

개념을 쌓아가는 기본서

고등 **셀파**



정답과 해설



I

지권의 변동

01 | 대륙 이동과 판 구조론



탐구 대표 문제

p. 10

01 ①

- 01 나. 이 지역에서 주어진 그래프를 가로축에 대하여 대칭 이동시키면 해령에 해당하는 지형이 존재함을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 대륙붕은 대륙과 인접한 바다에서 수심이 200 m 이내인 지역이다. 이 자료에서는 기준점과 기준점으로부터 가장 먼 지점에서 초음파의 왕복 시간이 4초 이상이므로 양쪽으로 수심이 3000 m 이상인 지형이 존재한다. 이 지역은 대륙과 인접한 대륙붕으로 보기 어렵다.

ㄴ. 기준점으로부터의 거리가 10 km인 지점은 초음파의 왕복 시간이 가장 짧으므로 수심이 가장 얇은 곳이다.



기초 탄탄 문제

p. 13

01 ③ 02 ① 03 ① 04 ② 05 ④ 06 ④

- 01 베게너의 대륙 이동설이 발표된 후 대륙 이동의 원동력을 설명하기 위해 맨틀 대류설이 제안되었다. 그 후 맨틀 대류에 의해 해저가 확장된다는 해저 확장설이 발표되었고, 이러한 학설들은 판 구조론이 출현할 수 있는 토대가 되었다.

- 02 ① 맨틀 내에서 열대류가 일어나 대륙이 이동한다는 주장은 맨틀 대류설의 내용이다.

오답 피하기

대륙 이동설에 의하면 고생대 말~중생대 초에는 여러 대륙들이 한 덩어리로 모여 판게아를 이루었고, 이후 대륙이 분리되고 이동하였다.

대륙 이동설의 증거는 다음과 같다.

해안선 모양의 유사성	아프리카 대륙 서해안과 남아메리카 대륙 동해안의 해안선 모양이 유사하다.
지질 구조의 연속성	멀리 떨어져 있는 두 대륙의 지질 구조가 연속적으로 나타난다.
같은 종의 고생물 화석 분포	멀리 떨어진 대륙에서 같은 종류의 화석이 발견된다.
빙하 흔적 분포의 연속성	고생대 후기에 쌓인 빙퇴석이나 빙하 흔적을 이어보면 남극과 연결된다.

- 03 ① 습곡 산맥은 판과 판이 충돌하는 조산 운동이 일어날 때 만들어졌다. 습곡 산맥의 형성은 판의 이동과 관계있으나 해저 확장의 직접적인 증거는 아니다.

오답 피하기

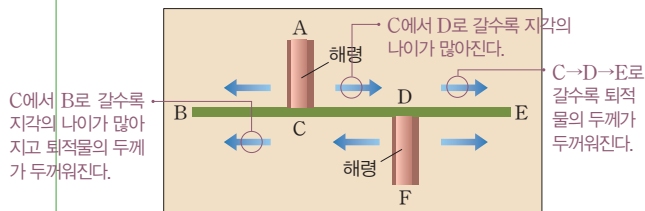
해저 확장설의 증거로는 해양 지각의 나이, 해저에 대칭적으로 나타나는 지자기 역전의 줄무늬, 변환 단층 등이 있다.

- 04 ② D-F 구간은 판이 생성되는 곳이다. 해령에서는 새로운 판이 생성된다.

오답 피하기

A-C 구간과 D-F 구간은 판과 판이 서로 멀어지고 있는 것으로 보아 발산형 경계인 해령이다. 변환 단층에 해당하는 곳은 C-D 구간이다. D-E 구간은 판의 경계가 아니므로 지진이 활발하게 일어나지 않는다.

문제 속 자료 해령 부근에서 판의 운동



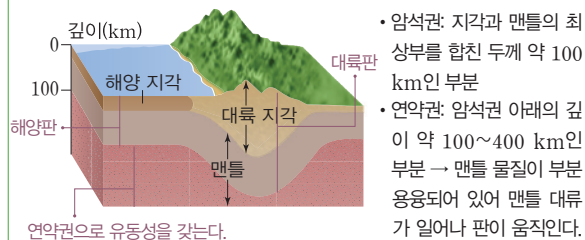
- 05 문제의 그림에서 B는 지각(해양 지각), D는 지각과 상부 맨틀의 일부를 포함하는 암석권, E는 암석권 아래에 분포하는 연약권이다.

- 06 ④ 대륙 지각을 포함하는 판을 대륙판, 해양 지각을 포함하는 판을 해양판이라고 하며, 대륙판은 해양판보다 두께가 두껍고 밀도는 작다.

오답 피하기

- ① 지구의 밀도는 지구 중심 쪽으로 갈수록 점점 증가한다. 암석권(판)보다 연약권의 밀도가 더 크다.
- ②, ⑤ 판의 두께는 100 km 정도로, 지각과 상부 맨틀의 일부를 포함한 부분이다.
- ③ 맨틀 대류가 일어나는 부분은 약간의 유동성을 갖는 연약권이다. 단단한 판은 맨틀 대류를 따라 이동한다.

문제 속 자료 판의 구조



내신 만점 문제

p. 14 ~ 17

- 01 ③ 02 ② 03 ② 04 ① 05 ④ 06 ②
07 ④ 08 ② 09 ③ 10 ④ 11 ⑤ 12 ③
13 ① 14 ④ 15~18 해설 참조



01 ㄱ. (가)는 맨틀 대류설, (나)는 해저 확장설, (다)는 대륙 이동설이므로 (다) → (가) → (나) 순으로 등장하였다.

ㄴ. (나)에 의하면 해령에서 생성된 해양 지각이 맨틀 대류를 따라 이동한 뒤 해구에서 침강하여 맨틀로 들어가므로, 해령에서 해구로 갈수록 해양 지각의 나이가 많아진다.

오답 피하기

ㄷ. 베게너는 대륙이 이동하였다는 여러 가지 증거를 제시하였으나 대륙 이동의 원동력을 명확하게 설명하지 못하였다.

02 ㄴ. 서로 붙어 있던 대륙이 이동한 것은 맨틀의 대류 때문이다.

오답 피하기

ㄱ. 맨틀 위에 대륙이 떠 있으므로 대륙의 밀도가 맨틀보다 작다.
ㄷ. 맨틀이 대류하기 때문에 A와 B 사이의 거리는 점점 멀어질 것이다.

03 ㄷ. 고생대 말의 빙하 퇴적층이 남아메리카, 아프리카, 오스트레일리아, 인도 등 여러 대륙에서 발견된다는 사실은 대륙 이동설의 증거가 된다. 고생대 말에 서식했던 육상 파충류인 메소사우루스 화석이 대서양을 사이에 두고 남아메리카와 아프리카 대륙에서 발견된다는 사실은 대륙 이동설의 증거가 된다.

오답 피하기

ㄱ. 고생대 말에 적도 지방의 기온이 0℃ 이하였다고 보기 힘들다. 고생대 말에 고위도 지방에서 생성된 빙하 퇴적층이 대륙 이동으로 현재 적도 지방에서도 발견된다고 보는 것이 타당하다.

ㄴ. 메소사우루스는 고생대 말 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙이 하나의 대륙인 판게아로 모여 있을 당시에 육상에 서식하였다. 그 후 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙이 분리되어 이동함에 따라 대서양을 사이에 둔 두 대륙에서 화석이 발견되는 것이다.

04 ㄱ은 대륙 이동설의 해결 방안이고, ㄴ은 해저 확장설의 해결 방안이다.

ㄱ. 판 구조론에 의하면, 연약권에서 맨틀의 대류가 일어나 그 위에 있는 암석권이 이동함으로써 대륙이 이동하게 된다.

ㄴ. 해령에서 새로운 해양 지각이 생성되는 만큼 해구에서 오래된 해양 지각이 소멸되기 때문에 해저가 무한히 확장되지는 않는다.

05 ㄴ. A의 가장 깊은 곳은 초음파의 왕복 시간이 약 10초이다. 수심($d = \frac{1}{2}v \cdot t$)은 초음파의 왕복 시간을 2로 나눈 값에 초음파의 속력을 곱해서 구할 수 있으므로 약 7500 m이다.

ㄷ. B는 V자형의 열곡이 발달해 있는 해령으로, 해령에서는 맨틀 대류가 상승하면서 새로운 해양 지각이 생성된다.

오답 피하기

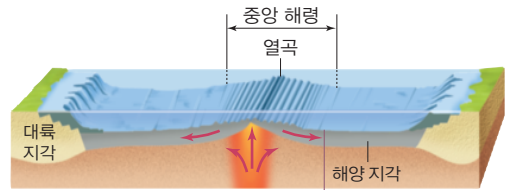
ㄱ. A는 해구로 판의 수렴형 경계에 해당한다.

06 ㄷ. 해저 확장설은 해령에서 새로운 해양 지각이 형성되어 양쪽으로 이동하면서 확장되고, 해구에서 판이 섭입되어 소멸한다고 설명한다.

오답 피하기

ㄱ, ㄴ. 해령은 맨틀 대류가 상승하는 곳이다. 해령에서 멀어질수록 암석의 연령은 많아지고, 해저 퇴적물의 두께는 두꺼워진다.

문제 속 자료 해저 확장설



해령 아래에서 고온의 맨틀 물질이 상승하여 새로운 해양 지각이 생성된다. 맨틀 대류를 따라 해령을 중심으로 양쪽으로 멀어지면서 해양저가 확장된다.

해저 확장설의 증거는 다음과 같다.

고지자기 줄무늬의 대칭성	고지자기 줄무늬가 해령을 축으로 양쪽으로 대칭을 이룬다.
해양 지각의 나이와 퇴적물의 두께 증가	<ul style="list-style-type: none"> • 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 나이가 많아진다. • 해령에서 멀어질수록 퇴적물의 두께가 두꺼워진다.
열곡과 변환 단층의 발견	<ul style="list-style-type: none"> • 해저 확장으로 열곡이 생성된다. • 해저 확장 속도가 차이 나므로 변환 단층이 발달한다.
섭입대에서 지진의 진원 깊이 증가	대륙 쪽으로 갈수록 진원의 깊이가 점차 깊어진다.

07 ㄱ. A는 해령이므로 열곡 아래에서 마그마가 상승하여 해양 지각이 만들어진다.

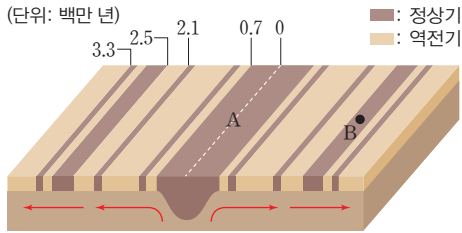
ㄴ. 해령을 축으로 고지자기 줄무늬가 대칭적이므로 B 지점의 암석 연령은 250만 년보다 오래되었다.

ㄷ. 고지자기 줄무늬가 대칭적으로 분포하는 것은 해저가 해령을 축으로 확장되었기 때문이다.

오답 피하기

ㄷ. 230만 년 전에는 역전기이므로 지구 자기장의 방향이 현재와 반대였다.

문제 속 자료 고지자기 줄무늬의 대칭적 분포



- 해령에서 해양 지각이 생성될 때 광물이 당시 지구 자기장의 방향으로 배열된다.
- 지구 자기장 방향이 현재와 같은 시기에는 정상기(정자기) 줄무늬가 생긴다.
- 해양 지각이 양쪽으로 이동하고 지구 자기장 방향이 현재와 반대인 시기에는 해령 부근에서 역전기(역자기) 줄무늬가 생긴다.
- 이 과정이 반복되면 고지자기 줄무늬가 해령을 축으로 양쪽으로 대칭을 이룬다.

- 08 나. 해양 지각은 해령에서 생성되어 양쪽으로 확장되므로 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 연령은 많아진다.

오답 피하기

- ㄱ. 지구 자기장은 정상기와 역전기를 반복하지만 그 변화는 일정한 시간 간격으로 일어나지는 않았다.
- ㄷ. 해양 지각의 이동 속도는 그래프의 기울기 ($= \frac{\text{해령으로부터의 거리}}{\text{해양 지각의 나이}}$)로부터 구할 수 있다. 문제의 그래프에서 네 지역 중 동태평양의 기울기가 가장 크다. 따라서 해저가 확장하는 속도는 동태평양에서 가장 빠르다.

- 09 다. B 부근에서 해양 지각의 연령이 가장 적고 퇴적물의 두께가 가장 얇다. B를 기준으로 양쪽이 대칭성을 보이므로 B 부근에 맨틀 대류가 상승하는 해령이 있다.

오답 피하기

- ㄱ. 일반적으로 해령에서 멀어질수록 해저의 수심이 깊어지는 경향이 있으므로 A에서 B로 갈수록 해저의 수심은 얕아진다.
- 나. 해양 지각은 B를 기준으로 A와 C의 양쪽으로 이동한다.

- 10 나. 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 나이가 많아지고 해저 퇴적물의 두께가 두꺼워진다.

- ㄷ. 중앙 해령 부근의 해양 지각의 암석 나이가 가장 적으므로, 해령은 판이 양쪽으로 이동하여 생긴 지형임을 알 수 있다.

오답 피하기

- ㄱ. 해령은 해양 지각이 생성되는 판의 경계이다.

- 11 ㄱ. B는 해령으로 맨틀 대류가 상승하는 곳이다. 이곳에서는 새로운 해양 지각이 생성된다.

- 나. B에서 생성된 판은 A쪽으로 이동한다. B에서 A쪽으로 갈수록 지각의 연령이 많아진다.

- ㄷ. 해령에서 멀어질수록 해저 퇴적물의 두께는 두꺼워진다. 판은 B에서 A 방향으로 이동하므로 해저 퇴적물의 두께는 B보다 A에서 더 두꺼울 것이다.

- 12 문제의 그림에서 파란색 화살표가 이동하는 쪽으로 판의 섭입이 일어난다.

- 나. C판이 B판 아래로 섭입해 들어가므로, 밀도는 C판이 B판보다 클 것이다.

- ㄷ. C판이 A판과 B판 쪽으로 섭입해 들어가고 있다.

오답 피하기

- ㄱ. A판과 B판의 경계는 수렴형 경계이다.

- ㄴ. 일본에서 동해 쪽으로 올수록 진원의 깊이가 깊어진다.

- 13 ㄱ. 판 구조론에 따르면 맨틀 대류가 상승하는 해령에서 새로운 해양 지각이 만들어진 후 양쪽으로 확장되어 해구에서 소멸된다.

오답 피하기

- 나. C에서 생성된 판은 B쪽으로 이동한다.

- ㄷ. A, C는 발산형 경계이고, B는 수렴형 경계이다.

- 14 나. 태평양판과 유라시아판의 경계 지역에서는 판이 수렴(섭입)하므로 해구가 형성된다.

- ㄴ. 대서양은 해령을 중심으로 해저가 확장되고 있다. 앞으로 대서양은 점차 넓어질 것이다.

오답 피하기

- ㄱ. 지구의 표면은 10여 개의 크고 작은 판으로 이루어져 있다.

- ㄷ. 판의 이동 방향과 속력은 판마다 서로 다르다.

문제 속 자료 전 세계 판의 분포와 이동

- 판의 경계에서는 판과 판이 서로 충돌하거나, 멀어지거나, 스쳐 지나간다.



- 판 경계: 변동대와 대체로 일치한다. 태평양 주변에는 해구가 발달하고 지각 변동이 활발하지만, 대서양 주변에는 판의 경계가 발달하지 않으므로 지각 변동이 거의 발생하지 않는다.
- 판의 이동 속도: 판에 따라 다르지만 약 1~10 cm/년의 속도로 이동한다.

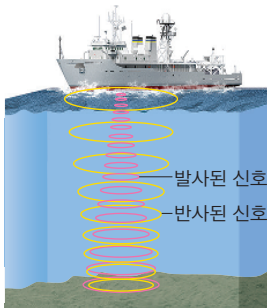
- 15 베제너는 대서양 양쪽에 있는 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙의 해안선 모양의 유사성뿐만 아니라 빙하의 흔적, 지질 구조의 연속성, 화석 분포 등 대륙 이동을 뒷받침하는 여러 가지

증거들을 제시하였다.

[모범 답안] 대륙을 이동시키는 원동력을 설명하지 못하였기 때문이다.

채점 기준	배점
모범 답안과 같이 옮겨 서술한 경우	100%
'대륙 이동의 원동력'이란 용어만 들어간 경우	50%

- 16 음파가 해저면에서 반사되어 되돌아오기까지 걸리는 시간을 t , 음파의 속도를 v 라고 하면, 수심 $d = \frac{1}{2}v \cdot t$ 이다.



[모범 답안] 수심 $= \frac{1}{2} \times \text{초음파의 속도} \times \text{왕복 시간}$
 $= \frac{1}{2} \times 1500(\text{m/s}) \times 8(\text{s}) = 6000(\text{m})$ 이다.

채점 기준	배점
계산 과정을 밝혀 수심을 옮겨 계산한 경우	100%
계산 과정은 맞았으나 답이 틀린 경우	30%

- 17 지난 400만 년 동안 해양 지각은 해령으로부터 양쪽으로 각각 40 km를 이동하였다.

[모범 답안] 판의 평균 이동 속력 $= \frac{40 \times 10^3 \times 10^2(\text{cm})}{4 \times 10^6(\text{년})}$
 $= 1 \text{ cm/년}$ 이다.

채점 기준	배점
계산 과정을 밝혀 판의 평균 이동 속력을 옮겨 계산한 경우	100%
계산 과정을 옮겨 밝혔으나 계산 결과가 틀린 경우	30%

- 18 고지자기 분포는 해령에서 분출한 현무암질 용암이 냉각될 때 당시 지구 자기장 방향으로 자화된 후 양쪽으로 이동한 것이다.

[모범 답안] (1) 해령을 중심으로 고지자기 분포는 대칭적으로 나타난다.

(2) 정자극기와 역자극기는 각각 2회씩 있었다.

채점 기준	배점
(1) 모범 답안과 같이 옮겨 서술한 경우	50%
대칭적으로 분포한다는 서술이 빠진 경우	0%
(2) 모범 답안과 같이 옮겨 서술한 경우	50%
정자극기와 역자극기 중 한 가지만 옮겨 서술한 경우	25%

02 | 대륙의 분포와 변화



탐구 대표 문제

p. 20

01 ②

- 01 인도 대륙은 7100만 년 동안 30°S에서 20°N까지 위도 50°를 이동하였다. 인도 대륙의 평균 이동 속도 $= \frac{50 \times 1.1 \times 10^7(\text{cm})}{7.1 \times 10^7(\text{년})}$
 $\approx 7.7 \text{ cm/년}$ 이다.



기초 단단 문제

p. 21

01 ②

02 ③

03 ④

04 ⑤

05 ②

- 01 ② 자침이 수평면과 이루는 각은 북각이다.

오답 피하기

- ① 나침반의 N극은 북쪽을 향하고, S극은 남쪽을 향한다.
 ③ 고지자기의 북각과 편각을 측정하면 생성 당시 암석이 자북극에서 얼마나 떨어져 있었고 지리상 북극으로부터 어느 방향을 향하고 있었는지 알 수 있다. 그 결과 과거의 대륙 분포를 알 수 있다.
 ④ 저위도로 갈수록 북각의 크기가 대체로 작다.
 ⑤ 북각은 자북극에서 +90°, 자기 적도에서 0°, 자남극에서 -90°이다. 고지자기의 북각이 +90°이면 암석의 생성 당시 위치는 자북극이었다.

- 02 ③ 자북극에서는 자침의 N극이 수평면에 대해 수직 방향으로 아래로 향하므로, 자북극은 자석의 S극에 해당된다.

오답 피하기

- ① 편각은 자북과 진북 사이의 각으로 자기 적도와는 관계가 없다.
 ② 지리상 북극과 지자기 북극의 위치는 다르다.
 ④ 북각은 나침반의 자침이 수평면과 이루는 각이다.
 ⑤ 북각이 가장 큰 곳은 자북극과 자남극이다. 자기 적도에서는 북각이 0°이다.

- 03 ④ 자북극의 이동 경로를 분석하면 대륙이 이동하였음을 알 수 있다. 이러한 연구 결과는 대륙 이동설이 부활하는 계기가 되었다.

오답 피하기

- ① 자북극은 원래 1개였다.
 ② 자북극의 이동 경로는 대륙의 이동 경로에 따라 다르게 나타난다.

- ③ 자북극의 이동은 대륙이 이동하였기 때문에 나타난 결과이다.
 ⑤ 자북극의 이동 경로는 대륙이 이동한다는 증거가 될 수 있다.

04 ⑤ 지질 시대 동안 로디니아, 판게아 등 초대륙은 여러 번 있었다.

오답 피하기

고생대 말에 하나의 초대륙인 판게아가 형성된 이후에 대륙이 분리되기 시작하였다.

05 (가) 로디니아라는 초대륙이 형성된 것은 약 12억 년 전이고, (다) 판게아가 형성되면서 애팔래치아산맥이 형성된 것은 고생대 말이다. (라) 곤드와나 대륙과 로라시아 대륙이 분리되면서 대서양이 확장된 것은 중생대 중기~후기이고, (나) 인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌하여 히말라야산맥이 형성된 것은 신생대 초기~중기이다. 대륙 분포의 변화를 시간 순서대로 나열하면 (가) → (다) → (라) → (나)이다.

문제 속 자료 지질 시대 대륙 분포의 변화



▲ 12억 년 전
초대륙인 로디니아가 형성되었고, 약 8억 년 전부터 분리되기 시작



▲ 2억 4천만 년 전
고생대 말 초대륙인 판게아가 형성되면서 애팔래치아산맥 형성



▲ 1억 5천만 년 전
중생대 초 판게아가 분리되고, 중기 이후 대서양이 확장



▲ 현재
신생대에 인도 대륙과 유라시아판이 부딪혀 히말라야산맥 형성

내신 만점 문제

p. 22 ~ 23

01 ② 02 ⑤ 03 ④ 04 ③ 05 ④ 06 ④

07~09 해설 참조



01 나. 북각은 자침이 수평면과 이루는 각으로 C에서 가장 크다.

오답 피하기

- ㄱ. 편각은 자북과 진북 사이의 각이므로 C에서 가장 크다.
 ㄷ. 북각은 자북극(+90°)과 자남극(-90°)에서 가장 크다.

06 정답과 해설

문제 속 자료 지구 자기장



- 편각: 진북과 자북이 이루는 각이다. A → C로 갈수록 편각이 커진다.
- 북각: 자침이 수평면과 이루는 각이다. A → C로 갈수록 북각이 커진다.

02 ㄱ, ㄷ. 북각은 나침반의 자침이 수평면과 이루는 각으로 자극에서 최대이고, 자기 적도에서는 0°가 된다. (가) 지점의 북각은 0°(자기 적도), (나) 지점의 북각은 +45°, (다) 지점의 북각은 +90°(자북극)이다.

나. 우리나라는 자북극과 자기 적도의 중간이기 때문에 북각이 0°~90° 사이에 있다.

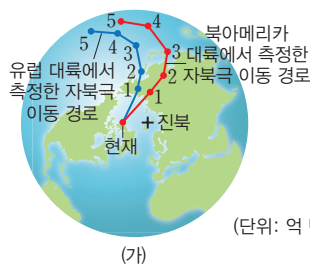
03 나. 문제의 그림 (나)를 보면 자북극의 위치는 지질 시대에 따라 변하였다.

ㄷ. 두 대륙에서 자북극의 이동 경로가 다르게 나타나는 것은 자극이 이동하는 동안 두 대륙의 이동 방향이나 속도가 각각 달랐기 때문이다.

오답 피하기

ㄱ. 같은 지질 시대에 2개의 자극이 있을 수 없다. 과거에는 자북극이 두 곳으로 분리되어 있었다가 현재에는 하나로 합쳐진 것이 아니라 하나의 대륙으로 붙어 있었던 북아메리카와 유럽이 갈라져 서로 다른 방향으로 이동하였기 때문이다.

문제 속 자료 지질 시대 동안 자북극의 이동 경로로 대륙 분포 추정



(단위: 억 년 전)



- 현재 유럽 대륙과 북아메리카 대륙의 암석에서 측정한 자북극의 이동 경로가 두 갈래로 나타난다. → 대륙이 이동했기 때문이다.
- 과거의 대륙 분포 추정: 자북극의 이동 경로를 일치시켜 보면 대륙이 모여 있는 모습이 되므로 과거에 대륙이 붙어 있었음을 알 수 있다.

04 ㄱ. 약 2억 5천만 년 전에는 대륙들이 하나로 모여 초대륙인 판게아를 이루고 있었다. 당시 아프리카 대륙은 남극 대륙 주변에 있었으며, 대서양은 존재하지 않았다.

ㄷ. 약 2억 5천만 년 전에는 아프리카 대륙이 남극 대륙과 연결

되어 곤드와나 대륙을 형성하였으므로 현재 아프리카 대륙의 남부에서는 약 2억 5천만 년 전 빙하의 흔적이 발견될 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. 약 2억 5천만 년 전보다 현재 북반구에 위치한 대륙의 면적이 더 넓으므로 북반구 해양의 면적은 약 2억 5천만 년 전이 현재보다 넓었다.

05 문제의 그림은 고생대 말에 존재했던 판게아이다.

ㄴ. 북아메리카 동부 지역에 발달한 애팔래치아산맥은 판게아가 형성될 때 대륙 충돌에 의해 형성된 습곡 산맥이다.

ㄷ. A 대륙(남아메리카 대륙)과 B 대륙(아프리카 대륙)은 과거 곤드와나 대륙에 속하고, C 대륙은 과거 로라시아 대륙에 속한다.

오답 피하기

ㄱ. 약 12억 년 전에 존재했던 로디니아 초대륙이 이후 분리되어 이동하다가 다시 모여 고생대 말(약 2억 4천만 년 전)에 판게아를 형성하였다.

06 ㄴ. 판게아가 분리되면서 로라시아와 곤드와나 사이의 대서양이 먼저 벌어지고, 남아메리카와 아프리카 대륙 사이의 대서양이 벌어진 후, 남극 대륙에서 인도, 오스트레일리아 등의 대륙이 떨어져 나와 현재와 같은 대륙 분포를 이루었다. 시대 순으로 나열하면 (다) → (가) → (나)이다.

ㄷ. 판게아가 갈라진 이후 대서양이 형성되기 시작하였다. 이후, 대서양 중앙에 발산형 경계가 형성되어 대서양의 크기가 확장되었다.

오답 피하기

ㄱ. 판게아가 형성된 시기는 대륙이 모두 모여 있는 (다)이다.

문제 속 자료 지질 시대 대륙 분포의 변화



- 약 12억 년 전 로디니아라는 초대륙이 존재했으며, 이후 대륙이 분리되어 이동하다가 다시 모여 고생대 말(약 2억 4천만 년 전)에 판게아를 형성하였다. ⇨ 그림 (다)
- 약 2억 년 전(중생대 초)에 판게아가 분리되기 시작하였다.
- 로라시아 대륙이 유라시아 대륙과 북아메리카 대륙으로 분리되었다. → 로라시아 대륙이 곤드와나 대륙에서 거의 분리되었다. → 곤드와나 대륙에서 아프리카 대륙과 남아메리카 대륙이 분리되었다. ⇨ 그림 (가)
- 중생대 말기~신생대 초기에 남극 대륙, 인도 대륙, 오스트레일리아 대륙이 분리되었다.
- 신생대 초기~중기에 인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌하여 티베트고원과 히말라야산맥이 형성되었다. ⇨ 그림 (나)

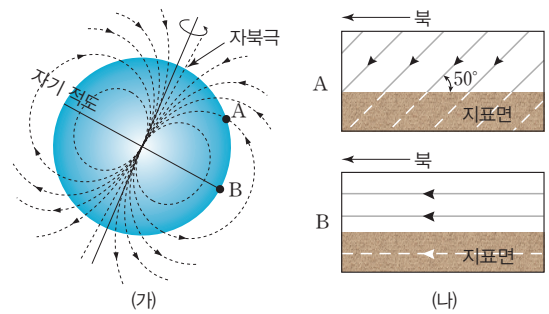
07 북각은 지구 자기력선의 방향이 수평면과 이루는 각도이다. 북반구에서는 자기력선이 지표면 아래로 향하기 때문에 북각이

(+)의 값을 가지고, 남반구에서는 자기력선이 지표면 위로 향하여 (-)의 값을 가진다. 북각은 자북극에서 $+90^\circ$ 이고 자기 적도에서 0° 이므로, 자북극으로부터의 거리를 나타내는 지표가 된다.

[모범 답안] A: $+50^\circ$, B: 0°

채점 기준	배점
A와 B의 북각을 옳게 쓴 경우	100%
A와 B 중 한 지역의 북각만 옳게 쓴 경우	50%

문제 속 자료 지구 자기장과 위도에 따른 북각



- 북각은 자기 적도에서 0° , 자북극에서 $+90^\circ$, 자남극에서 -90° 이다. 자기 적도에서 자북극(자남극)으로 갈수록 북각의 크기가 커진다.
- 암석에 기록된 고지자기의 북각으로 생성 당시의 위치, 자극의 위치를 추정할 수 있다.

08 인도 대륙은 이 기간 동안 남반구에 있다가 자기 적도를 통과하여 현재는 북반구에 있다. 북각은 자기 적도에서 자북극이나 자남극으로 갈수록 커진다.

서술형 Tip 어느 대륙이 남북 방향으로 이동하였다면 그 대륙에서 만들어진 암석은 생성 시기에 따라 북각의 크기가 다르다. 따라서 암석의 나이와 북각을 측정하면 암석이 생성될 당시의 위도를 알 수 있으므로 시간에 따른 대륙의 이동 경로를 복원할 수 있다. 따라서 과거 인도 대륙의 위도는 암석의 나이와 북각 자료를 이용해 복원할 수 있다.

[모범 답안] 북각은 남반구에서 자기 적도까지 감소하다가 북반구에서 북상할 때에는 다시 증가하였다.

채점 기준	배점
북각의 크기 변화를 옳게 서술한 경우	100%
그 외의 경우	0%

09 지질 시대에 대륙들은 모여서 초대륙을 형성하고 다시 분리되었다가 모이는 과정을 되풀이하였다.

[모범 답안] ㉠ 발바라 → 로디니아, ㉡ 칼레도니아산맥 → 애팔래치아산맥

채점 기준	배점
㉠~㉢ 중 잘못된 부분을 찾고 옳게 고친 경우	100%
㉠~㉢ 중 한 가지만 옳게 고친 경우	50%

03 | 맨틀 대류와 플룸 구조론

기초 탄탄 문제

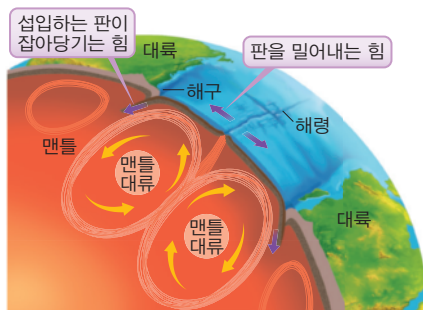
p. 28

01 ② 02 ③ 03 ① 4 ③ 05 ①

01 ② 연약권은 맨틀 물질이 부분 용융되어 유동성이 있으므로 고체 상태이지만 대류가 느리게 일어날 수 있다.

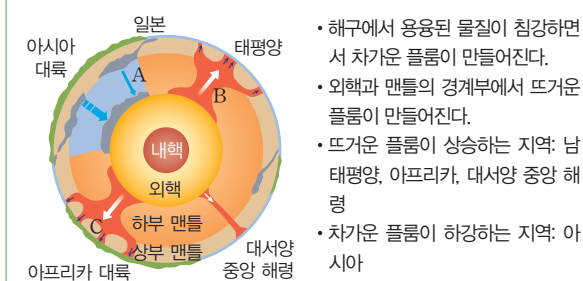
오답 피하기

맨틀 대류의 상승부에서는 해령이 생성되고, 하강부에서는 해구가 생성되고 섭입대가 발달한다. 섭입대에서는 해양판이 중력을 받아 침강하면서 기존의 판을 잡아당기는 힘이 작용한다. 판을 이동시키는 힘에는 맨틀 대류가 끄는 힘 외에도 해구에서 섭입하는 판이 잡아당기는 힘, 해령에서 밀어내는 힘 등이 있다. 플룸 구조 운동으로도 판이 이동한다.



02 현재 아시아 지역에서는 차가운 플룸이 하강하고, 남태평양과 아프리카에서는 뜨거운 플룸이 상승한다.

문제 속 자료 플룸 운동



03 ① 플룸 구조론에서 맨틀 대류는 맨틀 전체에서 일어난다.

오답 피하기

판의 내부에서 일어나는 화산 활동은 플룸 구조론으로 설명할 수 있다. 플룸이 상승하는 곳에는 열점이 만들어진다. 판이 이동해도 열점의 위치는 변하지 않는다. 지진파가 상승 플룸을 통과할 때는 속도가 느려진다.

04 ③ 하와이 열도는 판의 경계가 아닌 열점에서 생성된 화산섬들로 이루어져 있다. 발산형 경계, 수렴형 경계, 보존형 경계 등

은 판의 경계에 해당한다.

오답 피하기

하와이섬은 열점에서 생성된 화산섬이다. 카우아이섬은 열점에서 생성된 후 약 5백만 년 동안 북서쪽으로 이동했다.

05 • 철수: 상부 맨틀의 연약권에서는 맨틀 내 방사성 물질의 붕괴에서 나오는 열과 상하부 깊이로 따른 온도 차이로 인해 대류가 일어난다.

오답 피하기

- 영희: 하와이섬을 형성한 마그마 물질은 연약권이 아닌 맨틀과 핵의 경계인 지하 약 2900 km에서 올라온다.
- 민수: 현재 아시아 지역에서는 거대한 차가운 플룸이 형성되어 하강하고 있다.

내신 만점 문제

p. 29 ~ 31

01 ④ 02 ⑤ 03 ② 04 ⑤ 05 ④ 06 ③
07 ② 08 ② 09 ⑤ 10 ③ 11~13 해설 참조

01 ㄴ. 물이 상승하는 A의 온도가 하강하는 B의 온도보다 높다.
ㄷ. A에서 대류하는 물은 상승하여 좌우로 퍼져 나가고, B에서는 대류하는 물이 모여서 하강하고 있으므로 A는 발산형 경계, B는 수렴형 경계에 해당한다.

오답 피하기

ㄱ. 물질은 온도가 높아지면 부피가 커지기 때문에 밀도가 작아진다.

02 ㄱ. A는 해구에서 무거워진 해양판이 중력을 받아 침강하여 섭입되면서 판을 잡아당기는 힘이다.
ㄴ. B는 맨틀 대류가 판을 이동해 가는 힘(맨틀 대류를 따라 판이 끌려가는 힘)이다.
ㄷ. C는 해령에서 고온, 저밀도의 물질이 상승하면서 새로운 판을 생성하고 그 과정에서 판을 양쪽으로 밀어내는 힘이다.

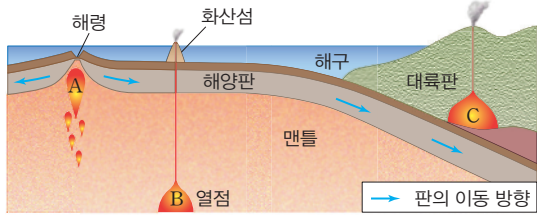
03 ㄴ. B는 열점으로 지구 내부에 고정되어 있다.

ㄷ. 맨틀 대류의 상승부는 발산형 경계, 맨틀 대류의 하강부는 수렴형 경계와 대체로 일치한다.

오답 피하기

ㄱ. A는 해령 아래의 마그마로, 해령에서는 새로운 판이 생성된다.
ㄷ. C는 대륙 지각의 내부에 해당한다. C에서는 새로운 판이 생성되지 않는다.

문제 속 자료 판의 이동과 맨틀 대류



- 맨틀에서 뜨거운 물질은 가벼워져 상승하고, 차가워진 물질은 무거워져 하강한다.
 - 맨틀 대류가 상승하는 곳: 대륙이 갈라져 이동하면서 해령이 형성된다.
 - 맨틀 대류가 하강하는 곳: 해양판이 맨틀 속으로 들어가 소멸되는 해구가 형성된다.
- 맨틀 대류를 따라 연약권 위에 놓인 판이 이동한다.

04 가. A에서는 차가운 플룸이 하강하고, B에서는 뜨거운 플룸이 상승한다.

- 나. 차가운 플룸은 수렴형 경계에서 섭입된 판의 물질이 상부 맨틀과 하부 맨틀의 경계 부근에 쌓여 있다가 가라앉아 생성된다.
- 다. 차가운 플룸이 맨틀과 외핵의 경계에 도달하면 그 영향으로 일부 맨틀 물질이 상승하여 뜨거운 플룸이 된다.

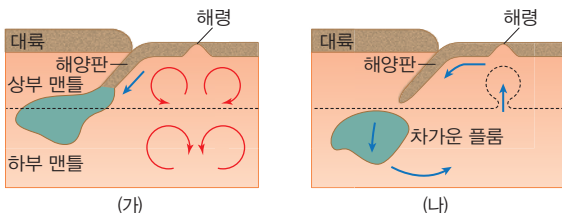
05 나. 차가운 플룸 지역은 주변보다 밀도가 크기 때문에 지진파의 속도가 주변보다 빠르다.

- 다. 차가운 플룸이 맨틀과 핵의 경계까지 하강하면 온도 교란과 물질을 밀어 올리는 작용이 일어나 뜨거운 플룸이 생성된다.

오답 피하기

가. 수렴형 경계에서 판이 섭입하면서 차가운 플룸이 생성된다.

문제 속 자료 차가운 플룸과 뜨거운 플룸



- 수렴형 경계에서 섭입된 판의 물질이 상부 맨틀과 하부 맨틀 경계부에 쌓여 있다가 밀도가 커지면 맨틀과 핵의 경계부까지 가라앉아 차가운 플룸이 형성된다.
- 차가운 플룸이 맨틀 최하부에 도달하면서 온도 교란과 물질을 밀어 올리는 작용이 일어나 뜨거운 플룸을 형성한다.

06 지진파의 속도는 매질의 온도가 높은 영역에서는 느리게 나타나고, 온도가 낮은 영역에서는 빠르게 나타난다. 뜨거운 플룸이 상승하는 곳은 주변 맨틀보다 온도가 높으므로 지진파의 속도가 느리다.

- 가. 하와이섬은 뜨거운 플룸이 상승하여 지각을 뚫고 분출하는 열점 위에 위치한다.
- 나. 단층 촬영 영상에서 붉은색 영역은 뜨거운 플룸이 상승하

는 곳이다.

오답 피하기

다. 뜨거운 플룸은 맨틀과 핵의 경계에서 공급되는 열에 의해 상승하는 것으로 상부 맨틀의 대류에 의한 것이 아니다. 상부 맨틀의 대류는 연약권에서 일어난다.

07 다. 뜨거운 플룸이 상승하면서 압력이 낮아져 용융되면 마그마가 모여 있는 열점이 생성된다.

오답 피하기

가. 열점은 플룸 상승류가 있는 곳에서 형성되므로 판의 경계와 상관없이 분포한다.

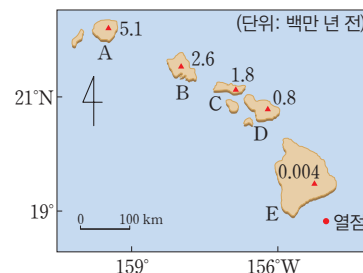
나. 열점은 맨틀 하부에서 올라오는 뜨거운 플룸으로 형성되고, 판은 상부 맨틀에 놓여 이동하므로 열점의 위치는 판의 이동을 따라 변하지 않는다.

08 나. 열점에서는 뜨거운 플룸의 상승으로 새로운 화산섬이 생성된다.

오답 피하기

- 가. 현재 화산 활동이 가장 활발한 섬은 열점에 가까운 E이다.
- 다. 화산섬의 위치와 생성 시기로 보아 최근 80만 년 동안 판의 평균 이동 속도는 과거 2.6~5.1백만 년 전보다 빠르다.

문제 속 자료 하와이 열도의 생성



- 화산 활동: 현재 하와이섬에서 일어난다.
- 화산섬의 나이: 하와이섬에서 멀수록 많다.
- 판의 이동 방향: 섬이 배열된 방향을 보면 태평양판은 북서쪽으로 이동하였다.
- 하와이섬의 미래: 앞으로 태평양판을 따라 북서쪽으로 이동할 것이고, 하와이섬이 있던 자리에 새로운 화산섬이 생성될 것이다.

09 가, 나. 열점은 판 아래의 고정된 곳이므로 현재 열점은 C에 있고, 태평양판이 C에서 A 방향으로 이동함에 따라 화산섬은 A → B → C 순으로 생성되었다.

다. 열점이 있는 C의 지하에는 뜨거운 플룸이 존재한다.

10 가. 해령에서 형성된 새로운 지각은 맨틀의 대류를 따라 확장된다.

다. 맨틀 대류는 판의 경계에서 일어나는 화산 활동을 설명할 수 있고, 판의 내부에서 일어나는 화산 활동은 설명할 수 없다.

판 내부의 대규모 화산 활동은 플룸 구조론에서 뜨거운 플룸의 운동으로 설명할 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. 하와이 열도 중 하와이섬에서만 화산 활동이 일어나는 것은 기존의 상부 맨틀의 대류만으로는 설명할 수 없고 판 내부의 움직임을 이해해야 한다.

- 11** 판은 맨틀 대류 외에 해령에서 판을 밀어내는 힘과 해구에서 섭입하는 판이 잡아당기는 힘에 의해서도 이동한다.

서술형 Tip 판을 이동시키는 힘에는 무엇이 있는지 생각하며 서술한다.

문제 속 자료 판의 경계와 판의 이동

- 섭입대의 분포: 남아메리카판은 섭입대가 없고 나스카판은 섭입대가 있다.
→ 남아메리카판: 해령에서 미는 힘은 존재하지만 해구에서 잡아당기는 힘은 존재하지 않는다.
→ 나스카판: 해령에서 미는 힘과 함께 해구에서 잡아당기는 힘이 존재한다.
- 판의 이동 속도: 남아메리카판보다 나스카판의 이동 속도가 더 빠르다.

[모범 답안] (1) 판의 이동 속도는 나스카판이 남아메리카판보다 빠르다.

