### 07 한반도의 지질 시대별 암석 분포

한반도의 지질 시대별 암석 분포 비율은 선캄브리아 시대가 약 43%, 고생대가 약 11%, 중생대가 약 40%, 신생대가 약 6%이다.

㉞. A는 강원도 태백, 삼척, 영월, 평창, 정선 등지에 분포하는 조선 누층군이다. 고생대 해성층인 조선 누층군에서는 완족류, 필석류 화석이 발견된다.

✕. ㉞ 시기는 신생대, ㉞ 시기는 중생대, ㉞ 시기는 고생대이다. 송림 변동은 중생대 트라이아스기에 일어났다.

㉞. 조선 누층군은 고생대 지층이므로 ㉞ 시기에 생성되었다.

### 08 중생대의 화성암과 퇴적층

중생대 쥐라기에는 대보 화강암이 생성되었고, 백악기 후기에는 불국사 화강암이 생성되었다. 대동 누층군은 트라이아스기 후기에서 쥐라기 중기까지 생성된 지층이고, 경상 누층군은 백악기에 생성된 지층이다.

✕. A는 불국사 화강암, B는 대보 화강암이다. 불국사 화강암은 대보 화강암보다 나중에 생성되었다.

㉠. C는 중생대 육성층인 대동 누층군이다. 대동 누층군에서는 석탄층이 발견된다.

✕. D는 경상 누층군이다. 경상 누층군은 대보 화강암의 관입이 일어난 대보 조산 운동 이후에 퇴적되었다.

### 09 한반도의 지질 계통

A는 평안 누층군, B는 경상 누층군, C는 연일층군이다.

㉠. 평안 누층군의 하부에서는 석회암층과 방추층 화석이 발견되고, 상부에서는 무연탄층과 양치식물 화석이 발견된다. 따라서 (나)는 평안 누층군의 특징을 조사한 결과이다.

㉡. 경상 누층군의 상부에서는 응회암과 같은 화산 쇄설성 퇴적암이 발견된다.

✕. 경상 누층군은 경상 분지에 퇴적된 지층으로 경상도와 전라남도 남해안 일대에 분포하고, 연일층군은 포항 분지에 퇴적된 지층으로 포항 인근에 소규모로 분포한다. 따라서 분포 면적은 C가 B보다 좁다.

### 10 한반도 지층의 특징

A는 경상 누층군, B는 조선 누층군, C는 대동 누층군이다.

㉠. 경상 누층군은 공룡 발자국 화석 등이 산출되는 중생대 육성층이다.

✕. 조선 누층군은 고생대 캄브리아기에서 오르도비스기 중기 동안에 퇴적된 해성층이다. 석탄기에서 트라이아스기 전기 동안에 퇴적된 지층은 평안 누층군이다.

✕. 대동 누층군은 중생대 트라이아스기 후기에서 쥐라기 중기 동안에 퇴적된 육성층이다. 불국사 변동은 백악기 후기에 일어났으므로 대동 누층군은 불국사 변동이 일어나기 이전에 퇴적되었다.

### 11 한반도의 화성 활동

중생대 쥐라기에는 대보 조산 운동이 일어나는 과정에서 관입한 마그마에 의해 대보 화강암이 생성되었고, 신생대 제4기에는 제주도, 울릉도, 독도, 철원 일대, 백두산 등지에서 화산 활동이 있었다.

㉠. A는 쥐라기의 화강암류 관입으로 생성된 대보 화강암이다.

✕. 제주도의 화성암인 B는 신생대 제4기에 생성되었다. 연일층군은 B가 생성되기 이전인 신생대 네오기에 퇴적되었다.

㉡. 신생대 제4기의 화산 활동으로 백두산을 비롯하여 제주도, 울릉도, 독도 등이 생성되었다.

### 12 한반도 지층의 특징

인천광역시 소청도에서는 원생 누대 후기의 스트로마톨라이트 화석이 산출되고, 경상남도 고성에서는 중생대 백악기의 공룡 발자국 화석이 산출된다.

㉠. ㉠은 소청도의 대리암층에서 산출된 스트로마톨라이트 화석이다. 스트로마톨라이트 화석이 산출되는 소청도의 대리암층은 원생 누대에 생성되었다.

㉡. ㉠(스트로마톨라이트)은 바다에서 남세균의 활동에 의해 생성되었고, ㉡(공룡 발자국)은 육지에서 생성되었다.

㉢. B는 경상 누층군이 퇴적된 경상남도 고성이다. 중생대 육성층인 경상 누층군에서는 공룡 발자국 화석이 산출된다. 따라서 ㉢은 B의 암석에서 산출된 화석이다.

### 13 한반도의 형성 과정

트라이아스기 말에는 한중 지괴와 남중 지괴가 충돌하기 시작하였고, 백악기 초에는 한반도를 비롯한 동북아시아의 모습이 갖추어졌다.

✕. A 시기는 트라이아스기 말이고 B 시기는 백악기 초이므로 A 시기와 B 시기 사이는 중생대에 포함된다. 한반도의 중생대 퇴적층은 육성층이다.

㉠. A 시기와 B 시기 사이인 쥐라기에는 한중 지괴와 남중 지괴가 합쳐지면서 대보 조산 운동이 일어났다.

㉡. 제주도는 B 시기 이후인 신생대 제4기에 형성되었다.

### 14 변성 작용

광역 변성 작용은 암석이 높은 열과 압력을 받아 넓은 범위에 걸쳐 일어나는 변성 작용이고, 접촉 변성 작용은 주로 열에 의해 일어나는 변성 작용이다.

㉠. A는 광역 변성 작용이고, B는 접촉 변성 작용이다. 변성 과정에서 압력의 영향은 광역 변성 작용이 접촉 변성 작용보다 크다.

㉡. ㉠ 지점은 (나)에서 (다)로 변하는 과정에서 마그마 관입의 영향을 받아 온도가 100 °C에서 600 °C로 상승하였으므로 접촉 변성 작용이 일어났다.

㉢. 접촉 변성 작용을 받는 ㉠ 지점의 암석은 변성 전 세일에서 변성 후 혼펠스로 변하게 된다. 혼펠스에는 혼펠스 조직이 나타나므로 (다)에서 ㉠ 지점의 암석에는 혼펠스 조직이 나타날 것이다.

### 15 광역 변성 작용과 변성암

세일이 광역 변성 작용을 받으면 변성 정도가 증가하면서 점판암, 천매암, 편암, 편마암이 생성된다.

㉠. D는 편마암이다. 편마암에는 유색 광물과 무색 광물이 재배열된 줄무늬인 편마 구조가 발달한다.

㉡. 온도와 물리량 X의 증가에 따라 세일이 변성되어 편마암이 생성된다. 편마암은 세일이 광역 변성 작용을 받을 때 생성되므로 압력은 물리량 X로 적합하다.

✕. 광역 변성 작용이 일어날 때 변성 정도가 클수록 광물 입자의 크기가 커지고 엽리가 뚜렷하게 발달한다. 따라서 변성 정도가 가장 큰 D가 암석을 이루는 광물 입자의 크기도 가장 크다.

## 16 한반도의 변성암

한반도의 선캄브리아 시대 변성암은 주로 광역 변성 작용을 받아 생성되었고, 중생대 화성암 주변에 나타나는 변성암은 주로 접촉 변성 작용을 받아 생성되었다.

✕. A는 편마암이다. 편마암은 낭림 육괴, 경기 육괴, 영남 육괴 등 주로 육괴에 분포한다.

○. B는 화강암이다. 중생대에 관입한 화성암체와 접하고 있던 기존의 이암은 접촉 변성 작용을 받아 조직이 치밀하고 단단한 혼펠스로 변성되어 산출된다.

✕. 한반도의 편마암은 주로 선캄브리아 시대, 화강암은 주로 중생대에 생성되었다.

## 05 해수의 운동과 순환

### 2 점 수능 테스트

본문 92~97쪽

01 ③ 02 ④ 03 ② 04 ③ 05 ① 06 ⑤ 07 ②  
 08 ③ 09 ② 10 ⑤ 11 ③ 12 ① 13 ④ 14 ①  
 15 ④ 16 ② 17 ⑤ 18 ⑤ 19 ③ 20 ① 21 ②  
 22 ④ 23 ⑤ 24 ③

### 01 정역학 평형

정역학 평형은 해수의 깊이에 따른 수압 차 때문에 생기는 힘(연직 수압 경도력)이 해수에 작용하는 중력과 평형을 이루고 있는 상태이다.

○. A는 연직 수압 경도력이고, B는 중력이다. 정역학 평형 상태에서는 연직 수압 경도력과 중력이 평형을 이루므로 A(연직 수압 경도력)와 B(중력)의 크기는 서로 같다.

○. 해수에 작용하는 수압은 해수의 밀도가 일정하다면 깊이에 비례한다. 따라서 수압은 깊이가 얇은 ㉠ 지점이 깊이가 깊은 ㉡ 지점보다 작다.

✕. 단위 질량의 해수에 작용하는 연직 수압 경도력은  $-\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta z}$

( $\rho$ : 해수의 밀도,  $\Delta P$ : 연직 수압 차,  $\Delta z$ : 깊이 차)이므로, 밀도가 변하더라도 단위 질량에 작용하는 중력(B)의 크기는 변화가 없다. 정역학 평형 상태의 해수는 중력과 수압 경도력이 평형을 이루고 있기 때문에 밀도가 감소하더라도 평형 상태에는 변화가 없다.

### 02 해수면 경사와 수압 경도력

해수면에 경사가 있으면 해수면 아래에서는 수평 방향으로 수압 차가 발생하는데, 이러한 수압 차로 인해 생긴 힘을 수평 수압 경도력이라고 한다.

○. 수심은 해수면으로부터 연직 방향으로 측정한 물의 깊이이다. 따라서 A 지점이 B 지점보다 해수면으로부터의 깊이가 더 깊기 때문에 수심도 더 깊다.

○. 수압의 크기는  $\rho gz$ ( $\rho$ : 해수의 밀도,  $g$ : 중력 가속도,  $z$ : 해수면으로부터의 깊이)이다. 따라서 해수면으로부터의 깊이가 깊은 A 지점이 B 지점보다 수압이 크다.

✕. 수평 수압 경도력의 크기는  $g \frac{\Delta z}{\Delta x}$ ( $g$ : 중력 가속도,  $\Delta z$ : 깊이 차,  $\Delta x$ : 수평 거리)이다. 즉, 해수면의 경사가 클수록 수평 수압 경도력의 크기는 크다. A 지점과 B 지점에서의 해수면 경사는

서로 같으므로 A 지점과 B 지점에 작용하는 수평 수압 경도력의 크기도 서로 같다.

### 03 해수에 작용하는 힘

해수면의 높이가 다른 해수는 수평 방향으로 수압이 달라져서 수평 수압 경도력이 발생한다.

✕. 수평 수압 경도력의 크기는 해수면의 경사 크기와 중력 가속도의 곱에 비례한다. (가)와 (나)의 수평 거리는 같고, 깊이는 (가)보다 (나)에서 5배 더 크므로, 수평 수압 경도력도 (가)보다 (나)에서 5배 더 크다.

✕. 전향력의 크기는  $\sin\phi$  ( $\phi$ : 위도)에 비례한다. (가)의 위도는  $30^\circ\text{N}$ 이고, (나)의 위도는  $45^\circ\text{N}$ 이므로 전향력의 크기는 위도가 낮은 (가)가 위도가 높은 (나)보다 작다.

○. 수평 수압 경도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다. (가)와 (나)에서 수압은 북쪽이 남쪽보다 높으므로 수평 수압 경도력은 (가)와 (나)에서 모두 북쪽에서 남쪽으로 작용한다.

### 04 전향력

전향력은 지구 자전에 의해 나타나는 가상의 힘으로 지구상에서 운동하는 물체에 작용한다. 전향력은 북반구에서는 물체 운동 방향의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구에서는 물체 운동 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.

○. 전향력의 크기는  $2v\Omega\sin\phi$  ( $v$ : 물체의 속도,  $\Omega$ : 지구 자전 각속도,  $\phi$ : 위도)이고, 물체의 속력이 같다면  $\sin\phi$  ( $\phi$ : 위도)에 비례하여 나타난다. 따라서 위도  $30^\circ\text{N}$ 에 위치한 A가 적도에 위치한 B보다 전향력의 크기가 더 크다.

✕. 전향력의 크기는 물체의 속력이 빠를수록 커지므로 물체의 운동 속력이 감소하면 전향력은 감소한다.

○. 위도  $30^\circ\text{N}$ 에서 고위도 방향으로 물체를 운동시킬 때 물체에 작용하는 전향력은 물체 운동 방향의 오른쪽 직각 방향인 동쪽으로 작용한다. 그리고 위도  $30^\circ\text{S}$ 에서 고위도 방향으로 물체를 운동시킬 때 물체에 작용하는 전향력은 물체 운동 방향의 왼쪽 직각 방향인 동쪽으로 작용한다. 따라서 고위도 방향으로 운동시킨 물체 A와 C에 작용하는 전향력의 방향은 동쪽으로 서로 같다.

### 05 해수를 움직이는 힘

수압 경도력은 해수의 수압 차 때문에 생기는 힘이고, 전향력은 지구 자전에 의해 나타나는 가상의 힘이다.

○. A는 중력과 함께 정역학 평형 상태를 이루는 힘이므로 해수의 깊이에 따른 수압 차 때문에 생기는 연직 수압 경도력이다.

✕. 지구 자전에 의해 나타나는 가상의 힘인 전향력은 정지한 상태의 물체나 적도에서는 작용하지 않는다.

✕. C는 수평 수압 경도력이다. 수평 수압 경도력은 해수의 수평

방향으로의 수압 차 때문에 생기는 힘으로 해수면의 경사와 중력 가속도에 비례한다. 따라서 수평 수압 경도력은 해수면의 경사가 클수록 커진다.

### 06 에크만 수송

마찰층 내에서 해수의 평균적인 이동은 북반구의 경우 바람이 불어가는 방향의 오른쪽  $90^\circ$  방향으로 나타나는데 이를 에크만 수송이라고 한다.

○. 수: 에크만 수송은 북반구에서는 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 나타나고, 남반구에서는 바람 방향의 왼쪽 직각 방향으로 나타난다. 따라서 어느 한 풍향에 대하여 에크만 수송의 방향은 북반구와 남반구에서 서로 반대 방향이다.

○. 회: 에크만 수송은 해수면에서 마찰 저항 심도까지 에크만 나선이 나타나는 구간에서 해수의 평균적인 이동이므로 에크만 나선의 합쳐진 효과로 나타나는 해수의 흐름이다.

○. 수: 에크만 나선은 전향력이 작용하여 나타나는 해수의 이동 형태이므로 에크만 수송도 전향력에 의해 나타나는 해수의 흐름이다. 따라서 지구가 자전하지 않는다면 에크만 수송은 나타나지 않는다.

### 07 에크만 나선

해수면 위에서 바람이 일정한 방향으로 계속 불면 북반구에서 표면 해수는 전향력의 영향으로 바람 방향의 오른쪽으로 약  $45^\circ$  편향되어 흐른다. 또한 수심이 깊어짐에 따라 해수의 흐름은 오른쪽으로 더 편향되고 유속이 느려져 해수의 이동 형태가 나선형을 이루는데 이를 에크만 나선이라고 한다.

✕. 표면 해수의 이동 방향은 남동쪽이고, 해수가 시계 방향으로 갈수록 유속이 느려지므로 이 해역은 북반구에 위치한다.

✕. 북반구에 위치한 이 해역에서 표면 해수의 이동 방향이 남동쪽이므로 해수면 부근에서 부는 바람의 방향은 표면 해수의 이동 방향의 왼쪽  $45^\circ$  방향인 동쪽이다. 따라서 해수면 부근에서 부는 바람의 방향은 서 → 동이다.

○. 마찰층 내에서 해수의 평균적인 이동 방향은 에크만 수송이 일어나는 방향이다. 따라서 해수면 부근에서 부는 바람의 방향에서 → 동이므로 에크만 수송의 방향은 해수면 부근에서 부는 바람 방향의 오른쪽  $90^\circ$  방향인 남쪽이다.

### 08 지형류 발생 과정

수압 경도력에 의해 해수의 속력이 빨라지고, 이로 인한 전향력의 크기 증가로 북반구에서 해수는 진행 방향의 오른쪽으로 편향된다. 이 과정에서 전향력이 수압 경도력과 평형을 이룰 때 지형류가 형성된다.

○. 수압이 높은 ㉠ 수압선 쪽에서 수압이 낮은 ㉡ 수압선 쪽으로



등수압선의 직각 방향으로 수압 경도력이 작용하므로 A는 수압 경도력이고, B는 전향력이다.

ⓐ. ㉠ 수압선 쪽에서 움직이기 시작한 해수는 전향력에 의해 오른쪽으로 편향되고, 점차 전향력의 크기가 증가한다. 결국 전향력이 수압 경도력과 크기는 같고, 방향이 정반대로 되어 두 힘이 평형을 이루게 될 때 지형류가 형성된다. 따라서 해수에 작용하는 전향력의 크기는 P 지점보다 Q 지점에서 더 크다.

ⓑ. ㉡ 수압선 쪽에서 수압 경도력이 작용하여 해수가 움직이기 시작하였으므로 수압의 크기는 ㉠ > ㉡이다.

## 09 지형류 평형

수압 경도력은 해수면의 경사에 비례하고, 지형류의 유속은 위도가 낮을수록, 해수면의 경사가 급할수록 빨라진다.

ⓑ. (가)와 (나)는 각각 지형류 평형 상태이므로 (가)와 (나)의 해수에 작용하는 전향력의 크기는 수압 경도력의 크기와 같다. (가)와 (나)에서 중력 가속도는 동일하고, 해수면의 경사는 (가)가 (나)보다 2배 크므로 수압 경도력은 (가)가 (나)보다 2배 크다. 따라서 지형류에 작용하는 전향력의 크기도 (가)가 (나)보다 2배 크다.

ⓒ. 45°N에 위치한 (가)의 지형류는 해수면 경사의 오른쪽 직각 방향인 북쪽으로 이동하고, 30°S에 위치한 (나)의 지형류는 해수면 경사의 왼쪽 직각 방향인 남쪽으로 이동한다. 그러므로 (가)와 (나)에서 지형류는 모두 저위도에서 고위도 방향으로 이동한다.

ⓓ. 지형류의 유속( $v$ )은  $\frac{1}{2\Omega \sin\phi} \cdot g \frac{\Delta z}{\Delta x}$ 이다. 두 해역의 중력 가속도( $g$ )와 수평 거리( $\Delta x$ )가 같을 때, 지형류의 유속은 위도( $\phi$ )와 해수면의 높이 차( $\Delta z$ )에 따라 달라진다. 수압 경도력의 크기는 (가)가 (나)의 2배이므로 (가)에서 지형류의 유속은  $\frac{1}{2\Omega \sin 45^\circ} \cdot g \frac{2\Delta z}{\Delta x}$ 이고, (나)에서 지형류의 유속은  $\frac{1}{2\Omega \sin 30^\circ} \cdot g \frac{\Delta z}{\Delta x}$ 이다. 따라서 지형류의 유속은 (가)에서가 (나)에서보다  $\sqrt{2}$ 배 빠르다.

## 10 적도 부근에서의 에크만 수송

바람이 지속적으로 불고 있을 때, 북반구에서 에크만 수송은 바람이 부는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 나타나고, 남반구에서 에크만 수송은 바람이 부는 방향의 왼쪽 직각 방향으로 나타난다.

ⓑ. 북반구인 0°~5°N 해역에서는 B의 오른쪽 직각 방향으로 A가 나타나고, 남반구인 0°~5°S 해역에서는 B의 왼쪽 직각 방향으로 A가 나타난다. 따라서 A는 에크만 수송이고, B는 해수면 위에서 부는 바람이다.

ⓒ. 적도(0°)를 경계로 에크만 수송이 서로 반대 방향으로 나타나므로 적도에서 표면 해수는 발산한다.

ⓓ. 에크만 수송에 작용하는 전향력의 방향은 해수면 위에서 부는

바람 방향의 반대 방향이다. 따라서 적도를 경계로 저위도에서 고위도 방향으로 작용한다.

## 11 지형류의 유속

지형류의 분포를 통해 해수면의 높이를 추정하고, 에크만 수송의 방향과 해수면 부근에서 부는 바람의 방향을 알 수 있다.

ⓐ. A 지점과 B 지점의 사이인 위도 73°N 해역에서 지형류가 동쪽에서 서쪽으로 흐르므로 해수면의 높이는 A 지점이 B 지점보다 높다.

ⓑ. 해수면의 높이가 A 지점이 B 지점보다 높으므로 해수면의 경사를 발생시킨 에크만 수송의 방향은 B 지점 쪽에서 A 지점 쪽이다.

ⓒ. C 지점에서 흐르는 지형류의 방향은 A 지점과 B 지점 사이에서 흐르는 지형류의 방향과 반대이므로 C 지점의 남쪽이 북쪽보다 해수면의 높이가 높고, 해수면의 경사를 발생시킨 에크만 수송의 방향은 C 지점의 북쪽 → 남쪽이다. 따라서 북반구에 위치한 C 지점의 해수면 부근에서 부는 바람의 방향은 ㉠이다.

## 12 서안 경계류와 동안 경계류

아열대 순환에서 대양의 서쪽 연안을 따라 좁고 빠르게 흐르는 해류는 서안 경계류이고, 대양의 동쪽 연안을 따라 비교적 넓고 느리게 흐르는 해류는 동안 경계류이다.

ⓐ. A 지점에서는 서안 경계류가 흐르고, B 지점에서는 동안 경계류가 흐른다. 서안 경계류가 동안 경계류보다 해수의 수송량이 많으므로 해수의 수송량은 B 지점보다 A 지점에서 많다.

ⓑ. B 지점에서는 지형류가 북쪽에서 남쪽으로 흐르고, C 지점에서 북쪽에서 남쪽으로 흐른다. 따라서 지형류의 방향은 B 지점과 C 지점에서 대체로 같다.

ⓓ. A 지점에서 수압 경도력이 작용하는 방향은 동쪽에서 서쪽이고, B 지점에서 수압 경도력이 작용하는 방향은 서쪽에서 동쪽이다. 따라서 수압 경도력이 작용하는 방향은 A 지점과 B 지점에서 서로 반대 방향이다.

## 13 서안 강화 현상

고위도로 갈수록 전향력이 커지기 때문에 순환의 중심이 서쪽으로 치우치면서 대양의 서쪽 연안을 따라 흐르는 해류의 흐름이 강해진다.

ⓑ. 전향력이 위도에 따라 일정한 경우에는 표층 순환의 중심이 서쪽으로 치우치지 않고, 해수의 순환은 순환 중심에 대해서 대칭적으로 나타난다. 따라서 그림의 표층 순환은 저위도에서 고위도로 갈수록 전향력의 크기가 커지는 경우의 표층 순환 모습이다.

ⓒ. A 지점에는 서안 경계류가 흐르고, B 지점에는 동안 경계류가 흐른다. 저위도에서 고위도로 갈수록 전향력의 크기가 커지는



경우에는 순환의 중심이 서쪽으로 치우치기 때문에 서안 경계류는 동안 경계류보다 해수면의 경사가 더 크다.

㉠. 서안 경계류는 동안 경계류보다 이동하는 해류의 폭이 좁고 깊이는 더 깊다. 따라서 해류의  $\frac{\text{평균 깊이}}{\text{평균 폭}}$ 는 서안 경계류가 흐르는 A 지점에서가 동안 경계류가 흐르는 B 지점에서보다 더 크다.

### 14 해파의 모양에 따른 분류

해파는 모양에 따라 풍랑, 너울, 연안 쇄파로 분류할 수 있다.

㉠. 풍랑은 마루가 삼각형 모양으로 뾰족하고 파장과 주기가 짧은 해파이고, 너울은 마루가 둥글고 파장과 주기는 긴 해파이다. 그리고 연안 쇄파는 수심이 감소함에 따라 해저와의 마찰로 인해 해파의 속도는 느려지고, 파장이 짧아지는 해파이다. 따라서 파장이 가장 긴 해파는 너울이다.

✖. 풍랑은 바람에 의해 직접 발생한 해파이며, 너울은 풍랑이 발생지를 벗어나 멀리 전파되어 온 비교적 고르면서 규칙적인 해파이다. 따라서 풍랑이 너울에서 변형되어 나타난 것이 아니다.

✖. 너울이 해안에 접근하면 해저와의 마찰로 인해서 파고가 높아져서 파의 봉우리가 해안 쪽으로 넘어지면서 부서지는 연안 쇄파가 된다. 따라서 평균 파고는 너울이 연안 쇄파보다 낮다.

### 15 해파의 요소

해파에서 수면이 가장 높은 곳을 마루, 가장 낮은 곳을 골이라 한다. 파장은 마루(골)과 마루(골) 사이의 수평 거리이고, 파고는 골에서 마루까지의 높이이다.

✖. A는 평균 해수면에서 마루까지의 높이이므로 해파의 진폭이다.

㉠. 해파에서 해수면이 가장 높은 곳을 마루라고 하고, 가장 낮은 곳을 골이라고 한다. 따라서 해수면의 높이는 ㉠ > ㉡이다.

㉢. 해파의 전파 속도는  $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$ 이다. 따라서 해파의 파장과 주기를

이용하여 해파의 전파 속도를 구할 수 있다.

### 16 해파의 굴절

해안에 접근하는 해파는 천해파로 전환되며, 수심이 얕아질수록 속도가 느려진다.

✖. (가)는 (나)보다 곳의 면적이 더 넓고, (나)는 (가)보다 만의 면적이 더 넓으므로 시간 순서는 (가)가 (나)보다 먼저이다.

㉠. 해안에 접근하는 해파는 수심이 얕아지면서 해저와의 마찰로 인해 천해파의 성질을 나타낸다.

✖. 곳에서는 해파의 에너지가 집중되므로 침식 작용이 우세하게 일어나고, 만에서는 해파의 에너지가 분산되므로 퇴적 작용이 우세하게 일어난다.

### 17 심해파와 천해파

해파가 전파될 때 물 입자는 심해파일 때 원운동을 하고, 천해파일 때 타원 운동을 한다.

㉠. (가)의 물 입자는 타원 운동을 하고, (나)의 물 입자는 원운동을 하므로 (가)는 천해파, (나)는 심해파의 모습이다.

㉡. 궤도 이심률은 타원의 납작한 정도를 나타낸 값으로, 궤도 이심률이 작을수록 원운동에 가깝고, 클수록 더 납작한 타원 운동이 된다. 따라서 물 입자의 운동 궤도 이심률은 천해파인 (가)가 심해파인 (나)보다 크다.

㉢. 심해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳을, 천해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 곳을 각각 진행하는 해파이다. 심해파의 속력은 파장이 길수록 빠르고, 천해파의 속력은 수심이 깊을수록 빠르다. 따라서 해파의 속력이 수심의 영향을 받는 해파는 (가)이다.

### 18 해일의 종류

폭풍 해일은 태풍이나 강한 저기압 또는 강풍에 의해 해수면이 상승할 때 발생한다. 그리고 지진 해일은 주로 해저 지진에 의해 발생하며, 발생한 해파가 연안으로 오면서 파고가 매우 높아져서 발생한다.

㉠. 대기와의 상호 작용에 의한 해일은 폭풍 해일인 (가)이다.

㉡. 지진 해일은 수심에 비해서 파장이 매우 길기 때문에 천해파의 특성이 나타난다.

㉢. 해일은 해저 지진이나 폭풍 등에 의해 해수면이 비정상적으로 상승하면서 거대한 파도가 밀려오는 현상이다. 따라서 만조일 때 (가)와 (나)가 발생하면 피해가 더 커질 것이다.

### 19 지진 해일

지진 해일은 지진의 발생지를 기준으로 동심원의 형태로 뻗어나가고, 해파가 진행하는 동안 에너지 손실이 적어서 대양의 반대쪽까지 피해를 유발한다.

㉠. 지진 해일은 파장이 수백 km에 달하기 때문에 지구상의 모든 해역에서 천해파의 특성을 가진다.

㉡. 지진 해일과 같은 천해파의 속력은 수심의 제곱근에 비례하기 때문에 수심이 깊을수록 평균 속도는 빨라진다. 따라서 동일한 5시간 동안 진앙으로부터의 이동 거리가 상대적으로 더 짧은 A 지점과 진앙 사이보다 이동 거리가 상대적으로 더 긴 B 지점과 진앙 사이가 평균 수심이 더 깊다.

✖. 지진 해일은 대양의 중심부에서 파장의 길이와 비교했을 때 파고가 매우 작기 때문에 직접적인 피해가 발생하지 않지만, 대양의 주변부로 다가갈수록 수심이 얕아지고 파고가 높아지면서 해

일의 피해를 받을 가능성이 높아진다. 따라서 해파에 의한 피해 정도는 A 지점보다 B 지점에서 더 작을 것이다.

## 20 기조력

기조력은 조석을 일으키는 힘으로, 지구가 천체와의 공통 질량 중심을 회전함에 따라 지구상의 각 지점에서 생기는 원심력과 지구의 각 지점과 천체 간에 작용하는 만유인력의 합력이다.

㉠. 기조력은 천체의 질량에 비례하고, 천체까지의 거리의 세제곱에 반비례한다.

㉡. 기조력에서의 원심력은 지구가 천체와의 공통 질량 중심을 회전함에 따라 지구의 각 지점에서 생기는 힘으로 지구의 모든 지점에서 동일한 값을 가진다.

㉢. 조석 현상을 일으키는 힘이 기조력이다. 기조력이 최대가 되는 지점에서는 해수가 모이므로 해수면이 높아져서 만조가 나타난다.

## 21 조석 현상과 조류

조석 현상에 의해 해수면이 가장 높아졌을 때를 만조, 해수면이 가장 낮아졌을 때를 간조라고 한다.

㉣. 만조는 조석의 한 주기 중 해수면이 가장 높아졌을 때이다. 따라서 만조일 때는 (나)이다.

㉤. (가)는 간조, (나)는 만조일 때의 모습이다. 따라서 (가)와 (나)의 해수면 높이 차가 조차(조석 간만의 차)이다.

㉥. 북반구 중위도 지역에서는 약 24시간 50분을 주기로 하루 2번의 만조와 2번의 간조가 나타난다. 따라서 간조에서 만조로 전환되는 데 걸리는 최소 시간은 약 24시간 50분의  $\frac{1}{4}$ 에 해당하므로 약 6시간 12분 30초이다.

## 22 조석 주기

달의 위상이 삭이나 망일 때에는 달과 태양에 의한 기조력의 방향이 일치하므로 두 천체의 기조력이 합쳐져서 조차가 최대인 사리(대조)가 나타난다.

㉦. A는 조차가 최소가 되는 시기인 조금(소조)이다. 이 시기에는 달과 태양이 수직으로 위치하는 상현이나 하현일 때이다.

㉧. 태양, 지구, 달이 일직선을 이루고 있을 때(달의 위상이 삭이나 망)는 달과 태양에 의한 기조력의 방향이 일치하여 달과 태양의 기조력이 합쳐져서 조차가 최대로 되는 시기인 사리(대조)이다. B는 조차가 최대로 되는 시기이므로 사리(대조)일 때이다.