(2) 나스카판은 해령에서 미는 힘과 함께 해구에서 잡아당기는 힘이 존재하기 때문이다. 반면 남아메리카판은 해령에서 미는 힘은 존재하지만 해구에서 잡아당기는 힘은 존재하지 않는다.

	채점 기준	배점
(1)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	50%
	판의 이동 속도를 잘못 비교한 경우	0%
(2)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	50%
	판의 이동 속도만 옳게 비교한 경우	30%

- 12** 화산섬은 열점에서 생성된 후 판을 따라 이동하였으므로 열점에서 멀어질수록 암석의 연령이 많아진다. 암석의 연령이 많아지는 방향이 판의 이동 방향이다.

[모범 답안] 북서쪽으로 가면서 화산섬의 암석 연령이 많아지므로 화산섬이 생성되는 동안 판은 북서 방향으로 이동하였다.

	채점 기준	배점
(1)	모범 답안과 같이 서술한 경우	100%
	판의 이동 방향만 옳게 서술한 경우	30%

- 13** 지진파의 속도는 매질의 온도가 높은 영역에서는 느리게 나타나고, 온도가 낮은 영역에서는 빠르게 나타난다. 플룸 상승류가 있는 곳은 주변 맨틀보다 온도가 높으므로 지진파의 속도가

느리다. 플룸 하강류가 있는 곳은 주변 맨틀보다 온도가 낮으므로 지진파의 속도가 빠르다.

[모범 답안] B, 뜨거운 플룸 지역은 주변보다 밀도가 작아 지진파의 속도가 느리기 때문이다.

	채점 기준	배점
(1)	B를 옳게 고르고, 모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	100%
	B만 옳게 고른 경우	30%

04 | 변동대와 화성암

기초 탄탄 문제

p. 36

01 ④ **02** ① **03** ⑤ **04** ⑤ **05** ⑤

- 01** 마그마는 화학 조성에 따라 현무암질 마그마, 안산암질 마그마, 유문암질 마그마로 구분한다. 마그마는 구성 광물의 종류와 비율에 따라 색이 달라진다.

오답 피하기

- ① 염기성암은 SiO_2 함량이 52 % 이하이고, 산성암은 SiO_2 함량이 63 % 이상이다.
- ② 화산암은 마그마가 지표 부근에서 굳어진 것이고, 심성암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 굳어진 것이다.
- ③ 해령 하부에서는 현무암질 마그마가 생성된다.
- ⑤ 유문암질 마그마는 현무암질 마그마보다 낮은 온도에서 생성된다.

- 02** A 과정으로 맨틀 물질은 온도가 상승하여 맨틀의 용융 곡선에 도달하므로 부분 용융되어 마그마가 생성된다. 맨틀 물질이 녹으면 현무암질 마그마가 생성된다.

문제 속 자료 마그마의 생성 조건

A 변화는 온도가 상승하는 과정이다.
A 변화에도 깊이가 일정하므로 압력은 일정하다.

- 일반적인 조건에서는 지하로 깊이 들어가면 온도가 상승하지만 압력도 증가하므로 암석의 용융점이 상승한다. 이러한 지하에서는 마그마가 생성되기 어렵다.
- 지구 내부의 온도 상승, 압력 감소, 물의 공급으로 지하의 온도가 암석의 용융점보다 높아질 때, 암석이 부분 용융되면서 마그마가 생성된다.
- A와 같은 변화가 일어날 때 맨틀 물질의 온도가 상승하여 맨틀의 용융 곡선(용융점)에 도달하면 현무암질 마그마가 생성된다.

03 (가) 해령에서는 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소하여 현무암질 마그마가 생성된다.

(나) 열점에서는 플룸이 상승하면서 압력이 감소하여 현무암질 마그마가 생성된다.

(다) 섭입대 부근에서는 섭입되는 판에서 빠져나온 물이 암석의 용융 온도를 낮추는 역할을 하여 현무암질 마그마가 생성된다. 이 현무암질 마그마가 상승하면서 지각 하부를 용융시켜 유문암질 마그마가 생성되고, 유문암질 마그마와 현무암질 마그마가 혼합되어 안산암질 마그마가 생성된다.

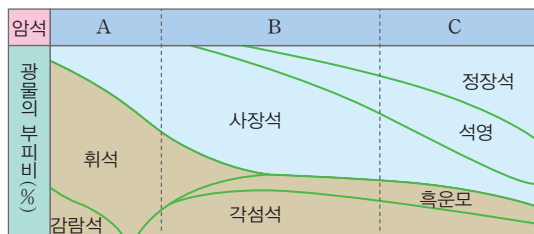
04 현무암은 화산암으로 지표 근처에서 빠르게 냉각되어 구성 광물의 입자가 작은 세립질 암석이다. 현무암은 감람석, 휘석 등의 유색 광물을 많이 포함하고 있어 어둡게 보인다.

05 A는 염기성암, B는 중성암, C는 산성암이다. 산성암은 석영, 장석, 사장석과 같은 무색 광물의 함량이 많다.

오답 피하기

- ① A는 주요 조암 광물이 감람석, 휘석, 사장석으로 어둡다.
- ② SiO_2 함량은 C가 가장 많다.
- ③ 밀도는 염기성암인 A가 가장 크다.
- ④ 현무암은 염기성암인 A에 해당한다.

문제 속 자료 화성암을 구성하는 광물의 종류



- A → SiO_2 함량이 52 % 이하인 염기성암이다. 감람석, 휘석, 각섬석 등 유색 광물의 함량이 많아 어두운색을 띠며, 밀도가 크다.
- B → SiO_2 함량이 52~63 %인 중성암이다. 염기성암과 산성암의 중간적인 성질을 가진다.
- C → SiO_2 함량이 63 % 이상인 산성암이다. 사장석, 정장석, 석영 등 무색 광물의 함량이 많아 밝은색을 띠며, 밀도가 작다.

내신 만점 문제

p. 37 ~ 39

- 01 ② 02 ③ 03 ④ 04 ⑤ 05 ③ 06 ②
 07 ② 08 ③ 09 ⑤ 10~12 해설 참조



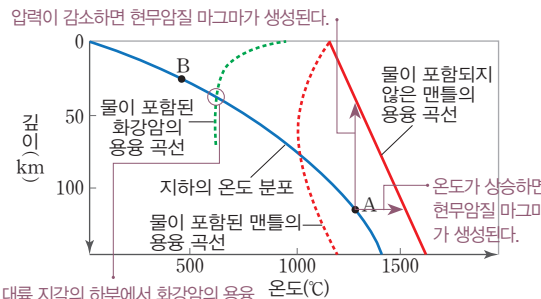
01 다. A 지점의 암석은 온도가 상승하거나 압력이 감소하면 맨틀의 용융 곡선과 만나게 되므로 마그마가 생성될 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 지하의 온도 분포 곡선의 기울기를 보았을 때 깊이에 따른 지구 내부의 온도 증가율은 A보다 B에서 크다.

ㄴ. 문제의 그림을 보면 물이 포함된 맨틀은 물이 포함되지 않은 맨틀보다 용융점이 낮다.

문제 속 자료 깊이에 따른 지구 내부의 온도 분포



대륙 지각의 하부에서 화강암의 용융 곡선이 지하의 온도 분포와 만나면 유문암질 마그마가 생성된다.

- 지하의 온도는 현무암의 용융 온도보다 낮으므로 현무암질 마그마가 생성되기 어렵다.
- 암석이 물을 포함하면 용융 온도가 낮아진다.
- 화강암은 함수 광물인 운모나 각섬석을 많이 포함하고 있다.

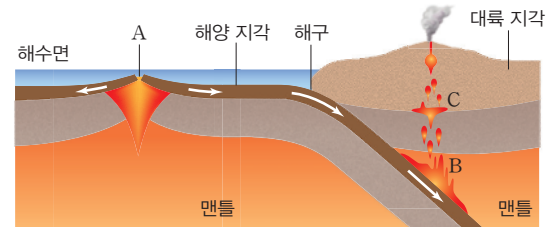
02 ㄱ. A는 맨틀 대류의 상승부인 해령이다. 해령에서는 압력이 감소하여 현무암질 마그마가 생성된다.

ㄴ. C에서는 하부에서 상승하는 마그마의 영향으로 대륙 지각의 하부가 녹아서 유문암질 마그마가 생성된다.

오답 피하기

ㄴ. B에서는 해양 지각에 포함된 물이 빠져나와 암석의 용융점이 낮아지면서 마그마가 생성된다.

문제 속 자료 판의 운동과 마그마의 생성 장소



마그마	생성 장소	생성 과정
현무암질 마그마	해령, 열점, 섭입대	<ul style="list-style-type: none"> 맨틀 물질이 맨틀 대류나 플룸 상승류를 따라 상승하면서 압력이 감소하여 용융점이 낮아져 생성된다. 섭입대에서는 맨틀 물질에 물이 공급되면 용융점이 낮아져 생성된다.
안산암질 마그마	섭입대	맨틀 물질과 해양 지각이 부분 용융되거나 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되어 생성된다.
유문암질 마그마	섭입대	상승하는 현무암질 마그마에 의해 대륙 지각 하부가 가열되어 부분 용융되면서 생성된다.

03 해령에서는 깊이가 얕아질 때 압력이 감소하므로 현무암질 마그마가 생성된다. 물이 포함된 함수 광물은 화강암의 용융점을 낮춘다.

ㄴ. 해령에서는 B 과정에 의해 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소하므로 현무암질 마그마가 형성된다.

ㄷ. 동일한 압력에서 물이 있으면 물을 포함한 화강암의 용융점이 물을 포함하지 않은 화강암의 용융점보다 낮다.

오답 피하기

ㄱ. 변환 단층에서는 판이 서로 어긋나면서 이동할 뿐 마그마가 생성되지는 않는다.

04 ㄱ. (가)에서 연약권으로 유입된 물은 암석의 용융점을 낮추어 현무암질 마그마(A)가 생성된다.

ㄴ. 현무암질 마그마가 상승하여 지각 하부에 도달하면 지각 물질을 녹여 유문암질 마그마(B)가 생성된다.

ㄷ. 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되면 안산암질 마그마(C)가 생성되어 지표로 분출한다.

05 ㄱ. 피나투보 화산은 유문암질 마그마가 분출하여 형성된 종상 화산이다. SiO_2 함량이 많고 점성이 크며 화산체의 경사가 급하다.

ㄷ. 피나투보 화산을 형성한 용암의 성질은 (나)의 B에 해당한다.

오답 피하기

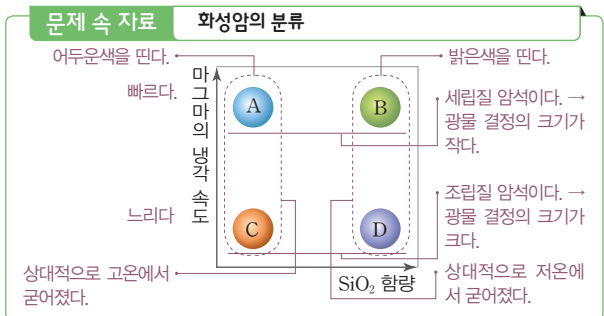
ㄴ. A는 순상 화산, B는 종상 화산을 형성하는 용암의 종류이다. 순상 화산을 형성하는 용암은 SiO_2 함량이 낮고 점성이 작으며, 온도가 높고 유동성이 크다. 종상 화산을 형성하는 용암은 SiO_2 함량이 높고 점성이 크며, 온도가 낮고 유동성이 작다. X의 세로축으로는 점성이 적당하다. 유동성이 클수록 용암에 포함된 SiO_2 의 함량은 적어진다.

06 ㄷ. SiO_2 함량이 적은 마그마일수록 온도가 높다. B는 C보다 저온의 마그마가 굳어서 생성되었다.

오답 피하기

ㄱ. SiO_2 함량이 많은 마그마가 굳어서 생성된 화성암일수록 밝은색 광물(무색 광물)의 함량이 많다. A는 B보다 밝은색 광물의 함량이 적다.

ㄴ. 마그마의 냉각 속도가 느릴수록 결정의 크기가 큰 조립질의 화성암이 생성된다. A는 D보다 광물 결정의 크기가 작다.



07 A는 B보다 유색 광물의 함량이 많다. A는 SiO_2 함량이 약 50 %이므로 염기성암, B는 SiO_2 함량이 63 %보다 많으므로 산성암이다.

ㄷ. A는 세립질, B는 조립질이므로 A는 B보다 마그마가 빠른 속도로 냉각되었을 것이다.

오답 피하기

ㄱ. A는 염기성암이면서 화산암인 현무암이고, B는 산성암이면서 심성암인 화강암이다.

ㄴ. 화성암은 화학 조성(SiO_2 함량)에 따라 염기성암, 중성암, 산성암으로 구분하고, 암석의 조직에 따라 화산암과 심성암으로 구분한다.

08 ㄱ. A는 SiO_2 함량이 적은 염기성암이다.

ㄴ. B는 세립질, C는 조립질이므로 B는 C보다 마그마가 빠르게 냉각되어 생성되었다.

오답 피하기

ㄷ. 밝은색 광물의 함량은 SiO_2 함량이 많은 C가 B보다 많다.

09 ㄱ. 화강암은 마그마가 천천히 냉각되어 생성되므로 결정의 크기가 큰 조립질이고, 현무암은 마그마가 빠르게 냉각되어 생성되므로 결정의 크기가 작은 세립질이다.

ㄴ. 밝은색을 띠는 화강암은 어두운색을 띠는 현무암보다 SiO_2 함량이 많다.

ㄷ. 서울의 북한산은 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 굳어진 화강암으로 이루어져 있다. 제주도의 서귀포 해안은 마그마가 지표로 분출하여 급하게 굳어진 현무암으로 이루어져 있다.

10 해령은 발산형 경계에 해당하고, 여기에서 마그마는 맨틀 물질의 상승에 따른 압력 감소로 인해 맨틀 물질이 녹아 생성된다. A → B는 추가적인 열 공급에 의한 마그마 생성에 해당한다.

서술형 Tip 해령에서는 맨틀 물질의 상승류가 존재한다는 사실을 포함하여 서술한다.

[모범 답안] A → C, 맨틀 물질의 상승에 따른 압력 감소로 맨틀 물질이 녹아 현무암질 마그마가 생성된다.

채점 기준	배점
모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	100%
마그마의 생성 과정만 옳게 고른 경우	30%
해령에서의 마그마 발생 원인만 옳게 서술한 경우	50%

11 해령 하부에서는 압력 감소로 현무암질 마그마가 생성되며, 섭입대에서는 물을 포함한 함수 광물이 암석의 용융점을 낮추는 역할을 한다.

[모범 답안] 열점에서는 지하 깊은 곳에서 뜨거운 물질의 상승으로 압력이 감소하여 현무암질 마그마가 생성된다.

채점 기준	배점
모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	100%
열점에서 생성되는 마그마의 종류만 옳게 쓴 경우	50%
열점에서 마그마가 생성되는 과정만 옳게 서술한 경우	50%

- 12 (가) 현무암을 구성하는 광물들의 입자는 세립질이거나 유리질로, 마그마가 지표 부근에서 빠르게 냉각되어 생성된다. 반면 (나) 화강암을 구성하는 광물들의 입자는 조립질로, 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어 생성된다.

서술형 Tip 마그마의 냉각 속도와 화성암의 조직의 관계, 염기성암과 산성암의 광물 조성(SiO_2 함량비)의 차이를 비교하면서 서술한다.

[모범 답안] 현무암은 화강암보다 유색 광물을 많이 포함하고 있으며, SiO_2 함량비는 적다.

채점 기준	배점
모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	100%
현무암의 유색 광물의 양과 SiO_2 함량비 중 한 가지만 옳게 비교한 경우	50%

단원 마무리하기

p. 42 ~ 45

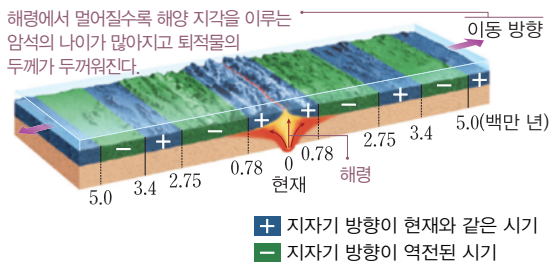
- 01 ④ 02 ② 03 ③ 04 ③ 05 ③ 06 ③
07 ④ 08 ⑤ 09 ③ 10 ③ 11 ② 12 ③
13 ⑤ 14 ④ 15 ② 16 ③

- 01 ㄱ. 해저 확장설에 따르면 맨틀 대류의 상승부인 해령에서는 새로운 해양 지각이 생성되어 해저가 확장되고, 맨틀 대류의 하강부인 해구에서는 해양 지각이 맨틀로 섭입되어 소멸된다. 해양 지각을 이루는 암석의 연령은 해령에서 멀어질수록 증가한다.

ㄴ. 3백만 년 전 지구 자기장의 방향은 현재와 같은 (+)이다.

ㄷ. 지자기 역전 줄무늬는 해령을 축으로 양쪽으로 대칭을 이룬다.

문제 속 자료 암석에 기록된 지자기의 변화



- 해령에서 해양 지각이 생성될 때 암석은 당시의 지구 자기장 방향으로 배열된다. 지구 자기장 방향이 현재와 같은 시기에는 정상 줄무늬(⊕)가 생긴다.
- 암석이 양쪽으로 이동하고, 해령에서 새로운 해양 지각이 생성될 때 지구 자기장의 방향이 현재와 반대인 시기에는 암석에 역전 줄무늬(⊖)가 생긴다.

오답 피하기

ㄴ. 4백만 년 전에는 지자기 방향이 역전된 시기이므로 현재와는 반대로 나침반의 N극이 남쪽을 향하였다.

- 02 ㄷ. 음파의 왕복 시간 차이가 큰 1~2구간이 음파의 왕복 시간 차이가 작은 3~4구간보다 해저면의 평균 기울기가 급하다.

오답 피하기

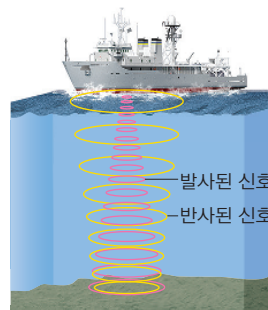
ㄱ. 탐사 지점 1에서 음파의 왕복 시간이 6초이므로,

$$\text{수심} = \frac{1}{2} \times 1500 \times 6 = 4500(\text{m}) \text{이다.}$$

ㄴ. 해령은 다른 곳보다 수심이 얕지만 탐사 지점 2는 다른 곳보다 수심이 깊으므로 해령이 아니다.

탐사 지점	1	2	3	4
음파 왕복 시간(초)	6.0	9.4	8.2	6.8
수심(m)	4500	7050	6150	5100

문제 속 자료 음향 측심법



정의	해수면에서 발사한 음파가 해저면에 반사되어 되돌아오는 데 걸린 시간을 측정하여 수심을 알아내는 방법
수심 측정	수심(d) = $\frac{1}{2} t \times v$ (t : 음파의 왕복 시간, v : 물속에서 음파의 속도) → 음파의 왕복 시간이 길수록 수심이 깊다.

- 03 ㄱ. A는 판의 경계가 아니고 B는 판의 경계(보존형 경계)에 위치한다. 지진은 A보다 B에서 자주 발생한다.

ㄴ. B는 변환 단층, C는 해령에 해당한다. 화산 활동은 B보다 C에서 활발하게 일어난다.

오답 피하기

ㄷ. 해령에서는 새로운 해양 지각이 생성되어 양쪽으로 이동하며, 해양 지각의 나이는 해령에서 멀어질수록 많아진다. D는 E보다 해령에서 떨어진 거리가 가까우므로 해양 지각의 나이가 적다.

- 04 ㄱ. (가)에서 현재 측정된 잔류 자기를 볼 때, 같은 대륙에서 형성된 잔류 자기의 방향은 한 점으로 수렴되는 것을 알 수 있다. 같은 시기에 형성된 잔류 자기의 방향은 그 시기의 자극으로 향한다.

ㄷ. 어떤 시기에도 지자기 북극은 하나이다. (나)의 두 대륙에서 측정한 과거의 지자기 북극이 다르게 나타나는 것은 과거의 수륙 분포가 현재와 같지 않았기 때문이다.

오답 피하기

ㄴ. (가)에서 A와 B 대륙은 현재 서로 떨어진 상태이고, 과거에는 두 대륙이 붙어 있었다. 대륙 사이에는 발산형 경계가 형성되어 있기 때문에 A와 B 대륙 사이에는 해령이나 열곡이 형성된다.

05 ㄱ. 지자기의 정상기와 역전기에는 자극의 방향이 반대였다. b와 c 지점의 자화 방향이 같고, a와 d 지점의 자화 방향이 같다. 따라서 a 지점과 b 지점의 암석이 형성될 당시 자북극의 위치가 달랐다.

ㄷ. 해령에서 맨틀 물질이 상승하여 새로운 지각이 생성될 때 그 당시의 지구 자기 방향으로 자화된다. 고지자기의 역전대는 해령을 중심으로 대칭적인 분포를 나타낸다.

오답 피하기

ㄴ. a, d 지점은 b, c 지점보다 해령에서 멀리 있으므로 수심이 깊고 암석의 연령이 많다.

06 ㄱ. 대륙판의 이동 방향을 고려할 때 해양 지각 A는 시간이 지나면 대륙판 아래로 섭입하여 사라진다.

ㄴ. 분리되었던 대륙들이 이동하여 한 개의 큰 대륙으로 합쳐졌으므로 B는 초대륙이다.

오답 피하기

ㄷ. 대륙 지각의 분리는 맨틀 대류의 상승부에서 열곡대가 형성되면서 일어난다. C 지역은 열곡대가 발달한다.

07 (가)는 약 5천만 년 전, (나)는 약 1억 5천만 년 전, (다)는 약 2억 4천만 년 전, (라)는 현재의 대륙 분포를 나타낸 것이다.

ㄴ. 상부 맨틀(연약권)의 대류와 플룸에 의한 대규모 대류는 판을 움직이게 하는 힘이다.

ㄷ. 판게아가 형성될 때 대륙과 대륙이 충돌하여 애팔래치아산맥과 같은 거대한 습곡 산맥이 형성되기도 하였다.

오답 피하기

ㄱ. 약 2억 4천만 년 전에 형성된 초대륙인 판게아가 분리되어 오늘날과 같은 대륙 분포가 만들어졌다. 따라서 대륙 분포 변화는 (다) → (나) → (가) → (라) 순이다.

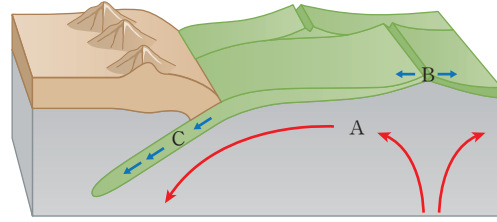
08 맨틀 대류(A)와 판 자체에서 만들어진 힘(B, C)이 판을 이동시키는 힘이다.

ㄱ. A는 연약권 내에서 맨틀 대류로 형성된 힘이다.

ㄴ. B는 해령에서 판을 양쪽으로 밀어내는 힘이다.

ㄷ. C는 해구에서 섭입하는 판이 잡아당기는 힘으로, 침강하는 판 자체의 무게로 인해 나타난다.

문제 속 자료 판을 움직이는 힘



- A: 암석권과 연약권 사이에서 작용하는 힘으로, 맨틀이 대류하면서 판을 싣고 가는 힘이다.
- B: 해령에서 판을 밀어내는 힘이다.
- C: 해구에서 섭입하는 판이 잡아당기는 힘이다.

09 차가운 플룸과 뜨거운 플룸의 특징은 다음과 같다.

차가운 플룸	수렴형 경계에서 섭입된 판의 물질이 상부 맨틀과 하부 맨틀 경계부에 쌓여 있다가 밀도가 커지면 맨틀과 핵의 경계부까지 가라앉아 형성되는 하강류
뜨거운 플룸	차가운 플룸이 맨틀 최하부에 도달하면서 온도 교란과 물질을 밀어 올리는 작용이 일어나 형성되는 상승류

ㄱ. 냉각된 해양판이 섭입되어 만들어지는 것은 차가운 플룸이다.

ㄷ. 섭입대에서 형성된 플룸이 맨틀 상부와 하부의 경계에 쌓여 있다가 밀도가 높아지면 외핵 쪽으로 침강하여 흐름이 형성된다.

오답 피하기

ㄴ. 열점은 뜨거운 플룸의 위쪽에 형성된다.

10 ㄱ. 하와이 열도는 플룸 상승류에 의해 형성된 열점에서 마그마 분출하여 형성되었다.

ㄷ. 약 4천 3백만 년 전을 기준으로 태평양판의 이동 방향은 북북서쪽에서 북서쪽으로 바뀌었다.

오답 피하기

ㄴ. 하와이 열도는 판의 경계가 아닌 태평양판의 내부에 위치하고 있다.

11 해령, 열점, 섭입대 등에서 온도와 압력의 변화, 물의 공급 등에 따라 마그마가 생성된다. A → C는 압력이 낮아지는 과정으로 맨틀 대류에 의해 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 낮아져 마그마가 생성된다. A → B는 온도 상승으로 암석의 용융점에 도달하여 마그마가 생성된다.

ㄷ. ㉠의 열점과 ㉡의 해령에서는 주로 현무암질 마그마가 생성된다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠에서는 맨틀 물질에 물이 공급되어 용융점이 낮아져 마그마가 생성된다.

ㄴ. 해령에서 맨틀 물질이 상승하면 압력은 하강하지만 그에 비해 온도는 서서히 내려가기 때문에 현무암의 용융 곡선과 만나게 된다. 따라서 해령의 마그마는 주로 A → C 과정에 의해 만들어진다.

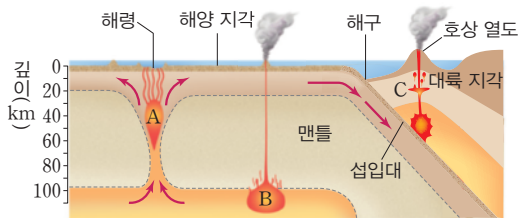
- 12 ㄷ. C는 섭입대(베니오프대)에서 지하로 침강한 물질의 부분 용융에 의해 안산암질 마그마가 생성된다.

오답 피하기

ㄱ. A는 해령으로, 맨틀 대류의 상승류를 따라 맨틀 물질이 상승하면서 압력 감소로 현무암질 마그마가 생성된 것이다.

ㄴ. B는 열점으로, 맨틀 물질이 상승하면서 압력 감소로 현무암질 마그마가 생성된 것이다.

문제 속 자료 마그마의 생성 장소



해령 (A)	맨틀 대류의 상승류를 따라 맨틀 물질이 상승한다. → 압력이 감소하여 부분 용융이 일어난다. → 현무암질 마그마가 생성된다.
열점 (B)	뜨거운 플룸의 상승류를 따라 맨틀 물질이 상승한다. → 압력이 감소하여 부분 용융이 일어난다. → 현무암질 마그마가 생성된다.
섭입대 (C)	해양 지각과 해양 퇴적물이 섭입할 때 온도와 압력이 높아져 퇴적물과 지각을 이루는 함수 광물에서 물이 배출된다. → 맨틀(연약권)에 공급된 물이 맨틀의 용융점을 낮춰 맨틀 물질과 해양 지각이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다. → 마그마가 상승하다가 대륙 지각 하부를 부분 용융시켜 유문암질 마그마가 생성되거나 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되어 안산암질 마그마가 생성된다.

- 13 ㄴ, ㄷ. (가), (나)는 모두 현무암질 마그마가 분출하였으므로 암석의 색도 비슷할 것이다. 현무암질 마그마는 SiO_2 함량이 52 % 이하이며 비교적 조용히 분출한다.

오답 피하기

ㄱ. 현무암질 마그마는 점성이 비교적 작다.

- 14 ㄴ. C는 염기성암으로 SiO_2 함량이 적으며 D는 산성암으로 SiO_2 함량이 많다. SiO_2 함량이 많을수록 암석의 색은 밝아진다. C에서 D로 갈수록 SiO_2 함량이 많아져 암석의 색은 밝아진다.

ㄷ. 유문암은 화산암, 반려암은 심성암으로 유문암보다 반려암이 더 깊은 곳에서 형성된다.

오답 피하기

ㄱ. 화산암인 A는 마그마가 지표 부근에서 빨리 식어 굳어져서 형성되므로 입자의 크기가 작다. 심성암인 B는 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어 굳어지므로 입자의 크기가 크다. 입자의 크기는 A에서 B로 갈수록 크다.

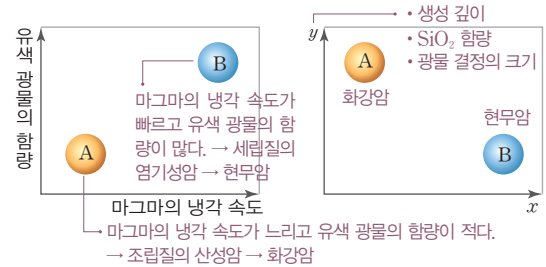
- 15 ㄷ. 조립질의 화강암은 세립질의 현무암보다 광물 결정의 크기가 크다. 화강암(A)에서 값이 큰 물리량인 y에 광물 결정의 크기가 들어갈 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 현무암은 마그마의 냉각 속도가 빨라 결정의 크기가 작고, 유색 광물의 함량이 많아 어두운색을 띠는 염기성암이다. 화강암은 마그마의 냉각 속도가 느려 결정의 크기가 크고, 유색 광물의 함량이 적어 밝은색을 띠는 산성암이다. 따라서 A는 화강암이고, B는 현무암이다.

ㄴ. x는 현무암(B)에서 값이 큰 물리량인데, SiO_2 함량은 현무암보다 화강암에 많으므로 적절하지 않다.

문제 속 자료 화성암의 분류



- 16 우리나라의 대표적인 화성암 지형은 다음과 같다.

화산암 지형	• 분포 지역: 백두산, 한탄강 일대, 제주도, 독도 등 • 형성 시기 및 구성 암석: 대부분 신생대에 현무암질 마그마가 분출하여 형성된 현무암으로 이루어져 있다.
심성암 지형	• 분포 지역: 북한산, 불암산, 계룡산, 월출산, 설악산 울산 바위 등 • 형성 시기 및 구성 암석: 대부분 중생대에 유문암질 마그마가 관입하여 형성된 화강암으로 이루어져 있다. → 지하 깊은 곳에서 형성된 화강암의 상부 지층이 풍화, 침식 작용을 받아 깎여 나간 후 융기하여 현재 지표로 드러나 있다.

ㄱ. (가)의 화강암은 중생대에 유문암질 마그마가 관입하여 형성되었다.

ㄴ. (나)의 현무암은 신생대에 지표로 분출된 현무암질 마그마의 빠른 냉각으로 형성되었다.

오답 피하기

ㄷ. (가)는 중생대, (나)는 신생대에 일어난 화성 활동으로 형성되었으므로, (가)가 (나)보다 먼저 형성되었다.

III

지구의 역사

01 | 퇴적 구조와 환경

기초 탄탄 문제

p. 52

01 ① 02 ① 03 ① 04 ② 05 ③

01 퇴적물이 쌓인 후 퇴적암이 되기까지의 전체 과정을 속성 작용이라고 하며, 속성 작용에는 다짐 작용과 교결 작용이 있다. 다짐 작용은 퇴적물이 오랫동안 쌓여 아랫부분의 퇴적물이 위에 쌓인 퇴적물에 눌리면서 퇴적물 입자 사이의 간격이 좁아져 치밀해지는 작용이다. 교결 작용은 지하수에 녹아 있던 탄산 칼슘, 규산염 광물, 산화 철 등이 퇴적물 사이에 침전되어 퇴적물 입자를 서로 붙여주고 굳어지게 하는 작용이다.

02 암염은 물속에서 NaCl의 침전으로 생성된 화학적 퇴적암이다. 역암은 주로 자갈이 모래, 점토와 함께 퇴적되어 굳어진 쇄설성 퇴적암이고, 응회암은 화산재가 쌓여서 굳어진 쇄설성 퇴적암이다. 따라서 A는 암염, B는 역암, C는 응회암이다.

03 암염은 건조 기후에서 호수나 육지에 있는 물이 증발하면서 물에 용해되어 있던 NaCl 성분이 침전되어 형성된다. 따라서 암염이 발견된 지역은 과거 물의 증발이 활발하게 일어났던 건조한 기후였음을 알 수 있다.

04 ② 사층리는 바람이나 물의 흐름으로 지층이 비스듬하게 퇴적되어 형성된다.

오답 피하기

퇴적 구조는 지층이 퇴적될 당시 환경을 알려주며 퇴적 구조를 확인하여 지층의 역전 여부를 알 수 있다. 점이 층리는 한 지층 내에서 위로 갈수록 퇴적물 입자가 작아지는 퇴적 구조로, 퇴적물의 입자 크기에 따라 퇴적 속도가 다르기 때문에 형성된다. 연흔은 얇은 물밑에서 흐르는 물이나 파도의 흔적이 물결 모양으로 지층에 남은 퇴적 구조이다. 건열은 습한 지층이 건조한 대기에 노출되었을 때 증발이 일어나면서 지층에 틈이 벌어져 형성된다.

05 퇴적 환경은 크게 육상 환경, 연안 환경, 해양 환경으로 구분한다. 선상지, 하천, 호수, 사막 등은 육상 환경, 삼각주, 석호, 모래톱(사주) 등은 연안 환경, 대륙붕, 대륙 사면, 대륙대, 심해저 등은 해양 환경에 속한다.

내신 만점 문제

p. 53 ~ 55

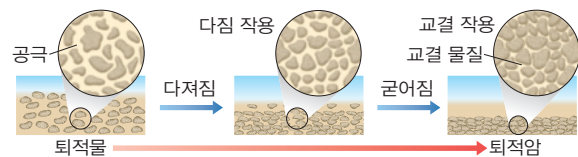
01 ③ 02 ④ 03 ① 04 ④ 05 ③ 06 ③
07 ⑤ 08 ① 09 ⑤ 10 ⑤ 11~12 해설 참조

01 ㄱ. (가) → (나) 과정은 다짐 작용, (나) → (다) 과정은 교결 작용이다. 다짐 작용에서 퇴적물이 압축되고, 교결 작용에서 공극 사이에 물질이 채워지면서 공극이 감소한다.
ㄴ. (나) → (다)의 교결 작용은 공극 속의 물에 녹아 있는 탄산 칼슘, 규산염 광물, 산화 철 등이 침전되면서 일어난다.

오답 피하기

ㄷ. (가) → (나) → (다)는 퇴적암이 만들어지는 속성 작용이므로 쇄설성 퇴적암뿐만 아니라 유기적 퇴적암과 화학적 퇴적암에서도 일어난다.

문제 속 자료 속성 작용



다짐 작용 (압축 작용)	두껍게 쌓인 퇴적물의 압력으로 입자들이 치밀하게 다져지는 작용 → 공극 감소, 밀도 증가
교결 작용	퇴적물 속의 수분이나 지하수에 녹아 있던 물질(규산염 광물, 산화 철, 탄산 칼슘 등)이 침전되면서 퇴적물 입자들을 단단히 접착시키는 작용

02 A는 화산 쇄설물이 퇴적된 쇄설성 퇴적암, B는 해수의 증발에 의한 염류가 침전된 증발암(예 암염), C는 생물체 유해가 퇴적된 유기적 퇴적암이다.

ㄴ. B는 생성 과정에서 해수의 증발이 일어나므로 증발이 잘 일어나는 건조한 환경에서 형성되었다.

ㄷ. C는 유기적 퇴적암으로 생물체 유해가 화석으로 존재할 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 석회암은 화산 쇄설물의 퇴적으로 생성될 수 없다. 석회암은 화학적 퇴적암의 생성 과정으로 생성될 수 있고 유기적 퇴적암의 생성 과정으로도 생성될 수 있다.

03 ㄱ. (가)는 주로 모래가 쌓여 생성된 쇄설성 퇴적암이고, (나)는 화산재가 쌓여 생성된 쇄설성 퇴적암이다.

오답 피하기

ㄴ. 화강암의 풍화로 생성된 쇄설물은 역암, 사암, 세일을 형성할 수 있다. (나)는 화산 폭발 시 분출된 화산재가 퇴적되어 굳은 퇴적암이다.

ㄷ. (다)는 주로 점토가 쌓여 생성된 쇄설성 퇴적암이다.

- 04 나. 대륙 주변부의 얇은 바다에 퇴적된 물질이 해저 지진이나 화산 폭발이 일어날 때 한꺼번에 심해로 끌려 내려가는 흐름을 저탁류라고 한다. 심해로 이동한 저탁류에는 크기가 다양한 입자들이 섞여 있어서 퇴적물이 쌓일 때 입자가 큰 것이 먼저 가라앉고, 입자가 작은 것이 나중에 가라앉는다. 퇴적물 입자의 크기에 따른 퇴적 속도 차이로 위로 갈수록 입자의 크기가 작아지는 점이 층리가 형성된다.
- 다. 점이 층리는 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 작아지는 퇴적 구조이므로 퇴적물 입자의 크기 분포로 지층의 역전 여부를 판단할 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 물이 흐르거나 바람이 부는 환경에서는 층리가 기울어진 사층리가 형성된다.

- 05 ㄱ. A는 점이 층리로 퇴적될 때 입자의 크기에 따라 퇴적 속도 차이가 나타나 형성되었다.
- 다. C층은 건조한 환경에서 지층 표면이 대기에 노출되어 만들어진 건열이다.

오답 피하기

나. B는 사층리로 물이 흐른 방향이나 바람의 방향에 따라 퇴적물이 기울어진 상태로 퇴적된다. 층리가 수평면을 기준으로 왼쪽으로 기울어져 있으므로 왼쪽 방향(㉠)으로 물이 흐르거나 바람이 불었다.

- 06 ㄱ. (가)는 수심이 얇은 물밑에서 형성된 연흔이다.
- 다. (가)는 뾰족한 부분이 위로 향할 때 역전이 일어나지 않은 지층이고, (나)는 위로 갈수록 퇴적물 입자가 작아질 때 역전이 일어나지 않은 지층이다. 따라서 두 퇴적 구조를 통해 지층의 역전 여부를 판단할 수 있다.

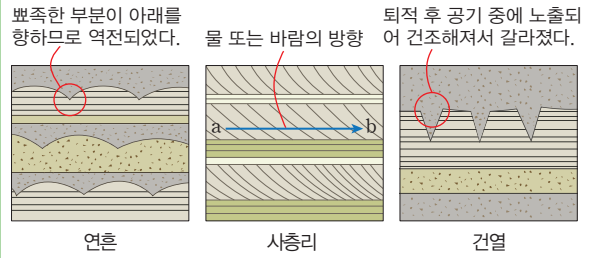
오답 피하기

나. (나)는 입자의 크기에 따라 퇴적물이 쌓여 형성된 점이 층리이다. 과거에 물이 흘렀던 방향이나 바람이 불었던 방향을 알려주는 퇴적 구조는 층리가 기울어져 있는 사층리이다.

- 07 ㄱ. (가)는 층리에 뾰족한 부분이 있는 연흔이다. 연흔은 수심이 얇은 물밑에서 형성된다.
- 나. (나)는 층리가 기울어져 있는 사층리이며 수평면을 기준으로 층리가 오른쪽으로 기울어져 있으므로 (나) 형성 당시 물은 a에서 b 쪽으로 흘렀다.
- 다. 연흔은 뾰족한 부분이 위쪽을 향하는 상태, 사층리는 층리가 아래쪽으로 오목한 상태, 건열은 벌어진 틈이 위로 갈수록 벌어진 상태인 경우에 역전되지 않은 지층이다. 문제의 그림에서 (가)는 뾰족한 부분이 아래쪽을 향하므로 (가)~(다) 중 역전된 지층은 (가)이다.

문제 속 자료 퇴적 구조

• 퇴적 구조를 조사하면 지층 형성 당시 환경을 추정할 수 있다.



- 08 ㄱ. A, B, C층은 모두 층리가 기울어져 있는 사층리이다. 세 층 모두 층리가 아래로 오목한 상태이므로 지층의 역전이 일어나지 않았고 아래층부터 순차적으로 퇴적되어 C→B→A 순으로 생성되었다.

오답 피하기

나. B와 C는 층리가 수평면을 기준으로 오른쪽으로 기울어져 있으므로 지층 형성 당시 오른쪽으로 바람이 불었거나 물이 흘렀다. 반면에 A는 층리가 수평면을 기준으로 왼쪽으로 기울어져 있으므로 지층 형성 당시 왼쪽으로 바람이 불었거나 물이 흘렀다.

다. 사층리는 얇은 물밑에서 퇴적되는 퇴적 구조이다.

- 09 ㄱ. A는 해저 깊이가 급격하게 깊어지는 대륙 사면이다.
- 나. B(삼각주)와 C(해빈)는 퇴적 환경 중 연안 환경에 해당한다.
- 다. D는 호수로 주로 육지에서 생성된 쇄설성 퇴적물이 퇴적된다.

- 10 A는 삼엽충 화석이 발견되는 태백시 구문소이고, B는 공룡 발자국 화석이 발견되는 고성군의 덕명리 해안이다.
- ㄱ. A 지역에는 건열 구조가 나타나므로 과거에 이 지역은 건조한 환경에 노출된 적이 있었다.
- 나. B 지역의 지층은 셰일과 사암으로 구성되어 있으므로 주로 쇄설성 퇴적암이 퇴적되었다.
- 다. A 지역은 삼엽충 화석이 발견되므로 고생대에 형성되었고, B 지역은 공룡 발자국 화석이 발견되므로 중생대에 형성되었다. A 지역의 지층이 B 지역의 지층보다 먼저 형성되었다.

- 11 [모범 답안] (1) A: 다짐 작용(압축 작용), B: 교결 작용
- (2) 퇴적물이 다짐 작용과 교결 작용을 받게 되면 공극은 줄어들고 밀도는 커진다.

채점 기준		배점
(1)	모범 답안과 같이 쓴 경우	40%
	두 작용 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20%
(2)	밀도와 공극의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	60%
	밀도와 공극의 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30%

- 12 [모범 답안]** (1) (가) 연흔, (나) 건열, (다) 점이 층리, (라) 사층리
(2) (가)는 얇은 물밑 환경에서 형성되며, (나)는 건조한 환경에서 지표면이 수면 밖으로 노출되면서 만들어진다. (다)는 심해 환경에서 퇴적물의 크기에 따른 퇴적 속도 차이에 따라 형성되고, (라)는 사막이나 얇은 물밑에서 바람이나 물의 방향에 따라 층리가 기울어져 만들어진다.

채점 기준		배점
(1)	퇴적 구조 명칭을 모두 옳게 쓴 경우	40%
	퇴적 구조의 명칭이 하나씩 틀린 경우	10%씩 감점
(2)	(가)~(라) 퇴적 구조의 형성 과정과 퇴적 환경을 모두 옳게 서술한 경우	60%
	(가)~(라) 퇴적 구조의 형성 과정과 퇴적 환경 중 두 가지 이상 옳게 서술한 경우	30%

02 | 지질 구조

기초 탄탄 문제

p. 60

01 ③ 02 ① 03 ③ 04 ④ 05 ④ 06 ①

- 01 ③** 습곡과 역단층이 형성될 때 지층에 작용한 힘은 양쪽에서 미치는 힘인 횡압력으로 같다. 습곡은 온도가 높은 지하 깊은 곳에서, 역단층은 상대적으로 온도가 낮은 지표 근처에서 형성된다. 정단층이 형성될 때 지층은 양쪽에서 잡아당기는 힘인 장력을 받는다.

오답 피하기

지층이 힘을 받아 휘어진 것을 습곡, 끊어진 것을 단층이라고 한다. 지층이 시간적 단절 없이 연속적으로 쌓인 것을 정합, 두 지층 사이에 오랜 기간의 시간적 단절이 있으면 부정합이라고 한다. 지층에 남아 있는 지질 구조를 통해 과거 지층에 일어난 지각 변동을 알 수 있다.

- 02** 습곡과 역단층은 지층에 양쪽에서 미치는 힘인 횡압력이 작용하여 형성된다. 정단층은 지층에 양쪽에서 잡아당기는 힘인 장력이 작용하여 형성되고, 절리는 암석에 힘이 가해지거나 온도가 변하여 수축할 때 형성된다. 부정합은 지층이 융기와 침강하는 과정에서 침식과 퇴적 작용이 일어나 형성된다.

- 03** 절리는 암석에 생긴 틈이나 균열로, 이 틈과 균열을 따라 암석이 이동하지 않는 지질 구조이다. 용암이 냉각될 때 수축하여 기둥 모양으로 틈이 벌어지는 지질 구조는 주상 절리이다.

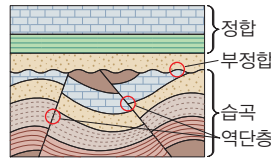
오답 피하기

지층에 균열이 생기고 그 균열을 따라 지층이 상대적으로 이동한 지질 구조는 단층이다.

- 04** 문제의 지질 단면도에서 습곡, 정합, 부정합, 역단층은 나타나지만 정단층은 나타나지 않는다.

문제 속 자료

지질 단면도에 나타나는 지질 구조



• 지질 단면도에 나타나는 두 단층은 모두 상반이 올라가 있는 역단층이다.

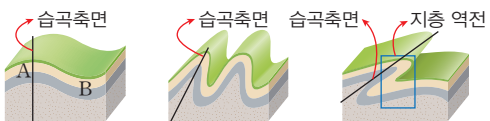
- 05 ④** (가)는 정습곡, (나)는 경사 습곡, (다)는 횡와 습곡이다.

오답 피하기

- ① (가)에서 A는 위로 볼록한 배사이고, B는 아래로 오목한 향사이다.
② (나)는 습곡측면이 기울어져 있는 경사 습곡이다.
③ (다)에서는 습곡측면이 수평에 가깝게 기울어져 있으므로 먼저 퇴적된 지층이 나중에 퇴적된 지층보다 위에 놓이는 부분이 나타난다.
⑤ (가)~(다)는 모두 수평으로 퇴적된 지층이 횡압력을 받아 휘어진 습곡이다.

문제 속 자료

습곡의 종류



- 정습곡: 습곡측면이 수평면에 대해 거의 수직인 습곡
- 경사 습곡: 습곡측면이 수평면에 대해 기울어진 습곡
- 횡와 습곡: 습곡측면이 거의 수평으로 누워 있는 습곡

- 06** (가)는 지층에 횡압력이 작용하여 형성된 습곡과 역단층으로, 판의 수렴 경계인 히말라야산맥에서 잘 발달하는 지질 구조이다. (나)는 지층에 장력이 작용하여 여러 개의 정단층이 발달되어 있으므로 판의 발산 경계인 동아프리카 열곡대에서 잘 발달하는 지질 구조이다.

내신 만점 문제

p. 61 ~ 63

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

- 01** ㄴ. 문제의 그림은 상반이 내려가고 하반이 올라간 정단층이다. 정단층은 지층에 장력이 작용할 때 형성된다.

ㄷ. 이 단층은 주향(수평) 방향과 경사 방향으로 모두 이동하였다.

오답 피하기

ㄱ. A는 단층면의 아랫부분이므로 하반이고, B는 단층면의 윗부분이므로 상반이다.

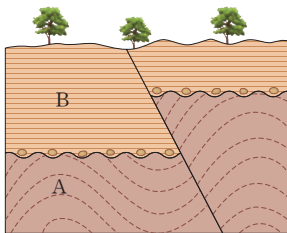
02 ㄱ. 지질 단면도에서 습곡과 역단층이 나타나므로 이 지역 지층에는 횡압력이 작용하였다.

ㄴ. A 층과 B 층 사이에 기저 역암이 나타나므로 두 지층의 관계는 부정합이며 지층이 융기되어 침식이 일어나면서 퇴적이 오랫동안 중단된 시기가 있었다.

오답 피하기

ㄴ. A 층의 습곡 지형이 단층으로 끊어져 있고, 습곡 작용을 받지 않은 B 층이 단층으로 끊어져 있다. 따라서 이 지역은 A 층이 퇴적된 상태에서 습곡 작용을 먼저 받고, B 층이 퇴적된 이후에 단층이 생겼다.

문제 속 자료 지질 단면도 해석



- 이 지역에서 일어난 지질학적 사건
A 층 퇴적 → 습곡 → 융기 → 침식 → 침강 → B 층 퇴적(부정합) → 역단층 → 융기 → 현재 침식 진행 중
- 지층은 현재 융기해 육상 환경에 노출되어 있으므로 침식 작용을 받고 있다.

03 ㄱ. (가)는 기동 모양으로 형성된 주상 절리이고, (나)는 얇은 판 모양으로 형성된 판상 절리이다.

오답 피하기

ㄴ. (가)는 지표로 분출한 용암이 중심 방향으로 빠르게 식으면서 수축하여 생성되었다.

ㄴ. (나)는 지하 깊은 곳에서 형성된 심성암이 융기하여 지표로 노출되는 동안 압력을 누르는 압력의 감소로 서서히 팽창하여 만들어졌다.

문제 속 자료 절리의 종류

주상 절리	판상 절리
<ul style="list-style-type: none"> • 기동 모양의 절리 • 화산암에서 잘 나타난다. • 용암이 중심 방향으로 빠르게 냉각되는 과정에서 수축하여 만들어진다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 얇은 판 모양의 절리 • 심성암에서 잘 나타난다. • 지층이 융기할 때 압력을 누르는 압력이 감소하면서 서서히 팽창하여 만들어진다.

04 ㄱ. (가)는 정합으로 지층이 순차적으로 수평면과 평행하게 퇴적된다.

ㄴ. (나)와 (라)는 지반이 융기하여 지층이 해수면 위로 노출되고 침식 작용이 일어난다.

ㄴ. (나) → (다)에서 상하 지층의 층리가 나란한 평행 부정합이 형성된다.

오답 피하기

ㄴ. (라) → (마)에서 상하 지층의 경사가 다른 경사 부정합이 형성된다.

문제 속 자료 부정합의 종류

평행 부정합	경사 부정합	난정합
<ul style="list-style-type: none"> • 부정합면을 경계로 상하 지층의 층리가 나란한 부정합이다. • 조륙 운동을 받은 지층에서 나타난다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 부정합면을 경계로 상하 지층의 층리가 경사진 부정합이다. • 조산 운동을 받은 지층에서 나타난다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 부정합면의 아래에 화성암이나 변성암이 분포하는 부정합이다. • 부정합면을 경계로 상하 지층의 평행 여부를 판단하기 어렵다.

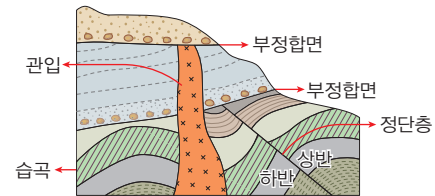
05 ㄱ. 이 지역의 지질 단면에는 습곡이 형성되어 있으므로 지층에 양쪽에서 미는 힘인 횡압력이 작용한 적이 있다.

ㄴ. 지질 단면에서 화성암이 아래쪽 부정합면을 관입하고 있다. 단층은 아래쪽 부정합면을 절단하고 있지 못하므로 관입은 부정합보다 나중에, 단층은 부정합보다 먼저 형성되었다.

오답 피하기

ㄴ. 이 지층에는 상반이 내려가 있고, 하반이 올라가 있는 정단층이 형성되어 있다. 지질 단면에서 역단층은 없다.

문제 속 자료 지질 단면도 해석



- 이 지역에서 일어난 지질학적 사건
습곡 → 정단층 → 부정합 → 관입 → 부정합

06 ㄱ. (가)는 횡와 습곡으로 지층이 부분적으로 역전될 수 있다.

ㄴ. (나)는 상반이 내려가 있고, 하반이 올라가 있는 정단층이다. 정단층은 장력을 받아 형성된다.

오답 피하기

ㄴ. (다)는 기동 모양으로 나타나는 주상 절리이다. 주상 절리는 용암이 냉각되면서 수축되어 생긴 균열이다.

ㄴ. (라)는 부정합으로 융기된 지층이 침식 작용을 받고 침강하여 퇴적 작용을 받아 형성된다.

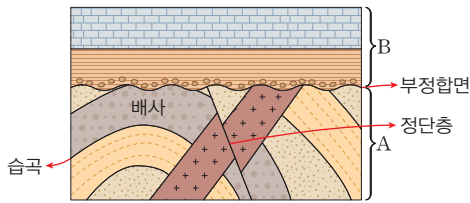
07 ㄴ. A 층이 퇴적된 후 지반이 융기하여 침식 작용을 받았다. 지층은 퇴적이 중단되었다가 다시 침강하여 B 층이 퇴적되었으므로 두 지층 사이에는 퇴적 시간의 간격이 크다.

ㄴ. A 층은 횡압력을 받아 습곡이 형성되었으며, 위로 볼록한 배사 구조가 나타난다.

오답 피하기

ㄱ. A 층의 단층은 상반이 아래로 이동한 정단층으로, 장력을 받아 형성되었다.

문제 속 자료 지질 단면도 해석



- 이 지역에서 일어난 지질학적 사건
A 퇴적 → 습곡 → 정단층 → 부정합 → B 퇴적
- A 층은 횡압력이 먼저 작용했고 이후에 장력이 작용했다.

08 ㄱ. A 층과 B 층 사이에는 기저 역암이 존재하므로 두 층의 관계는 부정합이고 퇴적이 중단된 시기가 있었다.

오답 피하기

- ㄴ. C 층에서 D 층의 포획암이 나타나므로 C 층이 생성될 때 D 층이 존재했다. C 층은 D 층 아래로 관입하여 생성된 심성암이다.
- ㄷ. 지층 D가 퇴적된 이후에 C 층의 관입이 일어났으므로 C 층이 가장 나중에 생성되었다.

09 ㄱ. (가)에서 화강암 내에 포획암(포획된 세일)이 존재하는 것으로 보아 화강암이 관입하는 과정에서 이전에 존재하던 세일이 포획되었다. 따라서 (가)에서 포획된 세일은 화강암보다 먼저 생성되었다.

ㄷ. 마그마 관입이 나타나는 (가)에서 암석의 생성 순서는 세일 → 화강암이고, 부정합이 나타나는 (나)에서 암석의 생성 순서는 화강암 → 세일이다. (가)와 (나)의 화강암의 생성 시기가 같으므로 세일의 퇴적 시기는 (가)가 (나)보다 빠르다.

오답 피하기

- ㄴ. (나)에서 화강암의 침식물(기저 역암)이 세일에 들어 있는 것으로 보아 화강암이 세일보다 먼저 생성되었다. 화강암과 세일은 부정합 관계이다.

10 ㄱ. (나)는 지층이 휘어져 있는 습곡, 상반이 올라가 있고 하반이 내려가 있는 역단층이다.

- ㄴ. 습곡과 역단층은 양쪽에서 미치는 힘인 횡압력이 지층에 작용할 때 형성된다.
- ㄷ. 판의 경계 중 횡압력이 작용하는 곳은 두 판이 서로 수렴하는 수렴형 경계인 해구와 습곡 산맥이다. A는 습곡 산맥인 히말라야산맥, B는 일본 해구, C는 해령, D는 변환 단층, E는 칠레 해구이다.

11 단층에서 상반이 내려가고 하반이 올라간 구조는 정단층, 상반이 올라가고 하반이 내려간 구조는 역단층이다.

[모범 답안] (1) (가) 정단층, (나) 역단층

(2) (나), 습곡은 횡압력을 받아 형성되므로 횡압력이 지층에 가해졌을 때 형성되는 역단층의 지하에서 습곡 구조가 형성될 수 있다.

채점 기준		배점
(1)	모범 답안과 같이 쓴 경우	40%
	정단층과 역단층 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20%
(2)	습곡 구조가 형성될 수 있는 단층을 고르고, 그 때 작용하는 힘을 모두 옳게 서술한 경우	60%
	(나)만 고르거나 횡압력이 지층에 작용했기 때문이라고만 서술한 경우	30%

12 부정합면 상부 지층과 하부 지층의 층리가 평행하면 평행 부정합이고, 상부 지층과 하부 지층의 층리가 경사져 있다면 경사 부정합이다.

[모범 답안] (1) 경사 부정합, 부정합면을 기준으로 상부 지층과 하부 지층의 경사가 다르기 때문이다.

(2) 지층이 퇴적된 후 횡압력을 받아 습곡이 형성되고 역단층이 형성되었다. 이후 지층이 융기하여 윗부분이 침식되고 침강하여 새로운 지층이 퇴적되었다.

채점 기준		배점
(1)	경사 부정합과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	30%
	경사 부정합이라고만 쓰고 그 까닭을 서술하지 못한 경우	20%
(2)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	70%
	서술한 내용은 맞았으나 주어진 단어가 하나씩 빠진 경우	10%씩 감점

03 | 지사 해석 방법

기초 단단 문제

p. 67

01 ① 02 ② 03 ③ 04 ③ 05 ②

01 현재 지구상에서 발생하는 지질학적 사건들이 과거에도 동일하게 일어났다는 지사학의 기본 원리는 동일 과정의 원리이다. 과거에 살았던 산호의 성장 환경은 현재 산호의 성장 환경과 같을 것임을 가정하고 지층의 생성 환경을 추정하므로 동일 과정의 원리에 해당한다.

02 ㉔ 현재 지층은 지상에 노출되어 있으며 풍화·침식 작용을 받아 지층의 상부가 깎여나간다.

오답 피하기

㉑ 현재 이 지역의 지층은 경사층이지만 수평 퇴적의 법칙에 의해 퇴적물이 수평으로 퇴적된 뒤 힘을 받아 지층은 경사지게 되었다.

© 이 지역에 지층의 침강이 일어나고 새로운 지층이 퇴적되면 부정합이 형성된다. 따라서 부정합의 법칙을 이용하여 지층의 선후 관계를 판단할 수 있다.

- 03 ③ 새로운 지층은 항상 기존에 존재하던 지층 위에 퇴적되므로 오래된 지층이 더 아래에 위치한다. 따라서 위쪽에 위치한 지층일수록 최근에 생성되었고 더욱 진화된 화석이 발견된다.

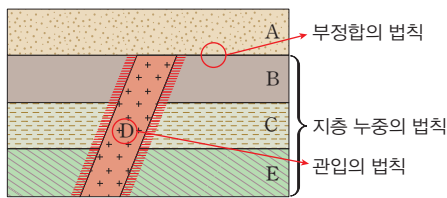
오답 피하기

지층은 중력의 영향으로 수평 방향으로 퇴적된다.

- 04 지층의 역전이 일어나지 않은 지역이므로 E, C, B 순으로 지층이 퇴적되었다. 이후 마그마의 관입으로 화성암 D가 생성되었으며 용기와 침식 작용을 거친 후 부정합면 위에 A가 퇴적되었다.

- 05 B와 C는 이웃한 두 지층으로 지층 누층의 법칙에 의해 아래에 있는 C가 위에 있는 B보다 먼저 퇴적되었음을 알 수 있다. 화강암 D는 B를 관입하였으므로, 관입의 법칙에 의해 관입당한 B가 먼저 생성되었고 이후 마그마의 관입으로 D가 생성되었음을 알 수 있다.

문제 속 자료 지사학의 법칙 적용



내신 만점 문제

p. 68 ~ 69

01 ② 02 ② 03 ④ 04 ② 05 ④ 06 ⑤

07~08 해설 참조



- 01 나. (나)의 지층은 현재는 기울어져 있지만 수평 퇴적의 법칙으로 퇴적 당시에는 수평면과 나란하게 퇴적되었다. 현재 층리가 기울어져 있는 까닭은 퇴적 이후에 지층이 힘을 받아 지각 변동이 있었기 때문이다.

오답 피하기

ㄱ. 지층이 역전되지 않았고 A 층이 C 층보다 위에 존재하므로 지층 누층의 법칙으로 C 층이 A 층보다 먼저 생성되었다.

ㄴ. (나) 지역의 지층은 층리가 수평면과 나란하지 않으므로 퇴적 이후 지각 변동을 받았다.

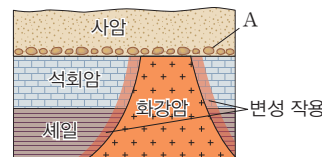
- 02 나. 석회암층과 사암층 사이, 화강암층과 사암층 사이에 기저 역암이 존재하므로 두 지층은 부정합 관계이다. 이 지역은 석회암층의 퇴적 이후 마그마의 관입으로 화강암이 생성되었고, 이후 지층이 융기해 침식 작용을 받았다. 사암층은 지층의 침강이 일어난 뒤 퇴적되었다.

오답 피하기

ㄱ. 기저 역암은 부정합면 아래에 위치한 지층의 침식으로 생성된 쇄설물이다. 따라서 기저 역암인 A는 사암이 아닌 석회암이나 화강암이다.

ㄴ. 화강암은 마그마의 관입으로 생성되며 석회암층과 셰일층을 관입하면서 석회암층과 셰일층 중 마그마와 접해 있는 부분에서 열에 의한 변성 작용이 일어난다. 사암층은 화강암 생성 이후 침식과 퇴적을 거쳐 생성되었으므로 열에 의한 변성 작용을 받지 않았다.

문제 속 자료 변성 작용 부분



- 화강암과 접해 있는 부분에서 변성 작용이 일어난다.
- 사암은 화강암이 생성될 때 없었으므로 변성 작용을 받지 않았다.

- 03 ㄱ. 지층 A에서 산출되는 화석의 생물이 약 5000만 년 전과 3000만 년 전 사이에 생존했으므로 화석과 함께 퇴적된 지층도 같은 시기에 생성되었다.

ㄴ. 지층 B에서 산출되는 화석은 지층 A에서 발견되는 화석과 지층 C에서 발견되는 화석 사이에 퇴적되어 있으므로 두 화석이 생존했던 시기 사이에 퇴적되었다. 따라서 지층 B에서 산출되는 화석은 약 5억 4000만 년 전 이후에 생존했었다.

오답 피하기

나. 이 지역의 지층은 오래된 생물의 화석이 아래쪽 지층에서 발견되고, 비교적 최근에 생존한 생물의 화석이 위쪽 지층에서 발견되므로 지층이 역전되지 않았다.

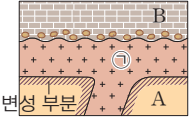
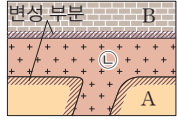
- 04 나. (가)에서 ㉠과 지층 B 사이에 기저 역암이 존재하므로 두 층 사이 관계는 부정합이다. 따라서 ㉠ 생성 당시 지층 B는 존재하지 않았다. (나)에서 ㉠과 접하고 있는 지층 B에 변성 부분이 나타나므로 ㉠은 지층을 관입하여 생성되었다. ㉠은 생성 당시 대기에 노출되어 있었으므로 빠르게 냉각되었고, ㉡은 지하에서 천천히 냉각되었다.

오답 피하기

ㄱ. (가)에서 ㉠과 지층 B 사이에 기저 역암이 존재하므로 ㉠ 생성 당시 지층 B는 존재하지 않았다.

나. (나)에서 ㉠과 접하고 있는 지층 B에 변성 부분이 나타나므로 ㉠은 지층 B보다 나중에 생성되었다.

문제 속 자료 지질 단면도 해석

구분	분출	관입
지층의 단면		
암석 생성 순서	A → ㉠ → B	A → B → ㉡
특징	지층 B에서 기저 역암이 나타난다.	지층 B에도 마그마의 열로 변성 작용의 흔적이 나타난다.

05 나. A는 부정합면 위에 있으므로 A~G 중 가장 최근에 퇴적된 지층은 A이다. E는 B, C, D, F, G를 관입하고 있으므로 이 지층들보다 나중에 생성되었다. 관입당한 지층들은 역전되지 않았으므로 지층 누층의 법칙에 의해 가장 아래에 있는 B가 지질 단면도에서 가장 오래된 지층이다.

다. 이 지역에는 부정합이 1개 존재하므로 용기와 침강이 최소 1회 있었다. 지층의 최상부가 침식을 받고 있으므로 현재는 지층이 융기하여 수면 위로 노출된 상태이다. 따라서 이 지역은 최소 2회 이상 용기가 일어났다. 이후 지층이 침강하여 새로운 퇴적물이 쌓이면 부정합이 생성될 것이다.

오답 피하기

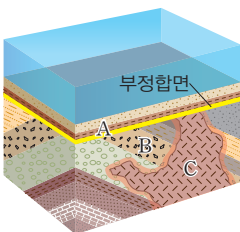
ㄱ. E와 A는 부정합 관계이므로 화성암 E 관입 이후 용기, 침식, 침강이 일어나고 A가 퇴적되었다.

06 ㄱ. 부정합면의 아래에 위치한 지층에서 습곡이 나타나므로 이 지역의 지층은 과거에 횡압력을 받았다.

나. 부정합이 생성되기 위해서는 지층이 노출되어 침식 작용을 받아야 한다. 따라서 이 지역은 지층이 융기하여 해수면이 부정합면보다 낮았던 적이 있다.

다. 부정합면 아래에 위치한 지층은 습곡 작용을 받기 전 A 지점에 접해 있는 지층이 B 지점에 접해 있는 지층보다 아래에 위치하였다. 따라서 지층 누층의 법칙에 의해 A 지점에 접해 있는 지층이 먼저 퇴적되었고 부정합면 바로 위에 위치한 지층의 나이는 동일하므로 부정합면을 경계로 이웃한 두 지층이 생성된 시간 차이는 A가 B보다 크다.

07 [모범 답안] (1)



(2) 관입의 법칙, 지층 B를 마그마가 관입하면서 C가 생성되었으므로 관입당한 B가 관입한 C보다 먼저 생성되었다.

채점 기준		배점
(1)	모범 답안과 같이 표시한 경우	40%
(2)	관입의 법칙을 쓰고 C층이 B층을 관입하였음을 모두 서술한 경우	60%
	관입의 법칙만 쓰고, B층과 C층의 관계로 관입의 법칙을 적용한 까닭을 서술하지 않은 경우	30%

08 부정합이 생성되기 위해서는 최소 1번의 용기와 1번의 침강을 거쳐야 한다.

서술형 Tip 현재 이 지역의 최상층이 지표면(지상)에 노출되어 있음을 생각한다.

[모범 답안] (1) C 퇴적 → A 관입 → 부정합 → D 퇴적 → B 관입 → 부정합 → E 퇴적

(2) 최소 용기 3회, 침강 2회가 일어났다. 이 지역은 두 번의 부정합이 있었고 현재 최상층이 지표에 노출되어 있으므로 용기를 한 번 더 거쳤다.

채점 기준		배점
(1)	부정합을 포함한 암석의 생성 순서를 옳게 나열한 경우	40%
	부정합 시기를 잘못 적고 암석의 생성 순서만 옳게 나열한 경우	20%
(2)	두 번의 부정합과 현재 최상층이 지표에 노출되어 있음을 포함하여 용기와 침강 횟수를 옳게 서술한 경우	60%
	용기와 침강의 횟수만 옳게 쓴 경우	30%

04 | 지층의 연령



탐구 대표 문제

p. 72

01 ③

01 ③ B가 생성된 이후 마그마의 관입으로 D가 생성되었으므로 생성 순서는 B가 D보다 먼저이다.

오답 피하기

① 남아 있는 모원소의 양이 50 %가 될 때까지 걸린 시간이 1억 년이므로 반감기는 1억 년이다.

② 남아 있는 모원소의 양이 처음 양의 $\frac{1}{16} = \left(\frac{1}{2}\right)^4$ 이라면 반감기가 4번 지났다.

④ D와 B가 침식을 받은 후 C가 퇴적되었으므로 부정합의 생성 과정에서 오랫동안 퇴적이 중단된 시기가 있었다.

⑤ 화성암 D의 절대 연령은 5억 년, 화성암 E의 절대 연령은 2억 년이므로 D는 E보다 먼저 생성되었다.

기초 탄탄 문제

p. 73 ~ 74

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

01 ③ 암상에 의한 대비는 비교적 가까운 거리의 지층 대비에 이용되고, 화석에 의한 대비는 가까운 거리뿐만 아니라 멀리 떨어져 있는 지층의 대비에도 이용된다.

오답 피하기

지층이나 암석의 시간적인 선후 관계를 밝히는 것을 지층의 대비라고 한다. 지층의 대비에서 암석의 종류나 퇴적 구조 등을 이용하는 방법은 암상에 의한 대비이며, 표준 화석을 이용하는 방법은 화석에 의한 대비이다.

02 건층은 다른 지층과 뚜렷하게 구분되는 특징이 있어 지층 대비의 기준이 되는 층이다. 건층은 짧은 시간에 넓은 지역에 퇴적된 석탄층이나 응회암층이 주로 이용된다.

03 ④ 생존 기간이 긴 화석은 화석이 포함된 지층의 생성 시기를 정확하게 알 수 없기 때문에 지층의 대비에 적합하지 않다. 지층의 대비에 이용되는 화석은 생존 기간이 비교적 짧은 표준 화석이 주로 이용된다.

오답 피하기

절대 연령은 방사성 동위 원소를 이용하여 구한 암석이나 지층의 생성 시기를 수치로 나타낸 것이다. 상대 연령은 암상이나 화석을 이용하여 알아낸 상대적인 생성 순서이다. 암상에 의한 대비는 비교적 가까운 거리의 지층 대비에 이용되고, 화석에 의한 대비는 가까운 거리뿐만 아니라 멀리 떨어져 있는 지층의 대비에도 이용된다.

04 ② 지층의 대비에 이용되는 건층은 비교적 짧은 시간 동안 넓은 지역에 퇴적된 지층일수록 유리하며 대표적으로 석탄층이나 응회암층이 이용된다.

오답 피하기

①, ④ 이 지역의 지층은 역전되지 않았으므로, 아래에 있는 지층이 위에 있는 지층보다 먼저 생성된 것이다. 따라서 아래에 위치한 사암층 B의 절대 연령이 더 많고 위에 위치한 사암층 A가 가장 나중에 형성되었다.

③ 지층 대비에 기준이 되는 지층은 건층이다. 석회암층은 건층으로 이용되지 않는다.

⑤ 방사성 동위 원소를 이용한 절대 연령의 측정은 주로 화성암에서 이용된다. 셰일과 같은 퇴적암은 생성 시기가 다양한 입자들이 모여서 암석을 이루고 있으므로 방사성 동위 원소를 이용하더라도 암석의 정확한 생성 시기를 알기 어렵다.

05 ④ (다)에서 모원소는 최초의 25 %로 감소했으므로 반감기가 2번 지난 후의 모습이다.

오답 피하기

① (가)에서는 모원소만 존재하고 (나)에서는 모원소와 자원소의 개수비가 1:1, (다)에서는 모원소와 자원소의 개수비가 1:3이다. 따라서 모원소의 개수가 감소한 (가) → (나) → (다) 순으로 붕괴가 진행되었다.

② (나)에서 모원소와 자원소의 개수는 16개로 같다.

③ (나)는 반감기가 1번 지난 후의 상태이고, (다)는 반감기가 2번 지난 후의 상태이다. 따라서 (가) → (나)의 시간 간격과 (나) → (다)의 시간 간격은 모원소의 반감기에 해당하므로 서로 같다.

⑤ (다)에서 모원소와 자원소의 개수비가 1:3이므로 모원소는 최초의 25 %로 감소했다.

06 ② 반감기는 화학 변화를 포함한 다른 외부 요인의 영향으로 변하지 않는다.

오답 피하기

①, ③ 반감기는 시간이나 온도의 변화와 같은 물리적인 외부 요인에 상관없이 일정하다.

④ 반감기는 방사성 동위 원소마다 다르다.

⑤ 반감기가 1번 지나면 모원소와 자원소의 양이 동일(1:1)해지며, 반감기가 2번 지나면 모원소와 자원소의 비율이 1:3으로 된다.

07 암석 속에 모원소와 자원소의 비율은 1:7이다. 따라서 남아 있는 모원소는 처음 양의 $\frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^3$ 이므로 암석 생성 후 반감기는 3번 지났다.

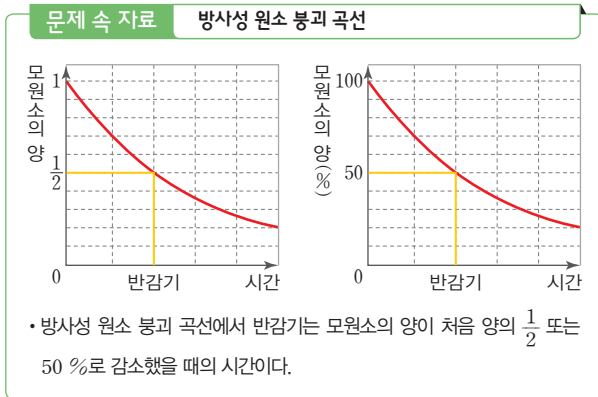
08 ① 퇴적암은 여러 시기에 생성된 퇴적물들이 혼합되어 생성되기 때문에 방사성 동위 원소를 이용하여 암석의 절대 연령을 측정하는 방법에 적합하지 않다.

오답 피하기

방사성 동위 원소의 반감기와 모원소·자원소의 비율을 측정하면 암석의 정확한 생성 시기를 알 수 있다. 이때 암석의 대략적인 생성 시기에 비해 너무 길거나 너무 짧지 않은 반감기를 가지고 있는 동위 원소를 이용하여야 비교적 좁은 시간 범위 내에서 암석의 절대 연령을 알 수 있다. 반감기는 온도 변화와 같은 외부적 요인의 영향으로 변하지 않는다.

09 지질 단면도에서 지층 B가 퇴적된 이후에 지층이 습곡 작용을 받았고 이후에 C가 관입하였다. C 위에 기저 역암이 존재하는 것으로 보아 용기, 침식, 침강이 일어났고 A가 퇴적되었다.

- 10 방사성 동위 원소의 반감기는 방사성 원소의 붕괴 곡선으로 알 수 있다. 방사성 원소 X의 반감기는 모원소의 양이 50 %일 때의 시간인 2억 년이다.



- 11 화성암 C에 방사성 원소 X가 25 %, 자원소가 75 % 있으므로 모원소의 양이 처음 양의 $\frac{1}{4} = \left(\frac{1}{2}\right)^2$ 이다. 따라서 반감기가 2번 지났고, 방사성 원소 X의 반감기가 2억 년이므로 화성암 C의 절대 연령은 4억 년이다.

내신 만점 문제

p. 75 ~ 77

- 01 ① 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ① 05 ② 06 ③
07 ④ 08 ④ 09 ② 10 ③ 11~13 해설 참조

- 01 ㄱ. 표준 화석을 통해 (가)에서 A, B와 (나)에서 각각 a, d가 같은 시기에 생성된 지층임을 알 수 있다. (나)에서 b, c가 퇴적되는 동안 (가)에서는 퇴적이 일어나지 않았다. (가)에서 이 기간 동안 퇴적이 중단된 후 B가 나중에 퇴적되었다. 따라서 A와 B는 부정합 관계이다.

오답 피하기

- ㄴ. (가)의 B와 (나)의 d가 같은 시기에 퇴적된 지층이므로, B는 d 아래에 있는 c보다 나중에 퇴적되었다.
ㄷ. (가)와 (나)에서 최상층과 최하층에서 산출되는 화석이 각각 같기 때문에 두 지층의 생성 시기가 같다. 따라서 두 지역의 지층이 모두 퇴적되는 데 걸린 시간은 거의 같다.

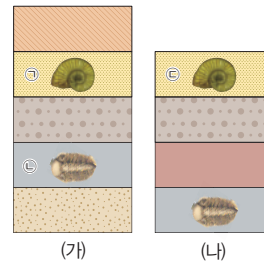
- 02 ㄱ. 이 지역의 지층을 표준 화석을 이용해서 대비해 보면 화석이 산출되는 순서는 $\blacklozenge \rightarrow \square \rightarrow \blacktriangledown \rightarrow \bullet \rightarrow \blacktriangle \rightarrow \star$ 이다. 따라서 가장 오래된 표준 화석은 \blacklozenge 이다.
ㄴ. (다) 지역에서는 가장 오래된 화석과 가장 최근의 화석이 모두 산출되므로 퇴적된 기간이 가장 길다.
ㄷ. \square 화석이 (가)와 (나)의 지층에서 산출되지만 (다)에서는 발견되지 않는 것으로 보아 이 시기에 (다) 지역은 융기로 인해 수면 위로 노출된 적이 있었을 것이다.

- 03 ㄱ. 지층 ㉠과 ㉡에서 발견되는 화석은 암모나이트로 중생대의 대표적인 표준 화석이다. 따라서 두 지층은 같은 지질 시대에 퇴적되었다.

ㄴ. (가)에서 ㉠과 ㉡ 사이에 퇴적된 지층은 1개로, (나)의 동일한 시기의 지층과 비교했을 때 지층의 개수가 적다. 따라서 (나)에는 존재하지만 (가)에는 존재하지 않은 지층이 퇴적될 때 (가)에서는 퇴적이 중단되었다.

ㄷ. 화석에 의한 대비를 통해 (가)에서 (나)보다 더 오래된 지층이 1개, 최근에 퇴적된 지층이 1개 더 있음을 알 수 있다. 따라서 (가)가 (나)보다 퇴적 기간이 길다.

문제 속 자료 화석에 의한 지층 대비



- 같은 화석이 발견되는 지층은 같은 시기에 퇴적된 지층이다.
- (가)에서는 (나)에서 나타나는 지층이 없으므로 부정합이 있다.
- (가)의 최상층과 최하층은 (나)에서 나타나지 않는다. 따라서 (나)의 퇴적 기간이 (가)보다 짧다.

- 04 ㄱ. 남아 있는 모원소의 양이 처음 양의 50 %가 될 때까지 걸린 시간이 반감기이므로 이 방사성 동위 원소의 반감기는 5700년이다.

오답 피하기

- ㄴ. 반감기가 약 5700년으로 매우 짧은 방사성 동위 원소는 ^{14}C 이다. ^{14}C 는 붕괴하여 ^{14}N 로 바뀐다. 남으로 바뀌는 방사성 원소는 우라늄과 토륨이다.
ㄷ. ^{14}C 는 반감기가 매우 짧은 원소이므로 비교적 가까운 지질 시대의 절대 연령 측정에 유리하다.

- 05 ㄷ. 시간이 지남에 따라 모원소가 붕괴하여 자원소로 바뀌므로 모원소 A의 양은 감소하고, 자원소 B의 양은 증가한다. 따라서 $\frac{\text{붕괴로 생성된 B의 양}}{\text{남아 있는 A의 양}}$ 의 값은 커진다.

오답 피하기

ㄱ. 시간이 지남에 따라 붕괴하는 모원소는 감소하고 생성되는 자원소는 증가한다. 따라서 ㉠은 자원소 B, ㉡은 모원소 A의 양이다.

ㄴ. 시간이 T만큼 지났을 때 남아 있는 모원소 A의 양이 25 %이므로 반감기가 두 번 지났다. 따라서 방사성 동위 원소 A의 반감기는 $\frac{T}{2}$ 이다.

- 06 ㄱ. 지질 단면도에서 나타난 지질학적 사건은 C 퇴적 \rightarrow Q 관입 \rightarrow 융기 \rightarrow 침식 \rightarrow 침강 \rightarrow B 퇴적(부정합) \rightarrow A 퇴적 \rightarrow P 관입이다. 따라서 가장 오래된 지층은 C이다.

ㄷ. 지층 B와 C 사이에는 기저 역암이 존재하므로 두 지층의 관계는 부정합이다. 따라서 지층 B가 퇴적된 시기와 지층 C가 퇴적된 시기 사이에 지층이 융기하여 퇴적이 중단된 시기가 있었다.

오답 피하기

ㄴ. 방사성 원소 X의 붕괴 곡선을 통해 반감기가 7억 년임을 알 수 있다. 모원소 양이 처음의 $\frac{1}{4}$ 이 있는 Q는 반감기를 2번 지났고, 모원소 양이 처음의 $\frac{1}{2}$ 이 있는 P는 반감기를 1번 지났다. 따라서 Q의 절대 연령은 14억 년, P의 절대 연령은 7억 년이다. P와 Q 사이에 퇴적된 A와 B는 14억 년 전과 7억 년 전 사이에 퇴적되었다.

- 07** ㄴ. 반감기는 방사성 동위 원소의 붕괴 곡선에서 남아 있는 모원소의 양이 50 %일 때의 시간이므로 A~D의 반감기는 각각 5백만 년, 천만 년, 2천만 년, 3천만 년이다. 따라서 붕괴 속도는 반감기가 짧은 C가 D보다 빠르다.

ㄷ. A의 반감기가 5백만 년이므로 절대 연령이 5천만 년인 화성암은 10번의 반감기가 지났다. 따라서 남아 있는 A의 양은 처음 양의 $0.5^{10} \times 100$ %이므로 약 0.1 %이다.

오답 피하기

ㄱ. A의 반감기가 5백만 년이고 B의 반감기가 천만 년이므로 반감기는 A가 B보다 짧다.

문제 속 자료 방사성 붕괴에 따른 반감기와 남아 있는 모원소의 양

반감기	암석에 분포하는 모원소와 자원소의 비	처음 양에 비해 현재의 암석에 남아 있는 모원소의 양
T	1:1	$\left(\frac{1}{2}\right)^1 = \frac{1}{2}$ (50 %)
2T	1:3	$\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$ (25 %)
3T	1:7	$\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$ (12.5 %)
4T	1:15	$\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16}$ (6.25 %)
5T	1:31	$\left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{1}{32}$ (3.125 %)
6T	1:63	$\left(\frac{1}{2}\right)^6 = \frac{1}{64}$ (1.5625 %)

- 08** ㄴ. 반감기는 B가 D보다 짧다. 암석의 나이가 많을수록 반감기가 긴 방사성 동위 원소를 이용하는 것이 절대 연령을 구하는 과정에 유리하다. 반대로 나이가 적은 암석은 반감기가 짧은 동위 원소를 이용하는 것이 유리하다.

ㄷ. D는 반감기가 3천만 년, B의 반감기는 천만 년이다. 두 방사성 동위 원소의 반감기보다 긴 4천만 년이 지났을 때 남아 있는 B와 D의 양은 처음 양의 50 %보다 적다.

오답 피하기

ㄱ. B는 D보다 반감기가 짧아 붕괴 속도가 빠르다. 따라서 같은 양의 B와 D가 포함된 암석에서는 시간이 지남에 따라 항상 B의 양이 D의 양보다 적다.

- 09** ㄴ. 이 지역에 나타나는 부정합면은 X와 Y이다. 부정합면이 생성되는 과정에서는 융기가 일어나므로 이 지역은 최소 2회의 융기가 있었다.

오답 피하기

ㄱ. 화성암 C와 접촉하고 있는 주위의 모든 암석에서 변성 작용을 받은 부분이 나타난다. 따라서 마그마가 지층을 관입하고 화성암 C가 생성되었다.

ㄷ. ㉠은 마그마가 관입할 때 주변 지층의 암석 부스러기들이 떨어져 나와 마그마와 함께 굳어진 포획암이다. 화성암 E는 화성암 C가 생성된 이후에 생성되었으므로, ㉠은 화성암 E의 성분을 가진 암석으로 이루어질 수 없다. ㉠은 B 또는 D와 같은 암석이다.

- 10** ㄱ. 그래프에서 방사성 동위 원소 Z의 반감기는 남아 있는 모원소의 양이 50 %일 때인 4500만 년이다. 화성암 C는 모원소의 양이 처음 양의 $\frac{1}{16} = \left(\frac{1}{2}\right)^4$ 이 남아 있으므로 반감기가 4번 지났고 절대 연령은 1억 8000만 년이다. 화성암 E는 모원소의 양이 처음 양의 $\frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^3$ 이 남아 있으므로 반감기가 3번 지났고 절대 연령은 1억 3500만 년이다. 따라서 두 화성암이 생성된 시기의 차이는 약 4500만 년이다. 부정합 Y는 화성암 C보다 먼저 형성되었고 부정합 X는 화성암 E보다 나중에 형성되었으므로, 부정합 X와 부정합 Y의 생성 시간 차이는 4000만 년보다 길다.

ㄷ. 지층 D에서 화성암 C와 맞닿아 있는 부분이 변성 작용을 받았으므로 지층 D는 화성암 C보다 먼저 생성되었다. 따라서 지층 D의 절대 연령은 화성암 C의 절대 연령인 1억 8000만 년보다 많다.

오답 피하기

ㄴ. 화성암 C의 절대 연령은 1억 8000만 년이고, 화성암 E의 절대 연령은 1억 3500만 년이므로 암석의 절대 연령은 C가 E보다 2배 많지는 않다.

- 11** 세 지역에서 나타나는 모든 지층을 지층 대비를 통해 순서를 파악하고 각 지역에서 나타나는 절층을 통해 부정합면을 파악할 수 있다.