㉨. 지구에 작용하는 천체의 기조력 크기가 클수록 조차가 크게 나타난다. 따라서 조금(A)일 때가 사리(B)일 때보다 지구에 작용하는 천체의 기조력 크기가 작다.

## 23 위도에 따른 조석 현상

일주조의 경우에는 만조(간조)에서 다음 만조(간조)까지의 조석 주기는 약 24시간 50분이고, 반일주조의 경우에는 조석 주기가 약 12시간 25분이다.

㉩. 하루에 만조와 간조가 한 번씩만 일어나는 일주조는 고위도 지역에서 주로 나타난다. 따라서 일주조가 일어나는 지점은 A이다.

㉪. 어느 지역에서 해수면의 높이는 수평면을 기준으로 연직 방향을 따라 측정한다. 따라서 B 지점에서 측정한 해수면의 높이는 연직 방향인 ㉩이다.

㉫. B 지점에서는 하루에 만조와 간조가 약 두 번씩 일어나고, 연속되는 두 만조나 간조 사이의 해수면 높이와 시간 간격이 다른 혼합조의 조석 형태가 나타난다. 한편 C 지점에서는 하루에 만조와 간조가 약 두 번씩 일어나고 조차가 비슷한 반일주조가 나타난다. 따라서 연속되는 두 만조의 해수면 높이 차는 반일주조가 나타나는 C 지점보다 혼합조가 나타나는 B 지점에서 크다.

## 24 조석과 달의 위치

달의 위상이 삭이나 망일 때는 사리(대조)가 나타나고, 상현이나 하현일 때는 조금(소조)이 나타난다. (가)일 때 달의 위상은 상현이고, (나)일 때 달의 위상은 삭이다.

㉬. 달의 위상이 상현일 때는 조차가 최소로 되는 시기(조금)이고, 삭일 때는 조차가 최대로 되는 시기(사리)이다. 간조일 때 해수면의 높이는 조금일 때가 사리일 때보다 높다.

㉭. 달의 위상이 상현일 때는 지구에서 달은 오른쪽이 둥근 반달 모양으로 관측되고, 달의 위상이 삭일 때는 태양과 같이 뜨고 같이 지므로 관측이 거의 어렵다. 따라서 우리나라 서해안에서 관측한 달의 밝기는 (가)일 때가 (나)일 때보다 밝다.

㉮. 지구의 적도면과 달의 공전 궤도면이 나란하지 않기 때문에 조석에 의한 해수면의 높이 변화 형태는 위도별로 다르게 나타난다. 따라서 동일한 지역에서 조석 주기는 거의 변하지 않고 일정하다.

3 점 수능 테스트

본문 98~109쪽

- 01 ② 02 ① 03 ③ 04 ② 05 ③ 06 ② 07 ③  
 08 ⑤ 09 ② 10 ④ 11 ② 12 ③ 13 ④ 14 ①  
 15 ⑤ 16 ③ 17 ② 18 ③ 19 ① 20 ① 21 ②  
 22 ① 23 ④ 24 ⑤

01 수압

수압은 물속의 한 점에서 받는 압력의 세기로, 물속의 한 점에서는 모든 방향에서 같은 세기의 압력을 받는다.

✕. 연직 수압 경도력은 해수의 깊이에 따른 수압 차 때문에 생기는 힘으로,  $-\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta z}$  ( $\rho$ : 해수의 밀도,  $\Delta P$ : 연직 수압 차,  $\Delta z$ : 깊이 차)로 나타낼 수 있다. A 지점의  $h$ 가 증가해도 단위 질량의 해수에 작용하는 연직 수압 경도력의 크기는 일정하다.

✕. 수압은 물속의 한 점에서 받는 압력의 세기로, 물속의 한 점에서는 모든 방향에서 같은 세기의 압력을 받는다. 따라서 B 지점에 작용하는 수압의 크기는 수평 방향과 연직 방향에서 서로 같다.

⊙. 용기에 담긴 해수의 밀도가 (가)와 (나)에서 서로 같으므로 수심이 깊어질수록 수압은 증가한다. 수압은 용기의 모양과 무관하고, (가)와 (나)는 현재 같은 수심( $h$ )에 위치하고 있으므로 A와 B에 작용하는 수압의 크기도 서로 같다.

02 해수면 경사와 수압 경도력

해수면에 경사가 있으면 해수면 아래에서는 수평 방향으로 수압 차가 발생하는데, 이러한 수압 차로 인해 생긴 힘을 수평 수압 경도력이라고 한다.

⊙. A 지점의 해수에 작용하는 수평 수압 경도력의 크기는  $g \frac{\Delta h_1}{\Delta x}$

이고,  $\tan\theta = \frac{\Delta h_1}{\Delta x}$ 이다. 따라서 A 지점의 해수에 작용하는 수평 수압 경도력의 크기는  $\tan\theta$ 에 비례한다.

✕. A 지점이 포함된 이 해역은 지형류 평형 상태이므로 전향력은 수평 수압 경도력과 크기가 같고 방향이 반대이다. 현재 해수면의 경사가 서쪽에서 동쪽으로 기울어져 있으므로 수평 수압 경도력이 작용하는 방향은 서 → 동이고, 전향력이 작용하는 방향은 동 → 서이다.

✕. 최하층에서 수평 방향의 수압 차가 없으므로  $\rho_2 g \Delta h_2 = \rho_1 g \Delta h_1 + \rho_1 g \Delta h_2$ 의 관계가 성립한다. 이를 정리하면  $\Delta h_1 : \Delta h_2 = (\rho_2 - \rho_1) : \rho_1$ 이 되고,  $\frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} = \frac{\rho_1}{(\rho_2 - \rho_1)}$ 로 나타낼 수 있다. 따라서  $\rho_1$ 이 일정하다면,  $(\rho_2 - \rho_1)$ 이 커질수록  $\frac{\Delta h_2}{\Delta h_1}$ 는 작아진다.

03 밀도 차에 의한 해수의 흐름

U자관의 양쪽에서 수압은 각각 물의 높이에 비례하고, 단면적이  $S_1$ 인 쪽에서 상승한 부피와 단면적이  $S_2$ 인 쪽에서 하강한 부피는 서로 같다.

⊙. (다) 과정에서 U자관의 오른쪽에 있는 해수 B가 왼쪽에 있는 해수 A보다 더 높은 곳에 위치하고 있으므로 해수의 밀도는 A가 B보다 크다.

⊙. 해수 A에 해수 B를 넣었으므로 단면적이  $S_1$ 인 쪽에서 상승한 부피와 단면적이  $S_2$ 인 쪽에서 하강한 부피는 서로 같게 된다. 따라서  $S_1 \times h_1 = S_2 \times h_2$ 이고,  $S_1 = 10 \text{ cm}^2$ ,  $S_2 = 5 \text{ cm}^2$ 이므로  $h_1 = 0.5h_2$ 이다.

✕. U자관의 왼쪽에 작용하는 수압은  $1.5 \text{ g/cm}^3 \times 980 \text{ cm/s}^2 \times (h_2 + h_1)$ 이고, U자관의 오른쪽에 작용하는 수압은  $1 \text{ g/cm}^3 \times 980 \text{ cm/s}^2 \times 10 \text{ cm}$ 이다. U자관의 왼쪽과 오른쪽에 작용하는 수압은 서로 같고,  $h_1 = 0.5h_2$ 이므로 정리하면  $1.5 \times 3h_1 = 1 \times 10 \text{ cm}$ 이다. 따라서  $h_1 = 2.2 \text{ cm}$ 이다.

04 전향력

전향력은 북반구에서는 물체의 운동 방향의 오른쪽 직각 방향, 남반구에서는 물체의 운동 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용한다. (가)는 이동하는 물체에 전향력이 작용한 경우이고, (나)는 이동하는 물체에 전향력이 거의 작용하지 않은 경우이다. 따라서 위도는 B 지점이 C 지점보다 높다.

✕. 자전하고 있는 지구에서 지구 자전 각속도는 지구의 모든 지점에서 같다. 따라서 지구 자전 각속도는 B 지점과 C 지점에서 서로 같다.

✕. 지구에서는 극에서 적도 쪽으로 갈수록 회전 반경이 커지므로 지구 표면의 각 지점에서 자전 속도는 증가한다. 따라서 지구 자전 속도는 위도가 높은 B 지점이 위도가 낮은 C 지점보다 느리다.

⊙. (가)는 물체가 이동하는 동안 물체에 전향력이 작용하는 경우이고, (나)는 물체가 이동하는 동안 물체에 전향력이 거의 작용하지 않은 경우이므로 A 지점으로부터의 거리는 B 지점이 C 지점보다 더 멀다. 따라서 B와 C 지점은 모두 동일 경도상에 위치하므로 물체가 이동하는 동안 위도의 변화 폭은 (가)가 (나)보다 크다.

05 에크만 나선

북반구의 해수면 위에서 바람이 일정한 방향으로 지속적으로 불면 표면의 해수는 바람 방향의 오른쪽  $45^\circ$  방향으로 움직인다. 그리고 수심이 깊어질수록 전향력의 영향을 받아서 해수의 이동 방향이 오른쪽으로 휘어지고, 해수와의 마찰에 의해 상층보다 더 천천히 움직이면서 해수의 이동 형태가 나선형을 이루는데 이를 에크만 나선이라고 한다.

㉠ 표에서 서로 다른 두 위도에서 해수면 부근의 풍속이 감소할 수록 마찰층의 깊이가 얕아진다. 따라서 마찰층의 평균 깊이는 풍속에 비례하여 나타난다.

㉡ 마찰 저항 심도는 해수의 이동 방향이 표면 해수의 이동 방향과 정반대가 되는 깊이이고, 해수면으로부터 마찰 저항 심도까지의 층을 마찰층(에크만층)이라고 한다. 표에서 풍속이 동일할 때 마찰층의 깊이는 전향력이 상대적으로 작은 15°N에서가 상대적으로 큰 45°S에서보다 더 깊다.

㉢ 북반구에서 표면의 해수는 바람 방향의 오른쪽 45° 방향으로 이동하고, 남반구에서 표면의 해수는 바람 방향의 왼쪽 45° 방향으로 이동한다. 따라서 15°N과 45°S에서 풍향이 동일할 때 표면 해수의 이동 방향이 이루는 각은 90°이다.

## 06 에크만 수송

해수면 위의 바람에 의해 일어나는 에크만 수송은 표층 해수의 평균적인 흐름으로 북반구에서는 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 일어나고, 남반구에서는 풍향의 왼쪽 직각 방향으로 일어난다.

㉣ (나)에서는 (가)의 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 에크만 수송이 나타나므로 이 해역은 북반구에 위치한다.

㉤ A 지점은 에크만 수송이 집중되는 곳이므로 A 지점으로 표층 해수가 수렴하게 된다.

㉥ A 지점의 북쪽에서는 서풍 계열의 바람이 불고 있고, 남쪽에서는 동풍 계열의 바람이 불고 있으므로 A 지점은 중위도 고압대에 위치하여 상공에서는 하강 기류가 우세하게 나타난다.

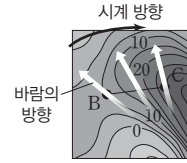
## 07 해수면 높이와 지형류

해수면 위에서 부는 바람에 의해 에크만 수송이 일어나고, 이로 인해 형성된 해수면의 경사에 의해 지형류가 형성된다.

㉦ 해수면의 높이는 C에서 가장 높고, A에서 가장 낮다.

㉧ 북반구에서 지형류는 해수면의 경사 방향에 대해 오른쪽 직각 방향으로 나타난다. A 지점에서 해수면의 경사 방향은 대체로 서쪽이므로 지형류가 흘러가는 방향은 북쪽이고, C 지점에서 해수면의 경사 방향이 대체로 서쪽이므로 지형류가 흘러가는 방향은 북쪽이다. 따라서 A와 C 지점에서 지형류가 흘러가는 방향은 거의 같다.

㉨ 북반구에서 해수면 위로 바람이 일정한 방향으로 지속적으로 불면 해수는 에크만 수송이 일어나서 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 이동하고, 바람의 방향은 해수면의 등고도에 대체로 나란하게 나타난다. B 지점 부근에서 바람의 방향은 남동 → 북서이고, C 지점 부근에서는 거의 남 → 북이다. 따라서 B 지점에서 C 지점으로 최단 거리로 이동할 때 바람의 방향은 시계 방향으로 변한다.



## 08 지형류

지형류는 해수면의 경사로 인해 발생한 수압 경도력과 수압 경도력의 반대 방향으로 작용하는 전향력이 평형을 이루며 흐르는 해류이다.

㉩ (가)에서는 해수면의 경사 방향의 오른쪽으로 지형류가 흐르고, (나)에서는 해수면의 경사 방향의 왼쪽으로 지형류가 흐른다. 따라서 (가)의 위도는 60°N이고, (나)의 위도는 30°S이다.

㉪ 수압 경도력의 크기는 중력 가속도와 해수면의 경사에 비례하여 나타난다. (가)와 (나)에서 중력 가속도는 서로 같고, 해수면의 경사는 (가)에서  $\frac{h}{2L}$ 이고, (나)에서  $\frac{\sqrt{3}h}{L}$ 이므로 수압 경도력의 크기는 (가)가 (나)보다 작다.

㉫ 지형류의 유속은 sin위도에 반비례하고, 수압 경도력의 크기에 비례한다. (가)에서 지형류 유속은  $\frac{1}{2\Omega\sin 60^\circ} \cdot g \frac{h}{2L}$ 이고, (나)에서 지형류 유속은  $\frac{1}{2\Omega\sin 30^\circ} \cdot g \frac{\sqrt{3}h}{L}$ 이다. 따라서 지형류 유속은 (나)에서가 (가)에서보다 6배 빠르다.

## 09 해수의 밀도 분포와 지형류

해역에서 깊이에 따라 밀도 변화가 나타나면 밀도가 작은 곳에서는 밀도가 큰 곳에 비해 수온이 높아서 해수가 열팽창되어 해수면의 높이가 높게 나타난다.

㉬ A 지점의 해수면 높이가 B 지점의 해수면 높이보다 높으므로 A 지점과 B 지점 사이에서 수압 경도력은 서쪽에서 동쪽으로 작용한다. 현재 A 지점과 B 지점 사이에서 지형류가 북쪽에서 남쪽(⊙)으로 흐르므로 이 해역의 지형류가 흘러가는 방향은 수압 경도력 방향의 오른쪽 직각 방향이다. 따라서 이 해역은 북반구에 위치한다.

㉭ 해수의 밀도는 수온과 염분에 의해 결정된다. 표층 염분이 일정할 때, 해수의 밀도는 표층 수온에 의해 결정되며, 표층 수온과 해수의 밀도는 대체로 반비례 관계이다. 따라서 표층 수온은 밀도가 작은 A 지점이 밀도가 큰 B 지점보다 높다.

㉮ 어느 수심에서 흐르는 지형류의 유속은 깊이에 따른 수온의 변화나 깊이에 따른 밀도의 변화에 의해 결정된다. 따라서 지형류의 유속은 깊이에 따른 밀도 변화가 큰 수심 500 m에서가 깊이에 따른 밀도 변화가 작은 수심 2000 m에서보다 더 빠르다.



### 10 에크만 수송과 지형류

에크만 수송에 의해 해수가 저위도 쪽으로 이동하고, 해수의 표층 수온과 에크만 수송에 의해 해수면의 경사가 발생하여 지형류가 발생한다.

✗. 그림에서 살펴보면 A에서 B로 갈수록 표층 수온은 대체로 낮아진다.

㉠. P 지점 부근에서 부는 바람 방향은 ㉠이다. 따라서 표층의 해수는 바람 방향의 왼쪽 45° 방향으로 흐르게 되므로 P 지점의 표층 해수는 북동쪽으로 이동한다.

㉡. 남반구에서 지형류의 방향은 해수면 경사 방향의 왼쪽 직각 방향인 ㉡이다. 따라서 P 지점에 부는 바람과 지형류의 방향은 서로 같다.

### 11 적도 부근 해역에서의 지형류

북반구에서는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 해수가 흐르며, 남반구에서는 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 해수가 흐른다. 적도 반류는 적도 무풍대를 따라 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 해류이다.

✗. 북위 5°~10°에 적도 반류가 위치하고, 북위 10°~15°에 북적도 해류가 위치하고 있다. 북반구에 위치한 적도 반류와 북적도 해류가 서로 반대 방향으로 지형류의 형태로 흐르고 있으므로 해수면의 높이는 A 지점이 B 지점보다 높다.

✗. 적도를 경계로 남반구와 북반구의 표층 해류의 유속이 (-)이고, 적도 반류의 유속이 (+)이므로 (+)는 서 → 동 방향으로 흐르는 해류이다.

㉠. (가)에서 적도 아래 해수의 깊이에 따른 유속 변화 폭은 약 100 cm/s이고, (나)에서 적도 아래 해수의 깊이에 따른 유속 변화 폭은 약 50 cm/s이다. 따라서 적도 아래 해수의 깊이에 따른 유속 변화 폭은 (가)가 (나)보다 크다.

### 12 서안 경계류와 동안 경계류

서안 경계류는 동안 경계류보다 해류의 폭이 좁고, 깊은 곳까지 분포한다. 또한 유속이 빠르고 유량이 많다. 아열대 순환에서 서안 경계류는 난류의 형태로, 동안 경계류는 한류의 형태로 나타난다.

㉠. 서안 강화 현상에 의해서 순환의 중심이 서쪽으로 치우치게 되면 해수면의 높이는 서쪽이 높고 동쪽은 낮게 된다. 따라서 해수면의 높이는 대양의 서쪽 연안(서안)이 동쪽 연안(동안)보다 대체로 높다.

㉡. A 지점에 흐르는 해류는 서안 경계류이고, B 지점에 흐르는 해류는 동안 경계류이다. 서안 강화 현상에 의해서 서안 경계류는 동안 경계류보다 해류의 폭은 좁고, 깊이가 깊으며, 빠른 유속에 의해서 해수의 수송량이 더 많다. 따라서 표층 해류의 폭에 대한

수송량의 비는 A에 흐르는 해류가 B에 흐르는 해류보다 크다.

✗. 표층 해류가 나타나는 깊이는 서안 경계류가 흐르는 A 지점이 동안 경계류가 흐르는 B와 C 지점보다 깊고, 해류 순환의 중심으로부터의 거리는 B와 C 지점이 A 지점보다는 더 멀다. 따라서 A, B, C 지점 중에서  $\frac{\text{표층 해류가 나타나는 깊이}}{\text{해류 순환의 중심으로부터의 거리}}$ 는 A 지점에서 가장 크다.

### 13 해파의 모양에 따른 분류

풍랑은 바람에 의해 직접 형성되며 마루가 뾰족한 삼각형 모양의 해파이고, 너울은 풍랑이 발생지를 벗어난 곳에서 마루가 둥글게 규칙적으로 변한 해파이다. 해파가 해안으로 접근하면 연안 쇄파가 형성된다. A는 풍랑, B는 너울, C는 연안 쇄파가 나타나는 구간이다.

✗. 해파의 평균 주기는 바람에 의해서 직접 발생하는 해파인 풍랑(A)에서 가장 짧다.

㉠. 풍랑(A)은 풍속이 빨라질수록, 바람의 지속 시간이 길수록, 풍역대의 크기가 클수록 더 커진다. 따라서 풍속이 빨라질수록 풍랑(A)의 규모는 더 커진다.

㉡. 해파의 전파 속도는 해파의 파장 주기로 나타낸다. 평균 파고가 0.3 m → 1.8 m → 5.1 m로 변할 때, 전파 속도는 3.3 m/s → 6.4 m/s → 9.8 m/s로 변한다. 따라서 평균 파고가 높을수록 해파의 전파 속도는 더 빨라진다.

### 14 해파의 굴절

천해파의 속도는 수심이 깊을수록 빠르므로 천해파가 해안에 접근하면 속도는 느려진다. A, B, C 지점에 도달한 해파는 모두 천해파이다.

㉠. 천해파의 속도는  $\sqrt{gh}$ 이고, 해안선으로 가까워질수록 수심은 얕아진다. 따라서 해파의 속도는 수심이  $h_1$ 로 깊은 A 지점에서 수심이  $h_2$ 로 얕은 B 지점에서보다 빠르다.

✗. 해안선으로 접근하는 해파는 굴절되거나 휘어져서 해안가에 도달했을 때는 거의 해안선에 나란하게 된다. 따라서 같은 수심인 B 지점과 C 지점 중에서 해파는 B 지점에 먼저 도달한다.

✗. 해파의 진행 방향은 파의 마루를 연결한 선에 직각 방향으로 나타난다. 따라서 해파가 해안선에 접근할수록 해파의 진행 방향은 시계 방향으로 회전한다.

### 15 천해파와 천이파

심해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 해역에서 진행되는 해파이고, 천이파는 수심이 파장의  $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{20}$  사이인 해역에서 진행되는



해파이다. 따라서 천이파는 천해파와 심해파의 성질을 모두 나타낸다. (가)는 천이파, (나)는 천해파의 물 입자 운동 모습이다.

- ㉠ 천이파는 심해파와 천해파의 중간 전이대에서 나타나는 해파이므로 심해파와 천해파의 성질을 모두 나타낸다. 따라서 천이파의 전파 속도는 수심과 파장의 영향을 모두 받는다.
- ㉡ 천해파는 해안선에 가까워질수록 해저와의 마찰로 인해 전파 속도가 감소하므로 파장이 짧아지고 파고가 높아진다.
- ㉢ 천이파에 비해 천해파는 해저면의 영향을 더 많이 받아서 물 입자가 해저면에서 왕복 운동을 한다.

## 16 수심에 따른 천해파의 진행

천해파는 해저 지형의 영향을 받으므로 물 입자는 타원 운동을 하고, 전파 속도는 수심의 제곱근에 비례한다.

- ㉠ 파장이 300 m일 때 A 해파의 전파 속도는 약 21.4 m/s이고, B 해파의 전파 속도는 약 14.3 m/s이다. 천해파는 수심이 깊을수록 전파 속도가 더 빠르므로 수심  $h_1$ 이 수심  $h_2$ 보다 더 깊다.
- ㉡ 수심이  $h_1$ 인 해역을 지나는 해파들의 전파 속도는 모두 동일하므로, B 해파는 전파 속도가 수심의 영향을 받는 천해파이다.
- ㉢ 동일한 파장에서 전파 속도는 수심이 깊은 A 해파가 수심이 얇은 B 해파보다 더 빠르다.

## 17 저기압과 폭풍 해일

폭풍 해일은 저기압 중심의 기압 하강에 따른 해수면 상승 효과와 바람에 의한 해수의 축적 효과가 함께 동반되어 해수면이 평소보다 높아져 바닷물이 해안가로 넘어오는 현상이다.

- ㉠ (가)에서 바람 분포가 시계 반대 방향의 흐름을 나타내고 있으므로 동해의 일본 쪽에 저기압의 중심 부근이 위치한다. 따라서 경도가 커질수록(우리나라에서 일본 쪽으로 진행할수록) 기압은 대체로 감소한다.
- ㉡ 동해에 저기압이 위치할 때, 우리나라의 동해안에서는 해상풍에 비례하여 파고가 결정된다. (가)에서 A 지역 부근의 바람 세기가 B 지역 부근의 바람 세기보다 더 강하므로 A 지역의 파고가 B 지역의 파고보다 높아진다. 따라서 23일 파고의 평균 높이가 더 높은 ㉠은 바람의 세기가 더 강한 A 지역에서의 자료이다.
- ㉢ 시간에 따른 파고의 변화 폭은 ㉠에서 약 3 m이고, ㉡에서 약 4.2 m이다. 따라서 시간에 따른 파고의 변화 폭은 ㉠이 ㉡보다 작다.

## 18 지진 해일

지진에 의해 생긴 해파는 파장이 수백 km에 달하므로 천해파의 성질을 가진다. 천해파는 진행하면서 수심이 얕아질수록 속력이 느려지고 파고는 높아진다.

- ㉠ 해저 지진에 의해 발생한 해파는 수심에 비해 파장이 매우 길

어서 천해파의 특성을 가지게 된다. 따라서 이 해파의 전파 속도는 수심의 영향을 받는다.

- ㉡ 다른 조건이 동일하다면 지진 해일이 나타난 시간이 빠를수록 이동하여 도달한 거리가 더 가깝게 된다. 해수면의 높이가 급격하게 높아지는 시기는 (가)에서 13일 오전이고, (나)에서 12일 늦은 오후이다. 따라서 지진 해일이 이동하여 도달한 거리는 (가)가 (나)보다 멀다.
- ㉢ 지진 해일에 의한 해수면 높이의 변화 폭은 (가)에서 약 1 m이고, (나)에서 약 1.4 m이다. 따라서 해수면 높이의 변화 폭은 (가)가 (나)보다 작다.

## 19 태풍과 폭풍 해일

강한 저기압에 의한 해수면 상승과 강풍으로 인한 해수의 퇴적으로 인해 폭풍 해일이 발생한다.

- ㉠ 폭풍 해일은 해안가에 강한 저기압에 의한 기압 변동과 바람의 영향으로 해수면의 높이가 급격하게 높아지는 현상이므로 평상시보다 만조 시기에 폭풍 해일이 발생하면 피해 정도가 더 클 수 있다.
- ㉡ 27일에 바람의 세기(풍속)가 커질수록 폭풍 해일의 높이가 증가하므로 바람의 세기는 폭풍 해일의 발생에 영향을 준다고 할 수 있다.
- ㉢ 이 관측소에 태풍의 중심 부근이 통과한 시간대는 28일 0시 무렵이고, 폭풍 해일이 발생한 시기는 27일 15시에서 17시 사이이다. 따라서 태풍의 중심 부근이 관측소를 통과하기 전에 폭풍 해일이 먼저 발생했다.

## 20 조류와 조석 현상

밀물과 썰물 사이에서 만조가 나타나며, 만조 시기에는 달이 가장 높이 떠 있거나 지구 반대편에 위치하게 된다.

- ㉠ 썰물은 만조에서 간조로 전환될 때 해수면의 높이가 낮아지면서 해수가 먼 바다로 빠져나가는 현상이므로 A 지점에서 썰물 시기는 (나)이고, 밀물 시기는 (가)이다.
- ㉡ (가)와 (나)는 연속적으로 관측된 조류의 방향이고, 중위도에 위치한 우리나라는 하루에 보통 2번의 간조와 2번의 만조가 나타나므로 연속적으로 밀물과 썰물이 나타나는 평균 시간 간격은 약 6시간 12분 30초이다.
- ㉢ 밀물에서 썰물로 전환되는 사이에는 만조가 나타나고, 썰물에서 밀물로 전환되는 사이에는 간조가 나타난다.

## 21 달의 기조력

기조력은 인력으로 작용하는 천체의 질량에 비례하고 천체까지의 거리의 세제곱에 반비례한다. 또한 지구 표면에 작용하는 기조력은 달이 가장 크게 영향을 미쳐서 달을 향하는 지점과 그 반대쪽

지점에서는 해수면이 상승하여 만조가 나타나고, 달과 수직을 이루는 지점에서는 해수면이 낮아져 간조가 나타난다.

✕. 지구의 각 지점과 달 사이에 작용하는 만유인력은 지구의 각 지점에서 달까지의 거리 제곱에 반비례하여 나타난다. 따라서 ㉠ (지구의 각 지점과 달 사이에 작용하는 만유인력)은 달까지의 거리가 가까운 B 지점이 거리가 먼 A 지점보다 크다.

✕. 기조력에서 원심력은 지구가 달과의 공통 질량 중심을 회전함에 따라 지구상의 각 지점에서 생기는 힘이다.

㉡. 기조력은 달의 질량( $M$ )에 비례하고, 거리( $d$ )의 세제곱에 반비례하여 나타난다. 따라서  $M$ 과  $d$ 가 각각 2배 증가하면 기조력은  $\frac{1}{4}$ 배로 감소한다.

## 22 달과 태양에 의한 기조력

달과 태양에 의한 기조력의 방향이 일치할 때는 두 천체의 기조력이 합쳐져서 조차가 최대인 사리(대조)가 되고, 달과 태양이 수직으로 위치할 때는 두 천체의 기조력이 분산되어 조차가 최소인 조금(소조)이 된다.

㉢. A에 의한 해수면 높이 변화가 B에 의한 해수면의 높이 변화보다 더 크므로 A는 상대적으로 기조력에 크게 영향을 미치는 달이고, B는 상대적으로 기조력에 작게 영향을 미치는 태양이다.

✕. 태양-지구-달 사이의 각이  $0^\circ$ 일 때는 달이 태양과 지구 사이에 위치할 때이므로 달의 위상은 삭이다.

✕. 태양과 달의 기조력이 상쇄되면 달과 태양에 의한 조석 해수면이 소멸 간섭이 일어나서 조차가 작아진다.

## 23 조석 달력

달의 위상이 삭이나 망일 때에는 달과 태양에 의한 기조력의 방향이 일치하므로 두 천체의 기조력이 합쳐져서 조차가 최대인 사리(대조)가 나타난다.

✕. 사리(대조)는 태양, 지구, 달이 일직선을 이루고 있을 때이므로 달의 위상이 삭이나 망일 때이다. 8월에 삭이 1회(16일)이고, 망이 2회(1일, 31일)이므로 사리(대조)는 3번 있었다.

㉣. 연속하는 만조와 간조 때의 해수면 높이 차인 조차는 1일(망)이 9일(하현)보다 크다.

㉤. 이 지역에서 달을 관측할 수 있는 최대 가능 시간은 망일 때가 약 12시간이고, 상현과 하현일 때가 약 6시간이다. 삭일 때는 거의 관측할 수 없다. 따라서 16일(삭)일 때가 23일(상현)일 때보다 최대 관측 가능 시간은 더 짧다.

## 24 위도에 따른 조석 현상

조석의 형태는 지구의 적도면과 달의 공전 궤도면이 서로 일치하지 않기 때문에 지구상의 위치하는 지점에 따라 달라진다.

㉦. 고위도에 위치하는 A 지역에는 하루에 만조와 간조가 약 1회씩 일어나는 일주조(조석 주기 약 24시간 50분)의 조석 형태가 나타나고, 중위도에 위치하는 B 지역에는 하루에 만조와 간조가 약 2회씩 일어나는 혼합조(조석 주기 약 12시간 25분)가 나타난다. 따라서 조석 주기는 A 지역이 B 지역보다 길다.

㉧. B 지역에는 혼합조의 조석 형태가 나타나므로 (나)에서 ㉠이다.

㉨. 연속하는 만조나 간조의 해수면 높이가 같지 않은 현상을 일조부등이라고 하고, 일조부등은 달이 적도 부근에 가까게 위치할수록 작게 나타난다. 달이 지구의 적도에서 남북 방향으로 떨어진다는 것은 달의 적위가 (+) 방향으로 커지거나 (-) 방향으로 작아진다는 것을 의미하므로, 지구 적도면과 달의 공전 궤도면이 이루는 각이 작을수록 B 지역에서 연속한 만조의 해수면 높이 차는 작아진다.

## 06 대기안정도

### 2 점 수능 테스트

본문 114~115쪽

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

#### 01 단열 변화

공기 덩어리가 외부와의 열 교환 없이 주위 기압 변화에 의한 부피 변화로 인해 공기 덩어리 내부의 온도가 변하는 현상을 단열 변화라고 한다.