[모범 답안] (1) F—E—D—C—A—B

(2) 2개, B와 C 사이에 A가 존재하지 않고, C와 E 사이에 D가 존재하지 않으므로 두 층의 경계는 각각 부정합면이다.

채점 기준		배점
(1)	모범 답안과 같이 나열한 경우	40%
(2)	부정합면의 개수와 위치를 모두 옳게 서술한 경우	60%
	부정합면의 개수만 옳게 쓰고, 위치는 서술하지 못한 경우	30%

- 12 [모범 답안]** 모원소와 자원소의 비율이 1:3이면 반감기가 두 번 지났으므로 화성암의 생성 시기는 ^{40}K 의 반감기의 두 배인 약 26억 년 전이다.

채점 기준		배점
반감기가 지난 횟수와 화성암의 절대 연령을 모두 옳게 서술한 경우		100%
반감기가 지난 횟수와 화성암의 절대 연령 중 한 가지만 옳게 서술한 경우		50%

- 13 [서술형 Tip]** 두 원소의 양을 구분하여 처음 양에 대비하여 얼마나 감소했는지 확인한다.

[모범 답안] X는 반감기가 4번 지났고, Y는 반감기가 2번 지났으므로 X는 처음 양의 $\frac{1}{16}$ 이, Y는 처음 양의 $\frac{1}{4}$ 이 남아 있다. 처음 두 원소가 같은 양이 포함되어 있었으므로 4억 년이 지난 후 X의 양이 Y의 양보다 적게 남아 있다.

채점 기준		배점
방사성 동위 원소 X와 Y가 반감기를 지난 횟수를 포함해 남아 있는 모원소의 양을 옳게 비교하여 서술한 경우		100%
방사성 동위 원소 X와 Y가 반감기를 지난 횟수는 옳게 적었지만 남아 있는 모원소의 양을 옳지 않게 서술한 경우		50%

05 | 지질 시대의 환경과 생물



탐구 대표 문제

p. 80

01 ②

- 01 ②** 기온이 높으면 수온이 높아져 상대적으로 무거운 ^{18}O 로 구성된 물 분자의 증발이 활발해지지만, 수온이 낮아지면 ^{18}O 로 구성된 물 분자는 ^{16}O 로 구성된 물 분자보다 증발이 잘 일어나지 않는다.

오답 피하기

빙하에 포함된 공기를 분석하여 당시의 대기 조성을 알 수 있으며 탄소 방사성 동위 원소의 반감기를 이용하여 석순의 생성 시기를 알 수 있다. 꽃가루 화석은 당시 서식했던 식물의 종류를 알려주며 나무의 생장이 활발할수록 나이테의 간격은 넓어진다.



기초 탐구 문제

p. 83

01 ① 02 ④ 03 ② 04 ④ 05 ④ 06 ③

- 01 ①** 화석은 퇴적물에 생물의 유해나 활동 흔적이 남아 있는 것이므로 퇴적암에서 발견된다. 마그마의 냉각에 의해 생성된 화성암이나 암석이 열과 압력을 받아 변성되어 생성된 변성암에서는 거의 발견되지 않는다.

오답 피하기

생물의 유해뿐만 아니라 활동 흔적도 화석에 포함된다. 생물체의 단단한 부분이 지층에 빨리 매몰되어 형태가 잘 유지될수록 화석이 생성될 가능성이 높다.

- 02 ④** 지진파를 조사하면 매질에 따른 지진파의 속도 차이로 지구 내부의 구조 등을 알아낼 수 있다.

오답 피하기

나무의 나이테, 꽃가루 화석, 빙하 및 빙하 속의 공기 방울, 화석 등을 분석하면 과거의 기온, 강수량, 서식 생물 등 지구의 환경 변화를 알 수 있다.

- 03** 지질 시대를 구분하는 기준이 되는 표준 화석은 생존 기간이 짧고 분포 면적이 넓은 생물일수록 적합하다. 삼엽충은 고생대의 표준 화석이고, 화폐석은 신생대의 대표적인 표준 화석이다. 고사리와 산호 화석은 지층 형성 당시의 환경을 알 수 있는 대표적인 시상 화석이다.

문제 속 자료 시상 화석

화석	퇴적 환경
고사리	따뜻하고 습한 육지 환경
산호	수심이 얕고 따뜻한 해양 환경

- 04** 지질 시대의 길이가 가장 긴 D 시기는 선캄브리아 시대이다. 현생 누대에서는 고생대(A)의 길이가 가장 길고 중생대(B), 신생대(C)로 갈수록 그 길이가 짧아진다. 최초의 광합성 생명체가 출현한 시기(㉠)는 선캄브리아 시대인 D이며, 최초의 육상 식물이 출현한 시기(㉡)는 고생대인 A이다.

- 05 ④** 판게아는 대륙들이 하나로 모여 형성한 초대륙으로 고생대 말기인 페름기에 형성되었다.

오답 피하기

선캄브리아 시대는 고생대의 시작인 캄브리아기 이전의 시기로, 시생 누대와 원생 누대로 구분한다. 최초의 생명체가 출현한 시기이며 여러 종류의 다세포 동물 화석인 에디아카라 동물 군 화석이 형성된 시기이다.

06 ③ 최초의 어류는 고생대에 출현하였다.

오답 피하기

시조새의 출현은 중생대이며, 속씨식물은 중생대에 출현하여 신생대에 번성하였다. 필석은 고생대 초의 대표적인 표준 화석이다. 남세균은 최초의 광합성 생명체로 선캄브리아 시대에 출현하였다.

내신 만점 문제

p. 84 ~ 87

- 01 ② 02 ① 03 ② 04 ③ 05 ③ 06 ②
07 ② 08 ① 09 ④ 10 ⑤ 11 ④ 12 ④
13 ③ 14 ② 15~17 해설 참조



01 (가)의 화폐석, (나)의 삼엽충, (다)의 암모나이트는 각각 신생대, 고생대, 중생대의 표준 화석이다.

ㄷ. 화폐석, 삼엽충, 암모나이트 세 생물 모두 바다에서 서식한 해양 생물이다. 해양 생물의 화석은 바다에서 퇴적된 지층에서 발견된다.

오답 피하기

ㄱ. (가)의 화폐석은 신생대의 표준 화석이므로 고생대의 표준 화석인 (나)의 삼엽충보다 나중에 출현하였다.

ㄴ. 화폐석, 삼엽충, 암모나이트 세 생물 모두 지질 시대를 구분할 수 있는 표준 화석이다.

02 ㄱ. 지층 A는 삼엽충 화석이 발견되므로 고생대 바다 환경에서 퇴적된 지층이다. 지층 B는 공룡알 화석이 발견되므로 중생대 육지 환경에서 퇴적된 지층이다. 따라서 지층 A가 지층 B보다 먼저 생성되었다.

오답 피하기

ㄴ. 양치식물은 고생대에 출현하여 번성하였으므로 삼엽충과 같은 시기에 생존하였다. 양치식물은 육지에서 서식한 육상 식물이므로 바다에서 퇴적된 지층 A에서는 양치식물 화석이 발견될 수 없다.

ㄷ. 공룡이 번성했던 중생대는 온난한 기후가 지속되었으며 빙하기가 없었다.

03 ㄷ. 생존 기간이 짧고 분포 면적이 넓은 A는 표준 화석이다. 생존 기간이 길고 환경 변화에 민감하여 분포 면적이 좁은 B는 시상 화석이다. 시상 화석은 지층의 퇴적 환경 추정에 적합하고, 지층의 대비에는 표준 화석이 더 적합하다.

오답 피하기

ㄱ. A는 표준 화석, B는 시상 화석이다.

ㄴ. B의 예로는 고사리나 산호 등이 있다.

04 ㄱ. 빙하 속 공기 방울을 분석하면 빙하 형성 당시의 대기 조성을 알 수 있다.

ㄴ. 높은 수온에서 산호의 성장 속도가 빠르다. 산호의 성장률을 분석하면 산호 생존 당시의 수온 변화 경향을 알아낼 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. 시상 화석을 이용하면 지질 시대 생물이 살았던 기후와 환경을 유추할 수 있다.

05 ㄱ. 기온이 높을수록 수온이 높아지며, 수온이 높아질수록 해수에서 증발한 수증기의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)가 높아진다. 따라서 대기 중의 수증기가 응결하여 내리는 눈의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)도 높아진다.

ㄷ. 눈의 산소 동위 원소비는 기온이 높을수록 높아지므로 여름인 8월이 겨울인 12월보다 산소 동위 원소비가 높을 것이다.

오답 피하기

ㄴ. 해수에서 증발한 수증기가 응결하여 눈의 형태로 내린다. 해수에서 증발한 수증기의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)가 높을수록 내리는 눈의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)도 높아진다.

06 ㄷ. (나)는 흩어져 있던 대륙들이 하나로 모여 초대륙인 판게아가 형성된 고생대 말의 수륙 분포이다. (가)는 판게아가 분리되고 있는 모습으로 중생대의 수륙 분포이고, (다)는 흩어진 대륙들이 현재와 비슷한 분포를 보이는 신생대의 수륙 분포이다. 히말라야산맥은 신생대에 인도 대륙이 북쪽으로 이동해 유라시아 대륙과 충돌하여 형성되었다.

오답 피하기

ㄱ. 수륙 분포는 (나) → (가) → (다) 순으로 변화하였다.

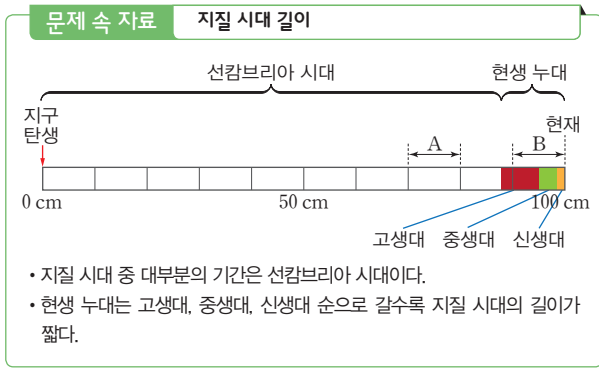
ㄴ. 삼엽충의 멸종은 고생대 말에 일어났으며 이 시기에는 판게아가 형성되었으므로 당시 수륙 분포는 (나)이다.

07 ㄷ. 지구 나이인 46억 년을 100 cm라고 했을 때, 약 5억 4100만 년 전인 고생대의 시작은 약 88.2 cm, 약 2억 5200만 년 전인 중생대의 시작은 약 94.5 cm, 약 6600만 년 전인 신생대의 시작은 약 98.6 cm이다. B 시기에는 고생대 중엽부터 중생대, 신생대가 포함되므로 삼엽충과 공룡, 매머드가 차례대로 번성하였다.

오답 피하기

ㄱ. 해양 무척추동물은 고생대 초에 번성하였으므로 이 시기는 A 시기 이후인 약 90 cm 부근에 해당한다.

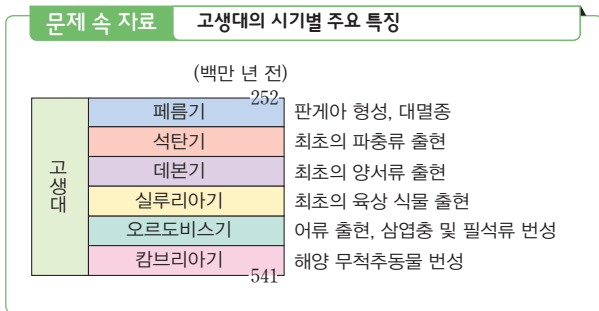
ㄴ. A 시기는 선캄브리아 시대이다. 오존층이 형성되어 생물체가 육상으로 진출할 수 있었던 시기는 고생대이다.



- 08 ㄱ. 고생대는 약 5억 4100만 년 전 캄브리아기를 시작으로 약 2억 5200만 년 전 페름기까지의 기간이다. 고생대 말기의 석탄기와 페름기에는 빙하기가 있었다.

오답 피하기

- ㄴ. 오존층의 형성으로 고생대 중기인 실루리아기에 육상 식물이 출현하였다.
- ㄷ. 고생대에는 오르도비스기 말, 데본기 말, 페름기 말에 총 세 번의 대멸종이 일어났다.



- 09 ㄴ. A 기간은 지구 탄생부터 삼엽충이 출현하기 이전까지의 기간으로 대부분 선캄브리아 시대이다. 따라서 A 기간 중 남세균의 광합성으로 대기 중 산소 농도가 증가하였다.

- ㄷ. 오존층이 형성되면서 해양에서만 서식했던 생물들이 육상까지 서식지를 확장하였다. 따라서 육상 식물의 출현 이전인 B 시기에 오존층이 형성되었다.

오답 피하기

- ㄱ. A는 지구 탄생부터 선캄브리아 시대를 포함한 고생대 초까지의 기간이며, C는 고생대부터 신생대 중엽까지이다. 현생 누대가 선캄브리아 시대보다 짧으므로 A가 C보다 길다.

- 10 ㄱ. 매머드가 번성한 시기인 A는 신생대이다.

- ㄴ. 최초의 육상 식물은 고생대 중기에 출현하였으므로 B는 고생대이다. 판게아는 중생대 트라이아스기에 분리되기 시작하였으므로 C는 중생대이며, D는 선캄브리아 시대이다. 겉씨식물은 고생대에 출현하여 중생대에 번성하였으므로, B인 고생대와 C인 중생대 지층에서는 겉씨식물 화석이 발견될 수 있다.
- ㄷ. 지질 시대의 길이는 선캄브리아 시대인 D가 가장 길다.

- 11 ㄴ, ㄷ. 속씨식물과 대형 포유류가 번성한 시기는 신생대이다. 신생대에 영장류가 출현하였으며 화폐석은 매머드와 함께 신생대를 대표하는 표준 화석이다.

오답 피하기

- ㄱ. 지질 시대의 길이는 선캄브리아 시대가 가장 길며 현생 누대 중 고생대의 길이가 가장 길고 중생대, 신생대로 갈수록 지질 시대의 구분이 세분화되면서 그 길이가 짧아진다.

- 12 지질 시대 동안 동물은 무척추동물 → 어류 → 양서류 → 파충류 → 포유류 순으로 출현하였으며, 식물은 양치식물 → 겉씨식물 → 속씨식물 순으로 출현하였다.

- ㄴ, ㄷ. 양서류는 고생대에 출현하여 현재까지 서식하고 있으며, 속씨식물은 중생대에 출현하여 현재까지 서식하고 있으므로 모두 중생대 지층에서 화석으로 발견될 수 있다.

오답 피하기

- ㄱ. ①은 무척추동물과 양서류 사이에 출현하였으므로 어류이다. 파충류는 양서류보다 나중에 출현했다.

- 13 ㄱ. 고생대 초기는 대체로 온난했으나 고생대 말기의 석탄기와 페름기에는 빙하기가 있었다. 따라서 고생대 초기보다 말기의 지층에서 빙하 퇴적물이 많이 발견된다.

- ㄷ. 신생대 초기는 온난했으나 후기로 가면서 기온이 하강하여 빙하기와 간빙기가 반복적으로 나타났다.

오답 피하기

- ㄴ. 중생대는 온난한 기후가 지속되었으며 빙하기가 없었다.

- 14 ㄴ. 지질 시대 동안 대멸종은 다섯 차례 일어났으며, 고생대에 세 번, 중생대에 두 번 일어났다. 고생대 말인 C, 중생대 말인 E 시기에는 대(代) 단위의 지질 시대를 구분하는 경계가 될 정도로 대규모의 멸종이 일어났다.

오답 피하기

- ㄱ, ㄷ. 삼엽충은 고생대 말인 C 시기에 멸종하였고, 이 시기에 판게아가 형성되었다.

- 15 표준 화석을 통해 화석이 발견되는 지층의 생성 시기를 알 수 있고, 시상 화석을 통해 화석이 발견되는 지층의 생성 당시 퇴적 환경을 알 수 있다.

- [모범 답안] (1) A 지역의 석회암층은 암모나이트 화석이 발견되는 것으로 보아 중생대에 퇴적되었으며, 산호 화석이 발견되는 것으로 보아 따뜻하고 얕은 바다 환경에서 퇴적되었을 것이다.
- (2) B 지역의 셰일층에서는 삼엽충과 완족류 화석이 발견되므로 이 지역의 지층은 고생대 해양 환경에서 퇴적되었다. C 지역의 셰일층에서는 공룡알 화석이 발견되므로 이 지역의 지층은 중생대 육상 환경에서 퇴적되었다.

채점 기준		배점
(1)	각각의 화석을 통해 A 지역 지층의 생성 시기와 퇴적 환경을 모두 옳게 서술한 경우	50%
	화석을 이용하여 A 지역의 생성 시기와 퇴적 환경 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	25 %
(2)	화석을 이용하여 두 지역의 지층 생성 시기가 다르다는 사실을 서술한 경우	50%
	두 지역에서 발견되는 화석의 차이만 서술한 경우	25 %

- 16 [서술형 Tip]** 선캄브리아 시대는 지구 탄생부터 시작되었으며 가장 오래 된 지질 시대라는 점을 생각한다.

[모범 답안] 선캄브리아 시대는 오랜 시간 동안 지층이 심한 지각 변동을 많이 받았으며, 지층에 남아 있는 화석이 거의 없기 때문이다.

채점 기준		배점
모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우		100%
선캄브리아 시대의 시간적 특징, 지각 변동의 정도 중 한 가지만 포함하여 서술한 경우		50%

- 17** 지질 시대 중 대멸종은 다섯 차례 발생하였다. 고생대에 세 번의 대멸종이 있었고, 중생대에 두 번의 대멸종이 있었다.

[모범 답안] 고생대와 중생대를 구분하는 대멸종이 페름기 말에 발생하였으며 중생대와 신생대를 구분하는 대멸종이 백악기 말에 발생하였다.

채점 기준		배점
대멸종이 일어난 지질 시대(기)와 구분하는 지질 시대를 옳게 서술한 경우		100%
대멸종이 일어난 지질 시대를 대 수준에서만 서술하고 구분하는 지질 시대만 서술한 경우		50%

단원 마무리하기

p. 90 ~ 93



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

- 01** ㄱ. (가) → (나) 과정에서 퇴적물의 무게로 압축이 일어나 공극이 감소한다.

ㄴ. (나) → (다) 과정에서 공극이 규산염 광물, 산화 철, 탄산 칼슘으로 채워지므로 밀도가 증가한다.

ㄷ. 퇴적물이 쌓인 후 퇴적암으로 되기까지 일어나는 모든 과정이 속성 작용이므로 (가), (나), (다)는 모두 속성 작용 과정에 포함된다.

- 02** (가)는 건열, (나)는 점이 층리, (다)는 사층리이다. 퇴적 당시 물이 흘렀던 방향이나 바람의 방향을 알 수 있는 것은 사층리이다. (가)~(다) 모두 퇴적 구조를 통해 지층의 상하 역전을 판단할 수 있다. (나)의 점이 층리 단면에서 입자가 큰 퇴적물이 위에 있으며 아래로 갈수록 입자가 작아지므로 이 지층은 역전되었다.

오답 피하기

사층리는 층리가 아래쪽으로 오목한 상태, 건열은 벌어진 틈이 위로 갈수록 벌어진 상태인 경우 역전되지 않은 지층이다. 따라서 (가)와 (다)는 정상층이다.

- 03** 퇴적 당시의 환경에 따라 다양한 퇴적 구조의 특징이 나타난다. 점이 층리, 사층리, 연흔, 건열 등은 지층의 역전을 판단하는 기준이 된다.

ㄱ. A층에서 지층 표면이 갈라진 모습이 관찰되므로 건열이 나타난다. A층은 퇴적되는 동안 건조한 대기에 노출된 시기가 있었다.

ㄴ. B층은 층리가 기울어져 있는 사층리로, 층리의 오목한 부분을 통해 지층의 상하 판단을 할 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. C층은 분급이 불량한 상태로 퇴적물이 쌓여 있다. C층에서 크기에 따라 퇴적물들이 층을 이루고 있는 점이 층리가 관찰되지 않는다.

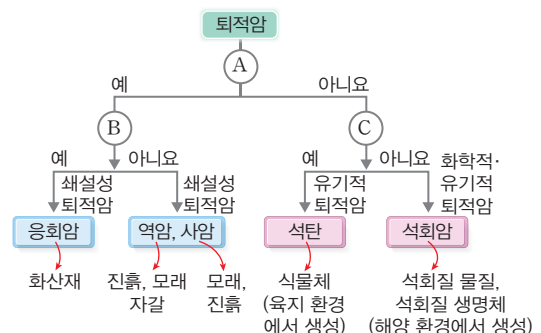
- 04** ㄱ. A에서 응회암, 역암, 사암을 석탄, 석회암과 구분하므로 쇄설성 퇴적암과 관련된 질문이 들어갈 수 있다.

ㄴ. 응회암은 화산재가 퇴적되어 생성된 퇴적암이고, 역암과 사암은 암석의 풍화·침식으로 생성된 쇄설물이 쌓여 생성된 퇴적암이다. 따라서 암석을 구성하는 퇴적물의 종류로 퇴적암을 구분할 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. 속성 작용은 모든 퇴적암이 퇴적물에서 암석으로 형성될 때 받는 작용이다. 석탄과 석회암은 생성 환경 관련 질문으로 구분할 수 있다. 석탄은 육지 환경에서 생성되고, 석회암은 해양 환경에서 생성된다.

문제 속 자료 퇴적암의 분류



05 A는 사막, B는 삼각주에 대한 설명이다.

ㄱ. 사막에서 강한 바람으로 사층리가 형성되면 바람의 방향을 알 수 있다.

ㄴ. 삼각주는 강의 하구와 바다가 만나는 곳으로 유속이 점차 느려지면서 퇴적물 알갱이의 크기가 위로 갈수록 커진다.

오답 피하기

ㄷ. 대륙붕은 퇴적 환경 중 해양 환경이다. 삼각주는 퇴적 환경 중 연안 환경이다.

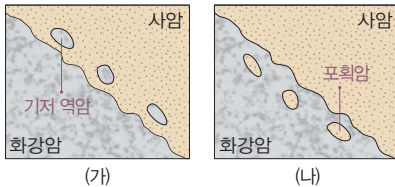
06 ㄴ. (나) 지역은 화강암 속에 사암 조각이 들어 있다. 사암이 퇴적된 후 화강암이 관입하면서 사암 조각 중 일부가 화강암 속에 포획되었다.

오답 피하기

ㄱ. (가) 지역은 사암 속에 화강암 조각이 들어 있으므로 이 지역은 화강암이 형성되고 그 위에 사암이 침식 작용을 받아 생긴 화강암 조각과 함께 퇴적되었다. 화강암은 심성암이므로 용암이 지표로 분출하여 생성된 것이 아니다.

ㄷ. 사암에 마그마의 열로 변성 작용이 일어날 수 있는 곳은 사암층 형성 이후 마그마의 관입이 일어난 (나) 지역이다.

문제 속 자료 기저 역암과 포획암



- 기저 역암: 용기된 지층이 침식 작용을 받아 지층의 일부 암석이 떨어져 나옴 지층 침강 후 떨어져 나온 암석이 새롭게 쌓이는 퇴적물과 함께 퇴적된다.
- 포획암: 마그마의 관입이 일어날 때 기존 지층의 암석 일부가 떨어져 나옴 마그마에 포획되어 함께 굳어진다.

07 ㄱ. (가)는 습곡으로, 습곡에서 A는 지층이 아래로 휘어진 향사이다.

ㄴ. (나)는 횡압력을 받아 상반이 위로 올라간 역단층이다.

오답 피하기

ㄷ. 습곡과 역단층은 횡압력을 받아 형성된 지질 구조이다. 횡압력은 판의 수렴형 경계에서 작용하므로 (가)와 (나)는 판의 발산형 경계에서 나타나지 않는다. 판의 발산형 경계에서는 장력이 작용하기 때문에 정단층이 잘 형성된다.

08 ㄱ. A는 지층이 해수면 위로 드러나는 융기의 과정이고, B는 지층이 해수면 아래로 가라앉는 침강의 과정이다.

ㄴ. 지반이 융기하여 지표에 노출되면 침식 작용이 일어나고, 퇴적 작용은 중단된다. 따라서 A와 B 사이에 퇴적이 중단되는 현상이 나타난다.

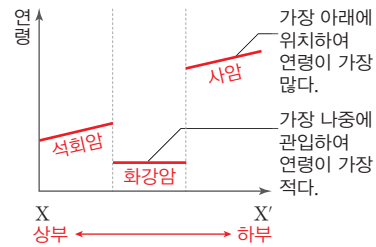
ㄷ. (가)는 부정합면을 경계로 상층과 하층의 층리가 경사져 있는 경사 부정합이고, (나)는 부정합면을 경계로 상층과 하층의 층리가 나란한 평행 부정합이다.

09 ㄱ. 이 지역에서 지층의 역전이 없었으므로 지층 누층의 법칙에 따라 아래에 있는 사암이 위에 있는 석회암보다 먼저 퇴적되었다.

ㄴ. 화강암은 석회암, 셰일, 사암을 관입하고 있으므로 관입의 법칙을 이용하여 상대 연령을 알 수 있다. 관입한 화강암은 관입당한 석회암, 셰일, 사암보다 나중에 생성되었다.

ㄷ. 이 지층에서 암석은 사암 → 셰일 → 석회암 → 화강암 순으로 생성되었다. 같은 지층 내에서도 아래쪽으로 갈수록 암석의 나이는 많아진다.

문제 속 자료 암석의 연령



- 마그마는 지층이 퇴적되는 속도보다 비교적 빠르게 관입하여 굳으므로 화강암 내에서 암석의 연령 차이는 거의 나지 않는다.

10 ㄴ. (나)에서는 지층 A, B, C, D가 차례로 퇴적된 이후 양쪽에서 잡아당기는 힘인 장력을 받아 왼쪽의 상반이 아래로 이동하는 정단층이 형성되었다. 이후 융기와 침강이 일어나면서 부정합면이 생성되었고 그 위에 E와 F가 퇴적되었다.

ㄷ. 기저 역암이 존재하는 부분을 통해 부정합면의 위치를 알 수 있다. (가)에서는 D와 C, D와 화성암의 경계가 부정합면이고, (나)에서는 E와 D, E와 C의 경계가 부정합면이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)에서 일어난 지질학적 사건은 다음과 같다.

A 퇴적 → B 퇴적 → C 퇴적 → 화성암 관입 → 융기 → 침식 → 침강 → D 퇴적(부정합)

화성암이 D를 관입하지 못하였으므로 화성암은 D보다 이전에 생성되었다.

11 (가)에서 암석의 생성 순서는 C → Q → B → P → A이다. (나)에서 방사성 원소 X의 반감기는 남아 있는 X의 양이 처음 양의 50%가 될 때까지 걸린 시간이므로 1억 년이다. 화성암 P와 Q에 남아 있는 방사성 원소 X의 양이 각각 처음 양의 $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{16}$ 이므로 반감기가 각각 2번, 4번이 지났고 화성암 P와 Q의 절대 연령은 각각 2억 년, 4억 년이다.

ㄴ. 중생대는 약 2억 5200만년 전부터 시작되었고, 고생대는 약 5억 4100만년 전부터 시작되었으므로 절대 연령이 2억 년인 화성암 P는 중생대, 절대 연령이 4억 년인 화성암 Q는 고생대에 관입하였다.

오답 피하기

ㄱ. A는 2억 년 전보다 나중인 중생대나 신생대에 퇴적되었으므로 고생대 말에 멸종한 삼엽충 화석은 발견되지 않는다.

ㄷ. C는 4억 년 전보다 더 이전에 퇴적되었다. 암모나이트는 중생대에 번성했던 생물이므로 C가 퇴적될 당시 번성하지 않았다.

- 12 ㄱ. 중생대는 3개의 '기'로 세분된다. 따라서 A는 트라이아스기, B는 쥐라기, C는 백악기이다.

오답 피하기

ㄴ. 중생대 대멸종은 트라이아스기 말과 백악기 말에 일어났다.

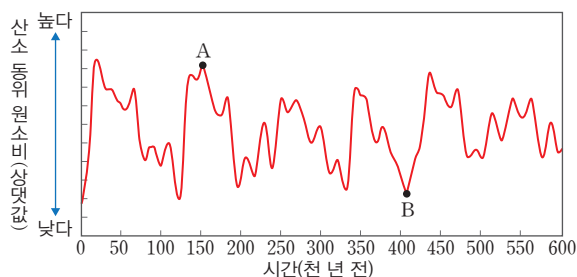
ㄷ. 중생대 전 기간에 걸쳐 온난한 기후가 지속되었으며 빙하기는 나타나지 않았다.

- 13 ㄱ. 수온이 낮은 시기에는 상대적으로 무거운 ^{18}O 로 이루어진 물 분자의 증발이 어려워 해수 속의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)가 커진다. 또한 해수를 이용하여 유기물을 만드는 심해 퇴적물 속 해양 생물의 산소 동위 원소비도 커진다. 반대로 대기 중 ^{18}O 로 이루어진 물 분자의 비율이 적어지기 때문에 대기의 산소 동위 원소비는 작아지고 대기의 수증기가 응결하여 내리는 눈, 비, 눈과 비가 형성하는 빙하도 산소 동위 원소비가 작아진다.
- ㄴ. 산소 동위 원소비가 상대적으로 높은 A 시기가 B 시기보다 수온이 낮고 빙하의 면적도 넓다.

오답 피하기

ㄷ. A 시기는 B 시기보다 해수의 산소 동위 원소비가 큰 시기이므로, B 시기보다 A 시기에 형성된 빙하의 산소 동위 원소비가 더 작다.

문제 속 자료 해양 생물의 산소 동위 원소비



구분	A 시기	B 시기
심해 퇴적물 속 해양 생물의 산소 동위 원소비	높다	낮다
빙하의 산소 동위 원소비	낮다	높다
평균 기온	낮다	높다

- 14 ㄷ. A 지역은 삼엽충, 필석 화석이 발견되고, 석회암층이 나타나는 것으로 보아 고생대에 바다에서 퇴적된 지층이다. B 지역은 공룡 발자국, 민물조개 화석이 발견되고 사암, 셰일이 나타나는 것으로 보아 중생대에 육지 환경에서 퇴적된 지층이다.

오답 피하기

ㄱ. 속씨식물은 신생대에 번성하였으며 중생대에 출현했다. A 지역의 지층은 속씨식물 출현 이전인 고생대에 퇴적되었다.

ㄴ. 암모나이트는 중생대 해양에서 번성했던 생물이다. B 지역의 지층은 육지 환경에서 퇴적되었으므로 해양 생물인 암모나이트 화석은 발견되지 않는다.

- 15 ㄴ. 삼엽충은 고생대에 출현하여 고생대 말에 멸종하였다. 지질 시대는 생물의 대량 멸종이나 새로운 출현 시기를 기준으로 나눈다. 따라서 지질 시대를 구분하는 기준으로 ㉠이 가장 적합하다.

ㄷ. 고생대 바다에서 퇴적된 지층이라면 어류 화석과 삼엽충 화석은 같은 지층에서 발견될 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. A는 포유류와 같은 시기에 번성한 식물이다. 포유류는 중생대에 출현하여 신생대에 번성한 생물이다. 포유류와 같은 시기에 번성한 식물은 속씨식물이다.

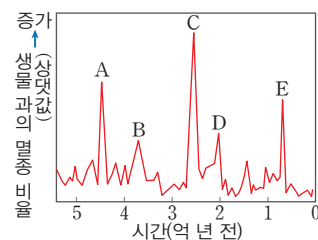
- 16 ㄱ. 지질 시대 동안 대멸종은 다섯 번 일어났으며 세 번은 고생대에, 두 번은 중생대에 일어났다. 따라서 C는 고생대와 중생대의 경계인 페름기 말 대멸종이며 A, B, C 대멸종은 고생대에 일어났고, D, E 대멸종은 중생대에 일어났다.

ㄷ. 지질 시대 중 가장 마지막인 백악기 말에 일어난 대멸종은 중생대와 신생대를 구분하는 대멸종이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 고생대에 번성했던 삼엽충이다. 삼엽충은 고생대 페름기 말에 사라졌으므로 C 시기에 멸종했다. 삼엽충은 고생대 전 기간에 걸쳐 번성한 생물이므로 C와 D 시기 사이에 번성하지 않았다.

문제 속 자료 다섯 번의 대멸종



- A: 고생대 오르도비스기 말
- B: 고생대 데본기 말
- C: 고생대 페름기 말 (고생대와 중생대 경계)
- D: 중생대 트라이아스기 말
- E: 중생대 백악기 말 (중생대와 신생대 경계)



대기와 해양의 변화

01 | 기압과 날씨 변화



탐구 대표 문제

p. 101

01 ④ 02 (나), 온대 저기압이 더 동쪽에 있으므로

01 ④ 그림은 가시 영상이므로 밝게 나타나는 부분에 두꺼운 구름이 존재하고 흐리게 나타나는 부분에 얇은 구름이 존재한다. 따라서 B보다 C에서 구름이 더 두껍다.

오답 피하기

- ① 가시 영상은 물체에 반사된 햇빛을 통해 자료를 얻으므로 햇빛이 없는 밤에는 자료를 얻을 수 없다.
- ② 강수량을 예측할 수 있는 일기 자료는 레이더 영상이다.
- ③ A는 구름이 없는 맑은 지역이므로 고기압이 위치할 가능성이 높다.
- ⑤ 지표에서 상승 기류가 활발한 지역은 구름이 높게 발달한다. 따라서 두꺼운 구름이 존재하는 C가 A보다 상승 기류가 활발하다.

02 온대 저기압은 중위도 지방에서 편서풍의 영향을 받아 서에서 동으로 이동한다. 따라서 일기도에서 온대 저기압이 더 동쪽에 위치한 (나)가 (가)보다 더 나중에 작성된 일기도이다.



기초 탄탄 문제

p. 102

01 ② 02 ① 03 ⑤ 04 ② 05 ④ 06 ④

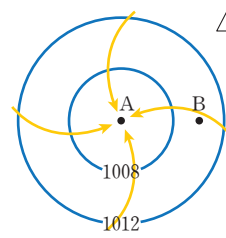
01 ② A는 주변보다 기압이 낮으므로 저기압이다. 저기압에서는 상승 기류가 나타난다.

오답 피하기

- ① 저기압 중심에서는 상승 기류로 구름이 잘 만들어지기 때문에 날씨가 흐리다.
- ③ 저기압 중심에서는 공기의 수렴이 일어난다.
- ④ 바람은 저기압 주변에서 중심으로 시계 반대 방향으로 회전하며 불어 들어오므로 B에서는 동풍 계열의 바람이 분다.
- ⑤ A의 기압은 1008 hPa보다 낮고, B의 기압은 1008 hPa와 1012 hPa 사이 값이다. 따라서 기압은 A가 B보다 낮다.

문제 속 자료

저기압 주변 풍향



- 저기압 주변에서 바람은 시계 반대 방향(북반구)으로 회전하면서 불어 들어간다.
- 고기압 주변에서 바람은 시계 방향(북반구)으로 회전하면서 불어 나간다.

02 찬 공기가 따뜻한 공기 아래로 파고들어 형성되는 전선은 한랭 전선이다. 한랭 전선은 전선 후면의 좁은 지역에서 적운형 구름이 발달하고 강한 소나기가 내린다.

03 중위도에서 온대 저기압은 편서풍의 영향을 받아 서에서 동으로 이동한다. 대기 대순환으로 위도 30°~60° 지역에는 편서풍이 분다.

04 ② 초여름 저위도에서 발달하는 고온 다습한 북태평양 기단과 고위도에서 발달하는 한랭 다습한 오호츠크해 기단이 만나 장마 전선을 형성한다.

오답 피하기

우리나라는 봄철, 가을철 온난 건조한 양쯔강 기단의 영향을 받으며 이동성 고기압의 영향으로 날씨가 자주 변한다. 여름철에는 고온 다습한 북태평양 기단의 영향으로 무더위가 발생하고, 겨울철에는 한랭 건조한 시베리아 기단의 영향으로 건조한 기후가 나타난다.

05 온대 저기압은 찬 공기와 따뜻한 공기가 동서 방향 경계를 이루고 존재하다가(라) 시계 반대 방향으로 공기가 회전하면서 남동쪽에 온난 전선, 남서쪽에 한랭 전선을 형성하며 발달한다(다). 한랭 전선의 이동 속도가 온난 전선보다 빠르기 때문에 두 전선의 간격이 좁아지고(가), 한랭 전선이 온난 전선을 따라 잡아 폐색 전선을 이룬다(나).

06 ④ 일기 자료 중 레이더 영상은 강수 지역과 강수량을 파악할 때 이용한다.

오답 피하기

- ① 지상 일기도로 고기압과 저기압 위치, 태풍과 온대 저기압의 위치 등을 알 수 있다.
- ②, ③ 가시 영상과 적외 영상으로 구름의 두께와 구름 상부의 높이를 알 수 있다. 이를 통해 구름의 분포와 구름의 유형을 파악할 수 있다.
- ⑤ 풍속·풍향 분포도로 여러 지역의 바람 또는 시간에 따른 한 지역의 바람 변화를 알 수 있다.

내신 만점 문제

p. 103~105

01 ③ 02 ⑤ 03 ③ 04 ③ 05 ④ 06 ⑤
07 ① 08 ③ 09 ④ 10 ③ 11~13 해설 참조



01 ㄱ. A는 지상으로 공기가 수렴하는 저기압이고, B는 지상에서 공기가 발산하는 고기압이다.

ㄴ. A는 수렴한 공기가 상승하여 상승 기류가 나타나고 공기가 단열 팽창하면 기온이 하강한다. 기온이 하강하면 수증기가 응결되어 구름이 생성된다.

오답 피하기

ㄷ. 전선은 따뜻한 공기와 찬 공기가 수렴할 때 형성되므로 공기가 발산하는 B에서는 형성되지 않는다.

02 A 기단은 한랭 건조한 시베리아 기단, B 기단은 온난 건조한 양쯔강 기단, C 기단은 고온 다습한 북태평양 기단, D 기단은 한랭 다습한 오호츠크해 기단이다.

ㄱ. A 기단은 고위도에서 형성된 기단이므로 한랭한 성질을 가진다. A 기단의 영향을 받을 때 우리나라의 기온이 낮다.

ㄴ. B 기단은 대륙에서 형성된 기단이므로 건조한 성질을 가진다. B 기단은 주로 봄철과 가을철에 우리나라에 영향을 주므로, 이 기단의 영향을 받는 4월과 10월은 건조하고 강수량이 적다.

ㄷ. 초여름인 6, 7월에는 장마 전선의 영향으로 강수량이 다른 시기보다 많다. 장마 전선은 고온 다습한 C 기단과 한랭 다습한 D 기단이 만나 형성된다.

03 ㄱ. 겨울철에는 시베리아에서 발달한 고기압의 세력이 우리나라로 확장된다. 기단은 A에서 B로 이동하며 황해에서 열과 수증기를 공급받는다. 따라서 기단 하층부의 기온이 상승하고 불안정해진다.

ㄷ. 기단의 하층부가 불안정할 때 상승 기류가 잘 발달하고 적운형 구름이 생성되어 폭설이 내릴 가능성이 크다.

오답 피하기

ㄴ. 황해를 지나기 전(A) 기온 분포는 하층 기온이 더 낮은 Q이고, 황해를 지난 후 기온 분포는 하층 기온이 상승한 P이다.

04 ㄱ. 일기도에서 세력이 작은 고기압과 저기압이 부분적으로 나타나므로 고기압은 이동성 고기압이며 일기도는 봄과 가을철에 나타나는 일기도이다.

ㄴ. 우리나라는 현재 남해 상에 있는 이동성 고기압의 영향을 받고 있다.

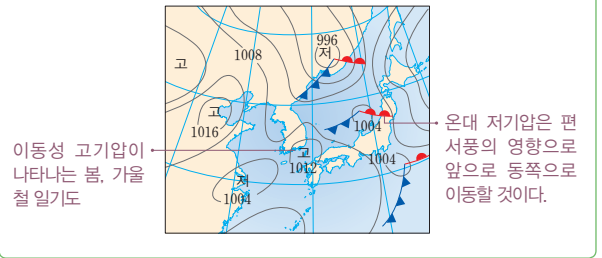
오답 피하기

ㄷ. 편서풍은 서에서 동으로 불기 때문에 동해 상에 있는 온대

저기압은 이후 더 동쪽으로 이동하여 우리나라에 영향을 미치지 않는다.

문제 속 자료

일기도 분석



05 ㄴ. (나)→(다)로 가면서 한랭 전선이 온난 전선보다 더 빠르게 이동하여 두 전선이 겹쳐지면서서 폐색 전선을 형성한다.

ㄷ. 온대 저기압의 지상에서 따뜻한 구역은 온난 전선과 한랭 전선 사이의 구역이다. 폐색 전선을 형성하게 되면 지상에 따뜻한 구역이 감소한다. 이때 따뜻한 공기는 찬 공기의 위로 올라간다.

오답 피하기

ㄱ. (가)의 전선은 찬 공기와 따뜻한 공기가 만나 형성된다. 따라서 찬 공기가 존재하지 않는 열대 지방의 해상에서는 발생하지 못한다. (가)의 전선은 중위도 지방에서 발생한다.

06 ㄱ. 기온이 08시경부터 급격하게 낮아지므로 이때 한랭 전선이 통과하였다.

ㄴ. 한랭 전선은 전선 후면에서 강한 소나기가 내릴 수 있으므로 한랭 전선이 통과한 08시 이후에 소나기가 내렸을 수 있다.

ㄷ. 온대 저기압이 통과하는 동안 풍향은 남풍(↑), 남서풍(↙), 서풍(→), 북서풍(↖)으로 변했으므로 시계 방향으로 변하였다.

07 ㄱ. 온대 저기압은 우리나라 상공에서 편서풍의 영향을 받아서에서 동으로 이동한다. 따라서 온대 저기압이 더 동쪽으로 이동해 있는 (가)가 (나)보다 24시간 후의 일기도이다.

오답 피하기

ㄴ. 온대 저기압의 한랭 전선 후면 좁은 지역에서 적운형 구름이 발달하면서 소나기가 내릴 수 있다. 따라서 한랭 전선이 통과하고 있는 (가) 시기에 우리나라의 서울에서 소나기가 내릴 수 있다.

ㄷ. (가)에서 서울에 한랭 전선이 통과하였으므로 기온은 하강하고, 저기압의 중심이 서울로부터 멀어지므로 기압은 상승한다.

08 ㄱ. (나)에서 15시와 16시 사이에 기온이 급격하게 하강하였으므로 이때 한랭 전선이 통과하였고 (가)에서 한랭 전선이 통과한 관측소는 B이다.

ㄷ. (나)에서 15시와 16시 사이에 한랭 전선이 통과하였고 전선 후면에서 소나기가 내렸을 가능성이 있다.

오답 피하기

ㄴ. (가)에서 B, C, D는 온난 전선과 한랭 전선의 북쪽에 있으므로 찬 공기의 영향을 받고 있는 관측소이고, A와 E는 온난 전선과 한랭 전선 사이에 있으므로 따뜻한 공기의 영향을 받고 있는 관측소이다. 따라서 A 관측소가 D 관측소보다 기온이 높다.

09 ㄱ. 레이더 영상은 강수 지역과 강수량을 알 수 있는 일기 자료이다. 문제의 그림에서 전선 북쪽이 전선 남쪽보다 강수 지역이 넓게 나타난다.

ㄷ. 문제의 그림에서 나타나는 전선은 장마 전선이다. 장마 전선은 북쪽의 한랭 다습한 오호츠크해 기단과 남쪽의 고온 다습한 북태평양 기단이 만나 형성된다. 따라서 제주 지방은 고온 다습한 북태평양 기단의 영향을 받고 있다.

오답 피하기

ㄴ. 우리나라에는 동서 방향으로 장마 전선(정체 전선)이 형성되어 있다.

10 ㄱ. (가)는 20시와 13시, 모든 시간대에서 자료를 얻을 수 있으므로 적외 영상이고, (나)는 13시에는 자료가 나타나지만 20시에는 자료가 나타나지 않으므로 밤에는 자료를 얻을 수 없는 가시 영상이다.

ㄴ. (가)는 고도가 높은 구름에서 밝게 나타나고 고도가 낮은 구름에서 흐리게 나타난다. 따라서 (가)를 통해 구름의 높이를 알 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. 가시 영상인 (나)는 햇빛에 반사된 가시광선을 감지하여 나타내는 영상 자료이다. 물체의 온도를 감지하여 나타내는 영상은 적외 영상인 (가)이다.

문제 속 자료 **가시 영상 특징**



• 해가 지면 가시 영상 자료가 나타나지 않는다. 따라서 가시 영상에서는 해가 먼저 지는 동쪽부터 구름 자료가 나타나지 않는다.

11 온대 저기압 주변에서 풍향은 A에서 북동풍, B에서 북서풍, C에서 남서풍, D에서 남동풍이 분다. C 지역은 온대 저기압이 동쪽으로 이동하면서 한랭 전선이 통과할 것이다.

[모범 답안] (1) ㉠ D, ㉡ B

(2) 기온은 현재보다 낮아지고, 기압은 현재보다 높아진다. 풍향은 현재 남서풍에서 북서풍으로 변한다.

채점 기준		배점
(1)	㉠과 ㉡의 위치를 모두 옳게 쓴 경우	30%
	㉠과 ㉡ 중 한 곳의 위치만 옳게 쓴 경우	15 %
(2)	한랭 전선이 통과하면서 나타나는 기온, 기압, 풍향의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	70%
	한랭 전선이 통과하면서 나타나는 기온, 기압, 풍향의 변화 중 두 가지만 옳게 서술한 경우	35 %

12 겨울철 일기도는 서고 동저의 기압 분포를 보인다.

[모범 답안] (나), 시베리아 고기압의 세력이 강해지고 등압선이 조밀하게 나타나기 때문이다.

채점 기준		배점
겨울철 일기도를 옳게 고르고 그 까닭을 기압 배치와 등압선 간격으로 서술한 경우		100%
겨울철 일기도를 옳게 골랐지만 그 까닭을 타당하게 서술하지 못한 경우		50%

13 [모범 답안] 레이더 영상을 분석하면 강수 지역, 강수량, 강수를 일으키는 구름의 이동 경향을 알 수 있다.

채점 기준		배점
모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우		100%
강수 지역, 강수량, 구름의 이동 경향 중 두 가지만 포함하여 서술한 경우		50%

02 | 태풍의 발생과 영향

기초 단단 문제

p. 110

01 ④ 02 ③ 03 ③ 04 ① 05 ④

01 ④ 태풍은 지구 자전 효과(전향력)로 공기의 회전이 일어나면서 발생한다. 적도는 지구 자전 효과가 없는 위도이므로 태풍이 발생하지 못한다.

오답 피하기

태풍은 수온이 높은 열대 해수에서 열과 수증기가 대기 중으로 공급되면서 발생한다. 수증기가 응결하면서 방출하는 숨은열로 태풍이 발달하며 온대 저기압과 달리 전선을 동반하지 않는 저기압이다.

02 태풍의 에너지원은 수증기가 응결하면서 방출하는 숨은열이므로 수증기의 공급이 감소하면 태풍의 에너지원이 감소하므로 세력이 약화된다.

오답 피하기

- ①, ②, ⑤ 수온이 높은 해상에 태풍이 오래 머무르면 더 많은 수증기를 공급받고 태풍은 세력이 강화되면서 중심 기압이 낮아진다.
- ④ 태풍이 무역풍의 영향을 받다가 편서풍의 영향을 받게 되면 이동 방향이 변한다. 이때 태풍의 세력이 변하지는 않는다.

- 03** ③ 태풍(열대 저기압)과 온대 저기압은 모두 저기압으로 중심 기압이 주위보다 낮다. 태풍은 태풍의 눈에서 기압이 가장 낮고, 온대 저기압은 온난 전선과 한랭 전선이 맞닿은 곳에서 기압이 가장 낮다.

오답 피하기

- ① 태풍은 열대 해상에서 발생하고, 온대 저기압은 온대 지방에서 발생한다.
- ② 온대 저기압은 전선을 동반하고, 태풍은 전선을 동반하지 않는다.
- ④ 태풍은 저위도에서 고위도로 이동하고, 온대 저기압은 온대 지방에서 편서풍을 타고 동쪽으로 이동한다.
- ⑤ 태풍의 에너지원은 수증기가 응결할 때 방출하는 숨은열이고, 온대 저기압의 에너지원은 찬 공기와 따뜻한 공기의 위치 에너지이다.

- 04** ① 태풍은 이동 방향을 기준으로 오른쪽 영역은 위험 반원, 왼쪽 영역은 안전 반원이다. 따라서 서울은 안전 반원 영역에 있고, 부산은 위험 반원 영역에 있으므로 서울보다 부산에서 태풍의 피해가 크다.

오답 피하기

- ② A 지점에서 태풍은 북서쪽으로 이동하고 있으므로 무역풍의 영향을 받는다.
- ③ B 지점 이후부터 태풍은 한반도에 상륙한다. 육지는 바다보다 증발량이 적으므로 태풍은 수증기를 이전보다 적게 공급받아 세력이 약해진다.
- ④ 태풍의 중심 기압은 세력이 가장 강할 때 가장 낮다. C에서 태풍은 한반도를 지나면서 세력이 약해졌기 때문에 기압이 가장 낮다고 볼 수 없다.
- ⑤ 태풍이 지나가는 동안 풍향은 안전 반원에서 시계 반대 방향, 위험 반원에서 시계 방향으로 변한다. 부산은 위험 반원의 영향을 받으므로 풍향은 시계 방향으로 변한다.

- 05** ④ 태풍의 중심으로 갈수록 꾸준히 감소하는 X는 기압이고, 태풍의 중심으로 갈수록 증가하지만 중심 부근에서 급격하게 감소하는 Y는 풍속이다. 중심으로부터 동일한 거리에서 태풍의 동쪽이 서쪽보다 풍속이 빠르므로 태풍의 중심에서 동쪽이 위험 반원이고, 서쪽이 안전 반원이다.

오답 피하기

- ① X는 기압이고, Y는 풍속이다.
- ② 태풍의 중심에서는 하강 기류가 나타나기 때문에 구름이 발달하지 않는다. 구름은 풍속이 가장 빠르게 나타나는 곳에서 가장 두껍게 나타난다.
- ③ 태풍의 눈의 지름은 약 50 km이다.
- ⑤ 태풍의 단면에서 기압과 풍속의 변화 경향은 태풍 주변부에서 태풍의 중심 부근까지 기압이 낮을수록 풍속이 빨라지지만 태풍의 중심에서는 기압과 풍속이 함께 낮아진다.

내신 만점 문제

p. 111 ~ 113

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



- 01** 나. 문제의 그림에서 남반구보다 북반구에서 더 많은 열대 저기압이 발생한다.

ㄷ. 열대 저기압은 수온 27 °C 이상의 열대 해상에서 발생한다. 지구 온난화가 진행되어 수온 27 °C 이상의 해역이 고위도 쪽까지 확장된다면 열대 저기압의 발생 지역도 고위도 쪽으로 확장될 것이다.

오답 피하기

ㄱ. 적도 해역은 수온이 매우 높지만 이곳에서 열대 저기압이 발생하지 않는 까닭은 적도에 지구 자전 효과가 없어 공기의 회전이 일어나지 않기 때문이다.

- 02** ㄱ. 태풍의 이동 경로를 기준으로 오른쪽 영역은 위험 반원, 왼쪽 영역은 안전 반원이다. 따라서 태풍이 이동하는 동안 서울은 위험 반원에 속했다.

나. 위험 반원에 속해 있는 서울은 태풍이 지나갈 때 풍향이 시계 방향으로 변한다. 반대로 안전 반원에 속해 있는 지역은 태풍이 지나갈 때 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.

오답 피하기

ㄷ. 태풍의 중심 기압은 태풍의 세기를 나타낸다. 중심 기압이 낮을수록 태풍의 세력이 강하다. 태풍은 소멸 직전에 세력이 가장 약하므로 이때 중심 기압은 가장 높다.

- 03** ㄷ. 태풍의 예상 진로에서 서울은 태풍 이동 경로의 왼쪽에 위치하고, 부산은 태풍 이동 경로의 오른쪽에 위치한다. 따라서 태풍이 예상 진로대로 이동할 경우 서울은 안전 반원, 부산은 위험 반원에 속하게 되고 풍속은 부산이 서울보다 더 빠르다.

오답 피하기

- ㄱ. A 해역의 수온이 높으면 태풍은 A 해역을 지나는 동안 더 많은 수증기를 공급받고 태풍의 세력은 강화된다.
 ㄴ. B는 주위보다 기압이 높은 고기압이다. 태풍은 고기압 가장자리를 따라 이동하기 때문에 B의 세력이 강해지면 태풍의 예상 진로는 더 서쪽으로 치우친다.

- 04 ㄱ. 문제의 그림에서 6월과 11월 사이에 발생한 태풍은 나중에 발생한 태풍일수록 이동 경로가 더 동쪽으로 치우쳐서 나타난다.
 ㄴ. 봄철(3, 4, 5월)에 발생한 태풍은 우리나라까지 북상하지 못하고 위도 20° 부근에서 소멸한다.

오답 피하기

- ㄷ. 북위 25° 이상의 해역에서 태풍이 발생하기 어려운 까닭은 수온이 충분히 높지 못해 대기 중으로 수증기 공급이 잘 일어나지 않기 때문이다.

- 05 ㄱ. A와 C는 태풍의 중심으로부터의 거리가 동일하지만 풍속은 A가 C보다 빠르다. 따라서 풍속이 더 빠른 A는 위험 반원, C는 안전 반원이다.

오답 피하기

- ㄴ. 기압은 태풍의 중심으로 갈수록 낮아지고 태풍의 중심에서 가장 낮으므로 B에서 기압이 가장 낮다.
 ㄷ. 태풍의 중심인 B에서는 하강 기류가 나타나기 때문에 구름이 발달하지 못한다. 구름은 풍속이 빠르게 나타나는 A와 C에서 높게 발달한다.

- 06 ㄱ. 태풍의 세력은 중심 기압을 통해 알 수 있다. 태풍의 중심 기압이 낮을수록 태풍의 세력은 강하다. 우리나라를 통과하기 시작할 무렵 970 hPa이었던 태풍의 중심 기압이 우리나라를 통과한 후 998 hPa로 상승하였으므로 태풍의 세력은 약해졌다.
 ㄴ. 무역풍의 영향을 받아 북서쪽으로 이동하던 태풍은 북위 30°를 통과한 후 편서풍의 영향을 받아 이동 방향이 북동쪽으로 변화였다.
 ㄷ. 대전은 태풍의 이동 방향을 기준으로 오른쪽에 위치하므로 위험 반원의 영향을 받았다. 따라서 대전 지역의 풍향은 시계 방향으로 변했다.

- 07 ㄱ. 제주 지방은 태풍의 이동 방향을 기준으로 오른쪽에 위치하므로 위험 반원의 영향을 받았다.

오답 피하기

- ㄴ. (가)에서 태풍의 중심 기압은 태풍이 발생할 때 1000 hPa이었다. 태풍의 중심 기압이 가장 낮은 때는 26일 15시로 이때 중심 기압은 920 hPa이었다.
 ㄷ. 제주 지방은 위험 반원의 영향을 받으므로 태풍이 통과하

는 동안 풍향이 시계 방향으로 변한다. 따라서 제주 지방의 풍향은 27일 15시 ㉠→28일 03시 ㉡→28일 15시 ㉢ 순으로 변했다.

- 08 ㄴ. 태풍이 통과하는 동안 16시에 기압이 가장 낮았으므로 태풍은 16시까지 관측소에 가까워졌고, 16시 이후로는 관측소에서 멀어졌다. 강수량은 태풍이 통과한 후 더 많았다.
 ㄷ. 태풍이 통과하는 동안 풍향이 시계 반대 방향으로 변했으므로 관측 지역은 안전 반원의 영향을 받았고 피해가 상대적으로 적었다.

오답 피하기

- ㄱ. 기압이 가장 낮은 시간은 16시이며 이때 풍속은 상대적으로 빨랐다. 따라서 기압이 가장 낮으면서 풍속이 느린 태풍의 눈이 관측소를 통과하지 않고 비껴갔음을 알 수 있다.

- 09 ㄱ. 0시부터 18시까지는 동풍 계열의 바람이 불었고, 18시 이후로는 서풍 계열의 바람이 불었다.

오답 피하기

- ㄴ. 태풍의 눈에서 기상 요소는 기압이 낮고 풍속이 느리다. 18~19시 사이에 목포의 풍속은 빠르므로 이때 태풍의 눈이 목포를 지나지 않았다.
 ㄷ. 태풍이 통과하는 동안 목포의 풍향이 북동풍(↗), 북서풍(↖), 남서풍(↙)으로 변화하였으므로 시계 반대 방향으로 변했다. 따라서 목포는 태풍의 진행 경로에서 안전 반원의 영향을 받았다. 안전 반원은 태풍의 이동 경로를 기준으로 왼쪽 영역이므로 태풍은 황해가 아닌 목포 동쪽, 한반도를 가로질러 북상하였다.

- 10 ㄱ. 수온이 낮은 바다에서는 증발량이 적다. 태풍은 수온이 낮은 바다에서 수증기를 충분히 공급받지 못하여 세력이 점차 약해진다.
 ㄴ. 태풍의 예상 경로에서 우리나라는 예상 경로의 왼쪽, 일본 해안은 오른쪽에 위치하고 있다. 따라서 우리나라는 안전 반원의 영향을 받는 지역이고, 일본 해안은 위험 반원의 영향을 받는 지역이므로 우리나라보다 일본 해안에서 바람의 세기가 강할 것이다.

오답 피하기

- ㄷ. 태풍이 예상 경로로 진행한다면 서울 지방은 안전 반원의 영향을 받는 지역이므로 풍향이 시계 반대 방향으로 변할 것이다.

- 11 **서술형 Tip** 태풍 중심으로부터 거리에 따른 기압과 풍속의 변화 그래프를 떠올리며 서술한다.

[모범 답안] (1) A, 하강 기류가 나타나 구름이 없고 맑은 날씨를 보인다.

(2) 기압은 태풍의 눈에 가까워질수록 낮아지므로 A가 가장 낮고, B, C로 갈수록 높아진다. 풍속은 태풍의 눈에서 느리고 바깥쪽에서 눈벽으로 가까워질수록 빨라지므로 B, C, A 순으로 빠르다.

채점 기준		배점
(1)	태풍의 눈인 지역과 해당 지역의 날씨를 모두 옳게 적은 경우	40%
	태풍의 눈인 지역만 옳게 적은 경우	20%
(2)	세 지역의 기압과 풍속을 모두 옳게 비교하여 서술한 경우	60%
	세 지역의 기압과 풍속 중 두 지역만 옳게 비교하여 서술한 경우	30%

- 12** 태풍 주변에서 바람의 방향과 태풍의 이동 방향이 같은 부분과 다른 부분이 나타나 태풍 주변 영역은 위험 반원과 안전 반원으로 구분된다.

[모범 답안] (1) 서쪽 지역에서는 강수량이 상대적으로 적고, 동쪽 지역에서는 강수량이 상대적으로 많다.

(2) 강릉과 대구는 위험 반원의 영향을 받았고, 인천과 군산은 안전 반원의 영향을 받았기 때문이다. 따라서 서쪽 지역의 강수량이 동쪽 지역보다 적다.

채점 기준		배점
(1)	모범 답안과 같이 서술한 경우	50%
	서쪽 지역과 동쪽 지역 중 한 지역의 강수량만 옳게 서술한 경우	25 %
(2)	위험 반원의 영향을 받는 지역과 안전 반원의 영향을 받는 지역을 옳게 구분하여 서술한 경우	50%

03 | 우리나라의 주요 악기상



탐구 대표 문제

p. 117

01 ② 02 ③

- 01** ㄷ. 우리나라에 영향을 미치는 황사의 발원지는 주로 중국 내륙 지역이다. 중국 내륙 지역의 사막화가 진행될수록 우리나라에 발생하는 황사가 심해진다.

오답 피하기

ㄱ. 우리나라에 발생하는 황사는 시기별로 증가와 감소가 반복적으로 나타난다. 전체적으로는 증가하는 추세를 보이지만 매년 황사 발생이 꾸준히 증가한다고 보기는 어렵다.

ㄴ. 황사가 가장 많이 발생하는 계절은 봄이다.

- 02** 황사는 중국과 몽골 내륙 지역에서 발생하여 우리나라로 이동한다. 따라서 중국 내륙에서 발달하는 양쯔강 기단의 세력이 강해질 때 서풍 계열의 바람이 강해져 우리나라에 황사가 발생한다.

기초 탐구 문제

p. 118

01 ④ 02 ② 03 ② 04 ⑤ 05 ④ 06 ⑤

- 01** ④ 국지성 호우는 짧은 시간 동안 좁은 지역에 많은 비가 내리는 현상이다.

오답 피하기

뇌우와 우박은 강한 상승 기류로 높게 발달한 적란운에서 발생한다. 고위도에서 발달한 한랭한 시베리아 기단이 우리나라까지 확장되면 한파가 발생하며 황사는 주로 양쯔강 기단이 발달하는 봄철에 자주 발생한다.

- 02** 뇌우는 국지적으로 지표면이 가열되어 대기가 불안정해지면 강한 상승 기류가 나타나 발달한다. 따라서 지표면의 가열이 가장 활발하게 일어나는 여름에 자주 발생한다.

- 03** ② 우박은 상승 기류와 하강 기류가 동시에 나타나는 (나)에서 내릴 수 있다.

오답 피하기

뇌우는 상승 기류가 나타나는 (다), 상승 기류와 하강 기류가 동시에 나타나는 (나), 하강 기류만 나타나는 (가) 순으로 발달한다. 강한 상승 기류가 나타나는 (다)에서 구름이 수직으로 발달하고, 상승 기류와 하강 기류가 동시에 나타나는 (나)에서 천둥과 번개가 동반될 수 있다. 뇌우는 지표가 가열되고 기단의 하층이 불안정해지는 한여름에 자주 나타난다.

- 04** ⑤ 황사는 우리나라에 하강 기류가 나타날 때 대기 상층을 지나는 모래 먼지가 지상에 낙하하여 발생한다.

오답 피하기

수직으로 높게 발달한 적란운에서는 뇌우, 우박, 집중 호우, 폭설이 나타날 수 있다.

- 05** ④ 문제의 그림은 시베리아 기단이 남동쪽으로 이동하면서 황해를 지날 때 구름이 발달한 모습이다. 한랭 건조한 시베리아 기단이 따뜻한 황해를 지나면서 열과 수증기를 공급받아 성질이 변한다.

오답 피하기

① 우리나라는 황해를 지나면서 성질이 변한 시베리아 기단의 영향을 받는다.

② 시베리아 고기압의 세력이 확장되어 우리나라에 영향을 미치고 있다. 우리나라는 저기압의 영향을 받고 있지 않다.

③ 동해안 지역에는 동풍이 불 때 폭설이 내린다. 문제의 그림에서는 북서풍이 불고 있다.

⑤ 문제의 그림에서 한반도 주변은 성질이 다른 공기가 만난

것이 아니라, 기단이 따뜻한 바다를 지나면서 변질되어 상승 기류가 발달한 것이다.

- 06 ⑤ 관개 사업과 목축은 황사 발원지의 사막화를 가속시키므로 황사 피해가 커진다.

오답 피하기

황사는 발원지와 피해 지역이 다를 수 있기 때문에 국제 협력 사업을 추진하여 해결해야 한다.

내신 만점 문제

p. 119 ~ 121

- 01 ③ 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ③ 05 ⑤ 06 ③
07 ① 08 ③ 09 ⑤ 10 ② 11~13 해설 참조



- 01 ㄱ. 문제의 그림은 집중 호우로 도로가 침수된 모습이다.
ㄴ. 집중 호우는 높게 발달한 적운형 구름에서 나타나므로 강수 기간 중 하늘은 적운형 구름으로 흐렸을 것이다.

오답 피하기

ㄷ. 짧은 시간 동안 내리는 집중 호우는 반지름이 수 km에서 수십 km로 좁은 지역에서 나타난다.

- 02 A는 상승 기류로 구름이 발달하는 적운 단계, B는 상승 기류와 하강 기류가 동시에 나타나면서 강한 강수 현상이 있는 성숙 단계, C는 하강 기류만 나타나면서 구름이 사라지는 소멸 단계이다.

ㄱ. A 단계는 국지적으로 지표가 가열되어 지표 부근 공기가 불안정해진다. 하층이 불안정해진 공기는 상승 기류가 나타나고 구름이 발달한다.

ㄴ. B 단계에서 강한 강수 현상과 함께 돌풍, 소나기, 우박 등의 악기상이 동반될 수 있다.

ㄷ. C 단계에서 하강 기류가 나타나고, 약한 비가 내리면서 구름이 소멸한다.

- 03 ㄴ. 번개는 성숙 단계의 뇌우에서 나타난다. 성숙 단계의 뇌우에서는 상승 기류와 하강 기류가 동시에 나타난다.

ㄷ. A~C 중 A에는 적운형 구름이 발달하고, B에는 맑은 날씨가 나타나며, C에는 층운형 구름이 발달한다. 뇌우는 적운형 구름에서 나타나므로 (가)와 같은 현상이 관측될 가능성이 가장 높은 곳은 A이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 주로 강한 상승 기류로 높게 발달한 적운형 구름에서 나타난다.

- 04 문제의 그림은 지상에 떨어진 우박이다.

ㄱ. 우박은 비, 눈, 진눈깨비 등과 함께 대기에서 지표로 물이 떨어지는 강수 현상이다.

ㄴ. 우박은 상승 기류와 하강 기류가 동시에 나타나는 구름 내부에서 빙정이 상승과 하강을 반복하면서 크기가 성장하여 발생한다.

오답 피하기

ㄷ. 한여름은 기온이 높기 때문에 우박이 지표로 떨어지는 도중 녹아 비로 내린다. 겨울은 대기가 건조하여 수증기량이 부족하기 때문에 우박이 잘 나타나지 않는다.

- 05 ㄱ. 우리나라에 한파는 고위도에서 발달하는 시베리아 고기압의 세력이 강해져 한랭한 기단의 영향을 받게 될 때 나타난다.

ㄴ. 한파가 발생했을 때 우리나라 주변 일기도는 등압선이 매우 조밀하며 풍속이 강하다.

ㄷ. 황해의 수온이 높으면 황해 상공을 지나는 시베리아 기단이 변질되어 서해안 지역에 폭설이 내릴 수 있다.

- 06 ㄱ. 집중 호우는 수직으로 높게 발달한 적란운에서 나타나므로 우박, 돌풍, 번개를 동반하기도 한다.

ㄷ. 가시 영상은 두껍게 발달한 구름에서 밝게 나타난다. 집중 호우가 나타나는 경기, 강원 지역에는 두껍고 높게 발달한 적란운이 존재하므로 적외 영상과 가시 영상 모두에서 밝게 나타난다.

오답 피하기

ㄴ. 높은 구름이 발달해 있는 경기, 강원 지역에는 지상에서 공기가 수렴하여 상승하는 저기압이 존재할 것이다. 우리나라 부근에 고기압이 배치되어 있었다면 경기, 강원 지역에 구름이 없는 맑은 날씨를 보였을 것이다.

- 07 ㄱ. 겨울철에 시베리아 기단이 황해를 지나면서 황해로부터 열과 수증기를 공급받는다.

오답 피하기

ㄴ. 황해로부터 열을 공급받은 시베리아 기단은 하층의 기온이 상승하여 불안정해진다.

ㄷ. 황해의 수온이 낮으면 증발량이 감소하여 대기 중으로 열과 수증기가 원활하게 공급되지 못한다. 따라서 시베리아 기단의 변질이 일어나지 않아 서해안에 폭설은 발생하지 않는다.

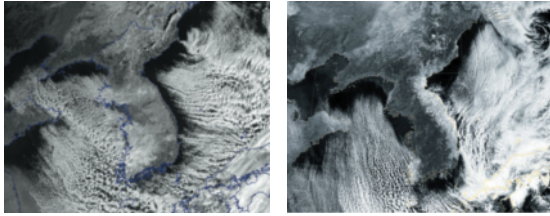
- 08 ㄱ. 문제의 그림은 동해안 지방에 동풍이 강하게 불어서 영동 지방에 폭설이 내릴 때 위성 영상이다.

ㄴ. 태백산맥을 타고 기단이 상승하면서 강설 현상이 나타난다. 기단이 태백산맥을 넘으면 고온 건조해지고, 눈이 많이 내리지 않는다.

오답 피하기

ㄷ. 시베리아 기단의 세력이 강해지면 북서풍 계열의 바람이 강해지고 동해안에 동풍이 약해져 영동 지방에 폭설 현상이 잘 나타나지 않는다.

문제 속 자료 한반도 폭설 시 위성 영상



▲ 서해안 폭설 시

▲ 영동 지방 폭설 시

- 서해안에 폭설이 내릴 때는 황해 상공 구름이 북서쪽에서 남동쪽으로 배열되어 있으며 이 구름이 서해안까지 이어진다.
- 영동 지방에 폭설이 내릴 때는 영동 지방에 구름이 나타나며 태백산맥을 경계로 구름의 경계가 비교적 뚜렷하다.

09 ㄴ. 황사는 편서풍을 타고 발원지에서 동쪽으로 이동한다. 우리나라는 주로 우리나라의 서쪽에 있는 중국과 몽골 내륙에서 발생한 황사의 영향을 받는다.

ㄷ. 우리나라에 고기압이 형성되면 하강 기류가 나타나고 높은 고도에서 이동 중인 모래 먼지 입자가 지상으로 낙하하여 황사가 심해진다.

오답 피하기

ㄱ. 발원지 부근에 저기압이 형성되어 있으므로 상승 기류가 나타난다.

10 ㄴ. 황사는 지권에 존재하는 모래, 먼지 입자들이 강한 바람이나 상승 기류로 대기 중으로 유입되어 발생한다. 따라서 황사는 지권과 기권의 상호 작용으로 발생한다.

오답 피하기

ㄱ. 봄철 황사 일수는 서울이 부산보다 많다.

ㄷ. 황사의 발원지는 우리나라의 서쪽에 위치하고 있으며 우리나라 서쪽에 있는 양쯔강 기단의 영향력이 커질 때 황사가 관측된다. 따라서 온난 건조한 기단의 세력이 강해질 때 황사가 주로 관측된다. 우리나라 주변의 기단 중 한랭 건조한 기단은 시베리아 기단이며 겨울철에 세력이 강해진다.

11 뇌우의 발달 단계는 뇌우에서 나타나는 상승 기류와 하강 기류의 특징으로 구분할 수 있다.

[모범 답안] (1) 뇌우의 성숙 단계에서는 구름 내부에서 상승 기류와 하강 기류가 동시에 나타나며 강한 비가 내린다.

(2) 성숙 단계, 뇌우에서 우박이 생성되기 위해서는 빙정이 구름 내에서 상승과 하강을 반복하며 성장해야 한다. 따라서 구름 내부에 상승 기류와 하강 기류가 동시에 나타나는 성숙 단

계에서 우박이 생성될 수 있다.

채점 기준		배점
(1)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	40%
	강한 비가 내린다고만 서술한 경우	20%
(2)	성숙 단계를 적고 우박의 성장 조건을 옳게 서술한 경우	60%
	성숙 단계만 적고 우박의 성장 조건을 정확하게 서술하지 못한 경우	30%

12 [모범 답안] 시베리아 기단이 황해를 지나면서 열과 수증기를 공급받아 하층이 불안정해지면 기단의 변질이 일어난다. 이 과정에서 눈구름이 만들어지고 서해안에 폭설이 발생한다.

채점 기준		배점
주어진 단어 세 가지를 모두 포함하여 서해안에 폭설이 내리는 과정을 옳게 서술한 경우		100%
주어진 단어 중 두 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우		50%

13 [모범 답안] 발원지에 저기압이 형성되고 우리나라에 고기압이 형성되었을 때 발원지에서 모래 먼지가 상승 기류를 타고 상공으로 올라가고 우리나라에서 하강 기류를 타고 지상으로 내려와 황사가 심해진다.

채점 기준		배점
발원지에 저기압, 상승 기류가 나타나고 우리나라에 고기압, 하강 기류가 나타났을 때를 옳게 서술한 경우		100%
상승 기류와 하강 기류의 설명 없이 발원지에 저기압, 우리나라에 고기압이 나타났을 때라고만 서술한 경우		50%

04 | 해수의 성질



탐구 대표 문제

p. 126

01 ③

01 ③ 우리나라 강수량이 대부분 여름에 집중되어 있기 때문에 여름에 표층 염분이 겨울보다 낮다.

오답 피하기

① 동해는 황해보다 수심이 깊고 해수의 부피가 크기 때문에 겨울철 동해안의 수온은 같은 위도의 서해안의 수온보다 높다.

② 동해는 남쪽에서 동한 난류가 흐르고 북쪽에서 북한 난류가 흐르기 때문에 난류와 한류가 만나는 조경 수역이 형성된다. 조경 수역에서 등수온선은 조밀하다.

④ 해수의 밀도는 수온이 낮고 염분이 높을수록 크다. 여름철인 8월의 해수가 겨울철인 2월보다 수온이 높고 염분이 낮기 때문에 밀도가 더 작다.

⑤ 황해의 연안 지역은 우리나라와 중국의 하천수 유입으로 먼 바다보다 염분이 낮다.



기초 탐관 문제

p. 127

- 01 ④ 02 ① 03 ④ 04 ② 05 ③ 06 ①
07 ④

01 태평양 서쪽 가장자리가 동쪽 가장자리보다 표층 수온이 높은 까닭은 저위도에서 고위도로 흐르는 난류의 영향을 받기 때문이다. 태평양 동쪽 가장자리는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류의 영향을 받아 표층 수온이 낮다.

02 ① A층은 혼합층으로, 혼합층은 바람의 영향으로 수심에 따라 수온이 일정한 층이다. 바람의 세기가 강해지면 혼합층의 두께는 두꺼워진다.

오답 피하기

- ② B층은 수온 약층으로 수심이 깊어짐에 따라 수온이 급격하게 낮아지는 층이다. 수온이 낮은 해수가 아래에 있고 수온이 높은 해수가 위에 있으므로 수온 약층은 안정하여 해수의 연직 운동이 거의 일어나지 않는다.
- ③ B층은 해수의 연직 운동이 일어나지 않으므로 상하층의 열과 물질 교환을 차단한다.
- ④ C층은 깊은 수심에서 수온이 일정한 심해층이다. 태양 복사 에너지는 표층에서 거의 흡수되고 심해층에는 태양 복사 에너지가 거의 도달하지 못한다.
- ⑤ 심해층은 위도와 계절에 따른 수온 변화가 거의 없다.

03 표층 염분은 담수가 유입되면 낮아진다. 따라서 강수량 증가, 증발량 감소, 하천수의 유입, 극지방 빙하 용해의 영향을 받으면 염분이 낮아진다. 해상에 고온 건조한 기단이 이동하면 해수의 증발량이 많아진다.

04 해수의 표층 염분은 증발량이 많고 강수량이 적을 때 높아진다. 따라서 (증발량 - 강수량) 값의 변화 경향은 표층 염분의 변화 경향과 대체로 비슷하다.

05 ③ 해수의 수온과 염분이 다르더라도 밀도가 같을 수 있다.

오답 피하기

해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 수온과 염분을 알고 있다면 수온 염분도를 이용하여 해수의 밀도를 알 수 있다. 고위도에서는 해수의 수온이 거의 일정하므로 수온보다 염분에 따라 해수의 밀도가 결정된다. 반대로 저위도와 중위도는 표층 수온이 심해층 수온과 차이가 크기 때문에 해수의 밀도가 수온의 영향을 더 많이 받는다. 수온 약층에서는 수심에 따라 수온이 하강하므로 밀도는 커진다. 이렇게 수심에 따라 밀도가 급격하게 증가하는 층을 밀도 약층이라고 한다.

06 용존 산소량은 해양 생물의 광합성의 영향을 크게 받는다. 광합성에는 빛이 필요하고 태양의 빛은 대부분 표층 해수에서 흡수되어 심층까지 도달하지 못한다. 따라서 광합성은 해수 표층에서 가장 많이 일어나고 용존 산소량도 표층에서 가장 높게 나타난다.

07 ④ 여름철 우리나라 주변 염분이 낮은 까닭은 강수량이 많기 때문이다. 우리나라는 연중 강수량이 대부분 여름에 집중되어 있어 여름철 강수량이 특히 많고 표층 염분은 낮다.

오답 피하기

우리나라 주변 해역에서 황해는 수심이 얇고 해수의 부피가 작기 때문에 열용량이 작아 수온의 연교차가 크다. 남해는 연중 쿠로시오 해류의 영향을 받아 수온이 높고 동해는 동한 난류와 북한 한류가 만나 조정 수역을 형성한다. 황해는 우리나라와 중국에서 흘러 들어오는 하천수의 영향 때문에 세 해역 중 가장 염분이 낮다.

내신 만점 문제

p. 128 ~ 131

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



01 A층은 수심에 따라 수온이 일정한 혼합층, B층은 수심이 깊어질수록 수온이 급격하게 하강하는 수온 약층, C층은 심해에서 수온이 일정한 심해층이다.

ㄱ. 혼합층은 바람의 영향으로 해수가 혼합되어 수온이 일정한 층이다. 바람이 강하면 표층부터 해수의 혼합이 일어나는 깊이가 깊어져 혼합층의 두께가 두꺼워진다.

ㄴ. B층에서 수온은 수심이 깊어질수록 낮아진다. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록 크므로 수온 약층에서 해수의 밀도는 반대로 수심이 깊어질수록 커진다.

오답 피하기

ㄷ. 태양 복사 에너지는 대부분 표층에서 흡수된다. C층은 태양 복사 에너지의 영향을 받지 않는 층이므로 C층의 수온은 위도에 상관없이 거의 일정하다. 반면에 A층의 수온은 태양 복사 에너지에 따라 결정되므로 단위 면적당 태양 복사 에너지의 양이 적은 고위도에서는 수온이 낮게 나타난다.

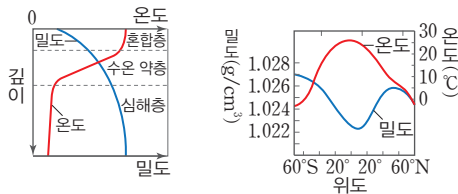
02 ㄱ. 해수의 밀도는 해수의 연직 분포와 위도에 따른 표층 분포에서 대체로 수온이 낮을수록 높고, 수온이 높을수록 낮다.

ㄷ. 해수의 온도 분포가 적도에서 높고 고위도로 갈수록 낮아지는 까닭은 단위 면적당 입사하는 태양 복사 에너지가 적도에서 많고 고위도로 갈수록 적어지기 때문이다.

오답 피하기

ㄴ. 해수의 밀도는 대체로 온도 분포와 반대로 고위도로 갈수록 증가하지만 북반구 고위도의 경우 북극에 가까워질수록 해수의 밀도가 낮아진다. 이러한 변화가 나타나는 까닭은 북극 부근에서 해빙으로 염분이 낮아지기 때문이다.

문제 속 자료 **해수의 온도와 밀도의 관계**



- 대체로 온도가 높은 해수는 밀도가 작고, 온도가 낮은 해수는 밀도가 크다.
- 북극 부근 해역에서 해수의 온도와 밀도 변화 경향이 같게 나타나므로 이 해역에서는 염분의 변화가 밀도에 더 큰 영향을 준다.

03 ㄴ. 해수의 표층 수온 분포는 태양 복사 에너지의 영향을 가장 많이 받기 때문에 단위 면적당 태양 복사 에너지의 입사량이 많은 저위도에서 수온이 높고, 단위 면적당 태양 복사 에너지의 입사량이 적은 고위도에서 수온이 낮다. 따라서 대체로 위도와 표층 수온 분포가 나란하게 나타난다.

ㄷ. 대륙의 주변부의 표층 수온은 수륙 분포나 난류 또는 한류의 영향을 받으므로 같은 위도의 대양 중앙부와 수온이 다르게 나타난다.

오답 피하기

ㄱ. 강수량과 수온 분포는 큰 관련이 없다. 강수량이 많은 해역에서는 표층 염분이 낮게 나타난다.

04 ㄴ. 등온선이 올라가 있는 A 해역은 동일 위도의 다른 해역보다 수온이 높고 난류가 흐른다. 등온선이 아래로 치우쳐 있는 B 해역은 동일 위도의 다른 해역보다 수온이 낮고 한류가 흐른다.

오답 피하기

ㄱ. 서태평양은 고위도로 갈수록 등온선의 간격이 좁아지므로 위도에 따른 수온 변화가 커진다.

ㄷ. 용존 산소량은 수온이 낮은 해역에서 높으므로 수온이 24 °C인 A 해역보다 수온이 18 °C인 B 해역에서 용존 산소량이 더 많다.

05 ㄱ. 대륙 주변은 하천수가 바다로 유입되기 때문에 표층 해수의 염분이 낮게 나타난다. 대양 한가운데는 대륙에서 하천수가 유입되기 어려우므로 대륙 주변보다 표층 염분이 높다.

ㄴ. 표층 염분이 적도가 아닌 중위도에서 가장 높은 까닭은 적도에서 증발량이 높지만 강수량이 중위도보다 적도에서 높기 때문이다.

ㄷ. 같은 위도에서 대서양의 표층 염분(34 ~ 37.3 psu)은 대체로 태평양(32 ~ 35.5 psu)보다 높다.

06 ㄱ. 표층부터 수심이 일정하게 나타나는 혼합층의 두께로 보아 혼합층의 두께가 더 두꺼운 2월이 8월보다 바람이 강하게 불었다.

ㄴ. 강수량이 많아지면 표층 염분이 낮아진다. 2월보다 8월에 표층 해수의 염분이 낮게 나타나므로 8월에 강수의 영향이 크게 나타난다.

오답 피하기

ㄷ. 수온 약층에서는 깊이에 따라 수온이 감소하고 염분이 증가한다. 따라서 수온 약층에서 해수의 밀도는 깊이에 따라 급격하게 증가할 것이다.

07 ㄴ. 표층 염분은 강수량이 적을수록, 증발량이 많을수록 높게 나타난다. 따라서 (강수량 - 증발량) 값이 클수록 표층 염분은 낮다.

ㄷ. 대체로 저위도로 갈수록 증가하는 증발량이 적도에서 소폭 감소하는 까닭은 적도 상공 대기가 습하여 증발이 잘 일어나지 않기 때문이다.

오답 피하기

ㄱ. 표층 염분은 강수량이 적고 증발량이 많은 위도 30° 부근에서 가장 높다. 수온이 가장 높은 위도는 적도이다.

08 ㄷ. 구간 B에서 수심은 100 m 깊어졌고 밀도는 1.0255 g/cm³에서 1.0265 g/cm³로 0.001 g/cm³ 증가했다. 구간 C에서 수심은 구간 B와 동일하게 100 m 깊어졌고 밀도는 1.0265 g/cm³에서 약 1.0272 g/cm³로 약 0.0007 g/cm³ 증가했다. 따라서 밀도 변화는 구간 B보다 구간 C에서 작다.

오답 피하기

ㄱ. 수온 염분도에서 가로축은 염분, 세로축은 수온을 나타낸다. 따라서 해수 표면의 수온은 20 °C이며 염분은 33 psu이다.

ㄴ. 구간 A에서 염분은 33 psu에서 약 34.2 psu로 약 1.2 psu 증가하였고, 구간 B에서 염분은 약 34.2 psu에서 34 psu로 약 0.2 psu 감소하였다. 따라서 염분 변화는 구간 A보다 구간 B에서 작다.

09 A는 수온이 10 °C이고 염분이 35 psu이다. B는 수온이 0 °C이고 염분이 35 psu이다. 따라서 수온은 A가 B보다 높고 염분은 A와 B가 같다. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 두 해수의 염분이 같으므로 수온이 더 낮은 B가 A보다 해수의 밀도가 더 크다.

- 10 ㄱ. 표층부터 수심이 깊어질수록 수온은 감소한다. 따라서 이 해역에서 표층부터 수온이 일정한 혼합층은 거의 나타나지 않는다.

ㄴ. 표층부터 수심 800 m까지 깊이가 깊어지는 동안 수온은 약 17 °C에서 약 5 °C로 감소하였고, 염분은 약 35.8 psu에서 약 34.5 psu로 감소하였다.

오답 피하기

ㄷ. 수온 염분도에서 수심이 깊어질 때 해수 자료에서 깊이에 따라 밀도가 급격하게 감소한 구간이 없다.