㉠. A는 공기 덩어리가 단열 상승하는 과정이다. 주위 기압이 고도가 증가함에 따라 낮아지므로, 공기 덩어리가 상승하면 공기 덩어리가 팽창하면서 주위 공기에 대해 일을 하므로 내부 에너지가 감소하여 온도가 낮아진다.

✕. B는 공기 덩어리가 단열 하강하는 과정이다. 공기 덩어리가 하강할수록 단열 압축에 의해 공기 덩어리의 부피가 감소하기 때문에 단위 부피 안에 들어 있는 수증기량은 증가한다. 따라서 공기 덩어리의 절대 습도( $g/m^3$ )는 증가한다.

✕. 불포화 상태의 공기 덩어리가 상승 또는 하강할 때의 이슬점 변화율의 절댓값은 같다.

#### 02 단열 감률

높이에 따라 공기 덩어리 내부의 온도가 단열 변화에 의해 변하는 비율을 단열 감률이라고 한다. 단열 감률의 종류에는 불포화 공기 덩어리가 단열 변화할 때의 온도 변화율인 건조 단열 감률, 포화 공기 덩어리가 단열 변화할 때의 온도 변화율인 습윤 단열 감률, 공기 덩어리가 상승 또는 하강할 때의 이슬점 변화율인 이슬점 감률이 있다.

✕. 단열 감률의 크기는  $A > B > C$ 이다. 단열 감률의 크기가 가장 큰 A는 건조 단열선이다. B는 습윤 단열선이고, C는 이슬점 감률선이다.

㉠. 포화 공기 덩어리가 단열 변화할 때의 온도 변화율을 나타내는 그래프는 습윤 단열선으로, 습윤 단열선은 B이다.

✕. 이슬점 감률은 불포화 공기 덩어리의 경우  $2^\circ C/km$ 이고, 포화 공기 덩어리의 경우  $5^\circ C/km$ 이다. 따라서 포화 공기 덩어리가 단열 상승할 경우 온도 변화율과 이슬점 변화율이 같지만, 불포화 공기 덩어리가 단열 상승할 경우 온도 변화율과 이슬점 변화율은 같지 않다.

#### 03 핀 현상

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 된다.

㉠. 이 공기 덩어리의 상승 응결 고도는 500 m이다. 상승 응결 고도( $m$ ) =  $125 \times (\text{기온} - \text{이슬점})$ 으로 구할 수 있으므로,  $500 m = 125 \times (15 - \text{이슬점})$ 이다. 따라서 이슬점은  $11^\circ C$ 이다.

✕. B는 산의 정상이고, 산의 정상에는 구름이 생성되어 있으므로 이 지점에서 공기 덩어리의 상대 습도는 100 %이다. 상대 습도가 100 %일 때, 공기 덩어리는 포화 상태이고, 공기 덩어리의 온도와 이슬점이 같다.

㉡. B에서 C까지 하강하는 동안 공기 덩어리 속에 있는 전체 수증기의 질량은 변하지 않은 채 공기 덩어리의 부피는 단열 압축에 의해 감소하기 때문에, 단위 부피( $1 m^3$ ) 속에 존재하는 수증기의 양( $g$ )은 증가하여 절대 습도( $g/m^3$ )는 증가한다.

#### 04 적운의 생성

수증기를 포함한 불포화 공기 덩어리가 상승하면 기온과 이슬점이 낮아지다가 상승 응결 고도에 도달하여 응결이 일어나면서 구름이 생성된다. 이 공기 덩어리의 온도가 주위 공기의 기온보다 높으면 공기 덩어리는 습윤 단열선을 따라 계속 온도가 낮아지면서 상승하고, 이 공기 덩어리의 온도가 주위 공기의 기온과 같아지면 더 이상 공기 덩어리는 상승하지 못한다.

㉠. 이 공기 덩어리의 상승 응결 고도는 1 km이다. 상승 응결 고도( $km$ ) =  $\frac{1}{8} \times (\text{기온} - \text{이슬점})$ 으로 구할 수 있으므로,  $1 km = \frac{1}{8} \times (25 - \text{이슬점})$ 이다. 따라서 이슬점은  $17^\circ C$ 이다.

✕. 지표에서 상승한 불포화 공기 덩어리가 높이 1.0 km에서 포화 상태에 도달하여 구름이 생성되고, 이후 습윤 단열선을 따라 기온이 낮아지면서 높이 2.5 km까지 상승한다. 높이 2.5 km 이상에서는 습윤 단열선을 따라 상승하는 공기 덩어리의 온도가 주위 공기의 기온보다 낮아 공기 덩어리는 2.5 km보다 더 높이 상승하지 못한다. 따라서 이 지역에서 형성되는 구름의 두께는 [구름의 정상부 높이(2.5 km) - 구름의 최저부 높이(1.0 km)]로 약 1.5 km이다.

㉡. 상승하는 공기 덩어리는 상승 응결 고도보다 높은 높이에서 포화 상태이다. 따라서 이 공기 덩어리는 높이 2 km 지점에서 수증기가 응결하면서 응결열을 방출한다.

#### 05 기층의 안정도

기온 감률이 단열 감률보다 작으면 기층의 안정도는 안정이고, 기온 감률이 단열 감률보다 크면 기층의 안정도는 불안정이다.

- ㉠. (가)에서 A의 불포화 공기 덩어리를 1 km 높이까지 강제로 상승시켰을 때, 공기 덩어리의 온도는 건조 단열선을 따라 변하여 주위 공기보다 온도가 낮아지므로 다시 원래의 위치로 돌아온다. (나)에서 A의 불포화 공기 덩어리를 1 km 높이까지 강제로 상승시켰을 때, 공기 덩어리의 온도는 건조 단열선을 따라 변하여 주위 공기보다 온도가 높아지므로 원래의 위치로부터 멀어진다.
- ㉡. (가)는 기온 감률이 단열 감률보다 작아 기층이 안정하고, (나)는 기온 감률이 단열 감률보다 커 기층이 불안정하다. 적운형 구름은 안정한 기층보다 불안정한 기층에서 생성되기 쉽다.
- ㉢. 공기의 연직 운동은 기층이 불안정한 (나)가 기층이 안정한 (가)보다 더 활발하다.

### 06 기온 감률과 단열 감률

- 불포화 상태의 공기 덩어리는 건조 단열 감률로 기온이 낮아져 1 km 상승할 때마다 10 °C씩 낮아진다. 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 절대 불안정, 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으면 절대 안정 상태이다. 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작고 습윤 단열 감률보다 크면 조건부 불안정 상태이다.
- ㉠. 건조 단열 감률은 10 °C/km이고, 기온 감률은 7 °C/km이므로 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작고 습윤 단열 감률보다 크다. 이러한 기층은 조건부 불안정 상태이다.
  - ㉡. 지표면에서 기온이 30 °C, 이슬점이 22 °C인 공기 덩어리의 상승 응결 고도(H)는  $H(m) = 125(30 - 22)$ ,  $H = 1000$  m이다. 높이 0~1 km 구간에서 공기 덩어리는 불포화 상태이므로, 공기 덩어리의 온도는 건조 단열 감률(10 °C/km)로 낮아져 높이 1 km에서는 20 °C가 된다. 높이 1 km에서 주위 공기의 기온은 23 °C이므로, 공기 덩어리는 주위 공기보다 온도가 낮아 자발적으로 상승하지 못한다.
  - ㉢. 상승 응결 고도가 1 km이므로, 공기 덩어리는 높이 0~1 km 구간에서는 건조 단열 감률로 온도가 낮아지고, 높이 1~2 km 구간에서는 습윤 단열 감률로 온도가 낮아진다. 따라서 공기 덩어리의 단열 감률은 높이 0~1 km 구간이 높이 1~2 km 구간보다 크다.

### 07 대기의 안정도와 굴뚝 연기

- 안정한 기층에서는 공기의 연직 운동이 활발하지 않으므로 연기가 수평으로 퍼져 나가고, 불안정한 기층에서는 공기의 연직 운동이 활발하므로 연기가 굽이치는 모양으로 퍼져 나간다.
- ㉠. (가)의 A 구간에서는 연기가 상공으로 퍼져 나가지 못하고, B 구간에서는 연기가 지표 쪽으로 퍼져 나가므로 A 구간은 B 구간보다 안정하다.
  - ㉡. (나)의 C 구간에서는 연기가 상공으로 퍼져 나가고, D 구간에

서는 지표 쪽으로 퍼져 나가지 못하므로 대기의 연직 혼합은 C 구간이 D 구간보다 잘 일어난다.

- ㉢. 역전층은 높이가 높아질수록 기온이 상승하는 층으로, 역전층에서는 기층이 안정하다. 상공에 역전층이 형성되었을 때는 역전층 때문에 연기가 상공으로 퍼져 나가지 못하고, 하층에 역전층이 형성되었을 때는 역전층 때문에 연기가 지표로 퍼져 나가지 못한다. 굴뚝을 기준으로, (가)에서는 굴뚝 높이 이상으로 연기가 퍼져 나가지 못하므로 역전층은 굴뚝보다 높은 곳에 존재하고, (나)에서는 굴뚝 높이 이하로 연기가 퍼져 나가지 못하므로 역전층은 굴뚝보다 낮은 곳에 존재한다. 따라서 역전층이 시작되는 높이는 (가)가 (나)보다 높다.

### 08 안개

- 지표 부근에서 수증기가 응결되어 생성된 작은 물방울이 공기 중에 떠 있는 것을 안개라고 한다. 안개는 공기의 냉각에 의해 생성되는 복사 안개, 이류 안개, 활승 안개로 나뉘고, 수증기량의 증가에 의해 생성되는 전선 안개, 증발 안개로 나뉜다.
- ㉠. ㉠은 복사 안개이다. 복사 안개는 복사 냉각에 의해 지표면 기온이 하강할 때 생성된다. 바람이 거의 없고 맑은 날 새벽에는 지표면의 복사 냉각이 활발하게 일어나므로 복사 안개가 잘 생성된다.
  - ㉡. ㉡은 활승 안개이다. 활승 안개는 지형을 따라 공기가 상승할 때 단열 팽창에 의해 공기가 냉각되면서 생성된다.
  - ㉢. ㉠과 ㉡은 공기의 냉각에 의해 생성되는 안개이고, ㉢은 수증기량의 증가에 의해 생성되는 안개이다. 따라서 ㉠, ㉡, ㉢ 모두 안개의 발생 원인이 공기의 냉각은 아니다.



3 **수능 테스트**

본문 116~119쪽

01 ④ 02 ② 03 ② 04 ① 05 ③ 06 ④ 07 ③  
08 ④01 **단열 변화**

불포화 공기 덩어리가 상승할 때는 건조 단열 감률로 기온이 낮아지고, 포화 공기 덩어리가 상승할 때는 습윤 단열 감률로 기온이 낮아진다. 포화 공기 덩어리는 수증기가 응결하면서 응결열을 방출하기 때문에 포화 공기 덩어리의 습윤 단열 감률은 불포화 공기 덩어리의 건조 단열 감률보다 작다.

✕. 지표에서 기온이 15°C인 공기 덩어리는 높이 1 km에서 포화 공기 덩어리의 경우는 기온이 10°C가 되고, 불포화 공기 덩어리의 경우는 기온이 5°C가 되어야 한다. 그림에서 높이 1 km에서 (가)는 공기 덩어리의 기온이 7.5°C이고 (나)는 10°C인 것으로 보아 (가)는 불포화 공기 덩어리가 상승하다가 포화 상태에 도달하였고, (나)는 지표에서 높이 1 km까지 계속 포화 상태였음을 알 수 있다. 따라서 높이 1 km에서는 (가)와 (나) 두 공기 덩어리 모두 포화 상태이고, 포화 상태에서는 기온과 이슬점이 같으므로, (가)보다 기온이 높은 (나)가 이슬점도 더 높다.

㉠. (가)의 공기 덩어리는 지표에서 상승 응결 고도까지 상승하는 동안 상대 습도가 계속 증가하다가 상승 응결 고도에 도달한 후에는 상대 습도가 100%로 일정하게 유지된다. (나)의 공기 덩어리는 지표면에서 포화 상태이므로 상승하는 동안에도 계속해서 상대 습도가 100%로 유지된다. 따라서 상대 습도의 변화량은 (가)가 (나)보다 크다.

㉡. (가)는 공기 덩어리가 지표면에서는 불포화 상태였지만 상승하는 동안 포화에 도달하였고, (나)는 공기 덩어리가 지표면에서 포화 상태로 상승하므로 (가)와 (나) 모두 상승하는 동안 응결열이 방출되는 구간이 있다.

02 **구름의 생성**

불포화 공기 덩어리가 상승하면 건조 단열 감률로 기온이 낮아지다가 포화 상태에 도달하면 구름이 생성된다. 이후 공기 덩어리는 습윤 단열 감률로 기온이 낮아지면서 상승을 하게 되는데, 주위 공기보다 기온이 높으면 계속 상승할 수 있지만 주위 공기보다 기온이 낮으면 상승이 억제된다.

✕. 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 절대 불안정 상태이다. (가)에서 기온 감률은 건조 단열 감률보다 작으므로 절대 불안정 상태가 아니다.

✕. 상승 응결 고도(H)는  $H(m) = 125(\text{기온} - \text{이슬점})$  값이므로, 상승 응결 고도가 높을수록 지표에서 공기 덩어리의 (기온 - 이슬

점) 값이 크고, 상승 응결 고도가 같으면 지표에서 공기 덩어리의 (기온 - 이슬점) 값은 같다. (가)와 (나)는 상승 응결 고도가 같으므로 지표에서 공기 덩어리의 (기온 - 이슬점) 값은 (가)와 (나)가 같다.

㉢. (가)에서는 지표에서 상승한 기온이 25°C인 공기 덩어리는 단열 변화를 겪으면서 기온이 낮아지지만 높이 2 km까지는 주위 공기보다 기온이 높아 자발적으로 상승한다. 높이 2 km에서는 공기 덩어리의 기온이 주위 공기의 기온과 같아져 그 이상의 높이까지는 상승하지 못한다. (나)에서는 지표에서 상승한 기온이 25°C인 공기 덩어리는 높이 1 km 이상에서는 주위 공기의 기온보다 높아서 자발적으로 상승할 수 있으나, 높이 약 1.5 km에서 기온 역전층 때문에 자발적으로 상승을 더 이상 하지 못한다.

03 **핀 현상**

공기 덩어리가 산을 넘을 동안 구름이 생성되어 비가 내리면 산을 넘은 후 공기 덩어리는 산을 넘기 전과 비교했을 때 기온은 상승하고, 이슬점은 하강하며, 상대 습도와 절대 습도는 감소한다.

✕. 첫 번째 산의 상승 응결 고도는  $125 \times (30 - 22) = 1000(m)$ 이다. 공기 덩어리가 A에서 출발하여 높이 1000 m에 도달하면 응결이 시작되는데, 이때 온도는  $30^\circ\text{C} - 1000\text{ m} \times \frac{10^\circ\text{C}}{1000\text{ m}} = 20^\circ\text{C}$

이고 이슬점도 같다. 이후 500 m를 더 상승하여 산 정상에 도달하였을 때는 습윤 단열 변화에 의해 온도는  $20^\circ\text{C} - 500\text{ m} \times \frac{5^\circ\text{C}}{1000\text{ m}} = 17.5^\circ\text{C}$ 가 되고 이슬점도 같다. 산 정상에

서 내려와서 B에 도달하면 온도는  $17.5^\circ\text{C} + 1200\text{ m} \times \frac{10^\circ\text{C}}{1000\text{ m}} = 29.5^\circ\text{C}$ 가 되고, 이슬점은  $17.5^\circ\text{C} + 1200\text{ m} \times \frac{2^\circ\text{C}}{1000\text{ m}} =$

$19.9^\circ\text{C}$ 가 된다. 따라서 두 번째 산의 상승 응결 고도는  $125 \times (29.5 - 19.9) = 1200(m)$ 에서 B의 높이 300 m를 더한 1500 m가 된다. 그러므로 첫 번째 산과 두 번째 산의 상승 응결 고도 높이 차는 500 m이다.

✕. A에서 공기 덩어리의 (기온 - 이슬점) 값은 8°C이고, B에서 공기 덩어리의 (기온 - 이슬점) 값은 9.6°C로 A와 B에서 공기 덩어리의 (기온 - 이슬점) 값은 같지 않다.

㉣. B에서 상승한 공기 덩어리는 높이 1500 m에서 응결되어 구름이 발생하게 되고, 이후 500 m를 더 상승하여 두 번째 산 정상에 도달하게 된다. 2000 m 산 정상에서의 공기 덩어리의 이슬점은  $19.9^\circ\text{C} - 1200\text{ m} \times \frac{2^\circ\text{C}}{1000\text{ m}} - 500\text{ m} \times \frac{5^\circ\text{C}}{1000\text{ m}} = 15^\circ\text{C}$ 가 된다. 다시 산을 내려오는 동안 이슬점이 상승하므로 C에서의 이슬점은  $15^\circ\text{C} + 2000\text{ m} \times \frac{2^\circ\text{C}}{1000\text{ m}} = 19^\circ\text{C}$ 가 된다. 즉, 이슬점



은 A에서 22 °C, B에서 19.9 °C, C에서는 19 °C가 되어 이슬점은 A>B>C이다.

### 04 핀 현상

공기 덩어리가 산 사면을 따라 상승할 때 상대 습도가 100 %인 구간에서는 기온과 이슬점이 같다.

㉠. 불포화 상태인 공기 덩어리의 이슬점 감률은 약 2 °C/km이고, 포화 상태인 공기 덩어리의 이슬점 감률은 약 5 °C/km이다. 공기 덩어리가 산을 넘는 동안  $t_1 \sim t_2$  구간에서는 기온이 이슬점보다 높아 불포화 상태이고,  $t_2 \sim t_3$  구간에서는 기온과 이슬점이 같아 포화 상태이다. 따라서 이슬점 감률은  $t_1 \sim t_2$  구간보다  $t_2 \sim t_3$  구간에서 크다.

㉡. 상대 습도는 기온과 이슬점의 차가 작을수록 크다. 따라서 공기 덩어리의 상대 습도는 기온과 이슬점의 차가 큰  $t_4$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 더 낮다.

㉢.  $t_3 \sim t_4$  구간에서는 공기 덩어리의 기온이 이슬점보다 높으며, 시간이 지날수록 기온과 이슬점이 모두 상승하고 있으므로 공기 덩어리가 산 사면을 따라 하강하고 있음을 알 수 있다. 따라서 하강하는 공기 덩어리는 전체 수증기량은 변함이 없으면서 부피가 감소하므로, 절대 습도는 증가한다.

### 05 기층의 안정도와 구름 생성

기온 감률이 건조 단열 감률보다 큰 경우, 대기는 절대 불안정 상태이다. 기온 감률이 건조 단열 감률과 습윤 단열 감률 사이에 있는 경우, 대기는 조건부 불안정 상태이다. 지상의 불포화 공기 덩어리가 상승하기 시작할 때는 안정한 상태이지만, 공기 덩어리가 외부 힘에 의해 계속 상승하면 포화되어 습윤열이 방출되므로 불안정한 상태에 이를 수 있다.

㉠. (가)의 대기는 기온 감률이 9 °C/km이고, (나)의 대기는 기온 감률이 4 °C/km이다. 이런 경우 지상의 공기 덩어리가 상승하기 시작할 때는 주위 공기보다 기온이 높지 않기 때문에 공기 덩어리는 더 이상 상승하지 못한다. 따라서 지표에 있는 공기 덩어리는 자발적으로 상승하지 못하고 외부 힘에 의해 강제적으로 상승하여 구름을 형성하였다.

㉡. (가)와 (나) 모두에서 공기 덩어리는 높이 0~2 km 구간에서는 건조 단열 감률에 따라 온도가 하강하면서 상승하며 상승 응결 고도인 높이 2 km에서부터는 습윤 단열 감률에 따라 온도가 하강하면서 상승한다. (가)의 경우 높이 2 km에서 주위 공기의 기온이 12 °C이고, 상승한 공기 덩어리의 기온은 10 °C이다. (나)의 경우 높이 2 km에서 주위 공기의 기온이 22 °C이고, 상승한 공기 덩어리의 기온은 10 °C이다. 따라서 (가)와 (나) 모두에서 높이 2 km 지점까지 상승한 공기 덩어리는 주위 공기보다 밀도가 크다.

㉢. (가)의 기온 감률은 9 °C/km이고, (나)의 기온 감률은 4 °C/km이다. (가)는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작으면서 습윤 단열 감률보다 크기 때문에 대기 안정도는 조건부 불안정이고, (나)는 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작기 때문에 대기 안정도는 절대 안정이다. 따라서 (가)는 공기 덩어리가 포화 상태인 경우는 불안정하고, 불포화 상태인 경우에는 안정하지만, (나)는 공기 덩어리의 포화 여부에 상관없이 절대 안정하다.

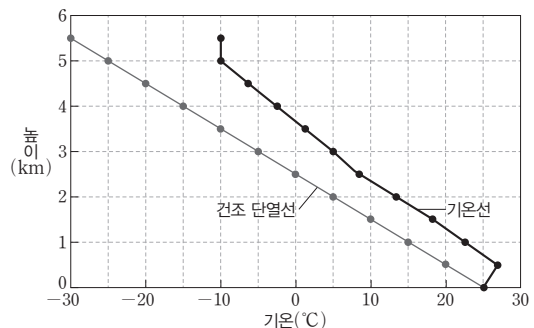
### 06 대기 안정도

기온과 이슬점의 차가 같을 경우, 기온이 높을수록 이슬점이 높다.

㉠. 상승 응결 고도(H)는  $H(m) = 125(\text{기온} - \text{이슬점})$  값이다. 지표면에서 공기 덩어리의 (기온-이슬점) 값이 5일 때 상승 응결 고도가 625 m이다. 그런데 지표면에서 기온이 25 °C일 때 (기온-이슬점) 값은 5보다 작다. 따라서 이 공기 덩어리가 상승할 때, 상승 응결 고도는 625 m보다 낮다.

㉡. 높이 2 km와 높이 3 km에서 (기온-이슬점) 값은 5로 같다. 높이 2 km에서 공기의 기온은 13 °C이므로 이슬점은 8 °C이고, 높이 3 km에서 공기의 기온은 5 °C이므로 이슬점은 0 °C이다. 따라서 높이 2 km에 있는 공기의 이슬점은 높이 3 km에 있는 공기의 이슬점보다 높다. 또한 높이 3 km에서는 기온과 (기온-이슬점)이 같으므로 이슬점은 0 °C이다. 높이 2 km에서는 기온이 (기온-이슬점)보다 높으므로, 이슬점은 0 °C보다 높다. 따라서 높이 2 km에 있는 공기의 이슬점은 높이 3 km에 있는 공기의 이슬점보다 높다.

㉢. 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 불안정 상태이다. 높이 3~4 km 구간은 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작아 안정한 상태이고, 높이 1~2 km 구간은 기온 감률이 건조 단열 감률과 같으므로 중립 상태이다. 따라서 기층의 안정도는 높이 3~4 km 구간이 높이 1~2 km 구간보다 더 안정하다.



## 07 대기의 안정도

고기압에서 수직 방향으로 물리적 성질이 거의 균일한 불포화 상태의 등온층이 하강할 때 단열 압축되므로, 기층의 상부와 하부의 공기가 하강하는 높이가 달라 기층의 상부와 하부의 기온 변화가 다르다.

㉠ 기층은 고기압 중심, 산 사면, 상층에서의 공기의 수렴 등이 있을 때 하강한다. 반면, 저기압 중심, 지상에서 공기의 수렴 등이 있을 때 기층이 상승한다.

㉡ 불포화 상태의 기층이 하강할 때 기층 상부와 기층 하부는 단열 압축에 의해 건조 단열 감률로 기온이 상승한다. 그런데 단열 압축이 일어나는 과정에서  $h_4$  높이에 있는 기층이 하강하는 정도가  $h_3$  높이에 있는 기층이 하강하는 정도보다 크므로  $h_1$  높이에서의 기온보다  $h_2$  높이에서의 기온이 더 높다. 따라서 단열 압축 후인  $h_1 \sim h_2$  구간에서 높이에 따른 기온 분포는 역전층이 형성되어 있는 ㉡에 가깝다.

㉢ 이 기층은  $h_3 \sim h_4$  구간에서도 절대 안정 상태이고,  $h_1 \sim h_2$  구간에서도 절대 안정 상태이다.

## 08 안개의 종류

이류 안개는 온난 습윤한 공기가 차가운 지표나 해수 위로 이동할 때 공기의 냉각에 의해 생성된다.

㉠ 이류 안개인 바다 안개는 주로 따뜻한 바다 위의 공기가 차가운 해수면 위로 이동하여 생성되므로, 안개의 발생 원인은 공기의 냉각에 해당한다. 주로 단열 팽창에 의해 생성되는 안개는 활승 안개이다.

㉡ A 해역의 해수면 온도는 약  $4^\circ\text{C}$ 이고 이날 바다 안개가 형성되어 있는 것으로 보아, 이 해역으로는 해수면 온도보다 따뜻한 공기가 이동해 와서 포화에 도달하여 안개가 형성된 것이다. 따라서 A 해역으로 이동해 오는 공기의 평균 기온은 해수면의 온도인  $4^\circ\text{C}$ 보다 높을 것이다.

㉢ (가)와 같이 A 해역 부근 해상에 광범위하게 안개가 생성되면 차가운 해수면 위로 따뜻한 공기가 이동해서 응결이 일어나야 한다. 따라서 A 해역의 해수면 부근에는 차가운 바람인 북풍보다는 따뜻한 바람인 남풍이 부는 경우에 바다 안개는 더욱 발달할 것이다.

## 07 대기의 운동과 대기대순환

### 2 점 수능 테스트

본문 128~131쪽

01 ③ 02 ② 03 ② 04 ③ 05 ③ 06 ⑤ 07 ②  
08 ② 09 ① 10 ④ 11 ④ 12 ⑤ 13 ⑤ 14 ②  
15 ③ 16 ①

### 01 기압 경도력

기압 경도력은 두 지점 사이의 기압 차에 의해 생기는 힘으로, 바람을 일으키는 근원적인 힘이다.

㉠ 수평 방향의 기압 경도력은 고기압(A면)에서 저기압(B면) 쪽으로 등압선에 직각인 방향으로 작용하므로 A면에서 B면 쪽으로 작용한다.

㉡ 질량은 '밀도  $\times$  부피'이고, 직육면체의 부피가  $S\Delta L$ 이므로 직육면체 공기 덩어리의 질량은  $\rho S\Delta L$ 이다.

㉢ 기압 차에 의해 공기 1 kg에 작용하는 힘은 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력이다. 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력의 크기( $P_H$ )는  $P_H = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$ 이다. 따라서 공기의 밀도( $\rho$ )와 두 등압선 사이의 거리( $\Delta L$ )가 일정할 때 A면과 B면 사이의 기압 차( $\Delta P$ )가 커지면 기압 경도력은 커진다.

### 02 정역학 평형

공기 덩어리에 작용하는 중력과 연직 상방으로 작용하는 기압 경도력이 평형을 이루고 있기 때문에 대기 중에서 공기의 운동은 주로 수평 방향으로 일어나게 되는데, 이러한 상태를 정역학 평형 상태라고 한다.

㉠ 대기에서는 위로 올라갈수록 공기의 밀도가 작아져 기압이 감소한다.

㉡ 공기가 기압 차에 의해 위쪽 방향으로 받는 힘은 연직 기압 경도력이다. 수평 방향의 바람을 일으키는 근원적인 힘은 수평 기압 경도력이다.

㉢ 대기가 정역학 평형 상태에 있을 때 힘의 평형이 일어나 연직 방향의 운동이 거의 일어나지 않는다.

### 03 전향력

전향력은 지구 자전에 의해 나타나는 겉보기 힘으로 지구상에서 운동하는 물체에 작용한다.

㉠ 공기 1 kg에 작용하는 전향력(C)은  $C = 2v\Omega \sin\phi$ ( $v$ : 운동

속력,  $\Omega$ : 지구 자전 각속도,  $\varphi$ : 위도)이다. 그림에서 위도  $90^\circ$ 에서의 전향력의 크기가  $A$ 이고  $\sin 45^\circ$ 가  $\frac{\sqrt{2}}{2}$ 이므로, 위도  $45^\circ$ 에서의 전향력의 크기는  $\frac{\sqrt{2}}{2}A$ 이다. 전향력의 크기가  $\frac{A}{2}$ 가 되는 곳은 위도  $30^\circ$ 이다.

㉠. 전향력은  $\sin\varphi$ ( $\varphi$ : 위도)에 비례하므로, 적도에서 운동하는 물체에는 전향력이 작용하지 않으며,  $90^\circ N$ 과  $90^\circ S$ 에서 운동하는 물체에 작용하는 전향력의 크기가 최댓값을 갖는다.

㉡. 전향력은 북반구에서는 물체가 진행하는 방향의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구에서는 물체가 진행하는 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.

#### 04 기압 경도력

기압 경도력은 고기압 쪽에서 저기압 쪽으로 등압선의 직각 방향으로 작용하므로, 공기는 등압선에 직각 방향으로 이동하기 시작한다.

㉠. (가)에서  $A$ 는 고기압 쪽에서 저기압 쪽으로 등압선의 직각 방향으로 작용하므로 수평 기압 경도력이다.

㉡. (나)에서  $a$ 는 연직 기압 경도력,  $b$ 는 수평 기압 경도력,  $c$ 는 기압 경도력,  $d$ 는 중력이다. 대기가 정역학 평형 상태에 있으므로 중력과 연직 기압 경도력은 평형을 이루고 있다.

㉢.  $Q$ 점에 있는 공기는 연직 기압 경도력( $a$ )과 중력( $d$ )이 평형을 이루고 있으므로 수평 기압 경도력 방향( $b$ )으로 이동하기 시작한다.

#### 05 지균풍

지균풍은 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 직선으로 나란할 때 부는 바람으로, 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루면서 분다. 지균풍의 방향은 북반구에서는 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향이고, 남반구에서는 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향이다.

㉠. 지균풍이 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 불고 있는 것으로 보아 이 지역은 북반구에 위치해 있다.

㉡.  $A$ 와  $B$ 는 모두 전향력이다.  $A$ 는 공기가 움직이기 시작한 직후의 전향력이므로, 이때는 기압 경도력보다 크기가 작다.  $B$ 는 공기가 이동하여 지균풍이 되었을 때 전향력이므로, 이때는 기압 경도력과 전향력의 크기가 같다. 또한  $P$  지점과  $Q$  지점에서의 기압 경도력은 같다. 따라서 전향력의 크기는  $A$ 가  $B$ 보다 작다.

㉢. 정지한 상태의 공기는 기압 경도력에 의해 움직이기 시작하고, 전향력에 의해 공기는 운동 방향의 오른쪽으로 휘어지게 된다. 공기가  $P$  지점에서  $Q$  지점까지 이동하는 동안 기압 경도력이 계속 작용하고 있으므로 공기의 속력은 빨라지고, 속력이 커질수록 전향력도 커진다.

#### 06 경도풍과 지상풍

등압선이 원형일 때 지표면의 마찰력이 작용하지 않는 상층에서는 등압선에 나란하게 경도풍이 불고, 지표면의 마찰력이 작용하는 지상에서는 등압선에 비스듬하게 지상풍이 분다.

㉠. (가)는 바람이 등압선에 나란하게 부는 것으로 보아 상층 대기에서 부는 바람이고, (나)는 바람이 등압선에 비스듬하게 부는 것으로 보아 지상풍이다. 따라서 바람이 부는 높이는 (가)가 (나)보다 높다.

㉡. (가)는 바람이 시계 방향으로 등압선에 나란하게 부는 것으로 보아, 중심부가 고기압인 경도풍이 불고 있다. (나)는 바람이 시계 방향으로 등압선에 비스듬하게 불어 나가는 것으로 보아, 중심부가 고기압인 지상풍이 불고 있다. 두 지역의 바람에 작용하는 기압 경도력이 같은 경우, 풍속은 마찰력이 작용하지 않는 (가)의 바람이 마찰력이 작용하는 (나)의 바람보다 빠르다.

㉢. (가)의 바람은 시계 방향으로 불고 있으므로 중심부가 고기압이다. 고기압성 경도풍에서는 중심부 쪽으로 작용하는 전향력이 바깥쪽으로 작용하는 기압 경도력보다 더 커서 그 차에 해당하는 힘이 구심력으로 작용한다. 따라서 (가)의 바람에 작용하는 기압 경도력은 전향력보다 작다.

#### 07 지상풍

지표면의 마찰력이 작용하는 높이 1 km 이하의 대기 경계층(마찰층)에서 등압선이 직선일 때 부는 지상풍에는 기압 경도력, 전향력, 마찰력이 작용한다. 지상풍은 북반구에서는 기압 경도력에 대하여 오른쪽으로 비스듬하게, 남반구에서는 기압 경도력에 대하여 왼쪽으로 비스듬하게 분다.

㉡. 지상풍은 마찰력 때문에 기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 등압선과 비스듬하게 불고, 기압 경도력은 기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 등압선에 수직으로 작용한다. 기압 경도력이  $Y$  hPa 등압선에서  $X$  hPa 등압선 쪽으로 작용하므로  $X$ 가  $Y$ 보다 작다.

㉢. (가)에서는 바람의 오른쪽 직각 방향으로 작용하고, (나)에서는 바람의 왼쪽 직각 방향으로 작용하는  $A$ 는 전향력이다. 지상풍과 반대 방향으로 작용하는  $B$ 는 마찰력이다. 마찰력( $B$ )이 커지면 바람과 등압선이 이루는 각이 커진다. 그러나 마찰력이 커지더라도 전향력( $A$ )과 지상풍 사이의 각은 항상  $90^\circ$ 이다.

㉣. (가)는 지상풍이 기압 경도력에 대하여 오른쪽으로 비스듬하게 불고 있으므로 북반구에서 부는 바람이고, (나)는 지상풍이 기압 경도력에 대하여 왼쪽으로 비스듬하게 불고 있으므로 남반구에서 부는 바람이다.

#### 08 경도풍

마찰력이 없는 고도 1 km 이상의 상공에서 원형 등압선에서 기압 경도력과 전향력, 구심력이 평형을 이루어 등압선에 나란한 방

향으로 부는 바람이 경도풍이다. 경도풍의 방향은 지구 자전에 의한 전향력 때문에 북반구에서 저기압은 시계 반대 방향으로, 고기압은 시계 방향으로 나타나며, 남반구에서는 방향이 북반구와 반대가 된다.

✕. (가)는 저기압성 경도풍이고, (나)는 고기압성 경도풍이다. 북반구 저기압 주변에서는 전향력이 기압 경도력보다 작아지는데, 그 차에 해당하는 힘이 저기압 중심 방향으로 작용하는 구심력이 되어 시계 반대 방향으로 회전하는 경도풍이 된다. 남반구 고기압 주변에서는 전향력이 기압 경도력보다 커지는데, 그 차에 해당하는 힘이 고기압 중심 방향으로 작용하는 구심력이 되어 시계 반대 방향으로 회전하는 경도풍이 된다.

○. 기압 경도력의 크기가 같은 경우, 힘의 크기만을 고려하면 저기압성 경도풍에서 전향력은 '기압 경도력-구심력'과 같고, 고기압성 경도풍에서 전향력은 '기압 경도력+구심력'과 같다. 따라서 고기압성 경도풍인 (나)가 저기압성 경도풍인 (가)보다 전향력이 크므로 풍속이 더 빠르다.

✕. 저기압성 경도풍에서는 기압 경도력이 전향력보다 크고, 고기압성 경도풍에서는 전향력이 기압 경도력보다 크다.

## 09 등압면의 남북 연직 분포

남반구와 북반구에서 모두 저위도와 고위도의 기온 차에 의해 중위도 지역에서는 기압 경도력이 저위도에서 고위도로 작용하여 상층에서는 서풍이 불게 된다.

○. 남반구에서 공기 기둥이 낮은 X는 남극 쪽이고, 공기 기둥이 높은 Y는 적도 쪽이다. 따라서 X는 Y보다 남쪽에 위치한다.

✕. A는 지상 부근이므로 마찰력이 작용하고, B와 C는 모두 높이 1 km 이상의 상층 대기이므로 마찰력이 작용하지 않는다. 또한 높이 1 km 이상의 상층 대기에서는 높이가 높아질수록 기압 경도력이 커져서 풍속이 증가한다. 따라서 같은 위도에 위치한 A, B, C 중에서 풍속은 마찰력이 작용하지 않으면서 높이가 가장 높은 C에서 가장 빠르다.

✕. A에서는 기압 경도력이 북쪽에서 남쪽으로 작용하고, 마찰력에 의해 바람이 등압선에 비스듬하게 불어 북서풍이 분다. B에서는 기압 경도력이 북쪽에서 남쪽으로 작용하고 마찰력이 없어 바람이 등압선에 나란하게 불어 서풍이 분다.

## 10 지균폭과 경도풍

높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 직선으로 나란할 때는 지균폭이, 등압선이 원형이나 곡선일 때는 경도풍이 분다.

✕. A에서는 전향력이 기압 경도력보다 더 크게 작용하여 시계 방향의 회전이 일어나고 있으므로 고기압성 경도풍이 불고 있다. A에서 부는 고기압성 경도풍에 작용하는 기압 경도력은 북쪽으로, 전향력은 남쪽으로 작용한다.

○. 기압골의 서쪽에 위치한 B에서는 풍속이 느려지며 공기의 수렴이 일어난다.

○. 등압면에서 수평 기압 경도력은 정역학 평형( $\Delta P = -\rho g \Delta z$ )을 이용하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L} = g \frac{\Delta z}{\Delta L}$$

( $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta P$ : 두 등압선 사이의 기압 차,  $\Delta L$ : 두 지점 사이의 수평 거리,  $g$ : 중력 가속도,  $\Delta z$ : 고도 차)

따라서 기압 경도력의 크기는 등고선의 간격이 작을수록, 등고선의 고도 차가 클수록 크다. A와 B 두 지점은 등고선의 간격 및 중력 가속도가 같으며, 고도 차가 같으므로 기압 경도력이 같다. 고기압성 경도풍(A)은 '전향력=기압 경도력+구심력'이고, 지균폭(B)은 '전향력=기압 경도력'이다. 따라서 동일 위도에서 기압 경도력이 같은 경우, 고기압성 경도풍의 풍속은 지균폭의 풍속보다 빠르다.

## 11 편서풍 파동

편서풍 파동은 편서풍대 상공에서 바람이 남북 방향으로 굽이치면서 서쪽에서 동쪽으로 이동하며, 지상 기압 배치에 영향을 준다.

✕. A, B는 같은 등압선상에 위치하고 있으므로 기압이 같다.

○. A와 B에서는 지균폭이 불고 있고, 풍속은 A 부근에서는 감소하므로 A에서는 수평 수렴이, B 부근에서는 증가하므로 B에서는 수평 발산이 일어난다.

○. 편서풍 파동의 기압골 서쪽(A)에서는 상층 공기의 수렴에 의해 C에서는 하강 기류가 발달하고, 기압골의 동쪽(B)에서는 상층 공기의 발산에 의해 D에서는 상승 기류가 발달한다.

## 12 편서풍 파동의 변동

편서풍 파동은 처음에는 위도에 거의 나란한 형태의 파동이 만들어진다. 이후 남북 간의 온도 차가 점점 커져서 어느 한계를 넘어 서면 남북 사이의 에너지 불균형을 해소하기 위해 파동의 진폭이 커지면서 편서풍 파동은 성장한다. (가)는 (나)보다 먼저 단계의 편서풍 파동의 모습이다.

○. (가)는 편서풍 파동이 위도에 거의 나란한 형태이고, (나)는 파동의 진폭이 커져서 남북 방향으로 굽이치는 형태이다. (가)일 때는 저위도와 고위도 사이의 에너지 수송이 거의 일어나지 않고, (나)일 때는 남북 간의 온도 차가 어느 한계를 넘어서서 남북 방향으로의 진폭이 증가하여 남쪽에는 차가운 저기압, 북쪽에는 따뜻한 고기압을 만들면서 저위도와 고위도 사이의 에너지 수송이 일어난다.

○. P 지점에는 북쪽으로부터 찬 공기가 남하하고 있고, Q 지점에는 남쪽으로부터 따뜻한 공기가 북상하고 있다. 따라서 겨울철인 경우, 한파가 발생할 가능성은 극 지역의 찬 공기가 남하



하고 있는 P 지점이 따뜻한 공기가 북상하고 있는 Q 지점보다 높다.

㉠. (나)에서 저기압의 기온은 주변보다 낮다. 따라서 차가운 저기압이 떨어져 나가면서 저위도와 고위도 사이의 에너지 수송이 일어나 남북 간의 에너지 불균형이 감소한다.

### 13 제트류

제트류는 편서풍 파동에서 축이 되는 좁고 강한 흐름으로 대류권 계면 부근에서 남북 간의 기온 차가 가장 큰 곳에서 나타난다.

㉠. 한대 전선 제트류는 겨울철이 여름철보다 남북 간의 기온 차가 크기 때문에 기압 경도력이 커져서 풍속이 더 빠르다. 또한 한대 전선 제트류는 여름철에는 70°N 부근까지 북상했다가 겨울철에는 30°N 부근까지 남하한다. (가)와 (나) 중에서 풍속이 더 빠르고, 위치도 더 남쪽까지 남하해 있는 (가)가 겨울철 한대 전선 제트류의 분포이다.

㉡. 한대 전선대에서 남북 간의 기온 차는 풍속이 더 빠른 (가)일 때가 풍속이 덜 빠른 (나)일 때보다 크다.

㉢. 제트류는 편서풍 파동에서 축이 되는 좁고 강한 흐름으로 대기 순환 규모 중에서 지구 규모에 해당하고, 온대 저기압은 대기 순환 규모 중에서 종관 규모에 해당한다. 따라서 제트류의 대기 순환 규모는 온대 저기압보다 크다.

### 14 대기 순환의 규모

대기 순환은 공간 규모와 시간 규모에 따라 미규모, 중간 규모, 종관 규모, 지구 규모로 구분하며, 공간 규모가 클수록 시간 규모도 크다.

㉠. A는 중간 규모, B는 지구 규모이다. 중간 규모의 시간 규모는 수 시간~1일이고, 지구 규모의 시간 규모는 1주일 이상이다.

㉡. 토네이도는 미규모의 예에 해당한다.

㉢. 공간 규모가 작은 대기 순환은 전향력의 효과가 무시할 수 있을 정도로 작다. ㉠은 미규모의 순환이고, ㉡은 종관 규모의 순환이므로 전향력의 영향을 더 크게 받는 것은 규모가 더 큰 ㉢이다.

### 15 해륙풍

해륙풍은 맑은 날 해안의 고도 약 1 km 이하에서 육지와 바다의 온도 차에 의해 발생하는 바람이다. 하루를 주기로 낮에는 해풍, 밤에는 육풍이 분다.

㉠. 지표 부근의 기온이 높을수록 부등 가열이 활발히 일어나서 등압선의 간격이 어느 특정 고도를 중심으로 위아래로 넓어진다. 따라서 지표 부근의 등압선의 간격이 위아래로 넓어지지 못하고 위쪽에서만 넓어져 있는 (가)는 일출 직전의 분포이고, 위아래로 모두 넓어져 있는 (나)는 한낮의 분포이다.

㉡. A 지점의 동쪽은 서쪽보다 상대적으로 고기압이다. A 지점에 있는 공기에 기압 경도력은 동쪽에서 서쪽으로 작용하므로, A 지점에서 공기는 기압 경도력이 작용하는 방향인 동쪽에서 서쪽으로 이동한다.

㉢. 육지는 바다보다 비열이 작아서 같은 양의 태양 에너지를 받더라도 바다보다 빨리 가열된다. 따라서 육지 쪽에는 따뜻한 공기의 상승 운동이, 바다 쪽에는 차가운 공기의 하강 운동이 일어난다. 992 hPa 등압면과 984 hPa 등압면 사이의 두께는 기온이 높아 상승 운동이 일어나는 C 지점 상공이 기온이 낮아 하강 운동이 일어나는 B 지점 상공보다 두껍다.

### 16 대기 대순환

지구 전체 규모에서 일어나는 대기 대순환은 적도~위도 30°에서 일어나는 해들리 순환, 위도 30°~위도 60°에서 일어나는 페렐 순환, 위도 60°~90°에서 일어나는 극순환으로 이루어져 있다.

㉠. A는 페렐 순환이고, B는 해들리 순환이다. 해들리 순환은 직접 순환이고, 페렐 순환은 간접 순환이다.

㉢. 제트류는 대류권 계면 부근에서 부는 매우 빠른 서풍 계열의 흐름으로 위도 30° 부근에서 형성되는 아열대 제트류와 한대 전선 부근에서 형성되는 한대 전선 제트류가 있다. ㉠은 한대 전선 제트류이고, ㉡은 아열대 제트류이다. 한대 전선 제트류와 아열대 제트류는 모두 서풍 계열이다.

㉣. 한대 전선 제트류는 여름철에는 70°N 부근까지 북상했다가 겨울철에는 30°N 부근까지 남하한다. 이에 비해 아열대 제트류는 계절에 따른 위치 변화가 크지 않다.



## 3 점 수능 테스트

본문 132~139쪽

01 ③ 02 ④ 03 ② 04 ③ 05 ③ 06 ④ 07 ②  
 08 ③ 09 ⑤ 10 ② 11 ① 12 ③ 13 ③ 14 ①  
 15 ⑤ 16 ②

## 01 토리첼리의 기압 측정

수은이 들어 있는 유리관을 뒤집어 세우면 유리관 속의 수은이 내려오다가 수은 기둥의 압력과 대기압이 같아지면 멈춘다. 토리첼리 실험에서 1기압일 때 수은 기둥의 높이는 약 76 cm가 된다.

㉠. 실험에서 유리관 속 수은 기둥의 높이가 76 cm이므로 이 지역의 대기압은 약 1013 hPa이다.

✕. 유리관을 막고 있던 마개를 떼면 유리관 속의 수은이 아래로 내려오다가 수은 기둥 밑면의 압력이 대기압과 같아지는 높이에서 수은이 멈추게 되므로, 마개를 떼기 전 P 지점에 작용하는 수은 기둥의 압력은 대기압보다 크다.

㉡. 기압이 1013 hPa일 때 토리첼리의 기압 측정 실험을 하면 유리관 속 수은 기둥의 높이는 76 cm가 되고, 유리관을 기울여도 수은 기둥의 높이는 변하지 않는다. 그림에서 기압이 1013 hPa 이면  $\sin\theta = \frac{76 \text{ cm}}{152 \text{ cm}}$ 이므로,  $\sin\theta = \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 ㉠은 30이다.

## 02 전향력

지구가 자전하는 경우 지구에서 움직이는 물체에는 전향력이 작용하여 진행 방향이 북반구에서는 오른쪽, 남반구에서는 왼쪽으로 휘어지게 된다. 지구가 자전하지 않는 경우 지구에서 움직이는 물체에는 전향력이 작용하지 않는다.

✕. (가)는 물체를 던진 방향과 물체가 이동하는 방향이 같은 것으로 보아, 전향력이 작용하지 않는 경우, 즉 지구가 자전하지 않는 경우이다.

㉢. (나)는 지구가 자전하여 전향력이 작용하는 경우이다. 남극에서 적도를 향해 물체를 던질 때, 지구 자전에 의해 이 물체에는 진행 방향의 왼쪽 방향인 동쪽에서 서쪽으로 전향력이 작용한다.

㉣. 전향력의 크기는 물체의 속력에 비례한다. 따라서 물체를 던지는 속력을 2배로 하면, 물체에 작용하는 전향력의 크기도 2배가 된다.

## 03 기압 경도력

기압 경도력의 크기는 두 지점 사이의 기압 차에 비례하고, 두 지점 사이의 거리와 공기의 밀도에 반비례한다.

✕. 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력( $P_H$ )은  $P_H = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$

( $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta P$ : 두 지점 사이의 기압 차,  $\Delta L$ : 두 지점 사이의 거리)이다. (가)와 (나)는 기압 차가 같고, 수평 기압 경도력이 같으므로,  $\frac{1}{\rho_{(가)}} \cdot \frac{\Delta P}{1 \text{ km}} = \frac{1}{\rho_{(나)}} \cdot \frac{\Delta P}{2 \text{ km}}$  ( $\rho_{(가)}$ : (가)의 밀도,  $\rho_{(나)}$ :

(나)의 밀도)가 성립되어야 한다. (가)의 밀도가 (나)의 밀도보다 2배 크다. 대기는 고도가 증가할수록 밀도가 감소하므로, 공기 덩어리의 고도는 밀도가 더 큰 (가)가 밀도가 작은 (나)보다 낮다.

✕. (가)의 질량은 (A면의 면적  $\times 1 \times \rho_{(가)}$ )이고, (나)의 질량은 (C면의 면적  $\times 2 \times \rho_{(나)}$ )이다. A와 C의 면적이 같고, (가)의 밀도는 (나)의 밀도보다 2배 크므로 (가)와 (나)의 질량은 같다.

㉤. 정역학 평형 상태에 있는 1 kg의 공기에 작용하는 연직 기압 경도력의 크기는 중력과 같다.

## 04 기압계

아네로이드 기압계의 진공 상태인 금속 통은 공기가 누르는 힘이 커지면 수축하여 높은 기압을 나타내고, 공기가 누르는 힘이 작아지면 팽창하여 낮은 기압을 나타낸다.

㉠. 아네로이드 기압계는 공기가 누르는 힘이 커지면(기압이 높아지면) 금속 통이 압축하여 오른쪽 지시계는 '높음'을 가리키고, 공기가 누르는 힘이 약해지면(기압이 낮아지면) 금속 통이 팽창하여 오른쪽 지시계는 '낮음'을 가리키도록 되어 있다.

㉢. (나)에서 높이  $z$ 와  $(z + \Delta z)$  사이의 직육면체의 아래로 작용하는 힘인 A는 중력이다. 중력은 '질량  $\times$  중력 가속도'이다. 이 직육면체의 체적은 '단면적(단위 면적)  $\times \Delta z$ '이고, 이 직육면체 내의 공기의 밀도는  $\rho$ 이므로 질량은  $\rho \Delta z$ 이다. 중력 가속도는  $g$ 이므로 이 직육면체에 아래로 작용하는 중력은  $\rho g \Delta z$ 이다.

✕. 높이  $z$ 에서의 기압은 높이  $(z + \Delta z)$ 에서의 기압보다 높다. 아네로이드 기압계에서 진공 상태의 금속 통은 기압이 높을 때가 기압이 낮을 때보다 더 많이 수축된다. 따라서 아네로이드 기압계로 측정하였을 때, 금속 통은 기압이 높은  $z$ 보다 기압이 낮은  $(z + \Delta z)$ 에서 더 적게 수축된다.

## 05 지균풍

지균풍은 지표면의 마찰력이 작용하지 않는 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 직선으로 나란할 때 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루어 등압선에 나란하게 부는 바람이다. 지균풍의 속력은 공기의 밀도가 일정한 경우에는 기압 경도력이 클수록, 기압 경도력이 같은 경우에는 저위도 지방으로 갈수록 빠르다.

✕. (가)는 지균풍이 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 불고 있으므로 남반구에서 바람이 부는 모습이고, (나)는 지균풍이 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 불고 있으므로 북반구에서 바람이 부는 모습이다. 따라서 위도가 30°인 지역은 남반구에, 45°인 지역은 북반구에 위치한다.

✕. 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력의 크기는  $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$  ( $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta P$ : 두 등압선 사이의 기압 차,  $\Delta L$ : 두 등압선 사이의 거리)이다. 두 지점의 공기의 밀도와 두 등압선 사이의 기압 차 (4 hPa)가 같은 경우에, P 지점의 등압선 사이의 거리가 Q 지점의 2배이므로 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력은 Q 지점이 P 지점보다 2배 크다.

㉠. 지균풍은 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루며 부는 바람이므로,  $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L} = 2v\Omega \sin\varphi$  ( $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta P$ : 두 등압선 사이의 기압 차,  $\Delta L$ : 두 등압선 사이의 거리,  $v$ : 운동 속도,  $\Omega$ : 지구 자전 각속도,  $\varphi$ : 위도)가 성립한다. 따라서 지균풍의 풍속( $v$ )은  $v = \frac{1}{2\rho\Omega \sin\varphi} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$  로 구할 수 있다. P와 Q 두 지점의 공기의 밀도와 두 등압선 사이의 기압 차이가 같은 경우,  $\frac{v_P}{v_Q} = \frac{\sin 45^\circ \times 200 \text{ km}}{\sin 30^\circ \times 400 \text{ km}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$  이므로 지균풍의 풍속은 P가 Q보다 작다.

### 06 지균풍

등압면에서 수평 기압 경도력은 정역학 평형식을 이용하면  $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L} = g \frac{\Delta z}{\Delta L}$  ( $\rho$ : 공기의 밀도,  $\Delta P$ : 두 등압선 사이의 기압 차,  $\Delta L$ : 두 지점 사이의 수평 거리,  $g$ : 중력 가속도,  $\Delta z$ : 고도 차)이다. 따라서 등압면에서 중력 가속도가 같은 경우, 기압 경도력의 크기는 등고선의 간격이 작을수록, 등고선의 고도 차가 클수록 크다.

✕. P, Q 두 지점은 500 hPa 등압면상에 위치하고, 두 지점에서 중력 가속도는 같다. 등압면상에서 중력 가속도가 같은 경우, 기압 경도력은  $\frac{\Delta P}{\Delta L}$  ( $\Delta L$ : 두 지점 사이의 수평 거리,  $\Delta z$ : 고도 차)에 비례한다. P와 Q 두 지점의 고도 차는 50 m로 같고, 두 지점 사이의 간격은 P가 Q보다 2배 크므로, 기압 경도력의 크기는 Q가 P보다 2배 크다.

㉠. 지균풍은 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루며 불고 있으므로, 등압면에서  $g \frac{\Delta z}{\Delta L} = 2v\Omega \sin\varphi$  ( $g$ : 중력 가속도,  $\Delta z$ : 고도 차,  $\Delta L$ : 두 지점 사이의 수평 거리,  $v$ : 지균풍의 풍속,  $\Omega$ : 지구 자전 각속도,  $\varphi$ : 위도)가 성립한다. 따라서 지균풍의 풍속( $v$ )은  $v = \frac{g}{2\Omega \sin\varphi} \cdot \frac{\Delta z}{\Delta L}$  이다. P에서 지균풍의 풍속( $v$ )은  $v = \frac{g}{2\Omega \sin\varphi} \cdot \frac{\Delta z}{\Delta L} = \frac{10 \text{ m/s}^2}{10^{-4}/\text{s}} \cdot \frac{50 \text{ m}}{200000 \text{ m}} = 25 \text{ m/s}$  이다.

㉡. Q에서 기압 경도력은 동쪽에서 서쪽으로 향하고, 전향력은 서쪽에서 동쪽으로 향하므로, 지균풍은 남풍이다.

### 07 지상풍

지표 부근의 바람은 마찰력의 영향을 크게 받지만 높이가 높아짐에 따라 마찰력이 감소하므로, 대기 경계층 내에서 풍속은 높이가 높아질수록 증가한다.

✕. 높이  $h_1$ 과  $h_2$ 에서 부는 지균풍의 풍속이 같은 상황에서  $h$ 의 지상풍의 풍속이 다른 것은 공기에 작용하는 마찰력 때문이다. 따라서 높이  $h$ 에서 지상풍의 풍속이 (가)가 (나)보다 크므로 지표면 마찰의 영향은 (가)가 (나)보다 작다.  $h_1$ 과  $h_2$ 는 각각 (가)와 (나)에서 지균풍이 불기 시작하는 높이를 나타내므로 마찰력이 작용하는 대기 경계층의 두께가 두꺼울수록 높게 나타난다.

✕. 지표에서는 바람과 지표면 사이의 마찰력으로 인해 지상풍이 불게 된다. 지상풍은 마찰력이 클수록 등압선과 이루는 각이 커진다. 마찰력은 지표면의 상태가 매끈한 경우보다 거친 경우에 커지고, 풍속에 비례한다. (가)는 (나)보다 지표면에 의한 마찰의 영향이 작아 풍속이 크게 나타난다. 따라서 지표면에서 지상풍이 등압선과 이루는 각은 (가)가 (나)보다 작다.

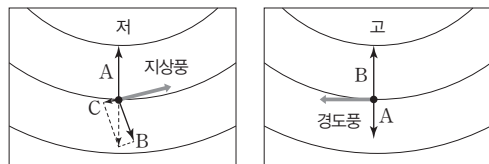
㉠. (나)의 지표~높이  $h_2$  구간에서는 높이가 높아짐에 따라 마찰력이 감소한다. 따라서 북반구 중위도 지역의 이 구간 내에서는 높이가 높아질수록 지상풍과 등압선 사이의 각이 감소하여 높이  $h_2$ 에서는 서풍이 불게 된다. 그러기 위해서는 지표 부근에서는 남서풍 계열의 바람이 불어야 하고, 높이가 높아질수록 점점 서풍에 가까워져야 한다. 즉, 지표~높이  $h_2$  구간에서 높이가 높아질수록 풍향은 시계 방향으로 바뀐다.

### 08 지상풍과 경도풍

등압선이 원형 또는 곡선일 경우, 지표 부근에서는 지상풍이, 높이 약 1 km 상공에서는 경도풍이 분다. 지표 부근에서 등압선이 원형 또는 곡선일 경우 지상풍은 기압 경도력, 전향력, 마찰력으로 인한 구심력이 작용한다.

㉠. (가)의 바람은 등압선과 각을 이루며 불고 있고, (나)의 바람은 등압선과 나란하게 불고 있다. 따라서 (가)의 바람은 마찰력이 작용하는 지상풍이고, (나)의 바람은 마찰력이 작용하지 않는 경도풍이다.

㉡. (가)와 (나)에서 A는 기압 경도력, B는 전향력, C는 마찰력이다. 저기압성 지상풍에서는 기압 경도력에 전향력과 마찰력의 합력을 뺀 값이 구심력으로 작용하여 바람이 시계 반대 방향으로 불어 들어가므로, 기압 경도력이 전향력과 마찰력의 합력보다 크다.



(가)

(나)

✕. (가)에서는 기압 경도력에 전향력과 마찰력의 합력을 뺀 힘이 구심력으로 작용하기 때문에 구심력은 기압 경도력의 방향과 같은 중심 방향으로 향한다. (나)에서는 전향력과 기압 경도력의 차가 구심력으로 작용하기 때문에 구심력은 전향력의 방향과 같은 중심 방향으로 향한다. 따라서 구심력은 (가)에서는 기압 경도력과 같은 방향으로 작용하지만, (나)에서는 전향력과 같은 방향으로 작용한다.

## 09 500 hPa 등압면 등고선 분포

상층 일기도는 어떤 높이에서 측정한 기압을 사용하지 않고, 등압면의 고도를 측정한 후 이를 등고선으로 나타낸다. 상층 일기도에서는 고도가 높은 지역이 고기압이고, 고도가 낮은 지역이 저기압이다.

㉠ 이 일기도의 등압면에서 등온선의 온도는 남쪽에서 북쪽으로 갈수록 낮아진다. 따라서 A의 아래쪽 지점을 지나는 등온선이 B의 위쪽 지점을 지나므로, 기온은 A가 B보다 낮다. 또한 B의 아래쪽 지점을 지나는 등온선이 C의 위쪽 지점을 지나므로 기온은 B가 C보다 낮다.

㉡ A는 편서풍 파동의 기압골 서쪽 지점으로 상층 수렴이 있고, B는 편서풍 파동의 기압골 동쪽 지점으로 상층 발산이 있다. 따라서 지상에 저기압이 발달하기 가장 좋은 지점은 B이다.

㉢ 등압면에서 등고선의 높이는 남쪽에서 북쪽으로 갈수록 낮아진다. 따라서 고도가 가장 높은 지점은 C이다.

## 10 제트류

한대 전선 제트류는 한대 전선대의 높이 10 km 부근에서, 아열대 제트류는 위도 30° 부근의 높이 13 km 부근에서 발생한다.

✕. A는 B보다 위도가 더 높은 곳으로 보아 한대 전선 제트류이고, B는 위도가 A보다 더 낮은 것으로 보아 아열대 제트류이다. 제트류는 대류권 계면 부근에서 나타나고, 대류권 계면의 높이는 고위도로 갈수록 낮아지므로 제트류의 발생 고도는 한대 전선 제트류(A)가 아열대 제트류(B)보다 낮다.

㉡ 등고선의 간격이 더 조밀한 (가)는 1월, 등고선의 간격이 덜 조밀한 (나)는 7월의 200 hPa 등압면 분포이다. 1월이 7월보다 남북 간의 기온 차가 크기 때문에 기압 경도력이 커져서 제트류의 풍속이 더 빠르게 나타나고, 등압면에서 등고선의 간격도 더 조밀하게 나타난다.

✕. 등압면에서 주변보다 고도가 높은 곳은 고기압, 주변보다 고도가 낮은 곳은 저기압이다. 200 hPa 등압면에서 P 지점과 Q 지점은 이웃해 있으면서, P 지점은 저기압이고 Q 지점은 고기압이므로, 같은 고도에서 P 지점의 기압은 Q 지점보다 낮다.

## 11 편서풍 파동과 지상 기압계

편서풍 파동의 기압골 동쪽에는 상층 발산이 수렴하는 지상의 공기를 상승시킨다. 상층의 발산이 지상의 수렴보다 강할 때 지상 저기압은 더욱 발달한다. 또한 편서풍 파동의 기압골 서쪽에는 상층 수렴 영역이 형성되며, 이로 인해 상층 공기의 하강 운동이 유도되어 지상에 고기압이 발달한다.

㉠ 강수 현상이 있으려면 지표 부근에서 공기가 수렴하여 상승한 후 구름을 형성하여야 하므로, 강수 현상이 있었던 지역은 지표 부근에 수렴 영역이 형성되어 있는 (가)이다.

✕. (가)는 지표 부근에 수렴 영역이 형성되어 있고, 상층에 발산 영역이 형성되어 있는 것으로 보아 지상에 저기압이, (나)는 지표 부근에 발산 영역이 형성되어 있고, 상층에 수렴 영역이 형성되어 있는 것으로 보아 지상에 고기압이 발달되어 있다. 또한 (가)와 (나) 두 지역은 이웃해 있으므로, 지표에서 중심 기압은 저기압인 (가)가 고기압인 (나)보다 낮다.