- 11 표층에서 가장 높은 값을 가지는 A는 용존 산소량이고, B는 용존 이산화 탄소량이다.

ㄱ. A의 농도는 표층에서 가장 높다.

ㄴ. B의 농도가 500 m 부근부터 급격히 증가하는 까닭은 생물의 광합성이 일어나지 않는 구간에서 생물의 호흡만 일어나기 때문이다.

오답 피하기

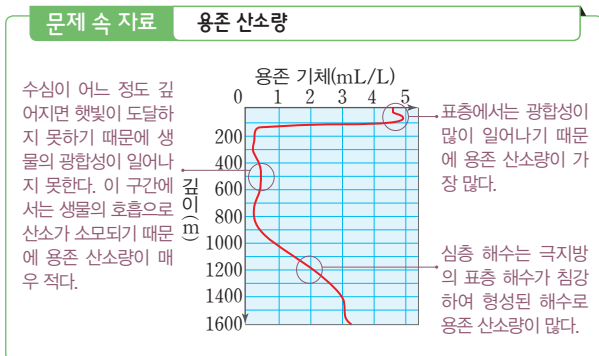
ㄷ. 심해층에서 A와 B의 농도는 극지방에서 형성되는 심층 해수의 영향을 받는다.

- 12 해수 표층에서 기체 양이 많고 깊이에 따라 급격히 감소하다가 서서히 증가하는 기체는 산소이다.

ㄱ. 해수에 녹아 있는 산소는 대부분 해양 생물의 광합성으로 생성된다. 따라서 용존 산소량이 높은 표층에서 광합성이 가장 많이 일어나고 광합성을 하는 식물성 플랑크톤도 수심 100 m 이내에 대부분 존재한다.

ㄴ. 광합성에는 빛이 필요하다. 따라서 빛이 도달하는 깊이까지 광합성이 일어나고 용존 산소량이 높다. 용존 산소량이 낮은 수심 200 m보다 깊은 곳에는 햇빛이 잘 도달하지 못하기 때문에 광합성이 일어나지 않는다.

ㄷ. 수심 800 m보다 깊은 곳에 있는 해수는 극지방에서 침강하여 형성된 해수이다. 심층 해수는 수온이 낮고 수압이 높아 기체 용해도가 높다. 또한 용존 산소량이 많은 표층 해수가 침강하여 형성되었으므로 수심이 깊어질수록 용존 산소량이 증가한다.



- 13 ㄴ. 표층 수온의 연교차는 해수의 깊이가 얇고 부피가 작은 황해가 동해보다 크다.

ㄷ. 동해의 수온 범위는 2월에 2~12 °C, 8월에 21~26 °C이므로 위도별 표층 수온 차이는 2월이 8월보다 크다.

오답 피하기

ㄱ. 고위도로 갈수록 단위 면적당 태양 복사 에너지량이 감소하므로 표층 수온은 대체로 위도가 높아질수록 낮아진다.

- 14 ㄷ. 남해는 연중 쿠로시오 해류의 영향을 받는다. 쿠로시오 해류는 수온과 염분이 높은 난류이므로 남해는 연중 수온과 염분이 높게 나타난다.

오답 피하기

ㄱ. 2월보다 8월에 표층 염분이 낮은 까닭은 8월 강수량이 2월 강수량보다 많기 때문이다.

ㄴ. 중국과 한반도에서 하천수가 황해로 유입되기 때문에 대체로 황해의 표층 염분이 동해나 남해보다 낮다.

- 15 수온 염분도를 이용하여 해수의 성질을 파악할 수 있고, 수온과 염분의 연직 분포를 알 수 있다.

[모범 답안] (1) 동해에서 혼합층은 겨울인 2월에 발달한다. 이때 혼합층의 두께는 약 50 m이다.

(2) 해수의 깊이가 깊어질수록 염분 차이는 점차 감소하며 수심 500 m에서는 2월과 8월의 염분이 같다.

(3) 심층 해수의 경우 빛이 거의 도달하지 않기 때문에 태양 복사 에너지의 영향을 거의 받지 않고 극지방에서 형성된 심층 해류의 영향을 받는다. 극지방에서 형성된 심층 해류는 계절별로 큰 차이를 보이지 않기 때문에 동해의 심층에서 계절별 해수의 성질이 비슷하다.

채점 기준		배점
(1)	모범 답안과 같이 옳게 쓴 경우	20%
	혼합층이 발달하는 계절과 혼합층의 두께 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	10%
(2)	해수의 깊이가 깊어질수록 염분 차이가 감소함을 쓴 경우	20%
	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	60%
(3)	위도별, 계절별 해수 성질 차이를 보이지 않는 심해층의 해수 특징만을 서술한 경우	30%

- 16 [모범 답안] 우리나라와 중국에 있는 하천수는 주로 황해로 흘러 들어간다. 담수의 유입이 많을수록 표층 염분은 감소하므로 황해의 표층 염분은 동해나 남해보다 낮다.

채점 기준		배점
황해로 유입되는 하천수가 많으며 하천수의 유입이 표층 염분의 감소로 이어진다고 옳게 서술한 경우		100%
하천수 유입에 따른 염분 변화를 설명하지 않고 황해로 유입되는 하천수가 많다는 것만을 서술한 경우		50%

단원 마무리하기

p. 134 ~ 137



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

01 ㄱ. A는 주위보다 기압이 낮은 저기압, B는 주위보다 기압이 높은 고기압이다.

오답 피하기

- ㄴ. C는 정체 전선(장마 전선)이다.
 ㄷ. 우리나라는 고기압의 동쪽에 위치하고 있으므로 서풍 계열의 바람이 불 것이다.

02 (가)는 찬 기단이 따뜻한 기단 아래를 파고드는 한랭 전선이고, (나)는 따뜻한 기단이 찬 기단 위로 타고 올라가는 온난 전선이다.

- ㄴ. (나)는 전선의 전면에 층운형 구름이 넓게 형성된다. (가)는 전선의 후면에 적운형 구름이 좁게 형성된다.
 ㄷ. (가)는 (나)보다 이동 속도가 빠르다. 한랭 전선이 온난 전선을 따라잡으면 폐색 전선이 형성된다.

오답 피하기

ㄱ. A는 찬 기단, B는 따뜻한 기단이다. 따라서 A는 B보다 기온이 낮다.

03 가시 영상에서 두꺼운 구름은 밝게, 얇은 구름은 흐리게 나타난다. 적외 영상에서 높은 구름은 밝게, 낮은 구름은 흐리게 나타난다.

- ㄱ. A는 적외 영상에서 밝게, 가시 영상에서 흐리게 나타나므로 높고 얇은 구름이다.
 ㄴ. 강수 가능성이 큰 구름은 수직으로 높게 솟은 적운형 구름이다. 따라서 가시 영상과 적외 영상 모두에서 밝게 나타나는 C에서 강수 가능성이 가장 크다.

오답 피하기

ㄷ. 적외 영상에서 B는 흐리고, C는 밝게 나타난다. 구름 상부의 고도는 C가 B보다 더 높다.

04 A 지역은 5월 1일과 5월 2일 사이에 온난 전선이 통과하였고 5월 2일과 5월 3일 사이에 한랭 전선이 통과하였다.

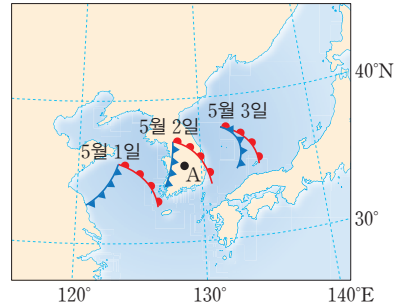
- ㄱ. 저기압 중심은 온난 전선과 한랭 전선이 닿아 있는 부분이므로 A 지역보다 북쪽 지역을 통과하였다.
 ㄴ. 5월 2일에서 3일 사이에 A 지역에 한랭 전선이 통과하였으므로 기온이 낮아졌다.

오답 피하기

ㄷ. 5월 2일에 A 지역은 온난 전선과 한랭 전선 사이에 있으므로 남서풍이 분다.

문제 속 자료

온대 저기압 통과 시 날씨 변화



- 5월 1일~5월 2일: A 지역에 온난 전선이 통과하면서 기온이 상승하고 기압이 낮아진다. 풍향이 남동풍에서 남서풍으로 변하고 전선 통과 전 약한 비가 내릴 수 있다.
- 5월 2일~5월 3일: A 지역에 한랭 전선이 통과하면서 기온이 하강하고 기압이 높아진다. 풍향이 남서풍에서 북서풍으로 변하고 전선 통과 후 소나기가 내릴 수 있다.

05 ㄷ. 온대 저기압의 중심이 관측소의 남쪽으로 통과하면 풍향은 시계 반대 방향(북동풍 → 북풍 → 북서풍)으로 변하고, 관측소의 북쪽으로 통과하면 풍향은 시계 방향(남동풍 → 남서풍 → 북서풍)으로 변한다. (나)에서 온대 저기압이 관측소를 통과하는 동안 북풍과 북동풍 계열의 바람이 불지 않았으므로 온대 저기압의 중심은 관측소의 북쪽을 통과하였다.

오답 피하기

- ㄱ. 온대 저기압이 관측소를 통과하는 동안 풍향은 시계 방향인 ㉠ 남동풍 → ㉡ 남서풍 → ㉢ 북서풍으로 변한다. 따라서 ㉠은 6시, ㉡은 12시, ㉢은 18시에 관측한 바람이다.
 ㄴ. 온난 전선은 기온이 높아지기 시작하는 6시경에 통과하였다.

06 ㄴ. (나)는 온대 저기압의 이동 경로이다. 저기압의 중심이 A 지역의 북쪽으로 통과하므로 저기압 중심의 남쪽에 있는 A 지역에 온난 전선과 한랭 전선이 통과하였다.

ㄷ. (가)와 (나) 모두 저기압이 이동하는 방향의 오른쪽에 A 지역이 위치하므로 풍향은 시계 방향으로 변한다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 태풍의 이동 경로를 나타낸 것이다.

07 ㄱ. 12일 밤에 태풍은 A 지역 상공을 지났고 태풍의 영향으로 해수면 높이가 평소보다 더 높게 상승하였다.

ㄴ. 11일 09시 이전까지 무역풍의 영향을 받아 북서쪽으로 이동했던 태풍이 11일 09시 이후 편서풍의 영향을 받아 북동쪽으로 이동한다.

ㄷ. 우리나라는 태풍 이동 경로의 왼쪽에 위치하고 있으므로 안전 반원의 영향을 받고, 풍향이 시계 반대 방향으로 변했을 것이다.

- 08 나. 태풍은 육지 상공을 지나면 수증기 공급량이 적어지고 세력이 약해진다.

다. 산바 접근 시보다 볼라벤 접근 시 북태평양 고기압의 세력이 더 커졌고 태풍의 이동 경로는 볼라벤이 산바보다 더 서쪽으로 밀려났다. 따라서 태풍의 이동 경로는 북태평양 고기압에 의해 밀려나는 경향이 있다.

오답 피하기

ㄱ. 태풍 이동 경로의 왼쪽이 안전 반원, 오른쪽이 위험 반원이
다. 볼라벤이 황해를 지날 때 서울은 위험 반원에 속한다.

- 09 다. 우리나라를 통과한 태풍은 육지를 통과하면서 수증기 공급량이 감소하고 고위도로 이동하면서 수온이 낮은 해상에 도달하여 태풍의 세력은 약해졌을 것이다.

오답 피하기

ㄱ. 4~6시에 기압이 가장 낮았지만 풍속이 빨랐으므로 태풍의 눈에 근접했고 태풍의 눈이 관측 지점 상공을 지나지는 않았다.

나. 태풍이 지나가는 동안 풍향은 동풍(←), 북풍(↓), 서풍(→)으로 변했다. 풍향이 시계 반대 방향으로 변했으므로 관측 지점은 태풍 이동 경로의 왼쪽에 위치하였다.

- 10 ㄱ, 나. 우리나라는 편서풍의 영향을 받으므로 낙뢰를 동반한 비구름이 동쪽으로 이동하여 남해안을 지나갔을 것이다.

다. 강한 소나기와 낙뢰는 수직으로 높게 발달한 적란운에서 나타나는 현상이다.

- 11 ㄱ. 중국 내륙에서 발생한 황사가 4월 13일 미국 서부 지역까지 도달하여 영향을 주었다.

나. 황사는 중위도에서 부는 편서풍의 영향으로 동쪽으로 이동하여 영향을 준다.

다. 4월 7일과 4월 8일의 황사 분포 지역으로 보아 중부 지방이 남부 지방보다 황사의 영향을 더 많이 받았을 것이다.

- 12 다. (가)에서 부산 상공에 높게 솟은 구름이 발달하였다.

오답 피하기

ㄱ. (나)의 자료에서 부산 지역에 비는 비교적 짧은 시간인 7시와 10시 사이에 집중적으로 강하게 내렸다.

나. (가)에서 구름 분포를 보아 비는 경상남도 일부 지방에만 내렸을 것이다.

- 13 ㄱ. A 지점의 표층 수온은 약 24 °C, 표층 염분은 약 32.5 psu이다. B 지점의 표층 수온은 약 26 °C, 표층 염분은 약 33 psu이다. 따라서 표층 수온과 염분은 A 지점이 B 지점보다 낮다.

나. 수온 염분도에서 등밀도선은 염분이 높고 수온이 낮은 쪽인 오른쪽 아래에 있는 선일수록 밀도가 크다. 따라서 수심 40 m에서 해수 자료가 더 높은 등밀도선에 가까운 A 지점 해수가 B 지점 해수보다 밀도가 크다.

오답 피하기

다. 혼합층은 해수 표면부터 수온이 일정한 부분이다. A, B 두 지점 모두에서 표층부터 수온이 감소하므로 혼합층이 발달해 있지 않다.

- 14 ㄱ. B와 D는 해수의 밀도가 1.027 g/cm³로 같고, C는 1.026~1.027 g/cm³ 사이이며 A는 1.025~1.026 g/cm³ 사이이다. 따라서 해수의 밀도는 B=D>C>A이다.

오답 피하기

나. 해수의 밀도는 수온과 염분으로 결정되므로 수온 차이가 같더라도 밀도 차이가 같지 않을 수 있다.

다. 해수는 밀도가 비슷한 다른 해수와 혼합이 잘 일어난다. 따라서 D는 밀도가 같은 B와 가장 잘 혼합된다.

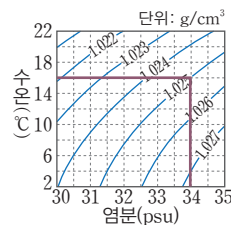
- 15 ㄱ. 수온은 깊이에 따라 값이 증가하지 않으므로, 약 300 m보다 깊어질 때 값이 증가하는 자료는 염분이다. 따라서 ㉠은 수온을 나타낸다.

나. 표층 수온은 16 °C이고, 표층 염분은 34.0 psu이다. 이 값을 (나)의 수온 염분도에 표시하면 해수의 밀도는 약 1.025 g/cm³이다.

오답 피하기

다. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 수심 1~2 km에서는 수심이 깊어질수록 수온이 일정하지만 염분이 증가하고 있으므로 해수의 밀도도 증가한다.

문제 속 자료 수온 염분도로 밀도 구하기



수온은 16 °C이고, 염분이 34.0 psu인 해수를 수온 염분도에 표시하면 값이 1.025 g/cm³인 등밀도선과 만난다.

- 16 ㄱ. 동해는 남쪽에서 동한 난류가 흐르고 북쪽에서 북한 한류가 흐르기 때문에 남북 간 수온 차이가 가장 크다.

나. 황해는 수심이 얕고 해수의 부피가 작기 때문에 수온이 쉽게 상승하고 하강한다. 따라서 수온의 연교차가 가장 크다.

오답 피하기

다. 남해의 수온이 연중 높은 까닭은 연중 수온이 높은 쿠로시오 해류의 영향을 받기 때문이다.

IV 대기과 해양의 상호 작용

01 | 대기 대순환과 해양의 표층 순환

기초 탄탄 문제

p. 144

01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ④ 05 ②

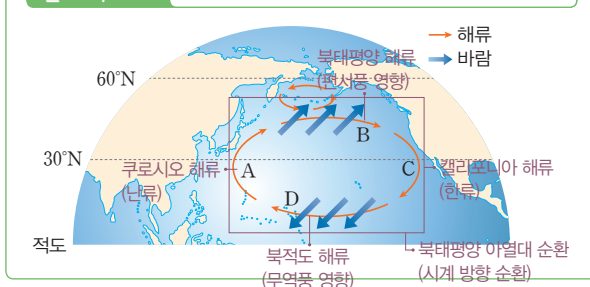
01 ⑤ 지구 전체가 받는 태양 복사 에너지와 방출하는 지구 복사 에너지는 같다. 따라서 저위도의 남는 에너지(A의 면적)와 고위도의 부족한 에너지(B의 면적)가 같고, 에너지 수송이 이루어지면 각 위도는 에너지 평형을 이룬다.

오답 피하기

태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지는 모두 저위도로 갈수록 증가하여 적도에서 최댓값을 가지고 극에서 최솟값을 가진다. 저위도에서는 태양 복사 에너지가 지구 복사 에너지보다 많으므로 A는 남는 에너지이다. 고위도에서는 태양 복사 에너지가 지구 복사 에너지보다 적으므로 B는 부족한 에너지이다. 저위도의 남는 에너지가 대기과 해양의 순환을 통해 고위도로 수송되고 지구의 각 위도는 에너지 평형을 이룬다.

02 A는 쿠로시오 해류로 저위도의 수온이 높은 해수가 고위도로 흐르는 난류이다. C는 캘리포니아 해류로 고위도의 수온이 낮은 해수가 저위도로 흐르는 한류(㉠)이다. B는 편서풍의 영향을 받아 서에서 동으로 흐르는 북태평양 해류(㉡)이다. D는 무역풍의 영향을 받아 동에서 서로 흐르는 북적도 해류이다. A, B, C, D는 시계 방향으로 흐르면서 북태평양 아열대 순환을 형성한다.

문제 속 자료 북태평양 아열대 순환



03 ③ A와 C에서는 극동풍과 무역풍이 불어 북동풍이 우세하고, B에서는 편서풍이 불어 남서풍이 우세하다.

오답 피하기

①, ⑤ (가)는 극순환, (나)는 페렐 순환, (다)는 해들리 순환이다. (가)는 극 냉각으로 하강 기류가 발달하여 형성된 직접 순환, (다)는 적도 가열로 상승 기류가 발달하여 형성된 직접 순환이다.

② 지구가 자전하지 않았다면 (가)와 (다)가 연결되어 하나의 순환을 이루었을 것이다. (나)는 지구 자전의 영향으로 (가)와 (다) 순환이 따로 형성되어 나타난 간접순환이다.

④ (ㄱ)에서는 편서풍과 극동풍이 만나 공기의 수렴이 일어나고, (ㄴ)에서는 편서풍과 무역풍이 불어 나가면서 공기의 발산이 일어난다.

04 ④ 중위도 아열대 순환에서 난류는 대양의 서쪽에서 흐르고, 한류는 대양의 동쪽에서 흐른다.

오답 피하기

① 한류는 수온이 낮고, 난류는 수온이 높다.
② 한류는 염분이 낮고, 난류는 염분이 높다.
③ 한류는 영양 염류와 용존 산소량이 많고, 난류는 영양 염류와 용존 산소량이 적다.
⑤ 한류에는 캘리포니아 해류, 페루 해류 등이 있고, 난류에는 쿠로시오 해류, 멕시코 만류 등이 있다.

05 조경 수역은 한류와 난류가 만나 형성된다. 우리나라는 동해에서 동한 난류(㉢)와 북한 한류(㉠)가 만나 조경 수역을 이룬다.

문제 속 자료 우리나라 주변 해류



㉠ 연해주 한류
㉡ 북한 한류
㉢ 동한 난류
㉣ 황해 난류
㉤ 쓰시마 난류
㉥ 쿠로시오 해류
• 우리나라에 흐르는 난류의 근원은 쿠로시오 해류이다.

내신 만점 문제

p. 145 ~ 147

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

01 A는 해들리 순환, B는 페렐 순환, C는 극순환이다. 적도와 60°N은 저압대, 북극과 30°N은 고압대이다.

ㄱ. A 순환은 적도의 가열로 상승 기류가 나타나고 상승한 공기가 전향력의 영향으로 위도 30°에서 지표로 하강하여 다시 적도로 돌아오면서 형성된다. 위도 30°에서 적도로 공기가 이동할 때 부는 바람은 북반구에서는 북동 무역풍, 남반구에서는 남동 무역풍이다.

오답 피하기

ㄴ. 적도의 가열로 상승 기류가 나타나 형성되는 A 순환과 극의 냉각으로 하강 기류가 나타나 형성되는 C 순환은 열대류인 직접 순환이다. B 순환은 전향력의 영향을 받아 A 순환에서 나타나는 하강 기류와 C 순환에서 나타나는 상승 기류가 이어져서 형성된 간접순환이다.

ㄷ. 30°N 지역은 하강 기류가 우세하게 나타나고 60°N 지역은 상승 기류가 나타난다. 상승 기류가 나타나는 지역에서 구름이 잘 발생하고 강수량이 많으므로 60°N 지역은 30°N 지역보다 강수량이 많다.

02 A는 해들리 순환, B는 페렐 순환, C는 극순환이다.

ㄱ. B는 A 순환의 영향으로 위도 30°에서 형성되는 하강 기류와 C 순환의 영향으로 위도 60°에서 형성되는 상승 기류가 이어져 형성된다. 따라서 B는 두 대기 순환 세포 사이에서 형성되는 간접순환이다.

ㄴ. 대기 대순환은 저위도의 남는 열에너지를 에너지가 부족한 고위도로 수송하는 역할을 한다.

오답 피하기

ㄷ. B와 C 사이의 지상에는 공기의 수렴이 일어나고 상승 기류가 나타나므로 저압대가 위치한다.

03 ㄱ. A는 쿠로시오 해류로 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이다. C는 페루 해류로 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이다. 따라서 수온은 난류인 A가 한류인 C보다 높다.

ㄴ. B와 D는 모두 편서풍의 영향을 받아서 서에서 동으로 흐르는 해류이다.

ㄷ. 북반구 아열대 순환은 시계 방향으로 형성되고, 남반구 아열대 순환은 시계 반대 방향으로 형성된다. 해양의 표층 순환은 적도를 기준으로 북반구와 남반구가 대칭이다.

04 ㄱ. 해양의 표층 해류는 대기 대순환의 지상 바람과 마찰로 형성된다. 대기 대순환으로 위도별 지상에 우세하게 부는 바람이 나타나고 바람과의 마찰로 위도별 일정한 방향으로 흐르는 표층 해류가 나타나 표층 순환을 형성한다.

ㄴ. 북반구와 남반구의 해수 순환은 적도를 기준으로 대칭으로 나타난다.

오답 피하기

ㄷ. 아열대 순환과 아한대 순환 모두에서 고위도에서 저위도로 흐르는 한류와 저위도에서 고위도로 흐르는 난류가 나타나므로 두 순환은 한류와 난류로 이루어져 있다.

05 ㄷ. D는 남극 대륙 주변을 순환하는 남극 순환 해류이다. 편서풍의 영향을 받아 서에서 동으로 흐르며 주변에 대륙이 없기 때문에 남북 방향으로 거의 흐르지 않는다.

오답 피하기

ㄱ. 난류는 수온이 상대적으로 높은 저위도에서 수온이 상대적으로 낮은 고위도로 흐르는 해류이다. B는 고위도에서 저위도로 흐르므로 주위 해수보다 수온이 상대적으로 낮은 한류이다.

ㄴ. A는 편서풍의 영향을 받아 서에서 동으로 흐르는 북태평양 해류이다. C는 무역풍의 영향을 받아 동에서 서로 흐르는 북적도 해류이다. 남반구에도 무역풍의 영향을 받아 남적도 해류가 흐른다. 북적도 해류와 남적도 해류 사이에서 서에서 동으로 흐르는 해류가 적도 반류이다.

06 A와 C는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이고, B와 D는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이다.

ㄱ. 동일 위도에서 저위도의 따뜻한 해수가 흐르는 A가 고위도의 차가운 해수가 흐르는 B보다 수온이 높다.

ㄴ. 용존 산소량은 수온이 낮은 해수에서 높다. 따라서 한류가 흐르는 B와 D에서 용존 산소량이 A와 C에서보다 많다.

ㄷ. 한류가 흐르는 해역은 동일 위도의 다른 지역보다 온도가 낮고, 난류가 흐르는 해역은 온도가 높다. A~D는 모두 대륙 연안에서 남북 방향으로 흐르는 난류와 한류이므로 한류와 난류는 연안 지역 기후에 영향을 미친다.

문제 속 자료 한류와 난류

구분	한류	난류
이동	고위도 → 저위도	저위도 → 고위도
수온	낮다	높다
염분	낮다	높다
용존 산소량	많다	적다
영양 염류	많다	적다

07 A는 캘리포니아 해류, B는 멕시코 만류이다.

ㄱ. A와 B 모두 아열대 순환의 일부이다. A는 북태평양 아열대 순환 중 대양 동쪽에서 흐르는 한류이다. B는 북대서양 아열대 순환 중 대양 서쪽에서 흐르는 난류이다.

ㄴ. B 해류는 북대서양 해류로 이어지며 카나리아 해류, 북적도 해류와 함께 북대서양의 아열대 순환을 이룬다.

ㄷ. 용존 산소량과 영양 염류는 난류보다 한류에 많다. 따라서 난류인 B보다 한류인 A에 많다.

문제 속 자료 북반구 아열대 순환



- 08 나. C와 D는 북대서양 아열대 순환이 형성되는 해역으로 C에서는 멕시코 만류가 흐르고, D에서는 카나리아 해류가 흐른다. 북반구 아열대 순환의 서쪽에서는 저위도에서 고위도로 난류가 흐르고, 동쪽에서는 고위도에서 저위도로 한류가 흐른다.

ㄷ. A 해역은 아열대 순환과 아한대 순환의 경계로, 두 순환을 이루는 북태평양 해류가 흐른다.

오답 피하기

ㄱ. A 해역에는 편서풍의 영향으로 형성된 북태평양 해류가 흐르고 B 해역에는 무역풍의 영향으로 형성된 북적도 해류가 흐른다. 북태평양 해류와 북적도 해류는 동서 방향으로 흐르는 해류로 위도별 열 수송이 활발하게 일어나지 않는다. 난류와 한류가 흐르는 지역에서는 위도별로 열 수송이 일어난다.

- 09 ㄱ. A는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이고, B는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이다.

나. B는 쿠로시오 해류로, 우리나라 주변을 흐르는 동한 난류와 황해 난류의 근원이다.

오답 피하기

ㄷ. C는 북적도 해류이고, B는 쿠로시오 해류이다. 쿠로시오 해류는 북태평양 해류로 이어지고 캘리포니아 해류로 이어진 후 북적도 해류로 연결되어 북태평양 아열대 순환을 이룬다. A는 북태평양 해류로 이어지고 시계 반대 방향으로 순환하여 아한대 순환을 형성한다.

- 10 A는 쿠로시오 해류, B는 황해 난류, C는 동한 난류, D는 북한 한류이다.

ㄱ. 우리나라 주변 해류인 B와 C는 A에서 갈라져 나온 난류이다.

나. 영양 염류는 한류에서 많고 난류에서 적다. A~D 중 고위도에서 저위도로 흐르는 D에서 영양 염류가 가장 풍부하다.

ㄷ. A는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류로, 대양의 서안을 흐르는 서안 경계류이다. 북대서양에서 저위도에서 고위도로 흐르며, 서안 경계류인 해류는 멕시코 만류이다.

- 11 [모범 답안] (1) 북태평양 해류는 편서풍의 영향으로, 북적도 해류는 무역풍의 영향으로 발생한다.

(2) (가)는 한류로 고위도에서 저위도로 흐른다. 수온과 염분이 낮으며 영양 염류와 용존 산소량이 많다. 유속이 느리고 해류 폭이 넓다.

채점 기준		배점
(1)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	40%
	북태평양 해류와 북적도 해류 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	20%
(2)	(가)의 특징을 3가지 이상 옳게 서술한 경우	60%
	(가)의 특징을 하나씩 부족하게 서술한 경우	20%씩 감점

- 12 해류는 연안 지역 기후에 영향을 미친다. 동일한 위도의 다른 지역보다 난류의 영향을 받는 지역은 평균 기온이 높고, 한류의 영향을 받는 지역은 평균 기온이 낮다.

[모범 답안] 멕시코 만류가 북대서양 해류로 이어져 유럽의 북서쪽 해안을 따라 흐르기 때문에 유럽 북서쪽 지역은 난류의 영향을 받아 다른 지역보다 따뜻한 기후가 형성된다.

채점 기준	배점
멕시코 만류의 이동 경로와 난류의 영향을 모두 서술한 경우	100%
멕시코 만류의 이동 경로와 난류의 영향 중 한 가지만 서술한 경우	50%

02 | 해양의 심층 순환

기초 탄탄 문제

p. 152

01 ① 02 ④ 03 ⑤ 04 ④ 05 ⑤

- 01 ① 심층 순환은 표층 순환과 연결되어 전 지구 해양을 흐른다.

오답 피하기

해양의 심층 순환은 해수의 밀도 차이로 흐르는 해류가 형성하는 순환이다. 극지방에서 해수의 결빙으로 염분과 밀도가 증가하고, 표층 해수의 침강이 일어나면서 심층 해수가 형성된다. 차가운 극지방의 표층 해수에는 용존 산소와 영양 염류가 많기 때문에 표층 해수의 침강으로 심층 해류가 형성되면 표층과 심층 사이에서 용존 산소와 영양 염류가 이동한다.

- 02 ④ (다)처럼 표층 해수의 침강이 일어나려면 해수의 밀도가 높아야 한다. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다.

오답 피하기

①, ② 해수는 심층에서 저위도로 흐르고 표층에서 고위도로 흐르며 전 지구적 순환을 이룬다.

③ 지구는 위도별로 단위 면적당 태양 복사 에너지의 입사량이 다르기 때문에 저위도 해역에서는 열을 흡수하고 고위도 해역에서는 열을 잃는다.

⑤ 해양의 해수는 대부분 심층을 흐른다. 표층을 흐르는 해수의 양은 심층을 흐르는 해수보다 매우 적다.

- 03 해수의 연직 분포에서 밀도가 더 높은 수괴일수록 아래쪽에 위치한다. 따라서 대양의 가장 아래에서 흐르는 남극 저층수는 밀도가 가장 큰 수괴이다. 수온 염분도에서 등밀도선은 오른쪽 아래에 있을수록 큰 값이므로 가장 밀도가 큰 해수인 E가 남극 저층수이다.

- 04 ④ 심층 순환은 고위도 해역에서 수온이 낮고 염분이 높은 해수가 침강하면서 일어난다.

오답 피하기

- ① 심층 순환은 표층 순환보다 느리게 나타난다. 그러나 심층 순환을 이루는 해수는 표층 순환을 이루는 해수보다 해수의 양이 많기 때문에 두 순환을 흐르는 해수의 양이 균형을 이룬다.
- ② 표층 순환은 지상에 부는 바람과 해수의 마찰로 일어나고, 심층 순환은 해수의 밀도 차로 일어난다.
- ③ 심층 순환과 표층 순환은 서로 연결되어 있으며 전 지구적인 해수의 순환을 형성한다.
- ⑤ 심층 순환은 표층 순환과 함께 저위도의 남는 에너지를 고위도로 수송하는 역할을 한다. 심층 순환이 약화되면 위도별 에너지 불균형이 심화되어 기후 변화에 영향을 미친다.

05 전 지구적 해수의 순환에서 해수의 침강은 주로 극지방 해역에서 일어난다. 해수의 침강은 그린란드 주변 해역과 남극 대륙 주변 웨델해에서 일어난다. 해수의 융승은 북태평양과 인도양에서 일어난다.

내신 만점 문제

p. 153 ~ 155

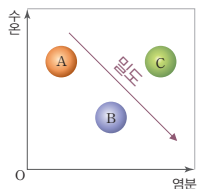
- 01 ④ 02 ① 03 ③ 04 ③ 05 ⑤ 06 ⑤
07 ① 08 ⑤ 09 ① 10 ② 11~12 해설 참조

01 ㄴ. 해수의 결빙이 일어나면 물의 양은 감소하지만 염류의 양은 변하지 않으므로 빙하 주변 해수는 염분이 증가한다.
ㄷ. A와 C가 층을 이룰 때, C가 A보다 해수의 밀도가 더 크므로 C가 A 아래로 내려간다.

오답 피하기

ㄱ. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. A는 염분이 가장 낮고, 수온이 C와 함께 가장 높기 때문에 세 해역 중 밀도가 가장 작은 해수이다.

문제 속 자료 수온-염분 그래프



• X축이 염분, Y축이 수온이므로 수온이 낮아지고 염분이 높아지는 오른쪽 아래로 갈수록 해수의 밀도가 증가한다.

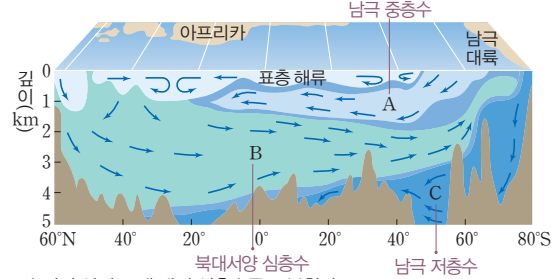
02 ㄱ. 해수의 연직 분포에서 밀도가 더 큰 수괴가 아래에 위치한다. 따라서 해수는 더 깊은 곳에 있는 C, B, A 순으로 밀도가 크다.

오답 피하기

ㄴ. B는 북대서양 심층수로 북극 주변인 그린란드 해역에서 침강하여 남쪽으로 흐른다.

ㄷ. 전체 해수 중 일부가 표층 순환을 하고 있고, 대부분의 해수는 심층 순환을 하고 있다.

문제 속 자료 심층 해수



- 수괴의 성질로 세 개의 심층수를 구분한다.
- 심층수는 주로 고위도 극지방에서 표층 해수의 침강이 일어나 형성된다.

03 ㄱ. 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다.

ㄷ. 실험에서 침강은 수조의 물과 종이컵에 부은 물의 밀도 차이가 클수록 잘 일어난다. 따라서 종이컵에 밀도가 더 큰 차가운 소금물을 부으면 침강이 더 잘 일어난다.

오답 피하기

ㄴ. 수조에 찬물을 채우면 수조 물의 밀도가 높아지고 종이컵의 물과 밀도 차이가 작아진다. 따라서 침강이 잘 일어나지 않게 된다. 수조에 따뜻한 물을 채우면 침강이 더 잘 일어난다.

04 ㄱ. 수온 염분도에서 등밀도선은 오른쪽 아래에 있을수록(수온이 낮을수록, 염분이 높을수록) 밀도 값이 크다. 따라서 밀도가 가장 큰 수괴는 남극 저층수이다.

ㄴ. 지중해 중층수는 북대서양 중앙 표층수보다는 밀도가 크고 북대서양 심층수보다는 밀도가 작다. 해수는 밀도가 큰 수괴부터 깊은 곳에 존재하므로 지중해 중층수는 북대서양 중앙 표층수와 북대서양 심층수 사이에서 흐를 것이다.

오답 피하기

ㄷ. 북대서양 수괴에서 염분이 34.1 psu인 해수는 남극 중층수이다.

05 ㄱ. 북대서양 그린란드 주변 해역은 표층 해수가 침강하여 심층 해수가 형성되는 해역으로 북대서양 표층수가 열을 잃고 침강하여 북대서양 심층수로 변화한다.

ㄴ. 해수의 연직 분포에서 수괴는 밀도가 높을수록 아래에 존재한다. 남극 저층수는 북대서양 심층수보다 아래에 존재하기 때문에 북대서양 심층수보다 남극 저층수의 밀도가 크다.

ㄷ. 남극 저층수는 남극 대륙 주변 해역에서 형성되어 적도를 지나 북반구 심해까지 이동한다.

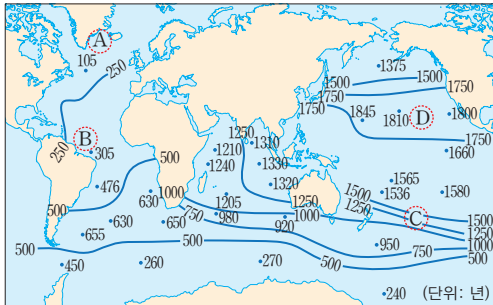
06 ㄱ. 수심 400 m 해수의 연령은 대체로 대서양에서는 1000년 미만이고 태평양에서는 1000년 이상이다.

ㄴ. 표층 해수의 침강이 일어난 곳은 해수의 연령이 적을 것이

다. A 해역에서 해수의 연령이 가장 적으므로 주로 표층 해수의 침강은 A 해역 주변에서 일어난다.

ㄷ. 250년 동안 해수의 이동 거리가 C 해역보다 B 해역에서 길기 때문에 해수의 흐름은 B 해역이 C 해역보다 빠르다.

문제 속 자료 심층 해수의 연령



- 수심 4000 m 해수의 연령 분포는 A 해역에서 가장 적고 D 해역에서 가장 많다.
- A 해역에서 심층 해수가 형성되어 D 해역까지 이동한다.

07 ㄱ. 전 지구적인 해수의 순환은 표층 순환과 심층 순환이 이어져 흐른다. 이 순환은 저위도의 에너지를 고위도로 수송하여 위도 간 에너지 불균형을 해소하는 역할을 한다.

오답 피하기

ㄴ. 인도양과 태평양에서는 심층수가 표층수로 변화한다.

ㄷ. A 해역에서 침강이 약화되면 심층 순환이 약해지고 심층 순환과 이어져 있는 표층 순환도 약해진다.

08 ㄱ. 심층수는 고위도에서 수온이 낮은 표층 해수가 염분이 높아져 해저로 침강하면서 형성된다.

ㄴ. 염분의 연직 분포에서 등염분선이 늘어진 정도를 비교해보면 해류의 이동 거리를 알 수 있다. 표층보다 심층에서 등염분선이 더 늘어져 있으므로 심층 해류가 표층 해류보다 남북 간 이동 거리가 더 길다.

ㄷ. 태평양과 대서양 모두 가장 저층을 이루는 심층 해류는 남극 대륙 주변에서 이동해 오는 남극 저층수이다.

09 ㄱ. (나)에서 북대서양은 기온이 낮아졌고, 남대서양은 기온이 높아졌다.

오답 피하기

ㄴ. 고위도에서 기온이 하강하고 저위도에서 기온이 상승한 까닭은 심층 순환이 약해져 위도 간 에너지 수송량이 줄고 위도별 에너지 불균형이 심해졌기 때문이다. 따라서 대서양의 심층 해류는 약해졌다.

ㄷ. 심층 해류와 표층 해류는 이어져 있으므로 심층 해류가 약해졌다면 B에서 A로 흐르는 표층 해류도 약해졌을 것이다.

10 ㄴ. 실험 결과에서 A 소금물과 B 소금물이 만났을 때 B 소금물이 A 소금물 위로 흐른다. 따라서 소금물의 밀도는 A가 B

보다 크다.

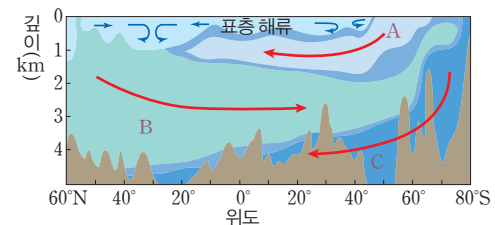
오답 피하기

ㄱ. 소금물은 수온이 낮을수록 밀도가 높다. 수온이 더 낮고 밀도가 더 높은 4℃ 소금물이 A 소금물이고, 수온이 더 높고 밀도가 더 낮은 15℃의 소금물이 B 소금물이다.

ㄷ. 밀도가 더 큰 A가 남극 저층수, 상대적으로 밀도가 작은 B가 북대서양 심층수이다. 수돗물은 A, B 소금물보다 밀도가 작으므로 북대서양 표층수에 해당한다.

11 해수의 단면에서 밀도가 더 큰 수괴가 아래에 위치한다.

[모범 답안] (1)



(2) A는 남극 중층수, B는 북대서양 심층수, C는 남극 저층수이다. 수심이 깊은 해수일수록 밀도가 크므로 남극 저층수, 북대서양 심층수, 남극 중층수 순으로 밀도가 크다.

채점 기준		배점
(1)	각 심층 해류의 이동 방향을 옳게 표시한 경우	30%
(2)	심층 해수의 명칭을 모두 적고 각 심층 해수의 밀도를 옳게 비교한 경우	70%
	심층 해수의 명칭을 모두 적지 못했지만 해수의 밀도를 옳게 비교한 경우	35%

12 심층 해류에 변화가 일어나면 여러 환경 변화를 일으켜 전 지구적 기후에 영향을 미칠 수 있다.

[모범 답안] (1) B 지역이 A 지역에 비해 수온이 더 높다. 멕시코 만류와 북대서양 해류가 고위도까지 이동하여 B 지역이 난류의 영향을 받기 때문이다.

(2) 지구 온난화가 진행되면 B 해역 수온이 높아져 해수의 결빙이 일어나지 않아 해수의 밀도가 낮아진다. 이러한 변화는 고위도에서의 심층수 형성을 약화시키기 때문에 전 지구적인 해수의 순환이 약해진다. 따라서 멕시코 만류 또한 약화되어 B 지역은 난류의 영향을 받지 못하면서 기온이 낮아질 수 있다.

채점 기준		배점
(1)	B 지역의 기온이 더 높다는 것과 멕시코 만류의 영향을 받는다는 사실을 모두 옳게 서술한 경우	40%
	B 지역의 기온이 더 높다는 것은 적었지만 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	20%
(2)	B 지역의 해수 밀도가 낮아진다는 사실부터 멕시코 만류의 약화까지 환경 변화를 순서대로 옳게 서술한 경우	60%
	B 지역의 해수 밀도가 낮아진다는 사실부터 멕시코 만류의 약화를 서술하였지만 환경 변화가 일어나는 과정이 논리적으로 타당하지 못한 경우	30%

03 | 엘니뇨와 남방 진동

기초 탄탄 문제

p. 160

01 ④ 02 ③ 03 ① 04 ③ 05 ④

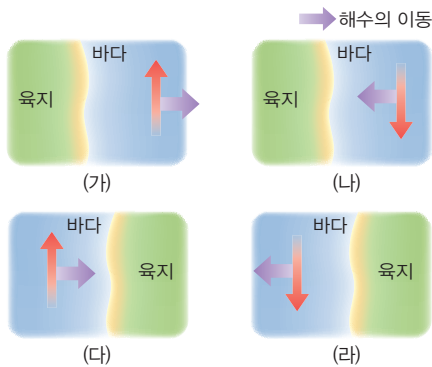
01 ④ 용승이 일어나 영양 염류가 많아진 해역에서는 플랑크톤 증가로 해양 생물이 살기 좋은 환경이 만들어진다. 따라서 좋은 어장이 형성되고 어획량이 증가한다.

오답 피하기

용승이 일어나는 해역은 심층 해수의 특징이 표층 해수에서 나타난다. 용승이 일어나면 표층 수온이 하강하고 영양 염류량이 증가한다. 표층 수온이 하강하면 기층의 하부가 냉각되고 안정해진다. 기층이 안정해지면서 하강 기류가 형성되면 강수량이 감소하고 건조한 기후가 나타난다.

02 해수의 평균 이동 방향은 북반구에서 풍향의 오른쪽 90° 방향이고, 남반구에서 풍향의 왼쪽 90° 방향이다. 연안 용승이 발생하는 경우는 (가)와 (라)이다.

문제 속 자료 연안 해수의 이동



연안 용승이 발생하는 경우

- 북반구에서 서해안에 북풍이 부는 경우
- 북반구에서 동해안에 남풍이 부는 경우
- 남반구에서 서해안에 남풍이 부는 경우
- 남반구에서 동해안에 북풍이 부는 경우

03 엘니뇨는 무역풍 약화로 서쪽으로 흐르는 남적도 해류와 적도 부근 동태평양 해역의 용승이 약화되면서 발생한다. 동태평양 페루 연안은 표층 수온이 평년보다 높아지고, 서태평양 인도네시아 연안 해역은 표층 수온이 평년보다 낮아진다. 인도네시아 연안은 표층 수온 하강으로 증발량이 감소하고 기층 하부가 안정해지면서 강수량이 감소한다. 동태평양 해역은 용승 약화로 표층 해수의 영양 염류량이 감소하고 어획량도 감소한다.

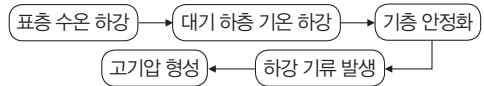
04 라니냐 시기에 적도 부근의 동태평양 해역은 표층 수온이 하강하고, 서태평양 해역은 표층 수온이 상승한다.

①, ② 동태평양의 표층 수온 하강으로 기층 하부가 냉각되고 안정해진다. 안정한 기층 내에서 하강 기류가 나타나면서 고기압이 형성된다. 고기압이 형성된 동태평양 지역은 맑고 건조한 날씨가 나타난다.

③, ④, ⑤ 서태평양의 표층 수온 상승으로 기층 하부가 가열되고 불안정해진다. 불안정한 기층 내에서 상승 기류가 나타나면서 저기압이 형성된다. 저기압이 형성된 서태평양 지역은 구름이 잘 발달하면서 강수량이 증가한다.

05 표층 수온이 상승하면 대기 하층 기온이 상승하면서 기층이 불안정해진다. 불안정한 기층에서 상승 기류가 나타나고 저기압이 형성된다.

문제 속 자료 표층 수온 하강 시 기압 변화



- 표층 수온 하강은 기층 안정화로 이어진다. 안정한 기층에서 하강 기류가 나타나고 고기압이 형성된다.

내신 만점 문제

p. 161 ~ 163

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

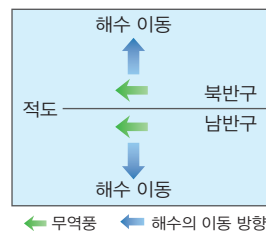
01 ㄱ. 무역풍의 영향으로 적도 지역에서 해수는 북반구에서 북쪽, 남반구에서 남쪽으로 이동하며 해수의 발산이 일어난다.

오답 피하기

ㄴ. 해수의 발산이 일어나는 적도에서는 심층 해수가 올라오는 용승이 일어난다.

ㄷ. 무역풍이 강해지면 해수의 발산이 더 많이 일어나고 용승이 강화된다. 용승이 강화되면 수온 약층이 형성되는 깊이가 얕아진다.

문제 속 자료 적도 부근 바람과 해수의 이동



- 북반구에서는 풍향의 오른쪽 90° 방향으로 해수가 이동하므로 동풍 계열 무역풍이 불면 해수가 북쪽으로 이동한다.
- 남반구에서는 풍향의 왼쪽 90° 방향으로 해수가 이동하므로 동풍 계열 무역풍이 불면 해수가 남쪽으로 이동한다.

02 ㄱ. 울산 앞바다에서 연안 용승이 일어났기 때문에 울산 연안에서 주위보다 수온이 매우 낮게 나타날 것이다.

ㄴ, ㄷ. 올산 연안에서 용승이 일어나려면 외해로 해수의 발산이 일어나야 한다. 해수가 먼 바다 방향인 동쪽으로 이동할 때 발산이 일어난다. 북반구에서 해수는 풍향의 오른쪽 90° 방향으로 이동하므로 해수가 동쪽으로 이동하려면 남풍 계열의 바람이 불어야 한다.

- 03** ㄴ. A 해역은 수온이 높아 기층 하부가 가열되고 상승 기류가 나타나면서 저기압이 형성된다. B 해역은 수온이 낮아 기층 하부가 냉각되고 하강 기류가 나타나면서 고기압이 형성된다.

오답 피하기

ㄱ. 평상시 남적도 해류가 따뜻한 해수를 서쪽으로 이동시키고 동태평양 연안에서 용승이 일어나면서 B 해역의 수온은 낮아진다.

ㄷ. 상승 기류가 나타나는 A 해역에서는 구름이 형성되고 강수량이 많다. 하강 기류가 나타나는 B 해역에서는 맑고 건조한 기후가 나타난다.

- 04** ㄱ. 동태평양 적도 부근 해역에서 A 시기는 관측 수온이 평균 수온보다 높으므로 엘니뇨 시기이다.

ㄷ. 엘니뇨 발생 시 동태평양 적도 부근 해역은 평년보다 수온이 높고, 따뜻한 해수층이 두꺼워진다. 용승이 약해져 수온이 급격히 하강하는 수온 약층이 나타나는 깊이가 깊어진다.

오답 피하기

ㄴ. 엘니뇨가 발생한 시기에는 남적도 해류가 약하고, 적도 반류가 강하다.

- 05** (가)는 평상시보다 무역풍이 약하게 나타나는 엘니뇨 시기, (나)는 평상시보다 무역풍이 강하게 나타나는 라니냐 시기이다. ㄴ. 라니냐 시기에는 페루 연안에서 찬 해수가 더 많이 상승하여 표층에 용존 산소량이 많아진다.

오답 피하기

ㄱ. 라니냐 시기에는 인도네시아 연안의 표층 수온은 상승하고, 기층 하부가 불안정해지면서 저기압이 형성되어 강수량이 많아진다.

ㄷ. 남적도 해류가 따뜻한 해수를 서쪽으로 수송해 인도네시아 연안에서 따뜻한 해수층이 두껍게 나타난다.

- 06** ㄱ. (가)에서 2015년 1월부터 11월까지 수온 편차가 지속적으로 높아졌다. (나)에서 서태평양인 A 지역이 건조할 것으로 예측되므로 2015년에 엘니뇨가 발생했다.

ㄴ. 엘니뇨 시기에는 무역풍이 약해지므로 남적도 해류가 약해지고 적도 반류가 강해진다.

ㄷ. 엘니뇨가 발생하면 서태평양 수온이 하강하고 기층 하부가 안정해지면서 고기압이 형성된다. 고기압 지역에서는 맑고

건조한 날씨가 지속되므로 A 지역에 산불이 발생할 가능성이 높아진다.

- 07** ㄷ. (가)는 동·서태평양에서 표층 수온 차이가 거의 나타나지 않는다. (나)는 표층 수온이 서태평양에서 29℃보다 높고, 동태평양에서 20~22℃이므로 동·서태평양 표층 수온 차이가 약 7~9℃이다. 동·서태평양 표층 수온 차이가 거의 나지 않는 (가)는 엘니뇨 시기이고, 동·서태평양 표층 수온 차이가 크게 나타나는 (나)는 라니냐 시기이다.

ㄴ. 평상시 남적도 해류가 따뜻한 해수를 서태평양 쪽으로 수송하기 때문에 서태평양의 해수면이 동태평양의 해수면보다 높게 나타난다. 라니냐 시기에는 남적도 해류가 강화되어 동·서태평양의 해수면 높이 차이가 더 커지고 엘니뇨 시기에는 남적도 해류가 약화되어 동·서태평양의 해수면 높이 차이가 작아진다.

오답 피하기

ㄱ. 동태평양의 표층 수온은 (가)에서 28℃, (나)에서 20~22℃이다.

ㄴ. 동태평양의 14℃ 등온선의 깊이는 (가)에서 약 250m, (나)에서 200m보다 얕다.

문제 속 자료 엘니뇨와 라니냐가 발생할 때의 현상

구분	(가) 엘니뇨 발생 시	(나) 라니냐 발생 시
무역풍	• 약하다	• 강하다
인도네시아 연안 (열대 서태평양)	• 하강 기류 우세 • 가뭄, 산불 피해	• 상승 기류 우세 • 홍수, 폭우 피해
페루 연안 (열대 동태평양)	• 용승 약화 • 수온 상승 • 강수량 증가	• 용승 강화 • 수온 하강 • 강수량 감소
해류	• 남적도 해류 약화 • 적도 반류 세력 확장	• 남적도 해류 강화 • 적도 반류 세력 축소

- 08** ㄱ. 문제의 그래프에서 11월을 제외한 모든 달에 엘니뇨 시 강수량이 평상시 강수량보다 높게 나타난다.

오답 피하기

ㄴ, ㄷ. 강수량이 증가하는 지역은 저기압이 형성되어 상승 기류가 평소보다 강해진 지역이다. 상승 기류가 강해지려면 대기 하층이 불안정해져야 하고 수온이 높은 해역으로부터 열을 공급받아야 한다. 따라서 강수량이 증가하는 지역은 수온이 상승한 지역이다. 엘니뇨 발생 시 수온이 상승하는 지역은 열대 태평양 동쪽 연안이다.

- 09** ㄴ. 평상시에는 남적도 해류가 따뜻한 해수를 서쪽으로 수송하고 동태평양에서 용승이 일어난다. 남적도 해류와 용승의 영향으로 서태평양의 수온은 높고 동태평양의 수온은 낮다. 엘니뇨가 발생하면 무역풍이 약해져 남적도 해류가 약화되고

동태평양에서 용승이 잘 일어나지 않게 되면서 서태평양 수온은 하강하고, 동태평양 수온은 상승한다. 따라서 A와 B 지역의 표층 수온 차이는 감소한다.

오답 피하기

ㄱ. A 지역은 표층 수온이 하강하여 기층 하부의 가열이 약해진다. 기층이 안정해지고 하강 기류가 나타나면서 기압이 상승한다.

ㄷ. 엘니뇨가 발생하면 전 지구적 대기와 해양의 성질에 변화가 일어나면서 태평양 지역을 포함한 전 세계의 기후 변화가 초래된다.

- 10** ㄱ. 문제의 그림에서 페루 연안에 이상 건조 기후가 나타나므로 이곳의 강수량 편차는 (－)이고, 이때는 라니냐 시기이다.
 ㄴ, ㄷ. 라니냐 시기에 무역풍이 더 강하게 불어 남적도 해류가 강화되면서 서태평양으로 수송되는 따뜻한 해수의 양이 많아진다. 남적도 해류의 영향으로 서태평양의 따뜻한 해수층이 두꺼워지고 수온은 상승한다. 서태평양의 높은 수온은 기층 하부를 가열해 기층을 불안정한 상태로 만들고 서태평양에는 저기압이 형성된다.

- 11** 엘니뇨 시기에 페루 연안 해역의 수온은 상승하고, 라니냐 시기에 페루 연안 해역의 수온은 하강한다. 수온 편차 그래프를 통해 엘니뇨 발생 시기와 라니냐 발생 시기를 알 수 있다.

[모범 답안] (1) 무역풍이 약해졌다.

(2) 적도 부근 동태평양 표층 수온은 평상시보다 높아지고, 적도 부근 서태평양의 표층 수온은 평상시보다 낮아진다.

(3) 수온이 평년보다 낮은 B 시기에는 기층 하부 기온이 낮아져 기층이 안정해진다. 안정해진 기층 내에서 하강 기류가 우세하게 나타나면서 고기압이 형성된다.

채점 기준		배점
(1)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	10%
(2)	동태평양과 서태평양의 수온 변화를 옳게 서술한 경우	30%
(3)	수온 하강부터 기층 안정화, 기류 발달, 고기압 형성까지의 작용을 순서대로 옳게 서술한 경우	60%
	수온 하강과 고기압 형성을 서술하였지만 중간 과정이 논리적으로 타당하지 못한 경우	30%

- 12** 동태평양 적도 부근 해역은 엘니뇨 발생 시 남적도 해류가 약화되고 용승이 잘 일어나지 않게 되어 수온이 하강한다.

서울영 Tip 수온 분포 그림에서 엘니뇨와 라니냐를 구분할 수 있는 영역을 찾아 서술한다.

[모범 답안] (가), 엘니뇨 시기에는 동태평양 적도 부근 해역의 수온이 높아지고, 서태평양 적도 부근 해역의 수온은 낮아진다. 따라서 따뜻한 해수의 영역이 더 동쪽으로 확장되어 있는 (가)가 엘니뇨가 발생한 시기의 수온 분포 자료이다.

채점 기준	배점
엘니뇨가 발생한 시기를 옳게 고르고, 그 까닭을 표층 수온에서 찾아 서술한 경우	100%
엘니뇨가 발생한 시기를 옳게 고르고, 그 까닭이 그림에 제시되지 않은 자료일 경우	60%
엘니뇨가 발생한 시기만 옳게 고르고, 그 까닭을 서술하지 못한 경우	30%

04 | 기후 변화



탐구 대표 문제

p. 168

01 ②

- 01** ② 관측 기온은 모든 요인을 함께 고려했을 때의 기온 변화와 가장 잘 일치한다.

오답 피하기

①, ⑤ 온실 기체의 영향으로 1960년 이전보다 1960년 이후 온도 상승률이 더 크다.

③ 1960년 이후 온실 기체 증가만 고려했을 때 기온이 관측 기온보다 높게 나타나며 자연적 요인만 고려했을 때 기온은 관측 기온과 차이가 커진다.

④ 관측 기온은 모든 요인을 복합적으로 고려했을 때 예측한 기온 변화와 가장 잘 일치한다. 기온은 여러 요인이 함께 작용하여 결정된다.



탐구 대표 문제

p. 169

01 ③ 02 ⑤

- 01** ③ 지난 30년 동안 강수량 변화율은 대체로 북한 관측점에서 작고 남한 관측점에서 크게 나타나지만 남북 방향으로 특별한 변화 경향을 보이지는 않는다.

오답 피하기

한반도 대부분의 지역은 지난 30년 동안 기온이 상승하였으며 서울, 경기, 영남 등 지역에서 높은 기온 상승을 보인다. 서울의 기온 상승률은 전 지구 평균 기온 상승인 0.16℃/10년보다 높게 나타난다. 지난 30년 동안 강수량이 감소한 지역은 드물게 나타난다.

- 02** 서울은 인구 밀집도가 매우 높은 도시로 교통량이 많고 사람들의 경제 활동으로 온실 기체 배출량이 높다. 도시화로 산림 지역이 줄기 때문에 기온 상승 경향이 다른 지역보다 높게 나타난다.

기초 탐구 문제

p. 170

01 ② 02 ⑤ 03 ② 04 ③ 05 ①

- 01 ② 온실 기체인 이산화 탄소와 메테인은 적외선을 잘 흡수하는 기체이다. 따라서 두 기체의 양이 더 많았던 B 시기가 A 시기보다 적외선 흡수량이 크다.

오답 피하기

이산화 탄소와 메테인은 모두 온실 기체이다. 따라서 두 기체의 양이 많았던 B 시기에 지구 평균 기온이 높았고, 두 기체의 양이 적었던 A 시기에 지구 평균 기온이 낮았다. 빙하는 평균 기온이 낮을수록 면적이 넓어지므로 B 시기보다 A 시기에 더 넓게 분포했다. 빙하의 지표 반사율이 높으므로 극지방 반사율은 B 시기보다 A 시기에 더 크다.

- 02 ⑤ 지구 공전 궤도가 변하면 태양과 지구 사이의 거리가 변하여 지구가 태양으로부터 받는 복사 에너지양이 변한다.

오답 피하기

- ① 태양 흑점 수가 많았던 시기에 태양 활동이 활발하여 태양이 방출하는 복사 에너지양이 많았기 때문에 지구 기온은 높았다.
② 지구 자전축 경사각이 작을수록 태양의 남중 고도는 여름철에 낮아지고, 겨울철에 높아져 기온 연교차가 감소한다.
③ 현재 북반구는 지구가 근일점에 있을 때 겨울, 원일점에 있을 때 여름이다. 남반구는 북반구와 계절이 반대로 나타난다.
④ 지구 공전 궤도가 원형인 경우에도 자전축 경사로 인해 지구의 상대적 위치에 따라 태양 복사 에너지의 입사각이 달라지므로 계절 변화가 나타난다.

- 03 초대륙이 형성되면 대륙에서 건조한 기단이 발달하여 건조한 대륙성 기후 지역이 확대된다.

오답 피하기

⑤ 초대륙이 형성되어 수륙 분포가 단순화되면 해류의 경로도 단순하게 변한다. 반대로 대륙이 갈라져 수륙 분포가 복잡해지면 해류 경로도 복잡해진다. 또한 한류와 난류의 영향을 받는 지역이 많아지고 습하고 연교차가 작게 나타나는 해양성 기후 지역이 넓어진다.

- 04 ③ C는 지표가 방출하고 대기가 흡수하는 지구 복사 에너지로, 주로 적외선 형태로 이동한다.

오답 피하기

- ① A는 태양 복사 에너지 중 지표가 흡수하는 에너지로 주로 가시광선 형태이다.
② B는 지표가 방출하고 우주로 나가는 지구 복사 에너지이다.
④ 지표가 받은 에너지와 방출하는 에너지의 양은 같으므로 A와 D의 합이 B와 C, 대류·전도, 증발로 이동하는 에너지의

합과 같다.

- ⑤ E는 대기가 방출하고 우주로 나가는 복사 에너지로 주로 적외선 형태이다.

- 05 ① 지구 온난화가 진행되면 열대 지방이 넓어지면서 열대성 질병이 확산된다.

오답 피하기

지구 온난화가 진행되면 해수의 온도가 상승하고 극지방 빙하가 녹아 면적이 감소한다. 해수의 부피가 증가해 해수면이 상승하고 저지대가 침수된다. 위도별 평균 기온이 높아져 식생대가 전반적으로 고위도로 이동한다.

내신 만점 문제

p. 171 ~ 173

01 ③ 02 ② 03 ③ 04 ② 05 ② 06 ③
07 ⑤ 08 ④ 09 ④ 10 ① 11~13 해설 참조

- 01 ㄱ. 빙하 내 공기 방울에는 과거 공기가 포함되어 있다. 빙하 속 공기 방울을 분석하면 대기 중 이산화 탄소의 농도를 알 수 있다.

ㄴ. 기온 편차 변화 경향과 이산화 탄소 농도 변화 경향은 비슷하게 나타난다. 기온 편차가 높은 시기에 이산화 탄소 농도도 높았다.

오답 피하기

ㄷ. 빙하의 면적은 기온이 높을수록 좁아지고 기온이 낮을수록 넓어진다. 현재는 5만 년 전보다 평균 기온이 높으므로 빙하의 면적이 더 좁다.

- 02 ㄷ. 지구의 자전축 경사각이 현재보다 커지면 중위도 지역에서 태양의 남중 고도가 여름에 높아지고, 겨울에 낮아져 남·북반구 기온의 연교차가 모두 커진다.

오답 피하기

ㄱ. 지구의 자전축 경사각이 변하면 태양 복사 에너지의 입사각이 변하기 때문에 태양의 남중 고도가 변한다.

ㄴ. 지구 자전축 경사각이 현재보다 작아지면 우리나라의 겨울철 태양의 남중 고도가 높아져 기온이 상승한다.

문제 속 자료 지구 자전축 경사각 변화의 영향(중위도 지역)

구분	지구 자전축 경사각 증가	지구 자전축 경사각 감소
여름철 태양의 남중 고도	높아진다	낮아진다
여름철 평균 기온	상승	하강
겨울철 태양의 남중 고도	낮아진다	높아진다
겨울철 평균 기온	하강	상승
기온의 연교차	증가	감소

- 03 ㄱ. 자전축이 기울어지지 않았다면 1년 동안 태양의 남중 고도는 변하지 않는다. 따라서 우리나라는 모든 시기에 태양의 남중 고도가 같다.

ㄴ. 지구의 공전 궤도가 원 궤도라면 지구의 위치에 따른 태양 복사 에너지의 입사량 차이가 나타나지 않는다. 1년 동안 태양의 남중 고도와 태양으로부터 받는 복사 에너지량이 변하지 않으므로 지구에서 계절 변화가 나타나지 않는다.

오답 피하기

ㄴ. 자전축이 기울어져 있지 않지만 지구가 구형이므로 위도에 따라 태양 복사 에너지 입사각이 다르고 태양의 남중 고도가 다르다(적도: 90° , 극: 0°). 따라서 위도별 단위 면적당 태양 복사 에너지 입사량이 다르고 지역에 따른 기온 차이가 나타난다.

- 04 ㄴ. 지구 전체가 받는 태양 복사 에너지량은 태양과 지구 사이의 거리가 가까울수록 커진다. 1만 년 후 태양과 지구 사이의 거리는 현재보다 가까워지므로 하질날 지구 전체가 받는 태양 복사 에너지량은 현재보다 많다.

오답 피하기

ㄱ. 세차 운동은 지구 자전축이 기울어진 방향이 달라지면서 회전하는 운동이다.

ㄴ. 3만 년 전 지구 자전축의 기울기는 현재보다 작았다. 따라서 하질날 중위도 지역 태양의 남중 고도는 현재보다 낮았다. 반대로 동질날 중위도 지역 태양의 남중 고도는 현재보다 높았다.

- 05 ㄴ. 하루 동안 지구가 받는 태양 복사 에너지량은 지구와 태양 사이의 거리가 가까울수록 많다. 따라서 A보다 B에서 지구와 태양 사이의 거리가 더 가까우므로 하루 동안 지구가 받는 태양 복사 에너지량은 A보다 B에서 많다.

오답 피하기

ㄱ. A 위치에서 태양은 남반구보다 북반구를 비추는 면적이 더 넓으므로 북반구는 여름이다.

ㄴ. (나) 시기에는 지구의 공전 궤도가 원궤도이므로 원일점과 근일점이 없어진다. 반면에 지구의 자전축은 여전히 기울어져 있으므로 우리나라는 계절 변화가 없어지지 않는다.

- 06 ㄱ. 빙하의 총 부피가 감소했으므로 빙하의 면적이 감소했다.
ㄴ. 빙하는 반사율이 높은 지표 상태이므로 빙하의 면적이 감소한 극지방의 평균 반사율은 감소하였을 것이다. 반사율이 감소했으므로 반대로 태양 복사 에너지의 흡수량은 증가했을 것이다.

오답 피하기

ㄴ. 극지방 빙하가 녹으면 해수의 염분과 밀도가 감소한다. 표층 해수의 밀도가 감소하면 침강이 약화된다.

- 07 ㄱ. A는 대류, 전도, 습은열(잠열)의 형태로 전달되는 에너지의 양을 합한 것이다. 지표가 흡수한 에너지량과 방출한 에너지

량은 같으므로 A는 $88 + 45 - 104 = 29$ 이다.

ㄴ. 대기는 태양 복사로부터 25를 흡수하고 A에서 29를 흡수한다. 지표 방출 104 중 4가 우주로 빠져 나가므로 100의 에너지가 대기로 흡수된다. 따라서 대기는 $25 + 29 + 100 = 154$ 의 에너지를 흡수한다.

ㄴ. 대기 중 온실 기체 농도가 증가하면 지표에서 방출하는 에너지 중 대기가 흡수하는 비율이 더 증가한다. 대기는 더 많은 에너지를 흡수하고 더 많은 에너지를 방출하게 되므로 대기에서 지표로 방출하는 에너지량도 증가한다. 따라서 대기 중 온실 기체 농도가 증가하면 지표가 대기로부터 흡수하는 에너지량도 늘어나고, 지표가 방출하는 에너지량도 증가한다.

- 08 ㄴ. 북극 지역의 기온 편차가 가장 크게 나타나므로 기온 변화 경향이 남극보다 크다.

ㄴ. 수권에서 해수의 양은 빙하의 면적과 관련이 있다. 지구 평균 기온이 상승해 빙하의 면적이 줄어들면 해수의 양이 증가한다. 반대로 지구 평균 기온이 하강해 빙하의 면적이 늘어난다면 해수의 양이 감소한다. 2000년은 지구 평균 기온이 1920년보다 높았던 시기이므로 2000년에 해수의 양이 1920년보다 많다.

오답 피하기

ㄱ. 기온 변화 경향은 북극 지역이 열대 지역보다 크고, 남극 지역은 열대 지역과 비슷하다.

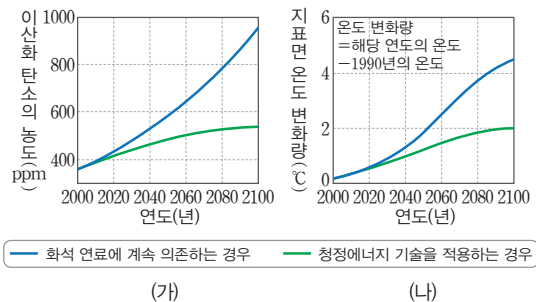
- 09 ㄴ. (나)에서 시간이 지날수록 화석 연료에 계속 의존하는 경우와 청정에너지 기술을 적용하는 경우 지표면 온도 변화량 차이는 커진다.

ㄴ. 2100년은 현재보다 지표면 온도가 높으므로 빙하가 녹고 해수의 열팽창이 일어나 평균 해수면 높이는 현재보다 높아질 것이다.

오답 피하기

ㄱ. 청정에너지 기술을 적용하는 경우에도 이산화 탄소의 농도는 증가하고 지표면 온도도 상승한다.

문제 속 자료 온실 기체 배출 시나리오



- 화석 연료에 계속 의존하는 경우보다 청정에너지 기술을 적용하는 경우에 지표면 온도가 더 적게 상승한다.
- 청정에너지 기술을 적용하는 경우 대기 중 이산화 탄소 농도가 증가하는 정도와 지표면 온도가 상승하는 정도가 감소한다.

- 10 ㄱ. 해수 온도가 상승하면 기체의 용해도가 감소하고 해수에서 대기 중으로 이산화 탄소가 방출되어 대기 중 이산화 탄소 농도가 증가한다.

ㄴ. 대기 중 이산화 탄소 농도 증가의 원인인 B에는 화석 연료 사용이 해당된다.

오답 피하기

ㄷ. 지구 온난화로 지구 평균 기온이 상승하면 해수의 온도가 상승하여 빙하 면적이 축소된다.

ㄹ. 빙하는 반사율이 높은 지표 상태이므로 빙하의 면적이 감소하면 지표의 평균 반사율이 감소한다.

- 11 한 지역에 단위 면적당 입사하는 태양 복사 에너지량은 지구-태양 거리와 태양 복사 에너지의 입사각에 따라 결정된다.

[모범 답안] (1) 하루 동안 지구 전체에 입사하는 태양 복사 에너지량은 태양과 지구 사이의 거리로 결정된다. 태양과 지구 사이의 거리는 $C < A = B < D$ 이므로 지구 전체가 하루 동안 입사하는 태양 복사 에너지량은 $C > A = B > D$ 이다.

(2) 우리나라는 A와 D에서 겨울이고, B와 C에서 여름이다.

채점 기준	배점
(1) 지구 전체에 하루 동안 입사하는 태양 복사 에너지량을 결정하는 요인을 적고, 각 위치에서 태양 복사 에너지량을 옳게 비교한 경우	70%
지구 전체에 하루 동안 입사하는 태양 복사 에너지량을 결정하는 요인과 각 위치에서 태양 복사 에너지량 비교 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	35%
(2) 여름과 겨울에 해당하는 위치를 옳게 적은 경우	30%
여름과 겨울에 해당하는 위치 중 한 계절만 옳게 적은 경우	15%

- 12 지구의 대기와 지표면은 에너지 흡수량과 방출량이 같은 에너지 평형 상태이다.

[모범 답안] 88. 지구의 각 영역은 복사 평형을 이루고 있으므로 유입되는 에너지량과 유출되는 에너지량이 같다. 따라서 $45 + A = 104 + 8 + 21$ 이므로 A는 88이다.

채점 기준	배점
A의 수치와 그 값을 구하는 과정을 옳게 서술한 경우	100%
A의 수치만 적고 값을 구하는 과정을 정확하게 서술하지 못한 경우	50%

- 13 온실 효과는 복사 에너지의 파장에 따라 온실 기체의 에너지 흡수율이 다르기 때문에 발생한다.

[모범 답안] 대기 중 온실 기체의 농도가 증가하면 대기가 지구 복사 에너지 중 흡수하는 양이 증가하고 대기가 더 많은 에너지를 지표로 재복사하여 지구의 평균 기온이 상승한다.

채점 기준	배점
모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	100%
주어진 단어 중 두 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우	50%

단원 마무리하기

p. 176 ~ 179



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

- 01 ㄱ. A~C 중 태양의 고도가 가장 높은 지역은 가장 저위도인 A 지역이다.

오답 피하기

ㄴ. P는 지구가 방출하는 지구 복사 에너지량이고 Q는 태양으로부터 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지량이다. Q보다 P가 큰 고위도에서는 흡수하는 에너지량은 적고 방출하는 에너지량이 많으므로 에너지가 부족하다.

ㄷ. P와 Q 모두 고위도로 갈수록 에너지량이 감소한다. 따라서 Q는 A에서 가장 크다.

- 02 (가)는 지구가 자전할 때 대기 대순환 모형이고, (나)는 지구가 자전하지 않을 때 대기 대순환 모형이다.

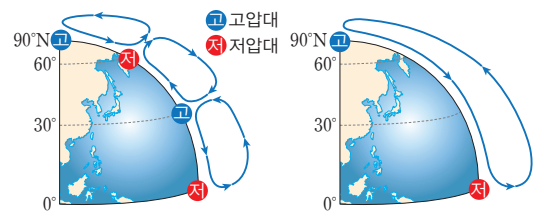
ㄱ. 지구의 자전 유무와 상관없이 적도는 태양 복사 에너지로 가열이 가장 잘 일어나는 곳이므로 상승 기류가 발달하고 저압대가 나타난다.

ㄷ. 지구의 자전 유무와 상관없이 극은 단위 면적당 태양 복사 에너지가 가장 적게 입사되므로 지표면이 냉각된다. 따라서 극에는 하강 기류가 발달하고 고압대가 나타난다.

오답 피하기

ㄴ. 지구가 자전하면 적도에서 상승한 공기가 고위도로 이동하다가 전향력의 영향으로 위도 30°에서 더 이상 이동하지 못하고 하강해서 고압대를 형성한다. 지구의 자전이 없다면 적도에서 상승한 공기가 극까지 이동하기 때문에 위도 30°에 고압대를 형성하지 않을 것이다.

문제 속 자료 대기 대순환과 저·고압대



▲ 지구가 자전할 때 대기 대순환 모형

▲ 지구가 자전하지 않을 때 대기 대순환 모형

• 지구가 자전하지 않으면 간접순환으로 형성되는 고압대와 저압대는 나타나지 않는다.

- 03 ㄱ. A는 난류이고, B는 한류이다. 용존 산소량은 수온이 낮은 한류에서 더 많으므로 A는 B보다 용존 산소량이 적다.

ㄴ. C는 북동 무역풍의 영향을 받아 형성된 북적도 해류이다.

오답 피하기

ㄷ. C는 쿠로시오 해류, 북태평양 해류, 캘리포니아 해류와 함께 북태평양 아열대 순환을 형성하고, 적도 반류와 이어질 때는 북태평양 열대 순환을 형성한다.

- 04 ㄱ. A 해류는 편서풍의 영향으로 형성되어 남극 대륙 주위를 순환하는 남극 순환 해류이다.

오답 피하기

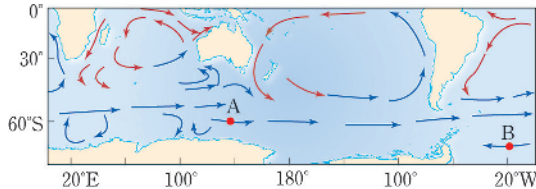
ㄴ. B 해류는 위도 60°보다 고위도에서 극동풍의 영향을 받아 남극 순환 해류와 반대 방향으로 흐르는 해류이다.

ㄷ. A와 B 해류 모두 동서 방향으로만 흐른다. 남북 방향으로 흐르는 해류가 아니기 때문에 난류나 한류로 구분할 수 없다.

문제 속 자료 남극 주변에서 형성되는 해류



- 편서풍의 영향으로 남극 순환 해류가 서에서 동으로 흐른다.
- 위도 60°보다 고위도 지역은 대부분 남극 대륙으로 막혀 있어 극동풍으로 형성된 해류는 눈에 띄게 나타나지는 않는다.



- 05 B와 C는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이고, A와 D는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이다.

ㄷ. C는 난류이므로 D보다 염분이 높고, 대양의 서쪽에서 흐르므로 유속이 빠르다.

오답 피하기

ㄱ. A에는 한류가, B에는 난류가 흐른다.

ㄴ. 용존 산소량은 수온이 낮을수록 많다. 고위도 해역에 위치한 A가 C보다 수온이 낮고 용존 산소량이 많다.

- 06 ㄱ. 쿠로시오 해류는 우리나라 주변을 흐르는 난류의 근원인 해류이다. 쿠로시오 해류의 세력이 강해지면 황해를 포함한 우리나라 주변 해역의 평균 수온이 상승한다.

ㄷ. 동해의 조정 수역은 동한 난류와 북한 한류가 수렴하여 형성된다. 쿠로시오 해류의 세력이 강해지면 쿠로시오 해류에서 뻗어 나온 동한 난류의 세력도 강해져 조정 수역이 북쪽으로 이동한다.

오답 피하기

ㄴ. 남해의 여름철 염분이 겨울철보다 낮은 까닭은 여름철 강수량이 겨울철보다 훨씬 많기 때문이다. 쿠로시오 해류의 세

력이 강해져도 계절별 염분 차이는 변하지 않는다.

- 07 ㄴ. A는 북대서양 심층수보다 위에 있고, B는 북대서양 심층수보다 아래에 있다. 따라서 A의 밀도는 북대서양 심층수보다 작고 B의 밀도는 북대서양 심층수보다 크다.

오답 피하기

ㄱ. A는 남극 중층수로 남극 주변에서 형성되어 북쪽으로 흐른다.

ㄷ. B는 대양 가장 아래를 흐르는 남극 저층수로 북대서양에서는 표층으로 올라오지 않지만 인도양, 태평양까지 순환하며 표층으로 올라온다.

- 08 ㄱ. A와 B에서 표층 해류가 심층 해류로 변화하므로 표층 해수의 침강이 일어나는 해역이다. 그린란드 주변 해역인 A, B에서 북대서양 심층수가 형성된다.

오답 피하기

ㄴ. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. (나)에서 A와 B 해역 모두에서 염분이 낮아지는 경향을 보이므로 두 해역 모두 표층 해수의 밀도가 감소하고 있다. 극지방에 빙하가 녹으면 표층 해수의 염분이 낮아진다.

ㄷ. 표층 해수의 밀도가 감소하면 해수의 침강이 잘 일어나지 않게 되면서 심층 해수가 잘 형성되지 못한다. 따라서 심층 순환도 잘 일어나지 않게 되어 전 지구적 해수의 순환은 앞으로 약화될 것이다.

- 09 ㄱ. 그림은 남반구이므로 바람이 부는 방향의 왼쪽 90° 방향으로 해수가 이동한다. 서쪽 해안에서 남풍이 불면 해수가 서쪽으로 이동하여, 해수의 발산이 일어나고 연안 용승이 발생한다.

ㄴ. 연안 용승이 발생하면 수온이 낮아진다. 낮은 수온의 표층 해수가 기층 하부를 냉각하면 대기가 안정해진다.

ㄷ. 낮은 수온으로 날씨가 서늘해지고 안정한 기단이 서늘한 지역에 머무르면 안개가 자주 발생한다.

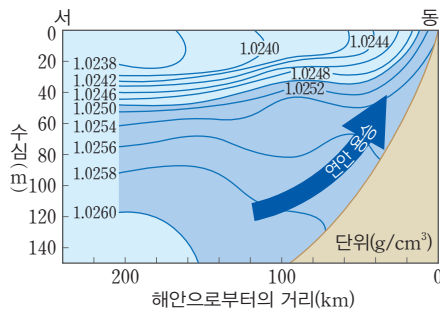
- 10 ㄴ. 등밀도선이 연안에서 올라와 있으며 연안 표층 해수는 외해의 표층 해수보다 심층 해수와 밀도가 더 비슷하게 나타난다. 따라서 이 지역은 연안 용승이 일어나고 있다. 용승이 일어나고 있으므로 해안선에 가까울수록 수온이 낮다.

ㄷ. 해수의 수온이 낮으므로 기층 하부가 냉각되고 안정해진다. 안정한 기층 내에서 하강 기류가 우세하게 나타나고 고기압이 형성된다. 따라서 해안 지역은 구름이 잘 발달하지 못하여 맑고 건조한 날씨가 나타난다.

오답 피하기

ㄱ. 이 지역은 남반구 지역이므로 해수가 풍향의 왼쪽 90° 방향으로 이동한다. 따라서 해수가 서쪽으로 이동해 발산이 일어나려면 남풍이 불어야 한다.

문제 속 자료 연안 용승



• 연안의 해수는 외해의 해수보다 심해의 해수와 더 비슷한 성질을 가지고 있다. 따라서 연안의 해수는 심해에서 용승한 해수이다.

- 11 해양의 플랑크톤 양은 영양 염류의 양에 비례한다. 평상시 페루 연안은 연안 용승이 일어나고, 해수에 영양 염류가 많아 플랑크톤 양이 많다. 반면에 엘니뇨가 발생하면 연안 용승이 약화되면서 플랑크톤 양이 감소한다. 따라서 표층 수온이 높고 플랑크톤 양이 적은 (가)는 엘니뇨 시기, 표층 수온이 낮고 플랑크톤 양이 많은 (나)는 평상시 자료이다.

ㄷ. 동태평양 페루 연안의 해수면은 남적도 해류가 강하게 나타날 때 따뜻한 해수가 서쪽으로 이동하므로 높이가 낮게 나타난다. 남적도 해류는 엘니뇨 시기에 약화되어 해수가 동쪽에 축적되므로 (가) 시기에 페루 연안 해수면이 (나) 시기보다 더 높다.

오답 피하기

ㄱ. 엘니뇨가 발생하면 무역풍 세기는 약해진다. 따라서 평상시인 (나) 시기가 엘니뇨 발생 시기인 (가) 시기보다 무역풍 세기가 강하다.

ㄴ. (나) 시기 해역 표층에 플랑크톤이 많은 까닭은 평상시 페루 연안에서 연안 용승이 일어나 영양 염류가 많이 포함되어 있는 심층 해수가 용승하기 때문이다.

- 12 A 해역은 적도 부근 동태평양 해역으로 이곳의 관측 수온이 평균 수온보다 높은 2010년 1월은 엘니뇨가 발생한 시기이다.

ㄱ. 엘니뇨가 발생하면 A 해역의 날씨는 습해지고 강수량이 증가한다.

오답 피하기

ㄴ. 엘니뇨가 발생하면 무역풍 약화로 따뜻한 해수를 서쪽으로 수송하는 남적도 해류가 약해진다. 페루 연안은 해수의 발산이 일어나지 않아 연안 용승이 억제된다.

ㄷ. 엘니뇨가 발생하면 적도 부근의 동태평양 해역은 수온이 상승하고, 적도 부근의 서태평양 해역은 수온이 하강한다. 하지만 동태평양의 수온이 서태평양보다 항상 높다고 할 수 없다. 두 해역의 수온을 비교하려면 적도 부근 서태평양 해역의 수온 자료가 필요하다.

- 13 ㄱ. (가)는 기후 변화의 지구 외적 요인이고, (나)와 (다)는 기후 변화의 지구 내적 요인이다.

ㄴ. 초대륙인 판게아가 형성되었을 때에는 내륙에 건조한 성질을 가진 거대한 기단이 형성되어 대륙성 기후 지역이 넓어졌을 것이다.

ㄷ. 화산 폭발로 화산재가 성층권으로 유입되면 태양 복사에너지가 지표로 입사하지 못하기 때문에 지구 평균 기온이 일시적으로 하강한다.

- 14 ㄱ. 지구 자전축 경사각이 감소하면 우리나라는 여름에 태양의 남중 고도가 낮아져 기온이 하강한다. 반대로 겨울에 태양의 남중 고도가 높아져 기온이 상승한다. 따라서 기온의 연교차는 (가)보다 (다)일 때 작다.

ㄴ. (가)는 북반구가 여름일 때 지구가 원일점에 위치한다. (나)는 세차 운동으로 지구 자전축 경사 방향이 180° 회전하였으므로 지구가 근일점에 위치할 때 북반구가 여름이다. 따라서 태양과의 거리가 더 가까운 (나)의 경우에 북반구 중위도 여름 기온이 더 높다.

오답 피하기

ㄷ. 지구 전체가 하루 동안 받는 태양 복사 에너지량은 태양과 지구 사이 거리에 따라 결정된다. A, B, C에서 태양과 지구 사이 거리가 같으므로 지구 전체가 하루 동안 받는 태양 복사 에너지량도 같다.

- 15 ㄱ. (가)에서 북극의 빙하 면적은 감소하고 있다. 빙하는 반사율이 높은 지표 상태이므로 빙하 면적이 감소하면 북극의 평균 반사율은 감소한다. 따라서 북극에서 A의 값이 감소한다.