✕. (나)에서 상층에 수렴 영역이 형성되어 있는 것으로 보아 5.5 km 고도의 공기는 (나) 지역 부근에서 이전보다 속력이 느려졌다.

## 12 산곡풍

산곡풍은 맑은 날 산등성과 골짜기의 온도 차에 의해 발생하는 바람으로 낮에는 곡풍이, 밤에는 산풍이 분다.

㉠ 산간 지방에서는 낮에는 산비탈이 골짜기보다 빠르게 가열되고, 밤에는 산비탈이 골짜기보다 빠르게 냉각된다. (가)에서 이러한 경향성을 보여주는 ㉠이 골짜기, ㉡이 산비탈의 기온 분포이다.

✕. A 시기는 낮이고, B 시기는 밤이다. 밤에 산비탈의 공기는 빠르게 냉각되면서 밀도가 커져 주변보다 기압이 약간 높다. 이 밀도가 큰 공기는 비탈을 따라 계곡으로 내려오면서 산풍을 생성한다. 따라서 (나)는 A 시기보다는 B 시기의 기압 분포이다.

㉢ P와 Q는 같은 높이에 있고, 기압은 P가 Q보다 높다. P는 산비탈에 접해 있는 지점으로 밤에 냉각이 빠르게 일어나면서 이 지점(P)에 있는 공기는 같은 높이의 다른 지점(Q)에 있는 공기보다 밀도가 크다.

## 13 해륙풍의 연직 구조

해륙풍은 맑은 날 해안의 고도 약 1 km 이하에서 육지와 바다의 온도 차에 의해 발생하는 바람이다. 하루를 주기로 낮에는 해풍, 밤에는 육풍이 분다.

㉠ (가)에서 육지와 해양의 기온 차가 클수록 대체로 해륙풍의 발생 빈도가 높다.

㉡ (나)에서 9~10시경에 바람이 서풍에서 동풍 계열로 바뀌면서 해풍이 불고, 19~20시경에 다시 동풍에서 서풍 계열로 변하여 해풍이 육풍으로 바뀌는 것을 확인할 수 있다. 따라서 이 지역은 해풍이 불 때 동풍이 부는 것으로 보아, 해양의 서쪽에 위치한다.

✕. (나)에서 15시경에 높이 1.6 km에서 부는 바람은 서풍 계열이고, 이 지역은 해양의 서쪽에 위치한다. 따라서 이 고도에서 바람은 대체로 육지 쪽에서 해양 쪽으로 분다.

### 14 편서풍 파동과 지상 기압계

지상에서 수렴한 공기가 상층에서 발산이 일어나면 지상 기압계가 계속 발달하지만, 지상에서 수렴한 공기가 상층에서 발산하지 못하고 지상 저기압 위의 공기 밀도를 증가시키면 지상 저기압은 서서히 소멸한다.

㉠. A 지점에는 마찰력이 작용하지 않으므로 바람은 등압선에 나란하게 분다.

✕. B 지점에서는 전향력과 마찰력의 합력과 기압 경도력의 차가 구심력으로 작용하여 바람이 시계 방향으로 불어 나간다. 따라서 이 지점에서 부는 바람에 작용하는 기압 경도력은 전향력과 마찰력의 합력보다 작다.

✕. 지상 저기압이 발달하려면 지상에서는 공기의 수렴이 있고, 상층에서는 공기가 발산하여야 한다. 편서풍 파동의 기압골 동쪽에서는 공기의 발산이 일어나지만, 기압골에서는 공기가 등압선에 나란하게 시계 반대 방향으로 회전만 할 뿐 공기의 발산 또는 수렴이 일어나지 않는다. 따라서 C 지점이 편서풍 파동의 기압골 동쪽 아래에 위치할 때는 저기압이 발달하지만(현재), 기압골 바로 아래에 위치할 때는 지상에서 수렴한 공기가 상층에서 발산하지 못하고 지상 저기압 바로 위의 공기의 밀도를 증가시켜 지상 기압을 상승시킴으로써 서서히 저기압이 소멸한다.

### 15 대기에 의한 에너지 수송

지구 전체적으로는 들어오는 에너지양과 나가는 에너지양이 같아서 에너지 수지가 평형을 이루고 있지만, 위도에 따라서는 들어오는 에너지양과 나가는 에너지양이 균형을 이루지 못한다. 이러한 에너지의 불균형은 대기와 해수의 순환 등에 의해 에너지의 공간적 수송 현상이 발생하여 해소된다.

㉠. 위도  $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 에서는 대기 대순환의 세포들에 의한 남북 간 에너지 수송량이 편서풍 파동에 의한 에너지 수송량보다 많다. 대기 대순환의 세포들 중 이 위도대에서는 해들리 순환이 나타나기 때문에 이 위도대에서는 해들리 순환에 의한 에너지 수송이 편서풍 파동에 의한 에너지 수송보다 활발하다.

㉡. 위도  $30^{\circ}N \sim 60^{\circ}N$ 에서는 대체로 편서풍 파동에 의해 에너지가 북쪽으로 수송되고, 편서풍 파동에 의해 북쪽으로 과잉 수송된 일부 에너지는 페렐 순환에 의해 남쪽으로 수송된다.

㉢. 대기 대순환의 세포들 중 위도  $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 에 형성되는 해들리 순환은 북반구에서는 북극 방향으로, 남반구에서는 남극 방향으로 에너지를 수송한다. 북반구와 남반구의 위도  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 에 형성되는 페렐 순환은 저위도 쪽으로 에너지를 수송한다. 따라서 극

방향으로의 평균 에너지 수송량은 해들리 순환이 페렐 순환보다 많다.

### 16 대기 대순환

실제 대기에서 일어나는 대기 순환은 수륙 분포, 지형, 계절에 따른 남북 간의 온도 차 등에 의해 복잡하게 나타난다. 여름에는 대륙이 해양보다 빨리 가열되므로 해양에서 대륙으로 바람이 불고, 겨울에는 대륙이 해양보다 빨리 냉각되므로 대륙에서 해양으로 바람이 분다.

✕. 아시아 대륙 상공에 거대한 고기압(시베리아 고기압)이 자리 잡고 있고 열대 수렴대가 남반구로 치우쳐 있는 것으로 보아, 이 그림은 1월(북반구 겨울철)의 기압 분포와 바람이다.

㉠. A 지역의 바람은 시베리아 고기압으로부터 불어 나오는 북동 계절풍이다. 계절풍의 대기 순환 규모는 지구 규모이고, 해륙풍의 대기 순환 규모는 중간 규모이다. 따라서 대기 순환의 규모는 A 지역의 바람이 해륙풍보다 크다.

✕. ㉠의 고기압은 시베리아 고기압으로, 지표면의 냉각으로 공기가 침강하여 형성된다. ㉡의 고기압은 아열대 고기압으로, 대기 대순환에 의한 상공의 대기 수렴으로 인한 하강 기류가 발달하여 형성된다.



## 08 행성의 운동 (1)

### 2 점 수능 테스트

본문 151~154쪽

01 ② 02 ① 03 ③ 04 ④ 05 ⑤ 06 ① 07 ③  
 08 ② 09 ④ 10 ③ 11 ⑤ 12 ① 13 ⑤ 14 ①  
 15 ⑤ 16 ②

#### 01 지구상의 위치와 시각

위도는 적도를 기준으로 어떤 위치를 지나는 위선이 이루는 각을 북위와 남위로  $90^\circ$ 까지 나타내며, 경도는 그리니치 천문대를 지나는 경선을 기준으로 어떤 위치를 지나는 경선이 이루는 각을 동경과 서경으로  $180^\circ$ 까지 나타낸다.

② 별의 적위를  $\delta$ , 관측 장소의 위도를  $\varphi$ , 별의 남중 고도를  $h$ 라고 하면,  $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ 가 성립하므로, 이 식에  $h = 80^\circ$ ,  $\delta = 30^\circ$ 를 대입하여 계산하면  $\varphi = 40^\circ$ 이다. 따라서 적위가  $+30^\circ$ 인 별을 관측할 때, 남중 고도가  $80^\circ$ 인 지역의 위도는  $40^\circ\text{N}$ 이다. 같은 별을 관측하는 경우 별은 상대적으로 동쪽에 있는 지역에서 먼저 남중하며, 경도 차가  $15^\circ$ 일 때 남중 시각 차는 1시간이다. 따라서 어떤 별이 경도가  $15^\circ\text{E}$ 인 지역보다 8시간 나중에 남중하는 지역의 경도는  $105^\circ\text{W}$ 이다.

#### 02 지평 좌표계

지평 좌표계는 관측자 중심의 좌표계로 관측 장소와 시간에 따라 방위각과 고도가 달라진다.

① 방위각은 북점으로부터 지평선을 따라 시계 방향으로 천체를 지나는 수직권까지 잰 각이다. 따라서 A의 방위각은  $(360 - \theta_1)^\circ$ 이다.

✕. 관측 장소의 위도와 경도가 달라지면 A의 방위각과 고도( $\theta_2$ )는 달라진다.

✕. 현재 A는 남서쪽 하늘에 위치하므로 시간이 지날수록 고도가 낮아지다가 서쪽 지평선으로 진다. 따라서 1시간 후에  $\theta_2$ 는 현재보다 작아진다.

#### 03 천구의 기준점과 기준선

지구의 자전축을 연장할 때 천구와 만나는 두 점은 천구의 북극과 천구의 남극이며, 지구상에 있는 관측점에서 연직선을 연장할 때 천구와 만나는 두 점은 천정과 천저이다.

① 천구의 북극이 지평선에 위치한 지점은 적도이다.

✕. 천구의 적도(㉠)와 지평선이 만나는 두 점 중, 북점을 바라볼 때 지평선을 따라 오른쪽으로  $90^\circ$ 가 되는 지점(A)은 동점이다.

㉡. ㉠은 천정과 천저를 지나는 천구상의 대원이므로 수직권이며, 또한 천구의 북극과 천구의 남극을 잇는 선분에 수직인 천구상의 대원이므로 천구의 적도이다.

#### 04 적도 좌표계

태양이 황도를 따라 천구의 남반구에서 북반구로 올라가면서 천구의 적도와 만나는 점은 춘분점이며, 적경은 춘분점을 기준으로 천구의 적도를 따라 천체를 지나는 시간권까지 시계 반대 방향(서 → 동)으로 잰 각이다.

✕. A는 천구의 적도상에 위치하므로 적위가  $0^\circ$ 이다.

㉢. A는 동지점과 같은 시간권에 위치하며, B, C, D는 각각 춘분점, 하지점, 추분점에 위치한다. 따라서 적경은 A가  $18^\text{h}$ , D가  $12^\text{h}$ 이므로 A가 D보다 크다.

㉣. 우리나라에서 관측할 때 남중 고도는 적위가  $0^\circ$ 인 B가 적위가  $+23.5^\circ$ 인 C보다  $23.5^\circ$  더 낮다.

#### 05 태양의 연주 운동과 일주권

태양은 황도를 따라 연주 운동하면서 적경과 적위가 달라지며, 적위 변화로 일주권이 달라진다.

㉠. 태양의 적위는 2월에  $0^\circ$ 보다 작고, 5월에  $0^\circ$ 보다 크며, 적위가  $0^\circ$ 보다 작을 때는 남서쪽(방위각  $< 270^\circ$ )으로 지고,  $0^\circ$ 보다 클 때는 북서쪽(방위각  $> 270^\circ$ )으로 진다. 따라서 태양이 질 때 방위각이  $270^\circ$ 보다 작은 A 시기는 2월이고,  $270^\circ$ 보다 큰 B 시기는 5월이다.

㉢. 태양의 적경은 A 시기(2월)에  $18^\text{h} \sim 24^\text{h}$  사이의 값을 갖고, B 시기(5월)에  $0^\text{h} \sim 6^\text{h}$  사이의 값을 갖는다. 따라서 태양의 적경은 A 시기가 B 시기보다 크다.

㉣. 우리나라에서 태양은 적위가 클수록 빨리 뜨고 늦게 진다. 따라서 태양은 적위가 작은 A 시기가 적위가 큰 B 시기보다 늦게 뜬다.

#### 06 지평 좌표계

북반구에서 적위가  $0^\circ$ 인 별을 관측할 때, 위도가 높은 지역일수록 별의 남중 고도가 낮게 관측된다.

㉠. 같은 별을 관측하는 경우 별은 상대적으로 동쪽에 있는 지역에서 먼저 남중하며, 이날 S는 A보다 B에서 먼저 남중한다. 따라서 A는 B보다 서쪽에 위치한다.

✕. 적위가  $0^\circ$ 인 S의 남중 고도( $= 90^\circ - \text{위도} + \text{적위}$ )가 B에서  $50^\circ$ 이므로 B의 위도는  $40^\circ\text{N}$ 이다. 따라서 A에서는 S의 남중 고도가  $50^\circ$ 보다 높으므로 A의 위도는  $40^\circ\text{N}$ 보다 낮다.

✕. 적위가  $0^\circ$ 인 별이 뜨고 지는 경우 지평선 위에 떠 있는 시간은 위도와 관계없이 언제나 12시간으로 동일하다.



### 07 화성의 위치와 겹보기 운동

외행성인 화성은 지구보다 공전 속도가 느리므로 총 → 동구 → 합 → 서구 → 총의 순으로 위치 관계가 변한다.

- ㉠. 화성이 태양의 동쪽에 위치하며 이각이 90°일 때의 위치는 동구이다.
- ✕. 하짓날 태양의 적경은 6<sup>h</sup>이며, 태양을 기준으로 화성은 시계 반대 방향으로 90° 돌아간 지점에 위치한다. 따라서 화성의 적경은 약 12<sup>h</sup>이다.
- ㉡. 하짓날 화성은 동구(추분점 부근)에 위치하므로 순행한다. 화성이 추분점 부근에서 순행하는 경우 적경은 커지고 적위는 작아진다.

### 08 금성의 위치와 위상 변화

내행성이 태양의 서쪽에 위치할 때는 새벽에 동쪽 하늘에서 관측되고, 태양의 동쪽에 위치할 때는 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측된다.

- ✕. 내행성인 금성은 지구보다 공전 속도가 빠르므로 외합 → 동방 최대 이각 → 내합 → 서방 최대 이각 → 외합의 순으로 위치 관계가 변한다. 또한 금성이 상현달 및 초승달 모양으로 보이는 위치는 동방 이각에 있을 때이므로, (가)는 동방 최대 이각 부근, (나)는 동방 최대 이각과 내합 사이, (다)는 내합 부근에서 관측한 것이다. 따라서 관측 순서는 (가) → (나) → (다)이다.
- ㉠. (가), (나), (다) 중 금성의 시지름은 동방 최대 이각 부근에서 관측한 (가)가 가장 작고, 내합 부근에서 관측한 (다)가 가장 크다.
- ✕. 동방 이각에 있는 금성을 관측한 (가), (나), (다)는 모두 서쪽 하늘에서 관측된다.

**금성의 위상 변화**

- 금성이 a → b → c로 이동함에 따라 시지름이 커지면서 보름달에 가까운 모양에서 초승달 모양으로 변한다.
- 금성이 d → e → f로 이동함에 따라 시지름이 작아지면서 그믐달 모양에서 보름달에 가까운 모양으로 변한다.

### 09 외행성의 관측

행성이 뜨는 시각은 지평선 아래에서 위로 올라오는 시각을 의미하며, 낮에는 행성이 지평선 위에 떠 있어도 관측하기 어렵다.

- ✕. 해가 뜰 무렵에 A가 지거나 해가 질 무렵 A가 뜨는 시기가 있으므로 A는 외행성이다.
- ㉠. A는 1월 15일에 태양보다 약 3시간 30분 빨리 뜨므로 해가 뜰 무렵에 남동쪽 하늘에서 관측된다.
- ㉡. A는 8월 15일에 자정 무렵에 지므로 동구 부근에 위치한다. 따라서 A는 이날 순행하므로 적경이 증가한다.

### 10 외행성의 겹보기 운동

3월 4일경 이 행성은 적경이 약 11<sup>h</sup>로 태양과의 적경 차가 약 12<sup>h</sup>이므로 총 부근에 위치한다.

- ㉠. 이 행성은 3월 4일경에 총 부근에 위치하므로 외행성이며, 공전 주기가 1년보다 길다.
- ㉡. 외행성은 총 부근에 있을 때 가장 크게 관측되므로 가장 밝게 보인다. 따라서 이 행성은 1월 25일보다 총 부근인 3월 4일에 밝게 관측된다.
- ✕. 이 행성은 6월 30일에 동방 이각에 위치하여 태양보다 나중에 뜨므로 해가 뜰 무렵에는 관측되지 않는다.

### 11 금성의 이각 변화

금성이 서방 이각에 있을 때는 새벽에 동쪽 하늘에서, 동방 이각에 있을 때는 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

- ㉠. b일 때와 d일 때 금성의 이각이 0°이므로 각각 내합과 외합 중 하나이다. 그런데 b~c 기간이 c~d 기간보다 길므로 b일 때가 외합, d일 때가 내합이다. 또한 금성은 내합 → 서방 최대 이각 → 외합(b) → 동방 최대 이각 → 내합(d)의 순으로 위치 관계가 변하므로 a일 때가 서방 최대 이각, c일 때가 동방 최대 이각의 위치이다. 따라서 ㉠은 동방 이각이다.
- ✕. 금성의 회합 주기는 내합(또는 외합)에서 다음 내합(또는 외합)이 되는 데까지 걸리는 시간이므로 2(d-b)일이다.
- ㉡. 초승달 모양의 금성은 동방 최대 이각과 내합 사이에 위치할 때 관측된다. 따라서 c~d 사이에 관측된다.

### 12 행성의 관측과 적도 좌표

태양의 적경이 18<sup>h</sup>인 날은 동짓날이며, 이날 태양과의 적경 차는 A와 B가 각각 3<sup>h</sup>, 12<sup>h</sup>이다.

- ㉠. 태양과의 적경 차가 12<sup>h</sup>인 B는 외행성이다. 따라서 A는 금성, B는 목성이다.
- ✕. 이날 A는 적경이 15<sup>h</sup>로 태양보다 3<sup>h</sup> 작으므로 태양의 서쪽(서방 이각)에 위치한다. 따라서 이날 A는 서방 최대 이각 부근에 위치한다.

✕. 이날 B와 태양과의 적경 차는  $12^{\text{h}}$ 이며, 다음 날 태양의 적경은 증가하고 역행하는 B의 적경은 감소한다. 따라서 다음 날 (태양의 적경 - B의 적경)은  $12^{\text{h}}$ 보다 크다.

### 13 프톨레마이오스의 우주관

프톨레마이오스의 우주관은 지구가 우주의 중심에 고정되어 있고, 지구로부터 달, 수성, 금성, 태양, 화성, 목성, 토성의 순으로 지구 둘레를 공전하며, 행성들은 자기 궤도상에 중심을 두고 있는 주전원을 돌고 있다는 지구 중심설이다.

㉔ 프톨레마이오스의 우주관에서 금성의 주전원 중심은 항상 지구와 태양을 잇는 선분 위에 위치하며, 금성 주전원의 반지름은 지구와 금성의 주전원 중심 사이의 거리 및 태양과 금성의 주전원 중심 사이의 거리보다 각각 짧다.

### 14 티코 브라헤의 우주관

티코 브라헤의 우주관은 지구가 우주의 중심에 고정되어 있고, 달과 태양은 지구를 중심으로 공전하며, 수성, 금성, 화성, 목성, 토성은 태양 둘레를 공전한다는 지구 중심설이다.

㉑ 티코 브라헤의 우주관에서 달과 태양은 지구 둘레를 공전한다고 설명하므로, 태양은 ㉑에 해당한다.

✕. 티코 브라헤의 우주관에서 금성은 태양 둘레를 공전하고, 태양은 지구 둘레를 공전한다고 설명함으로써 금성이 보름달 모양으로 관측되는 현상을 설명하였다.

✕. 화성의 공전 궤도 반지름이 태양의 공전 궤도 반지름보다 커야지만 화성이 충의 위치에 있는 현상을 설명할 수 있다.

### 15 코페르니쿠스의 우주관

코페르니쿠스의 우주관은 태양을 중심으로 수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성이 원 궤도로 공전한다는 태양 중심설 모형이다.

㉑ 코페르니쿠스의 우주관에서는 행성들이 태양 둘레를 공전한다고 설명한다. 따라서 행성들의 공전 궤도 중심에 위치한 A는 태양이다.

㉒ B는 지구로 태양 둘레를 원 궤도로 공전한다.

㉓ 태양 중심설에서는 지구가 공전한다고 주장하므로 별의 연주 시차가 나타나는 현상을 설명할 수 있다.

### 16 갈릴레이의 관측과 우주관의 확립

갈릴레이는 직접 만든 망원경으로 밤하늘을 관측하여 지구 중심설로는 설명할 수 없는 다양한 현상을 발견하였다.

✕. 티코 브라헤의 우주관에서는 목성 둘레를 공전하는 위성의 존재를 확인하지 못하였다.

✕. 보름달 모양의 금성이 관측되기 위해서는 금성이 태양의 뒤쪽에 위치해야 하는데, 금성이 태양과 지구 사이의 주전원에서만 공전한다고 주장하는 프톨레마이오스의 우주관으로는 설명할 수 없다.

㉑ 갈릴레이가 관측한 금성의 시지름 변화는 프톨레마이오스의 우주관으로는 설명할 수 없을 만큼 크게 나타난다.

## 수능특강 사용설명서

수능특강을 공부하는 가장 쉽고 빠른 방법  
수능특강 사용설명서로 시너지 효과 극대화

3 점 수능 테스트

본문 155~161쪽

- 01 ④ 02 ⑤ 03 ③ 04 ② 05 ③ 06 ① 07 ②  
08 ③ 09 ③ 10 ① 11 ⑤ 12 ② 13 ⑤ 14 ②

01 지구상의 위치와 시각

위도는 적도를 0°로 하고, 북극을 90°N, 남극을 90°S로 나타낸다. 경도는 경도가 0°인 경선을 기준으로 동쪽으로는 동경, 서쪽으로는 서경으로 180°까지 나타낸다.

✕. 위도는 적도를 기준으로 어떤 위치를 지나는 위선이 이루는 각이므로, 적도(위도가 0°인 위선)에 가까운 곳이 먼 곳보다 위도가 낮다. 따라서 위도는 A가 C보다 낮다.

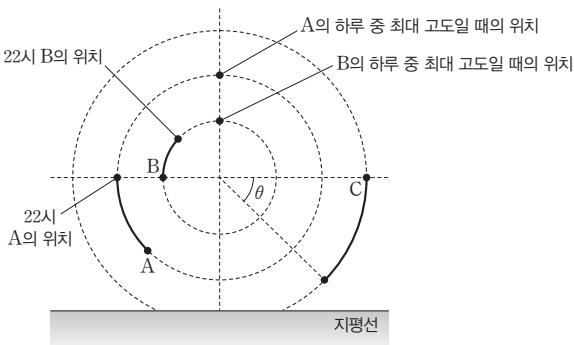
㉠. 경도가 0°인 경선과 A를 지나는 경선이 이루는 각이 45°이므로, C를 지나는 경선은 경도가 0°인 경선과 동쪽 방향으로 135°의 각을 이룬다. 따라서 C의 경도는 135°E이다.

㉡. B와 C의 경도는 각각 45°W와 135°E이다. 두 지역의 경도 차이가 15°일 때 시각 차는 1시간이므로, 경도 차이가 180°인 B와 C의 시각 차는 12시간이다.

02 별의 일주 운동

북극성 부근에 있는 별들은 천구의 북극을 중심으로 시계 반대 방향으로 1시간에 약 15°씩 일주 운동을 한다.

- ㉠. 3시간 동안 관측하였으므로  $\theta$ 는 약 45°이다.  
㉡. 22시에 고도는 B가 A보다 높지만, 하루 중 최대 고도는 A가 B보다 높다.



㉢. 22시로부터 3시간 전인 19시에 C는 지평선(북점) 아래에 위치하므로 관측되지 않았다.

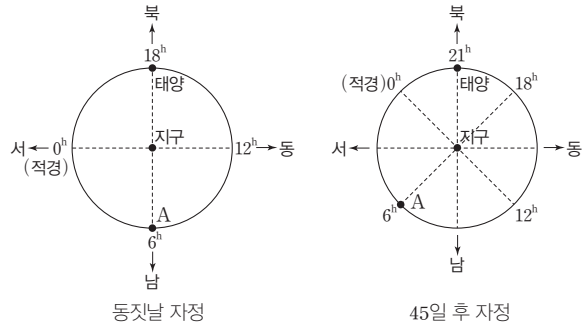
03 천체의 위치와 좌표계

A와 B는 모두 천구의 적도상에 위치하므로 적위가 0°이며, 동짓날 태양의 적경과 적위는 각각 18°와 -23.5°이다.

㉠. 현재 태양은 B를 지나는 시간권상에 위치하며, 천구의 적도로부터 남쪽으로 23.5° 떨어진 곳에 위치한다. 따라서 동짓날 자정에 태양은 천저와 B 사이의 자오선상에 위치한다.

㉡. 별의 적위를  $\delta$ , 관측 장소의 위도를  $\varphi$ , 별의 남중 고도를  $h$ 라고 하면,  $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ 가 성립하므로, 이 식에  $\varphi = 37.5^\circ$ ,  $\delta = 0^\circ$ 를 대입하여 계산하면  $h = 52.5^\circ$ 이다.

✕. 동짓날 자정에 남중한 A의 적경은 6°이고, 동짓날에 태양의 적경은 18°이므로, 45일 후 자정에 A와 태양의 적경은 각각 6°와 약 21°이다. 따라서 45일 후에 A는 태양보다 적경이 약 15° 작으므로 남서쪽 하늘에서 관측된다.



04 위치와 시각

남중 고도 =  $(90^\circ - \text{위도} + \text{적위})$ 이며, 북반구에서 같은 날 같은 천체를 서로 다른 지역에서 관측할 경우 위도가 높을수록 남중 고도는 낮아진다.

✕. 같은 별을 관측하는 경우 별은 상대적으로 서쪽에 있는 지역에서 나중에 남중하며, 경도 차이가 15°일 때 남중 시각 차는 1시간이다. 또한 표준시는 경도 차이가 15°일 때 상대적으로 서쪽에 있는 지역이 1시간 늦다(표준시는 135°W인 지역이 105°W인 지역보다 2시간 늦다.). 따라서 S가 135°W인 A 지역에서 그 지역 표준시로 22시에 남중하였으므로, 105°W인 B 지역에서는 그 지역 표준시로 22시에 남중한다.

㉠. 이날 위도가 20°N인 A 지역에서 S의 남중 고도 =  $(90^\circ - \text{위도} + \text{적위})$ 가 70°이므로, S의 적위는 0°이다. 따라서 위도가 75°N인 B 지역에서 S의 남중 고도는 15° =  $(90^\circ - 75^\circ + 0^\circ)$ 이다.

✕. 적위가 0°인 S의 일주권은 천구의 적도와 일치한다. 따라서 B에서 관측할 때 S는 동점에서 떠서 서점으로 진다.

05 태양의 일주 운동

막대 그림자는 태양의 반대 방향으로 생기며, 태양의 고도가 높을수록 짧다.

㉠. 이날 태양이 남중했을 때 막대 그림자의 길이가 0m이므로, 이날 태양의 남중 고도는 90°이다.

㉠ 태양의 적위가 +23.5°인 하짓날 이 지역에서 태양의 남중 고도(=90°-위도+적위)가 90°이므로, 이 지역의 위도는 23.5°N이다.

ㄹ 막대 그림자 끝이 ㉠(남동쪽)에 있을 때 막대 그림자의 길이는 1m이므로, 태양이 북서쪽 하늘에 있으며 고도가 약 45°인 시점에 관측한 것이다. 태양이 지는 순간의 막대 그림자의 길이는 거의 무한대에 가깝다.

### 06 화성의 겉보기 운동

외행성은 총 부근에서 역행하며 적경이 감소한다.

㉠ (가) → (나) → (다)에서 화성은 배경별 사이를 동쪽에서 서쪽으로 이동하였으므로 이 기간 동안 화성은 역행하는 시기가 있었다. 따라서 이 기간 동안 화성은 적경이 감소하는 시기가 있다.

ㄹ 화성이 역행하는 시기는 총 부근을 지날 때이다. 화성이 총 부근에 위치할 때는 해가 질 무렵에 동쪽 하늘에서 관측된다.

ㄹ 화성의 공전 궤도 반지름이 현재보다 커지면 공전 속도는 작아지고 공전 주기는 커지며, 지구와의 공전 속도 차가 커지므로 회합 주기가 감소한다.

### 07 외행성의 위치와 겉보기 운동

이날 적경은 토성이 화성보다 크다고 하였으므로 이 그림은 천구의 북극 방향에서 내려다 본 모습이다. 춘분날 총 부근에 있는 토성은 춘분점 근처에 위치하며, 태양을 기준으로 동쪽으로 45° 방향에 있는 화성은 춘분점과 하지점 사이에 위치한다.

ㄹ 상현달은 오른쪽이 둥근 반달이며, 외행성인 화성은 항상 반달보다는 둥근 모습으로 관측된다.

ㄹ 이날 적위는 춘분점과 하지점 사이에 있는 화성이 춘분점 근처에 있는 토성보다 크다. 따라서 이날 우리나라에서 관측할 때 남중 고도는 토성이 화성보다 낮다.

㉠ 토성과 화성은 시계 반대 방향으로 공전하며, 지구와의 공전 속도 차는 화성이 토성보다 작으므로 다음 날 토성의 관측 방향과 화성의 관측 방향이 이루는 각은 이날(135°)보다 작아진다.

### 08 금성의 겉보기 운동

내행성인 금성은 지구보다 공전 속도가 빠르므로 동방 최대 이각 → 내합 → 서방 최대 이각 → 외합 → 동방 최대 이각의 순으로 위치 관계가 변한다.

㉠ 금성이 동방 최대 이각 → 내합 → 서방 최대 이각으로 위치가 변하는 데 걸리는 시간은 서방 최대 이각 → 외합 → 동방 최대 이각으로 위치가 변하는 데 걸리는 시간보다 짧다. 따라서 '동방'은 ㉠, '서방'은 ㉡으로 적절하다.

ㄹ 금성이 동방 최대 이각의 위치에서 다음 동방 최대 이각의 위치가 되는 데까지 걸리는 시간(약 20개월)은 지구와 금성의 회합 주기에 해당한다. 금성의 공전 주기는 1년보다 짧다.

㉠ 금성은 동방 최대 이각(㉠)에서 서방 최대 이각(㉡)으로 위치가 변하는 과정에서 내합 부근을 지나간다. 따라서 금성은 ㉠ → ㉡ 구간에서 역행하는 시기가 있다.

### 09 행성과 별의 관측

하짓날 자정에 남중한 화성은 총 부근(동지점 부근)에 위치하므로 적경과 적위가 각각 18°, -23.5°이다.

㉠ 하짓날 자정에 남중한 화성의 적위는 -23.5°이고, 같은 날 화성의 남중 고도(=90°-위도+적위)가 50°이므로, 관측 지역의 위도는 16.5°N(=90°-50°-23.5°)이다.

ㄹ A의 남중 고도가 70°이고, 관측 지역의 위도가 16.5°N이므로 A의 적위는 -3.5°(=70°-90°+16.5°)이다.

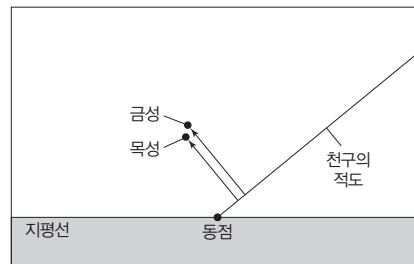
㉠ A와 화성의 남중 시각은 각각 4시와 0시이므로 A는 화성으로부터 시계 반대 방향으로 약 4h 떨어져 있다. 따라서 적경은 A가 화성보다 크다.

### 10 금성과 목성의 관측

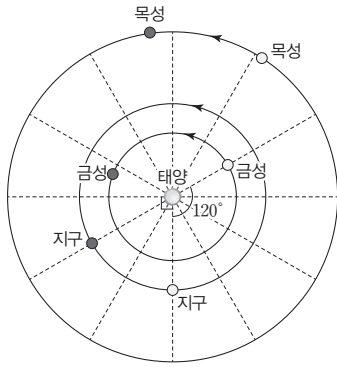
양력 9월 23일은 춘분날 무렵으로 태양의 적경과 적위가 각각 약 12°와 약 0°이며, 금성과 목성이 근접하였을 때 동쪽 하늘에서 관측되면 새벽에 관측한 것이다.

㉠ 1742년 9월 23일 금성과 목성은 새벽에 동쪽 하늘에서 관측되었으며, 태양을 기준으로 지구와 금성이 이루는 각이 약 120°였으므로, 금성은 서방 최대 이각과 외합 사이에, 목성은 서구(하지점 부근)와 합(춘분점 부근) 사이에 위치하였다. 따라서 1742년 9월 23일에 목성의 적경은 6h~12h 사이값이었다.

ㄹ 그림에서 천구의 적도는 동점에서 지평선 위 오른쪽 방향으로 분포하는데, 금성은 목성보다 천구의 적도로부터 북쪽으로 멀리 떨어져 있으므로 목성보다 적위가 크다. 따라서 1742년 9월 23일 남중 고도는 금성이 목성보다 높았다.



ㄹ 1743년 7월 23일에 금성과 목성은 모두 동방 이각에 위치하므로 초저녁에 관측되었다.



○ : 1742년 9월 23일  
● : 1743년 7월 23일

### 11 목성의 관측

태양계 행성의 공전 궤도면은 황도면과 거의 일치하므로 행성의 적경을 알면 적위를 추정할 수 있으며, 천체가 지는 경로와 지평선이 이루는 각은 고위도로 갈수록 작아진다.

- ㉠. 이날 목성은 남서쪽으로 지므로 목성의 적위는  $0^\circ$ 보다 작다.
- ㉡. 이날 목성은 적경이  $20^\circ$ 이고 동구에 위치하므로 적위가 증가하는 시기이며, 적위가 클수록 서점에 가까운 곳으로 진다. 따라서 다음 날 목성은 ㉠이 작아진다.
- ㉢. 적위가  $0^\circ$ 보다 작은 천체는 남동쪽에서 떠서 남서쪽으로 지며, 북반구에서 고위도로 갈수록 보다 남쪽으로 치우쳐서 뜨고 진다. 따라서 목성이 지는 경로와 지평선이 이루는 각이  $65^\circ$ 인 지역(저위도 지역)에서 관측하면 ㉠은 작아진다.

### 12 중세의 우주관

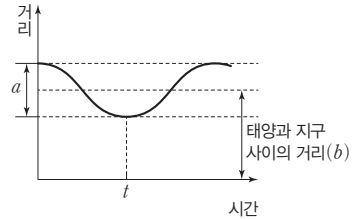
A는 프톨레마이오스의 우주관, B는 티코 브라헤의 우주관, C는 코페르니쿠스의 우주관이며, A와 B는 지구 중심설, C는 태양 중심설이다.

- ✕. 계절에 따라 별자리가 바뀌는 현상은 A, B, C 우주관 모두 설명할 수 있다. ㉠으로 적절한 것으로는 ‘금성이 보름달 모양으로 보이는 현상을 설명할 수 있는가?’ 등이 있다.
- ㉡. 별의 연주 시차는 코페르니쿠스의 태양 중심설(C)로만 설명할 수 있으므로 ㉡으로 적절하다.
- ✕. 프톨레마이오스의 우주관(A)에서만 행성의 역행을 주전원을 이용하여 설명한다. 티코 브라헤의 우주관(B)에서는 주전원 없이 두 개의 회전 중심이 있는 태양계 모형으로 내행성의 최대 이각 및 행성의 역행을 설명한다.

### 13 티코 브라헤의 우주관

지구와 A 사이의 거리가 주기적으로 태양과 지구 사이의 거리보다 멀어졌다가 가까워졌다 하는 현상은 티코 브라헤의 우주관으로 설명할 수 있다.

- ㉠. 티코 브라헤의 우주관에서 행성은 태양 둘레를 공전한다.
- ㉡. 아래 그림에서 A의 공전 궤도 반지름은  $\frac{a}{2}$ 로 태양의 공전 궤도 반지름(b)보다 짧다.



- ㉢. t일 때 A는 지구에 가장 가까운 위치로 역행한다. 따라서 t일 때 A는 적경이 감소한다.

### 14 프톨레마이오스의 우주관

금성의 주전원 중심이 지구 둘레를 회전하는 주기는 태양의 공전 주기(1년)와 같다.

- ✕. 프톨레마이오스의 우주관에서 금성과 화성은 모두 지구에 가장 가까운 곳 부근에서 역행한다. 따라서 현재 지구에 가장 가까운 곳에 위치한 화성은 역행하지만, 지구에서 가장 먼 곳에 위치한 금성은 순행한다.
- ㉢. 태양은 지구 둘레를 1년에 한 바퀴 공전하며, 수성과 금성의 주전원 중심은 항상 지구와 태양을 잇는 선분 위에 위치한다. 따라서 금성의 주전원 중심이 지구 둘레를 회전하는 주기는 1년이다.
- ✕. 행성이 주전원을 회전하는 방향은 태양의 공전 방향과 같으므로 ㉡이다.



## 09 행성의 운동 (2)

### 2 점 수능 테스트

본문 169~171쪽

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

#### 01 행성의 공전 주기와 회합 주기

지구의 공전 주기를  $E$ , 행성의 공전 주기와 회합 주기를 각각  $P$ 와  $S$ 라고 하면, 내행성의 경우  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$ 이, 외행성의 경우  $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ 이 성립한다. 따라서 내행성인 A의 경우  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$ 에  $S=0.5$ 년,  $E=1$ 년을 대입하여 계산하면  $P = \frac{1}{3}$ 년이다.

✕. 외행성의 회합 주기는 항상 지구의 공전 주기인 1년보다 길다. 따라서 회합 주기가 0.5년인 A는 내행성이다.

○. B는 공전 주기가 2년이므로 외행성이다. 따라서 공전 주기는 내행성인 A가 외행성인 B보다 짧다.

○. A에서 관측하면 B는 외행성에 해당하므로, A와 B의 공전 주기를 각각  $P_A$ 와  $P_B$ , A에서 관측한 B의 회합 주기를  $S$ 라고 하면,  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P_A} - \frac{1}{P_B}$ 이 성립한다. 따라서 A에서 B를 관측하는 경우,  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P_A} - \frac{1}{P_B}$ 에  $P_A = \frac{1}{3}$ 년,  $P_B = 2$ 년을 대입하여 계산하면  $S = 0.4$ 년이다.

#### 02 행성의 회합 주기와 상대적인 위치

내행성의 상대적인 위치 관계는 내합 → 서방 최대 이각 → 외합 → 동방 최대 이각 → 내합 순으로 변하고, 외행성의 상대적인 위치 관계는 충 → 동구 → 합 → 서구 → 충 순으로 변한다.

○. 지구의 공전 주기를  $E$ , 금성의 공전 주기와 회합 주기를 각각  $P$ 와  $S$ 라고 하면,  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$ 이 성립한다. 따라서  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$ 에  $P=0.6$ 년,  $E=1$ 년을 대입하여 계산하면  $S = \frac{3}{2}$ 년이다.

○. 0.6년 후에 금성은 현재와 같은 곳에 위치하며, 지구는 현재 위치로부터 시계 반대 방향으로  $216^\circ$  돌아간 곳에 위치한다. 따라서 0.6년 후에 금성은 서방 최대 이각과 외합 사이에 위치한다.

✕. 1년 후에 지구는 현재와 같은 곳에 위치하며, 화성은 현재 위치로부터 시계 반대 방향으로 약  $189^\circ$  돌아간 곳에 위치한다. 따라서 1년 후에 화성은 서구와 충 사이에서 충에 가까운 곳에 위치하므로 해가 뜰 무렵에 서쪽 하늘에서 관측된다.

#### 03 외행성의 회합 주기

A는 외행성이므로 지구와 A의 공전 주기를 각각  $E$ 와  $P$ 라고 하면, 회합 주기( $S$ )는  $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ 의 관계로 구할 수 있다.

○. 외행성인 A의 위치가 태양-지구-A 순으로 놓여 있으므로, A는 현재 충에 위치한다.

○.  $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ 에  $S=2$ 년,  $E=1$ 년을 대입하여 계산하면  $P = 2$ 년이다.

✕. 1년 후에 지구는 현재와 같은 곳에 위치하며, A는 현재 위치로부터 시계 반대 방향으로  $180^\circ$  돌아간 곳에 위치한다. 따라서 1년 후에 A에서 관측하면 지구는 외합에 위치하므로 순행하며, 적경이 증가한다.

#### 04 행성의 회합 주기

수성의 회합 주기는 1년보다 짧으며, 화성의 회합 주기는 목성의 회합 주기(1.09년)보다 길다.

✕. 지구에서 관측한 회합 주기는 수성의 경우 1년보다 짧고, 금성의 경우 1.60년이다. 따라서 회합 주기는 수성이 금성보다 짧다.

✕. 외행성은 지구에서 멀수록(공전 주기가 길수록) 회합 주기가 짧지만, 내행성은 지구에 가까울수록(공전 주기가 길수록) 회합 주기가 길다.

○. 행성의 회합 주기는 공전 각속도가 비슷할수록 길다. 따라서 목성에서 관측한 토성의 회합 주기는 지구에서 관측한 토성의 회합 주기보다 길다.

#### 05 케플러 법칙

(가)는 케플러 제1법칙, (나)는 케플러 제3법칙, (다)는 케플러 제2법칙이다.

○. (가)는 케플러 제1법칙(타원 궤도 법칙)이다.

✕. (나)는 케플러 제3법칙(조화 법칙)으로 행성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다는 법칙이다. 따라서 '공전 주기'는 ○으로, '공전 궤도 긴반지름'은 ○으로 적절하다.

✕. 태양에서 먼 행성일수록 공전 주기가 긴 현상은 케플러 제3법칙인 (나)로 설명할 수 있다.

#### 06 케플러 법칙

A와 B의 공전 궤도 긴반지름은 1 AU로 같지만, 타원 궤도의 납작한 정도인 이심률이 서로 다르다.

○. 이심률은 타원의 납작한 정도를 나타낸다. B의 궤도는 태양이 궤도의 정중앙에 위치한 원 궤도이므로 이심률이 0인 반면, A의 궤도는 납작한 타원 궤도이다. 따라서 공전 궤도 이심률은 A가 B보다 크다.

㉠. A와 B는 공전 궤도 긴반지름이 1 AU로 같으므로, 케플러 제3법칙에 의해 두 행성의 공전 주기 또한 같다. 따라서 태양과 행성을 잇는 선분이 하루 동안 쓸고 지나간 면적은 궤도 전체 면적이 상대적으로 좁은 A가 B보다 좁다.

㉡. A의 공전 속도는 근일점에서 가장 빠르고 원일점인 현재 위치에서 가장 느린 반면, B는 원 궤도로 공전하므로 공전 속도가 항상 일정하다. 또한 공전 궤도의 길이는 원 궤도인 B가 타원 궤도인 A보다 길다. 따라서 현재 위치에서 공전 속도는 A가 B보다 느리다.

### 07 케플러 제1법칙(타원 궤도 법칙)

탐구 과정에서 압정의 위치는 타원의 초점에 해당하고, 실의 길이는 그려지는 타원 긴반지름의 2배에 해당한다.

㉠. 실의 길이(㉠)는 그려지는 타원 긴반지름의 2배에 해당하므로, ㉠의 절반은 공전 궤도 긴반지름에 해당한다.

㉡. 공전 궤도의 초점 거리는 두 개의 압정의 간격(㉡)의 절반에 해당한다.

㉢. 과정 (나)처럼 실의 길이가 같은 상태에서 압정의 간격을 좁히는 경우 더 원에 가까운 타원, 즉 이심률이 작은 타원이 그려진다.

### 08 소행성과 케플러 법칙

태양 둘레를 공전하는 소행성도 케플러 법칙이 적용된다.

㉠. 이 소행성은 1년 동안 공전 궤도 전체 면적의  $\frac{1}{8}$ 을 쓸고 지나갔으므로 공전 궤도 전체를 쓸고 지나가는 데 걸리는 시간은 케플러 제2법칙에 의해 8년이다. 따라서 이 소행성의 공전 주기는 8년이다.

㉡. 케플러 제3법칙에서 공전 주기를  $P$ (년), 공전 궤도 긴반지름을  $a$ (AU)라고 하면,  $\frac{a^3}{P^2}=1$ 이 성립한다. 따라서  $\frac{a^3}{P^2}=1$ 에  $P=8$ 년을 대입하여 계산하면 이 소행성의 공전 궤도 긴반지름은 4 AU이다.

㉢. 소행성의 공전 속도는 원일점에서 가장 느리고 근일점에서 가장 빠르므로, 원일점에서 근일점으로 가면서 공전 속도는 점차 빨라진다. 따라서 공전 속도는  $P_1$ 보다  $P_2$ 에서 빠르다.

### 09 케플러 법칙

이 행성의 근일점 거리와 원일점 거리는 각각  $x$ 와  $y$ 이므로, 공전 궤도 긴반지름과 초점 거리는 각각  $\frac{y+x}{2}$ 와  $\frac{y-x}{2}$ 이다.

㉠. 공전 궤도 이심률을  $e$ , 공전 궤도 긴반지름을  $a$ , 초점 거리를  $c$ 라고 하면,  $e=\frac{c}{a}$ 가 성립한다.  $e=\frac{c}{a}$ 에  $a=\frac{y+x}{2}$ 와  $c=\frac{y-x}{2}$

를 대입하여 계산하면, 이 행성의 공전 궤도 이심률( $e$ )은  $\frac{y-x}{y+x}$ 이다.

㉡. 행성의 공전 속도는 근일점( $P_1$ )에서 가장 빠르다. 따라서 공전 속도는  $P_1$ 보다  $P_2$ 에서 느리다.

㉢. 어느 행성이 같은 시간 동안 태양과 행성을 잇는 선분이 쓸고 지나간 면적은 항상 일정하다.

### 10 케플러 법칙과 행성의 회합 주기

공전 궤도 긴반지름이 서로 다른 두 행성이 회합 주기가 같은 경우, 두 행성은 각각 내행성과 외행성 중 하나이다. 따라서 공전 주기가 1년보다 짧은 A는 내행성, B는 외행성이다.

㉠. 공전 궤도 긴반지름은 내행성인 A가 외행성인 B보다 짧다.

㉡. 지구의 공전 주기를  $E$ , 내행성인 A의 공전 주기와 회합 주기를 각각  $P$ 와  $S$ 라고 하면,  $\frac{1}{S}=\frac{1}{P}-\frac{1}{E}$ 이 성립한다. 따라서  $\frac{1}{S}=\frac{1}{P}-\frac{1}{E}$ 에  $P=\frac{4}{5}$ 년,  $E=1$ 년을 대입하여 계산하면  $S$ (㉡)=4년이다.

㉢. 지구의 공전 주기를  $E$ , 외행성인 B의 공전 주기와 회합 주기를 각각  $P$ 와  $S$ 라고 하면,  $\frac{1}{S}=\frac{1}{E}-\frac{1}{P}$ 이 성립한다. 따라서  $\frac{1}{S}=\frac{1}{E}-\frac{1}{P}$ 에  $S=4$ 년,  $E=1$ 년을 대입하여 계산하면  $P$ (㉢)= $\frac{4}{3}$ 년이다.

### 11 쌍성계의 운동

쌍성계를 이루는 두 별은 공통 질량 중심의 둘레를 같은 주기로 공전한다.

㉠. 두 별 사이의 거리와 공전 주기 및 공통 질량 중심으로부터 별까지의 거리 비를 알면, 케플러 제3법칙으로부터 쌍성계의 질량과 쌍성계를 이루는 두 별 각각의 질량을 결정할 수 있다. 따라서 ‘케플러 제3법칙’은 ㉠으로 적절하다.

㉡. 그림에서 쌍성계를 이루는 두 별 A와 B 사이에는  $a_A m_A = a_B m_B$ 가 성립한다. 따라서  $a_A$ 는 ㉡으로,  $a_B$ 는 ㉢으로 적절하다.

㉢. 공전 주기는 A와 B가 같다.

### 12 케플러 제3법칙의 응용

쌍성계를 이루는 두 별은 공통 질량 중심의 둘레를 같은 방향으로 공전한다.

㉠. 쌍성계를 이루는 두 별은 같은 방향으로 공전한다. 따라서 B의 공전 방향은 ㉠이다.

㉠ A와 B의 공전 주기를  $P$ , 공통 질량 중심으로부터 A와 B까지의 거리를 각각  $a_A$ 와  $a_B$ 라고 하면, 두 별의 공전 속도  $v_A$ 와  $v_B$ 는 각각  $\frac{2\pi a_A}{P}$ 와  $\frac{2\pi a_B}{P}$ 이다. 따라서  $v_A : v_B = a_A : a_B = 2d : d = 2 : 1$ 이므로 공전 속도는 A가 B의 2배이다.

㉡ A와 B의 질량을 각각  $m_A$ 와  $m_B$ , 공통 질량 중심으로부터의 거리를 각각  $a_A$ 와  $a_B$ 라고 하면,  $a_A m_A = a_B m_B$ 가 성립한다.  $a_A m_A = a_B m_B$ 에  $a_A = 2d$ ,  $a_B = d$ 를 대입하여 정리하면  $2m_A = m_B$ 이다. 따라서 질량은 A가 B의  $\frac{1}{2}$ 배이다.

### 3 점 수능 테스트

본문 172~177쪽

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

#### 01 행성의 회합 주기

내행성은 내합 부근에서, 외행성은 충 부근에서 역행하며, 두 행성의 회합 주기는 항상 안쪽 궤도를 공전하는 행성의 공전 주기보다 길다.

㉠  $t_1$ 일 때 A에서 관측하면 B는 내합에 위치한다. 따라서  $t_1 \sim t_2$  동안 A에서 관측하면 B가 역행하는 시기가 있다.

㉡ B에서 관측하면 A는 외행성이므로 자정에 관측되기 위해서는 서구-(충)-동구 사이에 위치해야 하는데,  $t_2 \sim t_3$  동안에는 동구-(합)-서구 사이에 위치하므로 자정에 관측되는 시기가 없다.

㉢ B에서 관측한 A의 회합 주기는 B의 공전 주기보다 길며, A에서 관측한 B의 회합 주기와 같다. 따라서 A에서 관측한 B의 회합 주기는 B의 공전 주기보다 길다.

#### 02 케플러 법칙과 행성의 회합 주기

태양계 행성들의 태양으로부터의 거리에 따른 A와의 회합 주기 그래프에서 가로축과 나란한 점근선의 세로축 값은 A의 공전 주기에 해당하며, 세로축과 나란한 점근선의 가로축 값은 A의 공전 궤도 긴반지름에 해당한다.

㉠ 그림에서 가로축과 나란한 점근선의 세로축 값이 8이므로, A의 공전 주기는 8년이다.

㉡ 케플러 제3법칙에서 공전 주기를  $P$ (년), 공전 궤도 긴반지름을  $a$ (AU)라고 하면,  $\frac{a^3}{P^2} = 1$ 이 성립한다. 따라서  $\frac{a^3}{P^2} = 1$ 에  $P = 8$ 년을 대입하여 계산하면 A의 공전 궤도 긴반지름은 4 AU이다. 그런데  $x$ 는 A의 공전 궤도 긴반지름에 해당하므로 4 AU이다.

㉢ A에서 관측하면 B는 외행성에 해당하므로, A와 B의 공전 주기를 각각  $P_A$ 와  $P_B$ , A에서 관측한 B의 회합 주기를  $S$ 라고 하면,  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P_A} - \frac{1}{P_B}$ 이 성립한다. 따라서  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P_A} - \frac{1}{P_B}$ 에  $P_A = 8$ 년,  $P_B = 16$ 년을 대입하여 계산하면  $S = 16$ 년이다.

#### 03 수성과 화성의 회합 주기

내행성이 내합 부근을 지날 때 태양면을 통과하는 현상이 나타날 수 있다.

㉠ 2003년 12월 19일에 수성은 태양면을 통과한 후 서방 이각에 위치하므로 태양보다 먼저 진다.

✕. 수성과 화성의 회합 주기가 약 101일이므로, 2005년에 수성이 내합에 위치한 시기는 1월, 4월, 7월(또는 8월), 11월 모두 4번이었다.

✕. 만약 수성과 화성이 동일한 면을 공전한다면, 화성에서 관측할 때 평균 101일을 주기로 태양면을 통과하는 현상이 나타날 것이다. 그런데 관측 기간 동안 수성의 태양면 통과 시기가 6번밖에 안 되는 이유는 수성의 공전 궤도면과 화성의 공전 궤도면이 기울어져 있기 때문이다.

#### 04 내행성의 공전 궤도 반지름 구하기

P'는 A의 공전 궤도상에서 서방 최대 이각의 위치이며, 이때 태양과의 이각은 30°이다. 또한 선분 SE의 길이는 지구의 공전 궤도 반지름(1 AU)에 해당한다.

✕. A가 P'(서방 최대 이각)에 위치할 때 우리나라에서 관측하면 하현달 모양으로 보인다.

○. A의 공전 궤도 반지름은  $1(\text{AU}) \times \sin 30^\circ$ 이므로, 0.5 AU이다.

✕. 케플러 제3법칙에서 공전 주기를 P(년), 공전 궤도 긴반지름을 a(AU)라고 하면,  $\frac{a^3}{P^2}=1$ 이 성립한다.  $\frac{a^3}{P^2}=1$ 에  $a=\frac{1}{2}$  AU를 대입하여 계산하면 A의 공전 주기는  $\frac{\sqrt{2}}{4}$ 년이다. 그런데 두 행성의 회합 주기는 항상 안쪽 궤도를 공전하는 행성의 공전 주기보다 길므로, 지구에서 관측한 A의 회합 주기는  $\frac{\sqrt{2}}{4}$ 년보다 길다.

#### 05 케플러 법칙

A와 B는 공전 궤도 긴반지름이 같으므로 공전 주기가 같다.

○. 공전 궤도 긴반지름을 a, 공전 궤도 짧은반지름을 b, 초점 거리를 c라고 하면,  $c^2=a^2-b^2$ 이 성립한다.  $c^2=a^2-b^2$ 에  $a=4$  AU와  $c=2$  AU를 대입하여 계산하면, A의 공전 궤도 짧은반지름(b)은  $2\sqrt{3}$  AU이다.

○. 공전 궤도 이심률을 e, 공전 궤도 긴반지름을 a, 초점 거리를 c라고 하면,  $e=\frac{c}{a}$ 가 성립한다.  $e=\frac{c}{a}$ 에  $a=4$  AU와  $c=3$  AU를 대입하여 계산하면, B의 공전 궤도 이심률(e)은 0.75이다.

○. 공전 주기는 A와 B가 같은데 공전 궤도 전체 면적이 A가 B보다 넓으므로, 같은 시간 동안 태양과 행성을 잇는 선분이 쓸고 지나간 면적은 A가 B보다 넓다. 즉, 태양과 행성을 잇는 선분이 쓸고 지나간 면적이 같다면 이동 시간은 A가 B보다 짧다. 그런데 현재 위치에서 ① 지점까지 공전하는 동안 태양과 행성을 잇는 선분이 쓸고 지나간 면적은 A가 B보다 좁으므로, 현재 위치에서 ① 지점까지 공전하는 데 걸리는 시간은 A가 B보다 짧다.

#### 06 케플러 법칙

A의 공전 궤도 (긴)반지름은 2 AU, B의 공전 궤도 긴반지름은 4 AU이므로 공전 궤도 긴반지름의 비(A : B)는 1 : 2이다.

○. A의 공전 궤도는 원 궤도이므로 이심률이 0이다.

○. B는 ① 지점을 기준으로 공전 속력이 증가하다가 감소하므로 ① 지점에서 공전 속력 변화율은 0이고, ② 지점에서는 공전 속력이 점차 증가하므로 공전 속력 변화율이 양의 값을 갖는다. 따라서 B의 공전 속력 변화율은 ① 지점보다 ② 지점에서 크다.

○. A와 B의 공전 주기를 각각  $P_A$ 와  $P_B$ , 공전 궤도 긴반지름을 각각  $a_A$ 와  $a_B$ 라고 하면, 케플러 제3법칙에 의해  $\left(\frac{P_A}{P_B}\right)^2=\left(\frac{a_A}{a_B}\right)^3$

이 성립한다.  $\left(\frac{P_A}{P_B}\right)^2=\left(\frac{a_A}{a_B}\right)^3$ 에  $a_A=2$  AU,  $a_B=4$  AU를 대입하여 계산하면,  $\frac{P_A}{P_B}=\frac{1}{2\sqrt{2}}$ 이다. 따라서 공전 주기는 A가 B의  $\frac{\sqrt{2}}{4}$ 배이다.

#### 07 케플러 법칙

같은 시간에 태양과 행성을 잇는 선분이 쓸고 지나간 면적은 같다.

✕. 이 기간 동안 A는 원일점을 향해 이동하므로 공전 속도가 감소하고, B는 근일점을 향해 이동하므로 공전 속도가 증가한다.

○. A와 B가 각각 공전 궤도 전체 면적의  $\frac{1}{40}$ 과  $\frac{1}{5}$ 을 쓸고 지나간 시간을 T라고 하면, A의 공전 주기는 40T, B의 공전 주기는 5T이다. 따라서 공전 주기는 A가 B의 8배이다.

○. A와 B의 공전 주기를 각각  $P_A$ 와  $P_B$ , 공전 궤도 긴반지름을 각각  $a_A$ 와  $a_B$ 라고 하면, 케플러 제3법칙에 의해  $\left(\frac{P_A}{P_B}\right)^2=\left(\frac{a_A}{a_B}\right)^3$

이 성립한다.  $\left(\frac{P_A}{P_B}\right)^2=\left(\frac{a_A}{a_B}\right)^3$ 에  $\frac{P_A}{P_B}=8$ 을 대입하여 계산하면,

$\frac{a_A}{a_B}=4$ 이다. 따라서 공전 궤도 긴반지름은 A가 B의 4배이다.

#### 08 케플러 법칙

지구는 북반구 겨울철(1월 중)에 근일점을 지나고, 북반구 여름철(7월 중)에 원일점을 지난다.

○. 원일점 부근을 지나는 A 시기가 7월이고, 근일점 부근을 지나는 B 시기가 1월이다.

✕. 케플러 제2법칙에 의해 같은 시간 동안 지구와 태양을 잇는 선분이 쓸고 지나간 면적은 같다. 따라서 지구와 태양을 잇는 선분이 쓸고 지나간 면적은 1월과 7월이 같다.

✕. 지구의 공전 속도는 근일점 부근을 지날 때(1월) 가장 빠르

로, 지구의 공전 속도는 태양의 적경이 18<sup>h</sup>일 때가 6<sup>h</sup>일 때보다 빠르다.

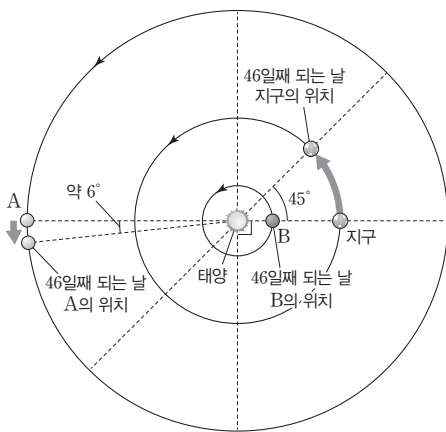
### 09 케플러 법칙과 행성의 회합 주기

지구의 공전 주기를  $E$ , 행성의 공전 주기와 회합 주기를 각각  $P$ 와  $S$ 라고 하면, 내행성의 경우  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$ 의 관계가, 외행성의 경우  $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ 이 성립한다.

✕. 케플러 제3법칙에서 공전 주기를  $P$ (년), 공전 궤도 긴반지름을  $a$ (AU)라고 하면,  $\frac{a^3}{P^2} = 1$ 이 성립한다.  $\frac{a^3}{P^2} = 1$ 에  $a = \frac{1}{4}$  AU를 대입하여 계산하면 B의 공전 주기는  $\frac{1}{8}$ 년이다. 같은 방법으로 A의 공전 주기를 구하면 8년이다.

㉠. A는 외행성이므로 지구와의 회합 주기 공식  $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ 에  $E=1$ 년,  $P=8$ 년을 대입하여 계산하면 A의 회합 주기는  $\frac{8}{7}$ 년이다. 또한 B는 내행성이므로 지구와의 회합 주기 공식  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$ 에  $E=1$ 년,  $P=\frac{1}{8}$ 년을 대입하여 계산하면 B의 회합 주기는  $\frac{1}{7}$ 년이다. 따라서 지구와의 회합 주기는 A가 B의 8배이다.

✕. 이날로부터 46일째 되는 날(약  $\frac{1}{8}$ 년 후) 지구, A, B는 각각 약 45°, 약 6°, 약 360°를 공전한 위치에 있으므로 A는 서구와 합사이에, B는 동방 이각에 위치한다. 따라서 이날로부터 46일째 되는 날 새벽에 A는 관측할 수 있고, B는 관측할 수 없다.



### 10 케플러 법칙과 행성의 회합 주기

행성이 타원 궤도를 공전할 때 태양과 행성을 잇는 선분은 같은

시간 동안 같은 면적을 쓸고 지나가며, 행성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다.

㉠. 공전 궤도 긴반지름을  $a$ , 짧은반지름을  $b$ , 초점 거리를  $c$ 라고 하면,  $c^2 = a^2 - b^2$ 이 성립한다. 또한 근일점 거리는 공전 궤도 긴반지름( $a$ )에서 초점 거리( $c$ )를 뺀 값과 같다.  $c^2 = a^2 - b^2$ 에  $b = 2\sqrt{3}$  AU,  $a = (6 - c)$  AU를 대입하여 계산하면  $a = 4$  AU,  $c = 2$  AU이다. 따라서 근일점 거리는  $2(=a - c)$  AU이다.

㉡. 행성의 공전 궤도 긴반지름이 4 AU이므로 공전 주기는  $8(=4^2)$ 년이다. 또한  $P_1$ 에서  $P_2$ 까지의 궤도 면적은 공전 궤도 전체 면적의  $\frac{1}{8}$ 이므로,  $P_2$ 에서  $P_1$ 까지 공전하는 데 걸리는 시간은 7년이다.

㉢. 이 행성은 공전 주기가 8년이므로 외행성이다. 따라서 지구와의 회합 주기 공식  $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ ( $S$ : 회합 주기,  $E$ : 지구 공전 주기,  $P$ : 행성 공전 주기)에  $E=1$ 년,  $P=8$ 년을 대입하여 계산하면 지구와의 회합 주기는  $\frac{8}{7}$ 년이다.

### 11 케플러 법칙

탐사선 궤도는 지구 공전 궤도와 만나는 점을 근일점, 화성 공전 궤도와 만나는 점을 원일점으로 하는 타원 궤도이므로, 궤도 긴반지름은  $1.25(= \frac{\text{근일점 거리} + \text{원일점 거리}}{2} = \frac{1 + 1.5}{2})$  AU이다.

✕. 화성의 공전 궤도와 만난 점이 원일점이므로, 원일점 거리는 화성의 공전 궤도 반지름과 같은 1.5 AU이다.

㉠. 공전 궤도 이심률을  $e$ , 공전 궤도 긴반지름을  $a$ , 초점 거리를  $c$ 라고 하면,  $e = \frac{c}{a}$ 가 성립한다. 또한 공전 궤도 긴반지름과 근일

점 거리(또는 원일점 거리)와의 차는 초점 거리에 해당한다.  $e = \frac{c}{a}$ 에  $a = 1.25$  AU와  $c = 0.25$  AU를 대입하여 계산하면, 공전 궤도 이심률( $e$ )은 0.2이다.

㉡. 탐사선은 화성보다 공전 궤도 긴반지름이 짧으므로 평균 공전 속도가 화성보다 빠르다. 화성은 공전 궤도가 원 궤도이므로 공전 속도가 항상 일정한 반면, 탐사선은 타원 궤도를 따라 이동하므로 위치에 따라 공전 속도가 달라진다. 하지만  $t_1 \sim t_2$  사이에 탐사선은 근일점에서 원일점까지 이동하였으므로, 이 기간 동안의 평균 속도는 전체 궤도를 이동하는 동안의 평균 속도와 같다. 따라서  $t_1 \sim t_2$  사이에 탐사선의 평균 속도는 화성보다 빠르다.

### 12 쌍성계의 운동

쌍성계를 이루는 두 별은 공통 질량 중심을 기준으로 서로 반대 방향에 위치하며, 공전 방향과 공전 주기가 각각 서로 같다. (나)



에서 A와 B의 공전 주기는 약 4년이다.

✕. A와 B는 공전 궤도가 원 궤도이며, 공통 질량 중심을 기준으로 서로 반대 방향에 위치하므로, A와 B 사이의 거리는 항상 일정하다.

○. A와 B의 공전 주기가  $P$ 일 때, 공통 질량 중심으로부터 A와 B까지의 거리가 각각 3 AU와 1 AU이므로, 두 별의 공전 속도  $v_A$ 와  $v_B$ 는 각각  $\frac{2\pi \times 3}{P}$ 과  $\frac{2\pi \times 1}{P}$ 이다. 따라서  $v_A : v_B = 3 : 1$ 이므로 공전 속도는 A가 B의 3배이다.

✕. A와 B의 공전 주기를  $P$ , 태양 및 A와 B의 질량을 각각  $M_\odot$ ,  $m_A$ ,  $m_B$ , A와 B 사이의 거리를  $a$ 라고 하면, 케플러 제3법칙에 의해  $m_A + m_B = \frac{a^3}{P^2} M_\odot$ 이 성립한다.  $m_A + m_B = \frac{a^3}{P^2} M_\odot$ 에  $a = 4 \text{ AU}$ ,  $P = 4$ 년을 대입하여 계산하면,  $m_A + m_B = \frac{4^3}{4^2} M_\odot = 4 M_\odot$ 이다. 그런데 A와 B의 공통 질량 중심으로부터의 거리 비가 3 : 1이므로  $m_A : m_B = 1 : 3$ 이다. 따라서 B의 질량은 약  $3 M_\odot (= 4 M_\odot \times \frac{3}{4})$ 으로 태양의 약 3배이다.

## 10 우리은하와 우주의 구조

### 2 점 수능 테스트

본문 191~196쪽

- |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ⑤ | 03 ⑤ | 04 ② | 05 ② | 06 ① | 07 ③ |
| 08 ① | 09 ④ | 10 ③ | 11 ② | 12 ② | 13 ⑤ | 14 ③ |
| 15 ① | 16 ④ | 17 ③ | 18 ③ | 19 ④ | 20 ② | 21 ③ |
| 22 ⑤ | 23 ④ | 24 ③ |      |      |      |      |

### 01 연주 시차와 별까지의 거리

연주 시차는 지구의 공전 때문에 나타나며, 거리가 가까운 별일수록 연주 시차가 크다.

○. 연주 시차가 클수록 별까지의 거리가 가깝다. A의 연주 시차는  $0.76''$ , C의 연주 시차는  $0.0023''$ 이므로 연주 시차는 A가 C보다 크다. 따라서 별까지의 거리는 A가 C보다 가깝다.

✕. 별까지의 거리(pc) =  $\frac{1}{\text{연주 시차}('')}$ 이다. 따라서 B까지의 거리는  $\frac{1}{0.20''}$ 이므로 5 pc이다.

○. 지구 공전 궤도 반지름이 증가하면 태양으로부터 지구까지의 거리가 증가하므로, 연주 시차가 커진다. 따라서 A, B, C 모두 연주 시차가 커진다.

### 02 별까지의 거리 측정 방법

연주 시차는 별까지의 거리가 멀수록 작아지므로 거리가 먼 별의 경우 연주 시차를 측정하기 어렵고 오차도 커져 거리를 측정하는데 이용하기 어렵다.

○. 외부 은하의 거리는 매우 멀기 때문에 별의 연주 시차를 이용하는 방법보다 세페이드 변광성을 이용하여 거리를 구하는 것이 유리하다.

○. (나)는 별의 겉보기 등급과 절대 등급을 알아내어 거리 지수를 이용해 별까지의 거리를 알아낼 수 있고, (다)는 세페이드 변광성의 변광 주기를 이용하여 절대 등급을 알아내고 평균 겉보기 등급을 알아낸 후 이를 이용하여 거리 지수를 구한 다음 별까지의 거리를 알아낼 수 있다.

○. 성단의 색등급도를 이용하여 거리를 알아내기 위해서는 색지수가 같은 성단의 별의 겉보기 등급과 표준 주계열성의 절대 등급을 알아야 한다. 따라서 (리)를 이용하여 거리를 알아내기 위해서는 표준 주계열성의 색등급도를 이용해야 한다.

### 03 세페이드 변광성의 특징

세페이드 변광성은 팽창과 수축을 반복하면서 밝기가 주기적으로 변하는 별이다. 세페이드 변광성은 변광 주기가 길수록 광도가 크고 절대 등급이 작다.

- ㉠ A와 B는 모두 세페이드 변광성이며, 세페이드 변광성은 팽창과 수축을 반복하며 밝기가 주기적으로 변하는 맥동 변광성이다.
- ㉡ 세페이드 변광성은 변광 주기가 길수록 절대 등급이 작다. 변광 주기는 A가 약 10일, B가 약 30일이므로 B의 변광 주기가 더 길다. 따라서 절대 등급은 A가 B보다 크다.
- ㉢ A와 B는 지구로부터의 거리가 같으므로 절대 등급이 더 큰 A가 겉보기 등급도 더 크다.

### 04 색지수

B 필터는 파란색, V 필터는 노란색 근처의 빛을 주로 통과시킨다. 이들 필터로 정해지는 겉보기 등급은 각각 B 등급, V 등급이다.

- ✕. 필터를 통과하는 빛의 파장은 B 필터가 V 필터보다 짧다. 따라서 B 필터는 주로 파란색을, V 필터는 주로 노란색 빛을 잘 통과시킨다.
- ✕. (가)는 B 필터를 통과한 빛의 복사 세기가 V 필터를 통과한 빛의 복사 세기보다 크다. 따라서 B 필터를 사용할 때가 V 필터를 사용할 때보다 밝게 관측된다.
- ㉠ (나)는 B 필터보다 V 필터로 관측할 때 더 밝으므로 B 등급이 V 등급보다 크다. 따라서 (나)의 색지수( $B-V$ )는 (+) 값을 갖는다.

### 05 산개 성단의 색등급도

산개 성단은 나이가 젊고 고온의 푸른색 별들이 많다. 또한 나이가 많을수록 주계열성 중 붉은색 별이 차지하는 비율이 높아진다.

- ✕. 전향점은 주계열성이 거성으로 진화하면서 주계열을 빠져나가는 위치이며, 전향점에 위치한 별의 색지수가 작을수록 나이가 젊은 성단이다. A에서 전향점에 위치한 별의 색지수는 약  $-0.3$  이고, B에서 전향점에 위치한 별의 색지수는 약  $+0.5$ 이다. 따라서 전향점에 위치한 별의 색지수는 A가 B보다 작다.
- ㉠ A는 대부분의 별이 주계열성에 해당하며, 질량이 매우 큰 일부 주계열성만 거성으로 진화하였지만, B는 대부분의 주계열성이 거성으로 진화하였고, 질량이 작은 일부 주계열성들만 남아있다. 따라서 성단에서 주계열성이 차지하는 비율은 A가 B보다 크다.
- ✕. 산개 성단의 색등급도에서 전향점에 위치한 별의 색지수가 클수록 성단의 나이가 많다. 전향점에 위치한 별의 색지수는 B가 A보다 크므로, 성단의 나이는 B가 A보다 많다.

### 06 산개 성단과 구상 성단

산개 성단은 수백~수천 개의 별들이 허술하게 모여 있는 집단이며, 젊고 고온의 푸른색 별들이 많이 분포한다. 구상 성단은 수만~수십만 개의 별들이 구형으로 매우 조밀하게 모여 있는 집단이며, 대부분 적색 거성이나 질량이 작은 주계열성으로 이루어져 있다.

- ㉠ A는 B보다 별의 개수가 적고 별의 평균 나이가 적다. 따라서 A는 산개 성단, B는 구상 성단이다.
- ✕. 구상 성단인 B는 적색 거성 및 질량이 작은 주계열성이 주로 관측되므로 대체로 붉은색으로 관측된다.
- ✕. 산개 성단은 우리은하의 나선팔에서 주로 발견되며, 헤일로에서는 주로 구상 성단이 발견된다.

### 07 허셜이 주장한 우리은하의 모습

허셜은 밤하늘에 있는 별의 수를 세어 최초로 우리은하 지도를 작성하였다.

- ㉠ 허셜과 캅테인은 별의 분포를 이용하여 우리은하의 모습을 추정하였으며, 새플리는 구상 성단의 공간 분포를 이용하여 우리은하의 모습을 추정하였다.
- ㉡ 허셜이 연구할 당시에는 은하라는 개념이 없었기 때문에 우리은하가 곧 우주라고 생각하였다.
- ✕. 허셜은 태양이 우리은하, 즉 우주의 중심에 있다고 생각하였다. 따라서 허셜이 주장한 태양의 위치는 A가 아니라 별들의 중심에 위치한다.

### 08 우리은하의 모습

A는 우리은하의 팽대부이며, B는 우리은하를 구형으로 감싸고 있는 헤일로이다.

- ㉠ 우리은하는 막대 나선 은하에 해당하며, 막대 모양의 구조가 팽대부를 가로지르고 있다.
- ✕. 산개 성단은 주로 은하 원반의 나선팔에 분포한다. 팽대부는 나이가 많고 붉은색 별들이 모여 볼록하게 부풀어 오른 모습을 하고 있다.
- ✕. 우리은하의 지름은 약 30 kpc이며, 태양계는 우리은하의 중심으로부터 약 8.5 kpc 떨어진 곳에 위치한다.

### 09 성간 티끌과 성간 기체

우주 공간에 존재하는 기체와 티끌을 성간 물질이라고 하며, 성간 물질의 약 99%는 성간 기체로 이루어져 있다.

- ✕. A는 성간 기체이며, 고온에서는 주로 이온화 상태, 저온에서는 주로 분자 상태로 존재한다. 따라서 온도가 높을수록 개수 밀도는 대체로 작아진다.
- ㉠ B는 성간 티끌이다. 성간 티끌은 주로 규산염, 흑연, 얼음 등

으로 이루어진 미세한 고체 입자이다.

㉠. 반사 성운은 성운 주변에 있는 별의 별빛이 성간 티끌에 의해 산란되어 파란색으로 보이는 것이다. 따라서 반사 성운이 빛나는 이유는 주로 성간 기체가 아닌 성간 티끌에 의한 산란 때문이다.

### 10 성간 소광

성간 소광량은 빛의 파장에 따라 달라지며, 파장이 짧을수록 소광량이 대체로 많다.

㉠. 그래프에서 소광량은 A가 B보다 많다. 소광은 파장이 짧을수록 잘 일어나므로, 평균 파장은 A가 B보다 짧다.

㉡. 은하 중심부나 별의 생성 장소는 성간 물질에 의한 소광이 강하게 나타나므로 자외선이나 가시광선으로 관측하기 어렵다. 따라서 이러한 곳을 관측하기 위해서는 소광의 영향을 적게 받기 위해 자외선이나 가시광선보다 파장이 긴 적외선을 이용하는 것이 유리하다.

㉢. 가시광선 영역에서 성간 소광은 파장이 짧은 파란색 영역이 파장이 긴 붉은색 영역보다 많이 일어난다.

### 11 반사 성운과 방출 성운

(가)는 반사 성운이다. 반사 성운은 성간 티끌에 의해 주변의 별빛이 산란되어 파랗게 보인다. (나)는 방출 성운이다. 방출 성운은 H II 영역의 수소가 자유 전자와 재결합하는 과정에서 붉은색 빛을 방출하여 붉게 보인다.

㉡. 반사 성운은 주로 파란색으로, 방출 성운은 주로 붉은색으로 관측된다.

㉢. 반사 성운인 A는 성간 티끌에 의한 산란 때문에, 방출 성운인 B는 성간 기체 중 전리된 수소 때문에 빛이 방출된다.

㉣. B는 방출 성운이므로 주로 H II 영역의 전리된 수소가 존재한다.

### 12 우리은하의 중성 수소 분포

21 cm 전파를 통해 중성 수소의 분포를 알 수 있으며, 이를 통해 우리은하의 나선팔 구조를 알아낼 수 있었다.

㉡. A에는 21 cm 전파가 은하 중심부에 가려 보이지 않는 것일 뿐, 실제로는 A에도 태양계 부근과 같이 나선팔 구조가 존재하므로 중성 수소가 분포한다.

㉢. 그림과 같은 중성 수소 분포는 은하 원반에서 방출된 21 cm 전파를 전파 망원경으로 관측한 후 도플러 이동을 분석하여 알아낼 수 있다.

㉣. 태양에서 특정 시선 방향을 따라 21 cm 전파를 관측해 보면 복사 세기가 불연속적으로 나타난다. 이는 중성 수소가 분포하는 성간 구름이 나선팔을 따라 불연속적으로 분포하기 때문이다.

### 13 성간 소광과 성간 적색화

별빛이 성운을 통과하는 과정에서 성간 소광이 일어나 실제보다 어두워지며, 성간 티끌에 의해 붉은빛보다 푸른빛의 산란이 잘 일어나 실제 별빛보다 붉게 관측되는 성간 적색화가 나타난다.

㉠. B에 도달하는 별빛은 성운을 통과하지 않으므로 성간 적색화가 나타나지 않지만, A에 도달하는 별빛은 성운을 통과하는 과정에서 푸른빛의 산란이 일어나 실제보다 붉게 관측되므로, 관측된 색지수는 원래의 색지수보다 크다. 따라서 관측된 X의 색지수는 A가 B보다 크다.

㉢. A에 도달하는 X의 별빛은 성운을 통과하는 과정에서 소광이 일어나 실제보다 어둡게 보이기 때문에 겉보기 등급이 실제 겉보기 등급보다 크게 관측된다. 거리 지수는 (겉보기 등급 - 절대 등급)이므로, 거리 지수는 B보다 A에서 크다. 따라서 거리 지수를 이용하여 구한 별까지의 거리는 A가 B보다 멀다.

㉣. B가 관측할 때 성운 Y는 X의 근처에 위치하며, X의 별빛을 산란시키고 있으므로 파란색으로 보이는 반사 성운으로 관측될 수 있다.

### 14 중성 수소와 21 cm 전파

21 cm 전파를 이용하면 중성 수소의 분포를 알 수 있으며, 이를 통해 은하의 구조를 알아낼 수 있다.

㉠. 21 cm 전파는 중성 수소의 에너지가 높은 상태에서 낮은 상태로 바뀌는 과정에서 방출된다. 그림에서 21 cm 전파는 B보다 A에서 강하게 방출되므로, 중성 수소가 분포하는 영역인 H I 영역은 B보다 A에 많이 분포한다.

㉡. 21 cm 전파는 성간 물질을 통과할 때 성간 소광이 거의 일어나지 않는다. B에서 21 cm 전파가 거의 방출되지 않는 것은 중성 수소의 밀도가 매우 작기 때문이다.

㉣. 이 은하는 나선 은하이며, 21 cm 전파의 세기가 강한 영역도 나선팔 모양으로 나타나고 있다. 따라서 21 cm 전파가 방출되는 중성 수소는 헤일로보다 은하의 나선팔에 주로 분포한다.

### 15 강체 회전과 케플러 회전

케플러 회전은 회전 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 거리의 제곱근에 반비례하면서 느려진다. 강체 회전은 회전 중심으로부터의 거리에 관계없이 각속도가 일정한 회전이므로, 회전 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 빨라진다.

㉠. (가)는 회전 속도가 은하 중심으로부터의 거리의 제곱근에 반비례하므로 케플러 회전이며, (나)는 회전 속도가 은하 중심으로부터의 거리에 비례하므로 강체 회전이다.

✕. (가)는 케플러 회전이며, 케플러 회전을 하는 영역에서는 은하 중심으로부터의 거리가 멀어질수록 회전 속도가 느려지기 때문에 회전 주기가 길어진다.

✕. 은하의 질량이 대부분 은하 중심부에 집중되어 있다면 회전 속도는 케플러 제3법칙에 의해 중심으로부터 멀어질수록 느려지는 (가)와 같은 회전을 할 것이다.

## 16 은하의 회전과 시선 속도

별 A~H는 모두 원 궤도로 케플러 회전을 하고 있으므로, 은하 중심에 가까울수록 회전 속도가 빠르다. 태양에 가까워지는 별은 시선 속도가 (-) 값을 가지며, 태양으로부터 멀어지는 별은 시선 속도가 (+) 값을 갖는다.

㉠ 시선 속도 (-): C는 태양의 회전 방향에 대해 뒤쪽에 위치하며 태양보다 안에서 회전하므로 태양보다 회전 속도가 빨라 태양에 가까워진다. F는 태양의 회전 방향에 대해 앞쪽에 위치하며 태양보다 바깥쪽에서 회전하므로 태양보다 회전 속도가 느려 태양에 가까워진다. 따라서 C와 F의 시선 속도는 (-) 값을 갖는다. 시선 속도 0: B와 G는 태양과 회전 속도의 크기가 같으므로 태양으로부터 멀어지거나 가까워지지 않으므로 시선 속도가 0이다. D와 E는 회전 속도는 다르지만 태양과 순간 회전 방향이 같으므로 시선 속도가 0이다.

시선 속도 (+): A는 태양의 회전 방향에 대해 뒤쪽에 위치하며 태양보다 바깥쪽에서 회전하므로 태양보다 회전 속도가 느려 태양으로부터 멀어진다. H는 태양의 회전 방향에 대해 앞쪽에 위치하며 태양보다 안에서 회전하므로 태양보다 회전 속도가 빨라 태양으로부터 멀어진다. 따라서 A와 H의 시선 속도는 (+) 값을 갖는다.

## 17 우리은하의 회전 속도 곡선

우리은하의 회전 속도는 은하 중심으로부터 약 1 kpc까지 증가하며, 태양 부근에서는 감소하고, 태양계 바깥쪽에서는 다시 증가하다가 약 13 kpc에서부터는 거의 일정한 속도를 유지한다.

㉠ 우리은하의 실제 회전 속도 곡선은 은하 외곽에서도 회전 속도가 감소하지 않고 빠른 속도를 유지하고 있는 (가)이다. 우리은하의 질량 대부분이 은하 중심부에 집중되어 있다고 가정했을 때 회전 속도 곡선은 은하 외곽에서 회전 속도가 감소하는 (나)이다.

✕. 강제 회전을 하는 경우 은하 중심으로부터의 거리가 멀어질수록 회전 속도가 증가한다. (가)와 (나) 모두 태양 부근에서는 은하 중심으로부터의 거리가 멀어질수록 회전 속도가 느려지고 있으므로 강제 회전을 하고 있지 않다.

㉡ 우리은하가 케플러 회전을 한다면 태양보다 바깥쪽에서의 회전 속도는 점차 느려져야 하지만, 암흑 물질의 영향으로 실제 우리은하의 회전 속도는 태양보다 바깥쪽에서도 느려지지 않고 대체로 빠른 속도를 유지한다. 따라서 태양보다 바깥쪽에서 회전하는 영역에서 은하의 평균 회전 속도는 (가)가 (나)보다 크다.

## 18 우주 거대 구조

대부분의 은하들은 우주 공간에서 그물망과 비슷한 거대 가락(필라멘트) 구조를 따라 존재하며, 이러한 거대한 구조를 은하 장성이라고 한다.

㉢ A는 은하가 거의 없는 공간인 거대 공동이다.

✕. A는 거대 공동으로, 밀도는 우주 평균 밀도의  $\frac{1}{10}$ 보다 작다.

B는 은하 장성으로, 수많은 은하들과 암흑 물질이 분포하므로 밀도는 우주 평균 밀도보다 크다.

㉣ 초기 우주는 미세한 물질 분포의 차이가 있었고, 물질은 밀도가 높은 곳으로 모여들어 별과 은하를 만들었다. 이러한 과정에서 밀도가 상대적으로 높은 곳에서는 은하들이 계속 성장하면서 은하군, 은하단, 초은하단을 이루었고, 밀도가 낮은 곳은 점점 더 비어있는 공간으로 남게 되었다. 따라서 은하 장성과 거대 공동의 형성은 초기 우주의 밀도 분포와 관련이 있다.

## 19 우주의 구조

(가)는 처녀자리 은하단으로 다른 은하단이나 은하군과 함께 처녀자리 초은하단을 구성하고 있다. (나)는 안드로메다은하로 우리는 하와 함께 국부 은하군을 구성하고 있다.

✕. (나)의 안드로메다은하는 우리은하와 함께 국부 은하군에 속한다. (가)는 처녀자리 은하단으로 국부 은하군과는 별개로 처녀자리 초은하단을 구성하고 있다.

㉤ 안드로메다은하는 우리은하와 함께 국부 은하군을 구성하고 있으며, 우리은하와 가까운 곳에 위치한 대마젤란은하, 소마젤란은하, 안드로메다은하는 우리은하와 가까워지고 있어 미래에 우리은하와 충돌할 것으로 예상된다. 따라서 안드로메다은하의 시선 속도는 (-) 값을 갖는다.

㉥ 우리은하는 (나)와 함께 국부 은하군에 포함되며, 처녀자리 은하단은 국부 은하군으로부터 매우 멀리 떨어져 있는 은하단이므로, 지구로부터의 거리는 (가)가 (나)보다 멀다.

## 20 우리은하의 질량

우리은하의 회전 속도는 일정하게 감소하지 않고, 은하 중심으로부터의 거리가 13 kpc보다 먼 은하 외곽에서는 거의 일정하게 유지된다. 이를 통해 우리은하의 질량이 중심부에 집중되어 있지 않고 은하 외곽에도 상당히 분포하고 있음을 알 수 있다.



✕. 우리은하 외곽에서는 관측 가능한 물질을 이용하여 계산한 회전 속도보다 실제 회전 속도가 빠르다. 따라서 A는 우리은하의 실제 회전 속도 곡선을 이용하여 계산한 값이며, B는 관측 가능한 물질을 이용하여 계산한 값이다.

✕. 전자기파로 관측이 어려운 물질은 암흑 물질이다. 은하 중심으로부터 멀어질수록 관측 가능한 물질의 누적 질량보다 실제 계산한 누적 질량이 크므로, 은하 중심으로부터 멀어질수록 전자기파로 관측이 어려운 암흑 물질의 양은 많아진다.

㉠. 은하 외곽에 암흑 물질이 많을수록 회전 속도가 빠르다. 따라서 은하 중심으로부터의 거리가 15 kpc인 지점의 회전 속도는 누적 질량이 큰 A가 B보다 빠르다.

### 21 별의 공간 운동

접선 속도는 B가 A보다 2배 빠르고, 거리는 B가 A보다 2배 멀다.

㉠. A와 B 모두 관측자로부터 멀어지고 있으므로 A와 B 모두 적색 편이가 나타난다.

✕. 별의 고유 운동을  $\mu$ ("/년), 별까지의 거리를  $r$ (pc)이라고 할 때, 별의 접선 속도 =  $4.74 \mu r$ 이다. 따라서 고유 운동은 별까지의 거리에 반비례하며 접선 속도에 비례한다. B는 A보다 거리가 2배 멀고, 접선 속도가 2배 크므로, A와 B의 고유 운동은 서로 같다.

㉠. 공간 속도를  $V$ , 접선 속도를  $V_t$ , 시선 속도를  $V_r$ 이라고 할 때, 공간 속도  $V = \sqrt{V_t^2 + V_r^2}$ 이다. A와 B의 시선 속도는 같고, 접선 속도는 A가 B보다 작으므로, 공간 속도는 A가 B보다 작다.

### 22 성간 소광과 성간 적색화

가시광선 영역에서 소광은 파장이 짧을수록 잘 일어난다.

㉠. ㉠과 ㉡이 성운을 통과하여 B에 도달하는 과정에서 빛의 세기는 ㉠이 ㉡보다 적게 감소했다. 따라서 산란이 더 적게 일어난 ㉠이 ㉡보다 파장이 길다.

㉠. X의 별빛은 성운을 통과하는 동안 성간 소광이 일어나 세기가 약해지므로 더 어둡게 보여 겉보기 등급이 커진다. 따라서 X의 겉보기 등급은 A가 관측할 때보다 B가 관측할 때가 크다.

㉠. A와 B로부터 X까지의 거리가 변하지 않으므로 A와 B에서 관측한 X의 흡수선에서 적색 편이나 청색 편이는 나타나지 않는다. 또한 성운을 통과하는 과정에서 흡수선의 파장은 변하지 않으므로 A와 B에서 관측되는 수소 흡수선의 파장은 서로 같다.

### 23 고유 운동과 연주 시차

연주 시차가 클수록 별까지의 거리가 가깝다.

✕. 연주 시차는 B가 A보다 작으므로, 지구로부터의 거리는 B가 A보다 멀다. A의 연주 시차가  $0.5470''$ 이므로 B가 A보다 2배 멀리 떨어져 있다면 B의 연주 시차는 A의 연주 시차의 반인  $0.2735''$ 가 되어야 한다. 그러나 B의 연주 시차는 이보다 큰

$0.2872''$ 이므로, 지구로부터의 거리는 B가 A의 2배보다 가깝다.

㉠. C의 연주 시차는  $0.7692''$ 이다. 별까지의 거리(pc) =  $\frac{1}{\text{연주 시차}('')}$

이므로, C까지의 거리는 약 1.3 pc이다. 따라서 C는 지구로부터의 거리가 10 pc보다 가까우므로 겉보기 등급이 절대 등급보다 작다.

㉠. 별의 고유 운동을  $\mu$ ("/년), 별까지의 거리를  $r$ (pc)이라고 할 때, 별의 접선 속도 =  $4.74 \mu r$ 이다. B는 C보다 고유 운동이 크고, 연주 시차가 작아 별까지의 거리도 멀기 때문에 접선 속도의 크기는 B가 C보다 크다.

### 24 산개 성단과 반사 성운

산개 성단은 수백~수천 개의 주로 젊고 푸른색 별들로 구성되어 있으며, 구상 성단은 수만~수십 만 개의 주로 나이가 많은 주계열성이나 거성으로 이루어져 있다.

㉠. ㉠은 주로 나이가 1억 년보다 적은 젊고 푸른색 별들로 이루어져 있으며, 약 1000여 개의 별들로 이루어져 있는 성단이므로 산개 성단이다.

✕. ㉠은 성간 티끌에 의해 산란된 빛에 의해 밝게 보이는 성운이므로 반사 성운이다. 성간 티끌에 의해 산란되는 빛은 주로 붉은색보다 파란색이므로 반사 성운인 ㉠은 파란색으로 관측된다.

㉠. 이 성단은 산개 성단이며, 나이가 매우 젊으므로 대부분 주계열성으로 이루어져 있다. 따라서 이 성단에서 주계열성이 차지하는 비율은 적색 거성이 차지하는 비율보다 크다.



## 3 점 수능 테스트

본문 197~208쪽

01 ④ 02 ② 03 ② 04 ③ 05 ③ 06 ④ 07 ⑤  
 08 ② 09 ② 10 ⑤ 11 ④ 12 ③ 13 ② 14 ③  
 15 ② 16 ⑤ 17 ② 18 ② 19 ① 20 ③ 21 ③  
 22 ⑤ 23 ② 24 ①

## 01 거리 지수와 별까지의 거리

1등급 간의 밝기 비는  $100^{\frac{1}{5}}$  배이며, 별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례한다.

① 1등급 간의 밝기 비는  $100^{\frac{1}{5}}$  배이므로, 겉보기 등급이  $m_1, m_2$  인 두 별의 밝기를 각각  $I_1, I_2$  라고 할 때,  $\frac{I_1}{I_2} = 10^{\frac{2}{5}(m_2 - m_1)}$  이다. 거리가 10 pc 인 별의 겉보기 등급은 절대 등급과 같으므로  $\frac{L}{l} = 10^{\frac{2}{5}(m - M)}$  이다. 거리가 10 pc 일 때의 밝기는  $L$ , 거리가  $r$  일 때의 밝기는  $l$  이며, 별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례하므로,  $\frac{L}{l} = \left(\frac{r}{10}\right)^2$  이다.

## 02 연주 시차와 별까지의 거리

연주 시차는 별이 1년 동안 이동한 각거리의  $\frac{1}{2}$  에 해당하며, 별까지의 거리가 멀수록 연주 시차는 작아진다.

✕. 연주 시차는 지구가 공전함에 따라 별이 이동하는 것처럼 보이는 현상이다. 지구 공전 궤도면과 나란한 방향에 위치한 별은 천구상에서 거의 직선에 가깝게 움직이며, 지구 공전 궤도면과 수직인 방향에 위치한 별은 원에 가깝게 움직인다. 따라서 A는 지구 공전 궤도면과 나란한 방향에 위치하지 않는다.

ⓐ. ①은 1년 동안 배경별과 이루는 각이 최대일 때와 최소일 때가 각각 2번씩 나타나며, 최대일 때와 최소일 때의 값이 각각 같다. 따라서 ①에 해당하는 별은 B이다.

✕. A의 연주 시차는  $\frac{(0.01+0.04)}{2} = 0.025''$  이며, B의 연주 시차는  $\frac{(0.05+0.05)}{2} = 0.05''$  이다. 연주 시차는 A가 B의  $\frac{1}{2}$  이므로 지구로부터의 거리는 A가 B보다 2배 멀다. 거리가 2배 멀어지면 밝기는  $\frac{1}{4}$  로 감소하므로 B는 A보다 약 4배 밝게 보인다. 1등급 간의 밝기 비는 약 2.5배, 2등급 간의 밝기 비는 약  $2.5^2$  배인 약 6.25배이므로, A와 B의 겉보기 등급 차는 2보다 작다.

## 03 세페이드 변광성을 이용한 거리 측정

세페이드 변광성의 겉보기 등급 변화 그래프를 통해 변광 주기를 알아낼 수 있으며, 변광 주기를 통해 변광성의 광도나 절대 등급을 알아낼 수 있다.

✕. (가)에서 겉보기 등급이 변화하는 변광 주기는 약 15일이다.

✕. A의 변광 주기가 약 15일이므로, (나)의 주기-광도 그래프에서 A의 광도는 태양의 약 3000~10000배임을 알 수 있다. 태양보다 광도가 100배 큰 별의 절대 등급은 태양의 절대 등급인 4.8보다 5등급 작은  $-0.2$  등급인데, 변광 주기가 약 15일인 이 별의 광도는 태양의 100배보다 훨씬 크므로 절대 등급은  $-0.2$  보다 작다.

ⓐ. (가)에서 A의 평균 겉보기 등급( $m$ )은 4.8임을 알 수 있다. A의 광도가 태양의 100배라고 가정할 때 A의 절대 등급( $M$ )은  $-0.2$  이며, 이때 거리 지수( $m - M$ )가 5.0이므로  $m - M = 5 \log r - 5$  에서 A까지의 거리는 100 pc 이 된다. 실제 A의 광도는 태양의 100배보다 훨씬 크므로 절대 등급은  $-0.2$  보다 작으며, 따라서 거리 지수도 5.0보다 크다. 결국 지구로부터의 거리는 100 pc 보다 멀다.

## 04 주계열 맞추기

표준 주계열성의 절대 등급( $M$ )과 성단의 주계열성의 겉보기 등급( $m$ )을 비교하면 성단까지의 거리( $r$ )를 알 수 있다.

ⓐ. 색지수가 작을수록 표면 온도가 높고, 절대 등급이 작을수록 광도가 크다. 그래프에서 주계열성은 색지수가 작을수록 절대 등급이 작아지므로, 표면 온도가 높을수록 광도가 커짐을 알 수 있다.

✕. (가)와 (나)에서 색지수가 같은 주계열성들의 절대 등급과 겉보기 등급을 서로 비교해 보면 (가)의 절대 등급이 (나)의 겉보기 등급보다 약 2~3등급 작음을 알 수 있다. 따라서 이 성단의 주계열성들은 절대 등급이 겉보기 등급보다 작다.

ⓐ.  $m - M = 5 \log r - 5$  에서 거리 지수( $m - M$ )가 0인 별까지의 거리는 10 pc 이며, 거리 지수가 5인 별까지의 거리는 100 pc 임을 알 수 있다. (가)와 (나)의 그래프에서 성단의 주계열성의 겉보기 등급이 표준 주계열성의 절대 등급보다 2~3등급 크다. 따라서 거리 지수는 약 2~3이므로, 이 성단까지의 거리는 100 pc 보다 가깝다.

## 05 구상 성단과 산개 성단의 색등급도

산개 성단은 대부분 주계열성으로 이루어져 있으며, 젊고 푸른색 주계열성이 많이 분포한다. 구상 성단은 대부분 나이가 많고 온도가 낮은 주계열성과 거성들로 이루어져 있다.

ⓐ. (가)는 대부분 주계열성으로 이루어져 있으며, 색지수가 작아 표면 온도가 높고 푸른색으로 보이는 별들도 많이 분포하지만, (나)에서 주계열성은 대부분 색지수가 약  $+0.3$  보다 큰 붉은색

별들로 이루어져 있다. 따라서 주계열성의 평균 색지수는 (가)가 (나)보다 작다.

✕. 성단의 색등급도에서 성단의 나이는 전향점의 위치를 통해 알 수 있으며, 전향점에 위치한 별의 색지수가 클수록 나이가 많다. (가)와 (나)에서 전향점에 위치한 별의 색지수는 각각 약  $-0.2$ ,  $+0.3$ 이므로 성단의 나이는 (나)가 (가)보다 많다.

㉠. 색지수가 같은 주계열성은 절대 등급이 거의 비슷하다. (가)와 (나)에서 색지수가  $+0.5$ 인 별을 보면 (가)에서 겉보기 등급은 약  $+10$ 이지만, (나)에서 겉보기 등급은 약  $+20$ 이다. 이는 (나)가 (가)보다 더 멀리 떨어져 있어 더 어둡게 보이기 때문이다. 따라서 지구로부터 성단까지의 거리는 (가)가 (나)보다 가깝다.

### 06 우리은하의 모습

(가)는 태양이 우리은하의 중심 부근에 위치하므로 캅테인이 주장한 우리은하의 모습이며, (나)는 태양이 우리은하 중심 부근에 위치하지 않으므로 새플리가 주장한 우리은하의 모습이다.

✕. (가)에서 우리은하의 모습은 캅테인이 별의 분포를 통계적으로 연구하여 알아낸 것이고, (나)에서 우리은하의 모습은 새플리가 변광성을 이용하여 연구한 구상 성단의 분포를 통해 알아낸 것이다.

㉠. (나)에서 새플리는 구상 성단의 공간 분포를 알아내는 과정에서 성간 소광의 영향을 고려하지 않았기 때문에 우리은하의 크기를 실제보다 매우 크게 추정하였다. 따라서 (나)에서 우리은하의 지름은 실제 우리은하의 지름보다 크다.

㉡. (가)에서 캅테인은 우리은하의 지름이 약 16 kpc이며, 태양은 우리은하의 중심 가까이 위치한다고 주장하였다. (나)에서 새플리는 우리은하의 지름이 약 100 kpc이며, 우리은하의 중심이 태양계가 아니라고 주장하였다. 따라서 은하 중심으로부터 태양까지의 거리는 (가)가 (나)보다 가깝다.

### 07 우리은하의 나선팔 구조

우리은하는 막대 모양의 구조와 나선팔을 가지고 있는 막대 나선 은하이며, 나선팔 구조는 중성 수소 원자에서 방출되는 21 cm 전파를 관측하여 알아내었다.

㉠. 우리은하에서 성간 물질은 대부분 나선팔에 존재한다. 따라서 성간 물질이 차지하는 비율은 은하 중심보다 나선팔에 위치한 영역인 A가 크다.

㉡. 21 cm 전파는 중성 수소에서 방출되므로 중성 수소가 풍부한 나선팔에서 강하게 방출된다. 따라서 중성 수소의 밀도는 나선팔에 위치한 영역인 A가 나선팔 사이에 위치한 영역인 B보다 크다.

㉢. (나)의 C와 같이 가운데가 볼록한 띠 모양의 은하수는 우리은하 중심부를 바라볼 때 관측된다. 따라서 은하 바깥 방향인 ㉠보다 은하 중심 방향인 ㉡ 방향을 관측할 때 잘 나타난다.

### 08 성간 소광과 암흑 성운

성간 티끌에 의해 별빛이 통과하지 못해 어둡게 보이는 성운을 암흑 성운이라고 한다.

✕. (가)에서는 성운에 의해 성운 뒤쪽의 별이 거의 관측되지 않으므로, 이 성운은 암흑 성운이다.

㉠. 성간 티끌에 의한 별빛의 흡수와 산란은 파장이 짧을수록 잘 일어난다. 성운 뒤쪽의 별은 (다)보다 (나)에서 잘 관측되므로 (다)보다 (나)일 때 성간 소광을 적게 받았다. 따라서 관측 파장은 (나)가 (다)보다 길다.

✕. 암흑 성운은 온도가 낮은 기체나 티끌의 밀도가 높아 성간 소광이 매우 크게 일어나기 때문에 성운 뒤쪽의 별이 보이지 않는다. 대부분 이온화된 수소로 이루어진 성운은 방출 성운이다.

### 09 암흑 성운과 성간 소광량

(가)에서는 암흑 성운에 의해 주변보다 관측되는 별의 개수가 적은 영역이 나타나고 있다.

✕. A에서는 성운에 의한 소광 때문에 관측되는 별의 개수가 적어진다. (나)에서 겉보기 등급이 같을 때 관측되는 별의 개수는 ㉠이 ㉡보다 많으므로 ㉠은 암흑 성운이 없는 B 영역, ㉡은 암흑 성운이 있는 A 영역에서의 별 개수 분포이다.

㉠. 성간 소광량이 많을수록 A 영역과 B 영역에서 관측되는 별의 개수 차가 커진다. 따라서  $\Delta m$ 이 클수록 성간 소광량이 많다.

✕. 관측 파장이 짧을수록 성간 소광량이 크다. 따라서 (가)를 관측한 파장보다 더 짧은 파장을 이용하여 관측하면, 관측되는 별의 개수는 더 적어진다.

### 10 성간 소광과 성간 적색화

별빛이 성간 물질을 통과하는 과정에서 성간 소광과 성간 적색화가 일어난다.

㉠. (나)는 (가)보다 A와 B의 전향점에 위치한 별들의 색지수가 크며, 겉보기 등급이 크다. 따라서 (나)는 성간 소광과 성간 적색화가 일어난 것이므로, 성간 물질에 의한 효과를 보정했을 때의 색등급도는 (가)이다.

㉡. 색지수가 같을 때 주계열성의 절대 등급은 거의 같다. A와 B에서 색지수가 서로 같은 주계열성의 겉보기 등급을 찾아보면 A가 B보다 크다. 따라서 절대 등급이 같은 별이 B보다 A에서 더 어둡게 관측되고 있으므로 지구로부터의 거리는 A가 B보다 멀다.

㉢. A와 B의 전향점에 위치한 별의 색지수를 (가)와 (나)에서 서로 비교해 보면, A의 경우 색지수가 약 0.6 커졌지만, B의 경우 색지수가 약 0.1 커졌다. 따라서 성간 적색화의 정도는 A가 B보다 크다.

### 11 우리은하의 회전과 21 cm 전파

케플러 회전을 하는 경우 우리은하 중심으로부터의 거리가 멀수록 회전 속도가 느려진다.

✕. 태양과 A, B, C는 우리은하 중심 주위를 원 궤도로 케플러 회전하고 있으므로, 은하 중심에 대한 회전 속도는 은하 중심으로부터의 거리가 멀수록 느리다. 따라서 B보다 바깥쪽에서 회전하고 있는 A의 회전 속도가 더 느리다.

○. A와 B는 태양보다 안쪽 궤도에서 회전하며, 태양보다 앞선 방향에 위치하고 있으므로 태양으로부터의 거리는 A, B 모두 멀어진다. 따라서 A와 B의 시선 속도는 (+) 값을 가지며 모두 적색 편이가 나타난다.

⊖. ⊖의 시선 속도는 (+) 값을 가지며, ⊖보다 시선 속도의 크기가 작다. A와 B의 시선 속도는 (+) 값을 가지며, 태양과의 회전 속도 차는 A가 B보다 작고, 시선 방향과 별의 공간 운동 방향이 이루는 각도 A가 B보다 크므로 시선 속도의 크기는 A가 B보다 작다.

### 12 적외선과 21 cm 전파를 이용한 관측

성간 티끌은 빛을 흡수만 하지 않고 적외선 형태의 전자기파를 방출하기도 한다. 21 cm 전파는 중성 수소 원자에서 방출된다.

○. 적외선은 주로 성간 티끌에서, 21 cm 전파는 중성 수소 원자에서 방출된다. 성간 티끌과 중성 수소는 주로 은하 원반의 나선 팔에 분포하므로 헤일로보다 은하 원반에서 강하게 방출된다.

○. 성간 티끌은 자신의 온도에 해당하는 전자기파를 방출하며, 대부분 적외선의 형태로 방출한다. (가)에서와 같이 우리은하를 적외선으로 관측하면 은하 원반에서 적외선 방출이 집중된 것을 볼 수 있다.

✕. 지구에서 A 방향으로 관측하면 나선팔의 중성 수소 구름에서 방출되는 21 cm 전파를 관측할 수 있다. 이때 나선팔의 중성 수소 구름은 거리에 따라 시선 속도가 달라지므로, 21 cm 전파의 세기는 시선 속도에 따라 다르게 나타난다.

### 13 연주 시차와 고유 운동

별이 약 3년 동안 천구상에서 이동한 겉보기 운동 경로는 지구의 공전에 의해 나타나는 연주 시차와 별의 공간 운동이 합쳐져서 나타난 결과이다.

✕. 별이 A에서 시작하여 대체로 그림의 오른쪽 위로 이동하는 동안 겉보기 이동 경로가 복잡하게 나타나는 것은 연주 시차와 공간 운동 때문이다. 지구의 공전 때문에 나타나는 별의 겉보기 운동은 별의 운동 방향이 바뀌지만, 공간 운동은 거의 변하지 않는다. 따라서 A-B 기간과 B-C 기간에 천구상에서 이동한 방향이 다른 것은 지구의 공전 때문이지 실제 별의 접선 속도의 방향이 바뀐 것은 아니다.

○. 약 3년 동안 지구 공전에 의한 겉보기 이동 경로의 동일한 패턴이 약 3번 반복되고 있다. 따라서 C에서 D까지 이동하는 데 걸린 시간은 약 1년이다.

✕.  $\Delta\theta$ 는 고유 운동에 해당한다. 고유 운동을  $\mu$ (""/년), 별까지의 거리를  $r$ (pc)이라고 할 때, 접선 속도 =  $4.74\mu r$ 이므로, 접선 속도가 같을 때 별까지의 거리가 가까워진다면 고유 운동에 해당하는  $\Delta\theta$ 는 커질 것이다.

### 14 별의 운동과 거리

A의 위치 변화는 별의 공간 운동 때문에 나타난다. 연주 시차를 통해 별까지의 거리를 알아낼 수 있다.

○.  $\theta$ 는 A가 4년 동안 이동한 각거리이다. A의 고유 운동이  $10.3''$ /년이므로, 4년 동안 천구상에서 이동한 각거리인  $\theta$ 는 약  $41.2''$ 이다.

✕. 별까지의 거리가 10 pc보다 가까우면 겉보기 등급이 절대 등급보다 작고, 10 pc보다 멀면 겉보기 등급이 절대 등급보다 크다. A의 연주 시차가  $0.56''$ 이므로, 거리는 약 1.8 pc이다. 따라서 A의 겉보기 등급은 절대 등급보다 작다.

○. 고유 운동을  $\mu$ (""/년), 별까지의 거리를  $r$ (pc)이라고 할 때, 접선 속도 =  $4.74\mu r$ 이다. A와 B의 시선 속도가 (-)로 같으므로 A와 B 모두 지구에 가까워지고 있으며, 시선 속도가 일정할 때 공간 속도의 크기가 클수록 접선 속도의 크기가 크다. A와 B의 시선 속도는 같으며 공간 속도는 B가 A보다 크므로 접선 속도도 B가 A보다 크다. 지구로부터 A와 B까지의 거리는 같으므로, 결국 B의 고유 운동인 ①은 A의 고유 운동인 10.3보다 크다.

### 15 별의 시선 속도와 접선 속도

시선 속도는 별이 관측자의 시선 방향으로 멀어지거나 가까워지는 속도를 말하며, 접선 속도는 관측자의 시선 방향에 수직인 방향의 속도를 말한다.

✕. ①은 은하 중심에 대해 접선 방향으로 A가 원 궤도를 회전하는 속도이므로 A의 회전 속도에 해당한다.

✕. 시선 속도는 별의 시선 방향 속도에서 태양의 시선 방향 속도를 뺀 값이다. 그림에서 B는 회전 방향과 시선 방향이 거의 수직이어서 시선 속도의 크기가 매우 작지만, C는 회전 속도가 시선 방향의 속도와 같으므로 시선 속도의 크기가 크다. 따라서 시선 속도의 크기는 B가 C보다 작다.

○. 태양이 은하 중심에 대해 회전하지 않는다면 C의 시선 속도는 C가 은하 중심에 대해 회전하는 속도와 크기가 같다. 그러나 태양도 은하 중심에 대해 회전하며 C로부터 멀어지고 있으므로 C의 시선 속도는 C가 은하 중심에 대해 회전하는 속도보다 느리다.

### 16 우리은하의 질량

은하핵을 중심으로 회전하는 별의 안쪽에 있는 물질의 총 질량이 은하 중심에 집중되어 있다고 가정하면, 별의 운동이나 케플러 제 3법칙 등을 이용하여 우리은하의 질량을 구할 수 있다.

㉠. 은하 질량이 태양에 미치는 만유인력과 별이 원운동하기 위해 필요한 구심력은 서로 같아야 한다. 따라서 ㉠은 만유인력이다.

㉡. 은하 질량이 태양에 미치는 만유인력과 구심력이 서로 같다고 가정하였으므로, 태양은 우리은하 중심을 기준으로 등속 원운동해야 한다.

㉢. 식을 정리하면 우리은하의 질량( $M$ )인 ㉡은  $\frac{rv^2}{G}$ 이다. 따라서 은하 중심으로부터 태양까지의 거리( $r$ )가 일정할 때, 태양 궤도 안쪽에 존재하는 은하의 질량( $M$ )이 클수록 태양의 회전 속도( $v$ )는 증가한다.

### 17 암흑 물질과 우리은하의 회전 속도 곡선

우리은하의 실제 회전 속도 곡선은 은하의 질량이 중심부에 집중되어 있다고 가정할 때 예측한 회전 속도 곡선에 비해 은하 외곽에서의 회전 속도가 더 빠르다.

ㄹ. (나)에서는 전자기파를 이용한 관측이 불가능한 물질(㉠)에 의해 은하 X에서 방출된 빛이 휘어지는 중력 렌즈 현상이 나타나고 있다. 따라서 암흑 물질인 ㉠의 영향이 반영된 회전 속도 곡선은 은하 외곽에서도 회전 속도가 느려지지 않는 A이다.

㉡. (나)에서는 암흑 물질의 중력으로 인해 은하 X에서 방출된 빛이 휘어져 지구에 들어오고 있으므로 지구의 관측자는 X가 여러 개의 상으로 나타나는 현상을 관찰할 수 있다.

ㄹ. 우리은하에서 빛을 내는 물질들의 광도로 추정할 질량을 이용하여 계산한 회전 속도보다 실제 회전 속도가 빠른 것은 우리은하의 질량 중 상당량이 은하 외곽에 분포하고 있다는 것을 의미하며, 이를 통해 우리은하에는 전자기파를 이용하여 관측이 불가능한 물질이 상당량 존재하고 있음을 알 수 있다.

### 18 은하들의 집단

(가)는 국부 은하군이며, 우리은하와 안드로메다은하 등이 속해 있다. (나)는 처녀자리 초은하단이며, 국부 은하군과 처녀자리 은하단을 포함하여 약 100여 개의 은하군과 은하단으로 구성되어 있다.

ㄹ. 국부 은하군에서 우리은하, 안드로메다은하, 삼각형자리은하는 규모가 큰 은하이므로, 국부 은하군의 무게 중심은 은하군 내에서 질량이 큰 우리은하와 안드로메다은하 사이에 있다.

ㄹ. 처녀자리 은하단은 국부 은하군을 포함하지 않으며, 각각 독립된 형태로 처녀자리 초은하단을 구성하고 있다.

㉡. (나)는 처녀자리 초은하단이며, 초은하단을 이루는 각 은하단들은 서로 중력적으로 묶여있지 않고 우주가 팽창함에 따라 서로 흩어지고 있다.

### 19 은하들의 집단과 특징

(가)는 처녀자리 초은하단, (나)는 처녀자리 은하단, (다)는 국부 은하군에 해당한다.

㉠. 초은하단, 은하단, 은하군 중 공간 규모는 초은하단이 가장 크며, 은하군이 가장 작다. 따라서 공간 규모는 처녀자리 초은하단인 (가)가 가장 크다.

ㄹ. 처녀자리 은하단인 (나)를 구성하는 대부분의 천체들은 서로의 중력에 의해 속박되어 있어 우주 팽창의 영향으로 서로 멀어지지 않는다.

ㄹ. 국부 은하군은 규모가 큰 3개의 나선 은하인 우리은하, 안드로메다은하, 삼각형자리은하가 전체 질량의 약 70%를 차지하고 있다. 또한 국부 은하군은 수십 개의 은하로 구성되어 있으므로, 질량이 우리은하의 질량인  $10^{12}M_{\odot}$ 보다 1000배 이상 크지 않다. 국부 은하군의 질량은 약  $10^{13}M_{\odot}$ 이다.

### 20 우주 거대 구조의 특징

A는 거대 공동, B는 거대 가락이다.

㉠. 대부분의 은하들은 거대 가락을 따라 존재하며, 거대 공동에는 은하가 거의 없다. 따라서 초은하단은 주로 거대 공동인 A보다 거대 가락인 B에 분포한다.

ㄹ. 우주 거대 구조의 형성 과정에서 밀도가 높은 곳으로 물질이 모여들면서 별과 은하를 형성하였다. 따라서 암흑 물질의 평균 밀도는 은하가 밀집되어 있는 B가 은하가 거의 없는 A보다 크다.

㉡. 우주 전체 공간에서 은하가 차지하는 부피는 일부분이고, 거대 공동이 대부분을 차지한다. 따라서 우주 전체에서 차지하는 부피는 거대 공동인 A가 거대 가락인 B보다 크다.

### 21 우주 거대 구조의 형성

초기 우주에는 물질이 약간 뭉쳐 있는 형태로 나타나며, 시간이 지날수록 밀도가 높은 지역으로 좀 더 많은 물질이 끌려 들어가 거대 구조가 뚜렷해진다.

㉠. 초기 우주의 미세한 밀도 차이가 점차 커지면서 은하를 형성하였다. 밀도가 높은 곳에서는 은하들이 계속 성장하여 은하군, 은하단, 초은하단을 이루었고, 밀도가 낮은 곳은 점점 더 비어있는 공간으로 남게 되었다. 따라서 우주 거대 구조의 형성 순서는 (다) → (가) → (나)이다.

ㄹ. 우주 초기에 밀도가 상대적으로 높았던 곳에는 물질이 모여들면서 은하와 은하들의 집단이 형성되었다. 거대 공동은 상대적으로 밀도가 낮았던 곳이다.



㉔ 암흑 물질의 중력은 전자기파로 관측 가능한 물질을 끌어당기며, 이로 인해 우주 공간의 밀도 차이가 커지면서 우주 거대 구조를 형성하였다. 따라서 암흑 물질은 우주 거대 구조 형성 과정에 영향을 미쳤다.

## 22 성단의 색등급도와 색지수

표면 온도가 높을수록 색지수( $B-V$ )가 작다.

㉑ (가)와 (다)의 색지수( $B-V$ )는 각각  $-0.08$ ,  $+0.50$ 이다. 따라서 표면 온도는 색지수가 작은 (가)가 (다)보다 높다.

㉒  $U$ ,  $B$ ,  $V$ 는 각각  $U$ ,  $B$ ,  $V$  필터를 사용하여 정한 별의 겉보기 등급이다. (나)의 색지수( $U-B$ )는  $-0.34$ 이므로  $B$  등급이  $U$  등급보다 크며, 색지수( $B-V$ )는  $-0.09$ 이므로  $V$  등급이  $B$  등급보다 크다. 따라서 (나)는  $U$  등급이  $V$  등급보다 작다.

㉓ 그림에서 전향점에 위치한 별의 색지수는 약  $-0.1$ 이며, 이 별들이 주계열을 벗어나고 있다. 따라서 이 성단의 나이는 전향점에 위치한 별이 주계열 단계에 머무는 시간과 비슷하다. (다)는 색지수가  $+0.50$ 이므로 전향점에 위치한 별보다 색지수가 훨씬 크다. 주계열성은 질량이 작을수록 색지수가 크고 주계열 단계에 머무는 시간이 길다. 따라서 이 성단의 나이는 (다)가 주계열 단계에 머무는 시간보다 짧다.

## 23 성단의 색등급도

(가)에서 성단이 진화함에 따라 색등급도의 왼쪽 위에 위치한 질량이 큰 주계열성부터 점차 주계열을 벗어나고 있다. (나)의 색등급도에서 전향점에 위치한 별의 색지수는 약  $-0.1$ 이다.

㉔ (가)에서 색지수가 작은 왼쪽 위의 주계열성들이 점차 주계열을 벗어나고 있다. 따라서 남아있는 주계열성의 평균 색지수는 ㉑이 ㉒보다 작다.

㉕ (가)에서 전향점에 위치한 별의 색지수는 ㉑이 ㉒보다 작으므로 성단의 나이는 ㉑일 때가 ㉒일 때보다 적다. 따라서 성단의 나이는 ㉑일 때가 0.5억 년, ㉒일 때가 5억 년이다. (나)에서 전향점에 위치한 별의 색지수는 약  $-0.1$ 이므로 (나)의 ㉑과 ㉒ 사이에 해당한다. 따라서 X의 나이는 5억 년보다 적다.

㉖ (가)와 (나)에서 색지수가 같은 주계열성의 절대 등급과 겉보기 등급을 서로 비교해 보면 겉보기 등급이 절대 등급보다 약 5등급 크다. 따라서 X를 구성하고 있는 주계열성들은 겉보기 등급이 절대 등급보다 크다.

## 24 우리은하의 나선팔 구조

시선 속도에 따른 21 cm 전파의 복사 세기 그래프를 통해 우리은하의 나선팔 구조를 알아낼 수 있다.

㉑ 중성 수소 구름이 케플러 회전을 하고 있으므로 은하 중심에 대한 회전 속도는 은하 중심에 가까울수록 빠르다. 따라서 ㉑ 방

향에서 관측된 중성 수소 구름의 시선 속도는 (+) 값을, ㉒ 방향에서 관측된 중성 수소 구름의 시선 속도는 (-) 값을 갖는다. A에서 21 cm 전파의 복사는 시선 속도가 (+)인 곳에서 나타나므로 ㉑ 방향에서 관측한 것이다.

㉔ C에서는 시선 속도가 0인 곳에서 21 cm 전파의 복사 세기가 강하게 나타나고 있으므로 관측 방향은 ㉑이다. ㉑ 방향으로 관측하면 중성 수소 구름의 거리에 관계없이 시선 속도는 대체로 0에 가까워 나타난다. 따라서 ㉑ 방향에는 하나의 나선팔만 존재하는 것은 아니다.

㉕ 우리은하 전체가 강체 회전을 한다면 은하 중심으로부터의 거리에 관계없이 각속도가 일정해야 하므로 어느 방향으로 관측해도 시선 속도는 0에 가까워야 한다. 따라서 A, B, C 중 C와 가장 비슷하게 나타날 것이다.

### [인용 사진 출처]

33p\_37p\_조립질 조직: © agefotostock / Alamy Stock Photo

33p\_37p\_세립질 조직: © 2010 J.M.DEROCHETTE

33p\_37p\_반상 조직: © 2010 J.M.DEROCHETTE

34p\_37p\_쇄설성 조직(사암): © ALFRED PASEKA / SCIENCE PHOTO LIBRARY

34p\_37p\_비쇄설성 조직(화석이 포함된 석회암): © agefotostock / Alamy Stock Photo

35p\_엽리: © Malcolm Park sciences / Alamy Stock Photo

35p\_혼펠스 조직: © BTEU/Gerfotolek / Alamy Stock Photo

35p\_입상 변정질 조직: © ALEX STREKEISEN

43p\_고령토: © 한국학중앙연구원. 김형수

44p\_운모로 만든 절연체: (주)스웨코

46p\_시화호 조력 발전소: © 경기관광포털사이트(ggltour.or.kr)

46p\_울돌목 조류 발전소: © 한국해양과학기술원(KOIST)

47p\_해양 생물 자원(바다 목장): © 해양수산부

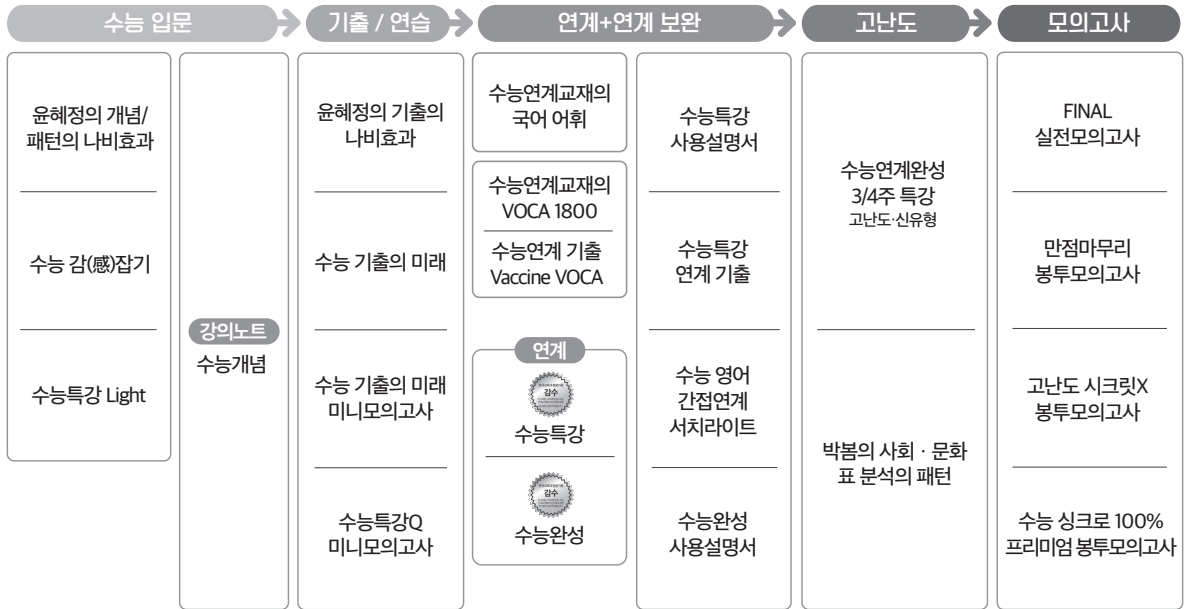
69p\_점판암: © Dorling Kindersley Ltd / Alamy Stock Photo

75p\_스트로마톨라이트: © 문화재청

75p\_공룡 발자국: © 문화재청



# 고2~N수 수능 집중 로드맵



구분	시리즈명	특징	수준	영역
수능 입문	윤희정의 개념/패턴의 나비효과	윤희정 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	EBSi 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	●	전 영역
	윤희정의 기출의 나비효과	윤희정 선생님과 함께하는 까다로운 국어 기출 완전 정복	●	국어
	수능 기출의 미래	올해 수능에 꼭 필요한 문제만 선별한 기출문제집	●	전 영역
연계 + 연계 보완	수능 기출의 미래 미니모의고사	부담없는 실전 훈련, 고품질 기출 미니모의고사	●	국/수/영
	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분으로 연습하는 고품격 미니모의고사	●	전 영역
	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 분석한 종합 개념서	●	전 영역
고난도	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
모의고사	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