오답 피하기

ㄴ. 지표는 복사 평형을 이루므로 지표가 흡수하는 에너지량과 방출하는 에너지량이 같아야 한다. C가 증가하면 지표가 받는 에너지량이 증가한 것이므로 지표가 방출하는 B의 양도 증가한다.

ㄷ. 지구가 태양으로부터 흡수한 에너지량과 방출하는 에너지량은 같다. 1980년과 2010년에 우주 공간에서 오는 태양 복사 에너지량에 변화가 없으므로 지구 반사와 지구 복사의 합도 같다.

- 16 ㄴ. 5만 년 전은 현재보다 지구 평균 기온이 낮았으므로 빙하 면적이 넓었고, 해수면의 높이는 낮을 것이다.

ㄷ. 지구의 기후 변화는 인위적인 요인(인간 활동 등)이 기후에 큰 영향을 미치기 이전에도 자연적인 요인의 영향으로 계속해서 변화하였다.

오답 피하기

ㄱ. 과거 지질 시대 동안 현재보다 지구의 평균 기온이 높았던 시기가 있었다.



별과 외계 행성계

01 | 별의 물리량

기초 단원 문제

p. 187

01 ② 02 ⑤ 03 ① 04 ② 05 ⑤ 06 ④

01 흑체는 입사된 모든 복사 에너지를 흡수하고, 흡수한 에너지를 완전히 방출하는 이상적인 물체이다. 흑체와 가장 유사한 천체는 별이다.

오답 피하기

- ① 흑체는 반사율이 0 %인 물체이다.
- ③ 흑체는 모든 파장의 빛을 흡수하고, 다시 방출한다.
- ⑤ 흑체가 방출하는 복사 에너지량은 표면 온도의 4제곱에 비례한다.

02 ⑤ 표면 온도가 10000 K인 별의 색지수는 0이다.

오답 피하기

별은 표면 온도가 높을수록 색지수가 작다. 색지수는 사진 등급(별을 사진으로 찍었을 때의 밝기 등급)에서 안시 등급(별을 맨눈으로 관측했을 때의 밝기 등급)을 뺀 값이다.

03 (가)에는 연속적인 띠 모양의 스펙트럼, (나)에는 어두운 흡수선, (다)에는 밝은 방출선이 나타난다.

04 ② O형 별은 표면 온도가 가장 높은 파란색 별이고, M형 별은 표면 온도가 가장 낮은 붉은색 별이다.

오답 피하기

하버드 분광 분류법은 별의 표면 온도에 따라 스펙트럼에 나타나는 흡수선을 기준으로 별을 분류한 것이다. 별의 표면 온도 순서로 O, B, A, F, G, K, M형으로 분류하였다. 수소 흡수선이 가장 강하게 나타나는 별은 A형 별이고, 분자 흡수선이 강하게 나타나는 별은 M형 별이다.

05 ⑤ 절대 등급이 작을수록 광도가 크다.

06 흑체가 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 복사 에너지량은 표면 온도의 4제곱에 비례한다. 광도는 별의 전체 면적에서 단위 시간 동안 방출하는 에너지에 해당하는데, 이것은 별의 단위 면적에서 단위 시간 동안 방출하는 에너지의 양(A)과 별의 전체 표면적을 곱한 값과 같다. 따라서 광도(L)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L = \text{별의 표면적} \times A = 4\pi R^2 \times A \quad (R: \text{별의 반지름})$$

내신 만점 문제

p. 188 ~ 191

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



01 ㄱ, ㄷ, B는 A보다 최대 에너지 세기를 갖는 파장이 짧으므로 표면 온도가 더 높다. A는 B보다 표면 온도가 더 낮으므로 별의 색깔은 A가 B보다 붉게 보인다.

오답 피하기

ㄴ. 별의 표면 온도는 A가 B보다 낮다.

02 ㄴ. 최대 에너지 세기를 갖는 파장은 표면 온도에 반비례한다. A는 B보다 최대 에너지 세기를 갖는 파장이 $\frac{1}{2}$ 배이므로 표면 온도는 2배이다.

오답 피하기

ㄱ. 색지수는 표면 온도가 높을수록 작은 값을 갖는다. 색지수가 가장 큰 것은 표면 온도가 가장 낮은 C이다.

ㄷ. 슈테판·볼츠만 법칙에 의해 별이 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량은 표면 온도의 4제곱에 비례한다. B는 C보다 표면 온도가 3배 높으므로 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량은 81배 많다.

03 ㄱ. 표면 온도는 최대 에너지 세기를 갖는 파장이 짧은 (가)가 (나)보다 더 높다.

오답 피하기

ㄴ. U 필터 영역에서 입사되는 빛의 상대적 에너지량이 (가)가 (나)보다 많다. (가)는 (나)보다 U 등급이 작다.

ㄷ. 색지수 ($B-V$)는 표면 온도가 더 높은 (가)가 (나)보다 작다.

04 온도가 높고, 밀도가 작은 기체의 스펙트럼에서는 방출선이 관측된다.

ㄱ. 백열등 빛을 파장에 따라 분해하면 (가)와 같은 연속 스펙트럼이 나타난다.

ㄷ. 형광등 빛을 간섭 분광기로 관찰하면 (다)와 같은 방출 스펙트럼이 관측된다.

오답 피하기

ㄴ. 흑체는 모든 파장의 빛을 방출하므로 (가)와 같은 연속 스펙트럼이 나타난다.

05 ㄴ. 태양 스펙트럼을 보면 어두운 흡수선들이 보인다.

ㄷ. 태양 스펙트럼에서 많은 흡수선을 관찰할 수 있는데, 이 선들은 태양의 대기층과 지구의 대기층에서 형성된 것이다.

오답 피하기

ㄱ. 태양의 흡수 스펙트럼을 나타낸 것이다.

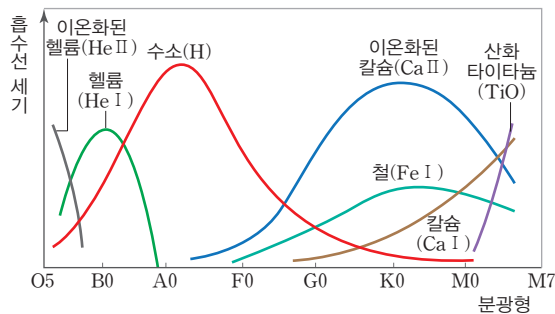
- 06 ㄱ. 고온의 별인 O형과 B형 별에서 헬륨 흡수선이 뚜렷하게 나타난다.

ㄴ. 분자 흡수선은 붉은색 별인 M형 별에서 잘 나타난다.

오답 피하기

ㄷ. 수소 흡수선이 가장 강한 별은 A형 별이므로 태양보다 표면 온도가 더 높다.

문제 속 자료 별의 분광형에 따른 흡수선의 종류 및 세기



- 로마 숫자 'I'은 중성 상태를, 'II'는 +1가의 이온화된 상태를, 'III'은 +2가의 이온화된 상태를 의미한다.
- O형, B형: He II, He I 흡수선이 뚜렷하다.
- A형: H 흡수선이 가장 잘 나타난다.
- G형, K형: 철(Fe I), 칼슘(Ca I, Ca II) 등의 금속 흡수선이 뚜렷하다.
- M형: 분자 흡수선(TiO)이 뚜렷하다.

- 07 ㄱ. (가)는 분광형이 B0이므로 청백색 별이다.

ㄴ. 별의 표면 온도는 분광형이 B0인 (가)에서 가장 높고, M0인 (나)에서 가장 낮다.

ㄷ. 태양의 분광형은 G2이므로 스펙트럼형은 세 별 중 (다)와 가장 비슷하며, 노란색으로 보인다.

- 08 ㄱ. 별은 표면 온도에 따라 스펙트럼이 다르게 나타난다.

ㄴ. 별의 B 등급과 V 등급의 차를 ($B-V$) 색지수라고 하며, 이 값이 작을수록 표면 온도가 높다.

오답 피하기

ㄷ. 표면 온도가 낮은 별의 흡수 스펙트럼에는 여러 가지 분자선이 나타난다.

- 09 5등급 차이가 날 때 밝기가 100배 차이 나므로, 1등급 사이에는 $100^{\frac{1}{5}}$ 배(≈ 2.5 배)의 밝기 차이가 있다. 등급이 m_1 , m_2 인 경우 등급과 밝기의 비를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$m_2 - m_1 = -2.5 \log \frac{I_2}{I_1}$$

오답 피하기

ㄷ. 밝기와 등급과의 관계를 설명한 이 공식을 포그슨 공식이라고 한다.

- 10 별의 광도를 L , 표면 온도를 T , 반지름을 R 라고 하면, 슈테판·볼츠만 법칙으로부터 $L = 4\pi R^2 \times \sigma T^4$ 이다. 별의 반지름 R 를 구하려면, 별의 광도 L 과 표면 온도 T 를 알아야 한다.

- 11 ㄱ. 별의 표면 온도는 분광형이 B1형인 (가)가 가장 높다.

오답 피하기

ㄴ. 별이 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량을 별의 전체 표면에 곱한 값을 광도라고 한다. 광도는 절대 등급이 작을수록 크므로 (나)보다 (다)가 크다.

ㄷ. 별의 반지름은 광도가 크고, 표면 온도가 낮은 (다)가 가장 크다.

- 12 ㄴ. A는 B보다 표면 온도가 2배 높으므로 슈테판·볼츠만 법칙에 의해 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출되는 에너지량은 A가 B의 16배이다.

ㄷ. 별의 반지름 R 는 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$, $R = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{4\pi\sigma} \cdot T^2}$ 을 이용하여 구할 수 있다. 광도(L)는 A가 B보다 100배 크고, 표면 온도(T)는 2배 높으므로, 반지름은 2.5배 크다.

오답 피하기

ㄱ. A와 B는 절대 등급이 5등급 차이 나므로 밝기는 100배 차이 난다. 별의 광도는 A가 B보다 100배 크다.

- 13 ㄱ. 가장 밝게 보이는 별은 겉보기 등급이 가장 작은 (가)이다.
ㄴ. 가장 많은 에너지를 방출하는 별은 절대 등급이 가장 낮은 (나)이다.

오답 피하기

ㄷ. 별의 반지름은 광도가 높을수록, 표면 온도가 낮을수록 크다. (나)는 광도가 가장 높고, 색지수가 가장 커서 표면 온도가 낮으므로 반지름이 가장 크다.

- 14 ㄱ. A는 최대 에너지 세기를 갖는 파장이 B의 2배이므로 표면 온도는 B의 $\frac{1}{2}$ 배이다. 표면 온도는 A가 B보다 낮다.

오답 피하기

ㄴ. 광도 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 이므로, 광도는 A가 B의 $\frac{1}{4}$ 배이다.

광도는 A가 B보다 낮다.

ㄷ. 단위 시간 동안 단위 면적에서 별이 방출하는 에너지량은 표면 온도의 4제곱에 비례하므로 A는 B의 $\frac{1}{16}$ 배이다.

- 15 빈의 변위 법칙에 따르면 플랑크 곡선에서 최대 에너지 세기를 갖는 파장은 물체의 표면 온도에 반비례한다. 색지수는 서로 다른 파장 영역에서 측정한 등급의 차로, 주로 ($B-V$) 또는 ($U-B$)를 사용하고 있다. 밝게 보일수록 등급이 작으므로, 색지수가 작을수록 표면 온도가 높은 별이다.

[모범 답안] (1) 빈의 변위 법칙에 따르면 최대 에너지 세기를 갖는 파장은 표면 온도에 반비례한다. 그림에서 최대 에너지 세기를 갖는 파장이 (가)가 (나)보다 짧으므로 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높다.

(2) (가)는 V 영역보다 B 영역에서 밝게 보이므로 $(B-V)$ 등급이 $(-)$ 가 된다. (나)는 B 영역보다 V 영역에서 밝게 보이므로 $(B-V)$ 등급이 $(+)$ 가 된다.

채점 기준		배점
(1)	빈의 변위 법칙을 적용하여 두 별의 표면 온도를 옮겨 비교하여 서술한 경우	40%
	두 별의 표면 온도만 옮겨 비교한 경우	20%
(2)	B 등급과 V 등급의 차를 $(B-V)$ 색지수와 관련지어 옮겨 서술한 경우	60%
	(가)와 (나)의 색지수 크기만 옮겨 비교한 경우	30%

- 16 (1) 겉보기 등급이 각각 m_1, m_2 인 두 별의 겉보기 밝기를 각각 I_1, I_2 라고 하면, 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$100^{\frac{1}{5}(m_2-m_1)} = 10^{\frac{2}{5}(m_2-m_1)} = \frac{I_1}{I_2}$$

이 식에 태양의 광도(L_{\odot})와 절대 등급(M_{\odot})을 대입하면, 별의 절대 등급(M)과 광도(L) 사이에는 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$M - M_{\odot} = -2.5 \log \frac{L}{L_{\odot}}$$

(2) 별의 광도 L 과 별의 표면 온도 T 를 알면 별의 반지름 R 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4, R = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{4\pi\sigma} \cdot T^2}$$

[모범 답안] (1) B 의 절대 등급을 M 이라고 하면,

$M - (5.0) = -2.5 \log\left(\frac{10}{1}\right)$, $M = 2.5$ 이다. 따라서 B 의 절대 등급은 $+2.5$ 이다.

(2) 별의 광도를 L , 표면 온도를 T , 반지름을 R 라고 하면,

$L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$, $\therefore R = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{4\pi\sigma} \cdot T^2}$ 이다. 따라서 A 의 광도는

B 의 $\frac{1}{10}$ 배이고, A 의 표면 온도는 B 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 A 의 반지름은 B 의 $\frac{2\sqrt{10}}{5}$ 배가 된다.

채점 기준		배점
(1)	포그슨 공식을 이용하여 별 A 의 절대 등급을 구하는 과정을 옮겨 서술한 경우	50%
	별 B 의 절대 등급을 구하는 과정을 부분적으로만 서술한 경우	25%
(2)	슈테판-볼츠만 법칙을 이용하여 별 B 의 반지름을 구하는 과정을 옮겨 서술한 경우	50%
	별 B 의 반지름을 구하는 과정을 부분적으로만 서술한 경우	25%

02 | H-R도와 별의 진화



탐구 대표 문제

p. 194

01 ⑤

- 01 ⑤ H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 평균 밀도가 크다.

오답 피하기

- ① H-R도에서 가로축의 물리량은 별의 표면 온도이다.
- ② H-R도에서 위로 갈수록 광도가 큰 별이다.
- ③ H-R도에서 대부분의 별들은 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 대각선 위에 분포한다.
- ④ 초거성은 주계열성보다 반지름이 크다.



기초 탐구 문제

p. 199

01 ③ 02 ① 03 ④ 04 ③ 05 ① 06 ①

- 01 H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 반지름이 작고, 평균 밀도가 크다. 별의 평균 밀도는 초거성 < 적색 거성 < 주계열성 < 백색 왜성 순으로 크다.

오답 피하기

- ① 오른쪽에 위치한 별일수록 표면 온도가 낮다.
- ② 위쪽으로 갈수록 별의 광도가 크다. (절대 등급이 작다.)
- ④ H-R도에서 오른쪽 상단에 위치한 별일수록 반지름이 크다.
- ⑤ 별이 가장 많이 분포하는 영역은 왼쪽 위부터 오른쪽 아래로 이어지는 대각선 영역이다. 이 영역에 주계열성이 분포한다.

- 02 (가)는 백색 왜성, (나)는 적색 거성, (다)는 주계열성, (라)는 초거성이다. 별의 평균 크기는 초거성 > 적색 거성 > 주계열성 > 백색 왜성 순이다. 별의 약 90 %는 주계열성에 속한다.

- 03 H-R도에서 가로축에는 분광형, 표면 온도, 색지수를 사용하고 세로축에는 광도, 절대 등급을 사용한다.

- 04 ③ 원시별의 질량이 클수록 중력 수축이 빠르게 일어나고 진화 속도가 빠르므로 주계열성에 빨리 도달한다.

오답 피하기

성운 내에서 밀도가 높고, 온도가 낮은 곳에서 중력 수축이 쉽게 일어나 원시별이 잘 탄생한다.

- 05 주계열 단계의 별은 중심부에서 안정적으로 수소 핵융합 반응이 일어나 수명의 대부분을 주계열 단계에서 보낸다.

오답 피하기

②, ③, ④, ⑤ 질량이 큰 주계열성일수록 표면 온도가 높고, 광도와 반지름이 크다. 주계열성은 크기가 거의 일정하게 유지되는 단계이다.

- 06 ① 별의 진화 속도는 질량에 의해 결정된다. 특히 태양보다 질량이 훨씬 큰 별은 진화 속도가 매우 빠르고, 진화 단계에서 초신성 폭발을 일으킨다.

오답 피하기

- ② 별은 주계열 단계에서 보내는 시간이 가장 길다.
 ③ 태양의 진화 순서는 주계열성 → 적색 거성 → 행성상 성운, 백색 왜성 순이다.
 ④ 태양보다 질량이 큰 별은 초신성 폭발을 일으킨 후 최종 단계에서는 중성자별이나 블랙홀이 된다.
 ⑤ 별의 밀도는 H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 크다. 따라서 주계열성보다 백색 왜성의 밀도가 더 크다.

나신 만점 문제

p. 200 ~ 203

- 01 ④ 02 ③ 03 ① 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ③
 07 ① 08 ④ 09 ⑤ 10 ② 11 ② 12 ⑤
 13 ① 14 ② 15~17 해설 참조



- 01 나, 다. (가)와 (나) 과정에서 모두 중력 수축이 일어나면서 온도가 상승한다.

오답 피하기

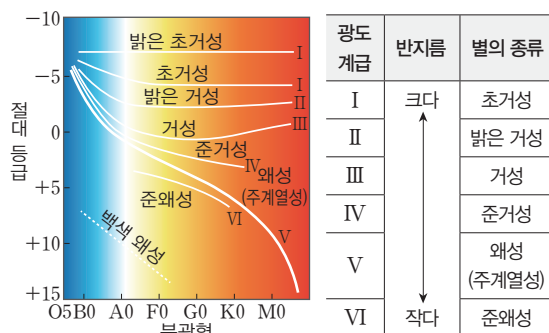
ㄱ. (가)는 주로 온도가 낮고 밀도가 높은 곳에서 잘 일어난다. 원시별은 저온, 고밀도 성운의 성간 물질이 중력 수축하여 별이 형성될 수 있을 만큼 밀도가 높은 기체 덩어리이다.

- 02 ㄱ. 광도 계급 I형은 II형보다 H-R도의 상단에 분포하므로 크기가 크다. 별의 크기는 I형이 II형보다 대체로 크다.
 나. 태양은 주계열성이므로 광도 계급 V형에 속한다.

오답 피하기

다. 별의 표면 온도가 같더라도 광도에 따라 스펙트럼에 나타나는 특징이 서로 다르다.

문제 속 자료 별의 광도 계급과 특징



- 별은 광도 계급에 따라 I~VI형까지 분류할 수 있다.
- I형에서 VI형으로 갈수록 반지름이 작아진다.
- 태양을 표면 온도와 광도 계급에 따라 분류하면 G2V형 별이다.

- 03 문제의 H-R도에서 a, 태양, d는 주계열성, b는 초거성, c는 백색 왜성에 해당한다.

ㄱ. 별의 표면 온도는 H-R도의 왼쪽에 위치할수록 높다.

오답 피하기

나. 주계열성은 H-R도에서 왼쪽 상단에서 오른쪽 하단으로 대각선 상에 분포한다. a, d, 태양은 주계열성이다.
 다. 별의 밀도는 반지름이 작을수록 크므로 $b < \text{태양} < c$ 이다.

- 04 (가)는 초거성, (나)는 적색 거성, (다)는 주계열성, (라)는 백색 왜성이다.

ㄱ. 별들 중에는 주계열성인 (다)가 가장 많다.
 나. 질량은 (가) 초거성이 (나) 적색 거성보다 크다.
 다. 별의 크기는 백색 왜성인 (라)가 가장 작다.

- 05 ㄱ. (가)는 원시별이 주계열성에 처음으로 도달했을 때의 위치이므로 영년 주계열에 해당한다.

나. 원시별이 진화하는 동안 중력 수축에 의해 반지름이 감소한다.
 다. 원시별의 질량이 클수록 진화 속도가 빨라 주계열성이 되기까지 걸리는 시간이 짧다.

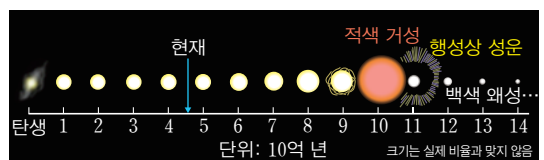
- 06 ㄱ. 현재 태양은 주계열성이다.

나. 태양의 탄생 후 약 100억 년이 지나 적색 거성이 되면 표면 온도가 현재보다 낮아진다.

오답 피하기

다. 태양의 탄생 후 약 120억 년이 지나 백색 왜성이 되면 표면 온도가 현재보다 더 높아지지만 크기가 작아지므로 광도는 현재보다 작아질 것이다.

문제 속 자료 태양의 진화



- 현재 태양은 주계열성이며, 나이가 약 100억 년이 지나면 적색 거성이 된다.
- 적색 거성 후 행성상 성운을 남기고 백색 왜성이 된다.
- 백색 왜성은 서서히 식어갈 것이다.

- 07 ㄱ. 주계열성은 질량이 클수록 광도가 크므로, 절대 등급이 작다.

오답 피하기

나, 다. 주계열성의 질량이 클수록 표면 온도가 높고, 진화 속도가 빨라 주계열 단계에서 머무는 시간이 짧다.

- 08 A는 적색 거성을 거쳐 행성상 성운과 백색 왜성으로 진화하고, B는 초거성 단계를 거쳐 초신성 폭발을 일으킨 후 중성자별로 진화한다.

ㄱ. A는 적색 거성, B는 초거성 단계를 거치므로 별의 질량은

B가 A보다 크다.

ㄷ. 주계열성이 (가)를 거쳐 적색 거성이 되거나 (나)를 거쳐 초거성 단계로 진화하면 반지름이 증가한다.

ㄹ. A별은 태양 정도의 별이 진화하는 단계로 주계열성 → 적색 거성 → 행성상 성운 → 백색 왜성의 단계를 거친다.

B별은 태양보다 질량이 큰 별이 진화하는 단계로 주계열성 → 초거성 → 초신성 폭발 → 중성자별 또는 블랙홀의 단계를 거친다.

오답 피하기

ㄴ. 별의 질량이 A가 B보다 작으므로 수명은 A가 B보다 길다.

09 별의 색지수가 작을수록 표면 온도가 높은 별이다. 주계열성은 질량이 클수록 광도가 크고, 색지수가 작고, 수명이 짧다.

10 태양과 비슷한 질량의 별은 주계열성 단계 이후 적색 거성으로 진화한다. 적색 거성의 중심부에서는 헬륨 핵융합 반응이 일어나며, 중심부를 둘러싼 수소 외곽층에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.

ㄷ. H-R도에서 적색 거성은 주계열성인 태양보다 위쪽에 위치한다.

오답 피하기

ㄱ, ㄴ. 이 별은 적색 거성이므로 태양보다 표면 온도가 낮다.

11 ㄱ. 원시별이 주계열성이 되는 동안 크기가 작아지면서 광도가 감소한다.

ㄹ. 별의 밀도는 H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 크므로, A~D 중에서 D에서 가장 크다.

오답 피하기

ㄴ. 주계열성(B)이 적색 거성(C)으로 진화할 때 표면 온도는 감소한다.

ㄷ. 행성상 성운은 적색 거성 단계 이후인 (다) 과정에서 형성된다.

12 ㄱ. 이 별은 초신성 폭발을 일으키므로 질량이 태양보다 크고, 수명은 태양보다 짧다.

ㄴ. 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 단계는 주계열 단계인 B이다.

ㄷ. 초신성 폭발 후 중심부는 급격하게 수축하여 중성자별 또는 블랙홀이 된다.

13 ㄱ. A는 H-R도에서 왼쪽 위에서 오른쪽 아래 영역에 분포하므로 주계열성이다.

ㄷ. C는 태양보다 절대 등급이 10등급 작다. 5등급의 밝기 차는 100배이므로, C는 태양보다 10000배 밝은 별이다.

오답 피하기

ㄴ. B와 C는 광도가 같고, 표면 온도는 C가 더 낮다. 반지름은 표면 온도가 낮은 C가 B보다 크다.

ㄹ. D는 백색 왜성이다. 백색 왜성에서는 핵융합 반응이 일어나지 않는다.

14 (가)는 행성상 성운이고, (나)는 초신성 폭발로 남겨진 초신성 잔해이다.

ㄴ. (가)의 중심부는 더욱 수축되어 백색 왜성이 된다.

오답 피하기

ㄱ. 별의 질량은 초신성 폭발을 일으킨 (나)가 (가)보다 더 크다.

ㄷ. (가)는 적색 거성 단계에서 별의 외곽층이 분출되어 형성된 것이고, (나)는 초거성 단계에서 격렬한 폭발을 일으켜 형성된다.

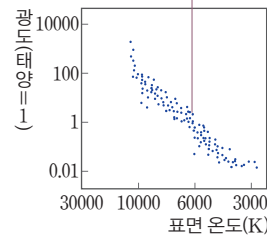
15 (가)의 별들은 대부분 주계열성이고, (나)의 별들 중 질량이 큰 주계열성들은 모두 거성 단계로 진화하였다. 성단을 이루는 별들은 대부분 동시에 탄생한 후 시간이 흐름에 따라 질량이 큰 별부터 거성 단계로 진화한다. 주계열성으로 남아 있는 별의 질량을 비교하면 성단의 나이를 추정할 수 있다. (가)는 질량이 큰 별도 주계열 단계에 머물러 있지만, (나)는 질량이 작은 별만 주계열 단계에 머물러 있으므로 성단의 나이는 (나)가 (가)보다 많다는 것을 알 수 있다.

문제 속 자료 성단의 H-R도

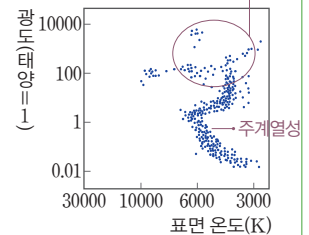
• 성단: 별들이 무리지어 분포하는 집단이다.

대부분의 별들이 주계열성에 분포한다.

질량이 큰 별들은 거성 단계로 진화한다.



(가)



(나)

• (가)에서는 주계열성만 보이고, (나)에서는 거성까지 보이므로 (가)보다 (나)는 더 진화하였다. 별들(성단)의 나이는 (나)가 (가)보다 많다.

[모범 답안] (나), (가)는 진화 속도가 빠른 질량이 큰 별도 주계열성으로 남아 있으므로 (나)보다 나이가 적다는 것을 알 수 있다.

채점 기준	배점
나이가 더 많은 성단을 옳게 고르고, 질량에 따른 진화 속도와 성단의 나이를 옳게 서술한 경우	100%
나이가 더 많은 성단만 옳게 고른 경우	30%
질량에 따른 진화 속도와 성단의 나이와의 관계만 옳게 서술한 경우	50%

- 16 태양의 예상 진화 경로는 원시별 → 주계열성 → 적색 거성 → 행성상 성운, 백색 왜성이다. H-R도에서 별의 반지름은 오른쪽 위쪽으로 갈수록 커진다. 별의 반지름은 (다) > (가) > (나) > (라) 순이다.

[모범 답안] (가)의 원시별에서 (나)의 주계열성으로 진화하는 동안 반지름은 감소하고, (나)에서 (다)의 적색 거성으로 진화하는 동안 반지름이 증가한다. (다)에서 (라)의 백색 왜성으로 진화하는 동안 반지름은 감소한다.

채점 기준	배점
모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	100%
(가)~(라)의 진화 단계 중 두 가지 단계만 옳게 서술한 경우	70%
(가)~(라)의 진화 단계 중 한 가지 단계만 옳게 서술한 경우	40%

- 17 (가)에는 원시별의 경우 ‘예’, 주계열성과 적색 거성의 경우 ‘아니요’에 해당하는 질문이 제시되어야 한다. 원시별은 중력 수축에 의해 크기가 작아진다. 주계열성은 정역학 평형에 의해 크기가 일정하게 유지된다.

[모범 답안] 별의 크기가 감소하는가? (또는 중심부의 온도가 1000만 K 이하인가?)

채점 기준	배점
(가)에 들어갈 적절한 질문 내용을 옳게 서술하였거나 원시별, 주계열성, 적색 거성을 구분할 수 있는 적절한 질문을 제시한 경우	100%

03 | 별의 에너지원과 내부 구조

기초 탄탄 문제

p. 208

01 ④ 02 ⑤ 03 ③ 04 ④ 05 ③ 06 ②

- 01 원시별의 에너지원은 중력 수축 에너지이고, 주계열성의 에너지원은 수소 핵융합 반응에 의해 생성된 에너지이다.

- 02 ⑤ 질량이 작은 주계열성에서는 P-P 반응이 CNO 순환 반응보다 우세하다.

오답 피하기

수소 핵융합 반응은 별의 중심부 온도가 1000만 K 이상일 때 수소 원자핵 4개가 융합하여 헬륨 원자핵 1개를 생성하는 반응이다. 반응 경로에 따라 크게 양성자-양성자 반응과 CNO 순환 반응으로 나눌 수 있다.

- 03 양성자-양성자 반응은 태양과 질량이 비슷한 주계열성의 중심부에서 우세하게 일어난다.

오답 피하기

①, ②, ⑤ 양성자-양성자 반응(P-P 반응)은 태양 정도의 질량을 가진 별의 중심부에서 일어나는 수소 핵융합 반응이다. 수소 핵융합 반응 중 CNO 순환 반응은 태양보다 질량이 큰 별에서 우세하다.

④ 반응이 진행될 때 질량 결손이 일어나며, 감소한 질량만큼 에너지로 전환된다.

- 04 주계열성은 팽창하려는 기체 압력 차에 의한 힘과 기체 자체의 중력이 평형을 이루어 일정한 크기를 유지한다.

- 05 ③ 주계열성은 중심부에서 수소 핵융합 반응이 안정적으로 일어나는 별이다.

오답 피하기

①, ② 태양 질량의 약 2배 이하인 별은 중심핵, 복사층, 대류층으로 이루어져 있으며, 태양 질량의 약 2배 이상인 별은 중심핵(대류핵)과 복사층으로 이루어져 있다.

④ 주계열성은 핵융합 과정이 일어나도 크기가 일정하게 유지되는 별이다.

⑤ 초거성은 양파껍질과 같은 내부 구조를 가지며, 최종적으로 철핵이 생성된다.

- 06 (가)는 중심부에서 수소 핵융합 반응이 진행되는 주계열성이고, (나)는 질량이 매우 크고, 중심부의 온도가 높아서 무거운 원소들의 핵융합 반응이 진행되는 초거성이다.

내신 만점 문제

p. 209~211

01 ② 02 ⑤ 03 ② 04 ④ 05 ④ 06 ③
07 ④ 08 ② 09 ② 10 ③ 11~13 해설 참조

- 01 주계열성의 주요 에너지원은 수소 핵융합 반응에 의해 생성된 에너지이다. 원시별의 주요 에너지원은 중력 수축 에너지이다. 헬륨 핵융합 반응은 거성 단계의 별에서 일어난다.

ㄷ. 헬륨 핵융합 결과 적색 거성 내부에 탄소핵이 형성된다.

오답 피하기

ㄱ, ㄴ. A는 (나) 수소 핵융합 반응, B는 (가) 중력 수축 에너지, C는 (다) 헬륨 핵융합 반응이다.

- 02 이 반응은 별 내부의 온도가 1000만 K 이상인 영역에서 일어날 수 있는 수소 핵융합 반응이다. 수소 핵융합 반응이 일어날 때 질량 결손이 일어나며, 이때 감소된 질량만큼 에너지로 바뀐다.

- 03 나. 이 반응은 탄소, 질소, 산소가 촉매 역할을 하면서 일어나는 수소 핵융합 반응으로, CNO 순환 반응이라고 한다.

오답 피하기

- ㄱ. CNO 순환 반응은 수소 핵융합 반응이다.
 ㄷ. CNO 순환 반응은 태양 질량의 약 2배 이상인 주계열성의 중심부에서 우세하게 일어나는 반응이다.

- 04 ㄱ, ㄴ. 주계열성은 중력 B와 기체 압력 차에 의한 힘 A가 평형을 이루고 있으며, 이를 정역학 평형 상태라고 한다. 주계열성의 내부는 중력과 기체 압력 차로 발생한 힘이 평형을 이루고 있으므로 주계열성의 크기가 일정하게 유지된다.

오답 피하기

- ㄷ. 힘 B가 힘 A보다 커지면 중력 수축이 일어나 별의 크기가 감소한다.

- 05 나. 적색 거성은 태양보다 반지름과 광도가 크다.
 ㄷ. 중심부에서 헬륨 핵융합 반응이 진행되므로 중심부의 온도가 태양보다 높다.

오답 피하기

- ㄱ. 이 별은 중심부에서 헬륨 핵융합 반응이 일어나 탄소핵이 생성되고 있는 적색 거성이다.

- 06 (가)에서 베텔게우스는 초거성이고, 알데바란A는 적색 거성이다. 레굴루스와 태양은 주계열성이고, 프로키온B는 백색 왜성이다.

- ㄱ, ㄴ. (나)는 중심부에서 헬륨 연소가 일어나는 적색 거성이므로 (가)의 알데바란A와 내부 구조가 가장 비슷할 것이다.

오답 피하기

- ㄷ. 적색 거성은 진화의 최후 단계에서 백색 왜성이 된다.

- 07 이 별의 중심부에서는 핵융합 반응에 의해 철이 생성되고 있다. 이 별은 태양보다 질량이 훨씬 큰 초거성이다.

- ㄴ. 초거성은 중심부에 가까울수록 온도가 높아져 더 무거운 원자핵이 생성된다.

- ㄷ. 질량이 커서 별의 수명이 태양보다 짧다.

오답 피하기

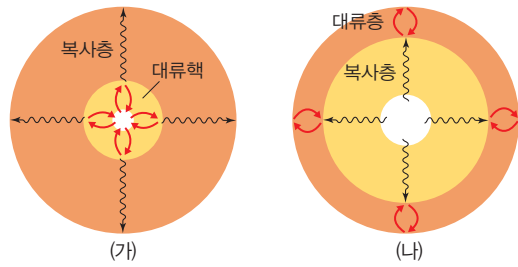
- ㄱ. 별의 중심부에 가까울수록 온도가 높기 때문에 더 무거운 원소의 핵융합 반응이 일어날 수 있다.

- 08 나. (가)는 (나)보다 질량이 크고, 중심부의 온도가 높아서 CNO 순환 반응이 우세하게 일어난다.

오답 피하기

- ㄱ. 질량은 대류핵이 존재하는 (가)가 (나)보다 더 크다.
 ㄷ. 주계열성인 (나)의 중심부에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다.

문제 속 자료 주계열성의 내부 구조



- (가): 중심핵(대류핵), 복사층으로 이루어져 있다.
- (나): 중심핵(핵), 복사층, 대류층으로 이루어져 있다.
- 질량이 큰 주계열성에서는 CNO 순환 반응이 우세하다. CNO 순환 반응은 온도에 민감하여 중심부로 갈수록 에너지 생산량이 급격하게 높아진다.
 → 중심핵에서 깊이에 따른 온도 차가 크고, 온도 차가 클 경우에는 대류에 의한 에너지 전달이 활발해진다.

- 09 ㄷ. 초신성 폭발 시 중심핵의 질량이 태양 질량의 3배 이상인 별은 빛조차 빠져나갈 수 없는 블랙홀이 되고, 중심핵의 질량이 태양 질량의 1.4~3배인 별은 중성자별이 된다. 블랙홀로 진화하는 별은 중성자별로 진화하는 별보다 질량이 크다.

오답 피하기

- ㄱ. (나)의 별은 주계열성이다.
 ㄴ. 초거성 내부에서는 별의 핵융합 반응으로 철(Fe)까지만 들어지고, 더 무거운 원소는 초신성 폭발로 만들어진다.

- 10 ㄱ. (가)는 질량이 큰 별이 거성 단계로 진화하는 초기의 모습이며, (나)는 주계열 단계의 모습이다. (다)는 중심부에 철이 존재하는 초거성 단계의 후기 모습이다. 따라서 별의 진화 순서는 (나) → (가) → (다)이다.

- ㄴ. 이 별은 질량이 매우 큰 별이므로 주계열성인 (나) 단계에서 중심부에 대류핵이 존재한다.

오답 피하기

- ㄷ. (다)에서 중심부에 가까운 무거운 원자핵일수록 연속적인 핵융합 반응에 의해 나중에 생성된 것이다.

- 11 (1) (나)의 계산 과정에서 0.007을 곱하는 까닭은 태양 전체 질량의 10 %에 해당하는 수소에서 질량 감소율이 0.7 %이기 때문이다. 즉, 수소 핵융합에 참여하는 중심핵의 질량은 태양 전체 질량의 약 10 %이고, 반응이 일어날 때 질량 결손은 약 0.7 %이다.

- (2) 태양은 진화 과정의 대부분을 주계열성으로 보내므로, 주계열 단계의 수명을 전체 수명이라고 근사할 수 있다.

[모범 답안] (1) 0.7

$$(2) \text{수명} = \frac{\text{총 에너지양}}{\text{광도}} = \frac{1.26 \times 10^{44} \text{ (J/s)}}{3.9 \times 10^{26} \text{ (J/s)}} \\ = 3.23 \times 10^{17} \text{ s} \approx 1.0 \times 10^{10} \text{ 년이다.}$$

따라서 태양의 수명은 약 100억 년이다.

채점 기준		배점
(1)	질량 결손 비율을 옳게 쓴 경우	30%
(2)	태양의 수명을 옳게 계산한 경우	70%
	태양의 수명을 계산하는 과정만 옳게 쓴 경우	30%

- 12** 태양과 질량이 비슷한 주계열성의 내부 구조는 중심핵, 복사층, 대류층으로 이루어져 있다.

[모범 답안] A층에서는 대류에 의해 에너지가 전달되고, B층에서는 복사에 의해 에너지가 전달된다.

채점 기준		배점
A층과 B층의 에너지 전달 방식을 모두 옳게 서술한 경우		100%
A층과 B층의 에너지 전달 방식 중 한 가지만 옳게 서술한 경우		50%

- 13** [모범 답안] 초거성은 별 중심부의 온도가 높을수록 무거운 원소의 핵융합 반응이 일어나 최종적으로 철로 구성된 중심핵이 만들어진다. 따라서 중심으로 갈수록 더 무거운 원소로 이루어진 양파껍질 같은 구조가 나타난다.

채점 기준		배점
모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우		100%
중심부의 온도 분포와 무거운 원자핵 원소의 분포 중 한 가지만 옳게 서술한 경우		50%

04 | 외계 행성계와 외계 생명체 탐사

p. 214

01 ⑤ **02** 케플러

- 01** ⑤ 발견된 외계 행성들은 대체로 크기와 질량이 지구보다 크고, 공전 궤도 반지름은 지구보다 작다.

오답 피하기

- ① 외계 행성은 대부분 지구 규모보다 큰 행성이다.
 ② 생명 가능 지대에서 발견된 외계 행성은 매우 드물다.
 ③, ④ 질량과 반지름이 큰 외계 행성일수록 발견될 가능성이 크다.

- 02** 케플러 우주 망원경은 식 현상을 이용하여 외계 행성 탐사를 전문적으로 수행하는 망원경이다. 2009년 이후 케플러 우주 망원경에 의해 발견된 행성의 수가 급격히 많아졌다.

p. 215

01 ④ **02** 질량, 광도, 표면 온도

- 01** ④ 태양계에서 생명 가능 지대는 금성 궤도와 화성 궤도 사이에 존재하며, 지구가 이 영역에 위치한다.

오답 피하기

- ① 생명 가능 지대는 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 영역이다. 태양계의 경우 고체 또는 기체 상태의 물은 일부 천체에서 발견되기도 한다.
 ②, ③ 별의 질량이 클수록 별의 광도가 커지므로 생명 가능 지대는 별에서 멀어지고, 폭이 넓어진다.
 ⑤ 별의 질량이 클수록 진화 속도가 빠르기 때문에 행성에서 생명체가 탄생하고 진화하기에 부적합하다.

- 02** 주계열성은 질량이 클수록 광도가 크고, 표면 온도가 높다.

p. 216

01 ③ **02** ③ **03** ③ **04** ⑤ **05** ④

- 01** 외계 행성을 탐사하는 방법에는 직접 관측, 식 현상을 이용하는 방법, 미세 중력 렌즈 효과를 이용하는 방법, 중심별의 시선 속도 변화를 이용하는 방법 등이 있다.

- 02** ③ 행성의 반지름이 클수록 중심별이 많이 가려져 밝기 변화가 크게 나타난다. 따라서 행성의 존재를 확인하기 쉬워진다.

- 03** ③ 행성의 공전 궤도면이 시선 방향에 수직하면 스펙트럼의 파장 변화가 관측되지 않는다.

오답 피하기

중심별이 행성과의 공통 질량 중심을 중심으로 회전할 때 중심별의 시선 속도 변화가 나타난다. 이때 도플러 효과에 의해 스펙트럼에 파장 변화가 생기는데, 이를 이용하여 행성의 존재를 확인할 수 있다.

- 04** 지구에 가까이 있는 별의 중력 때문에 멀리 있는 별빛이 굴절되어 밝아지는 현상을 미세 중력 렌즈 현상이라고 한다.

- 05** 주계열성의 질량이 클수록 광도가 크므로 생명 가능 지대의 거리는 중심별로부터 멀어지고, 폭은 넓어진다.

내신 만점 문제

p. 217~219

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

07 ① **08** ④ **09** ④ **10** ③ **11~13** 해설 참조

01 나. 별의 시선 속도 변화로 별빛 스펙트럼의 파장 변화를 관측하여 행성의 존재를 확인할 수 있다.

다. 행성의 식 현상에 의한 별의 밝기 변화를 관측하여 행성의 존재를 확인할 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 별까지 떨어진 거리를 측정하는 것으로 행성의 존재 여부를 확인할 수는 없다.

02 나. X 주변에 행성이 없을 경우 별 Y의 시간에 따른 밝기 변화는 대체로 규칙적으로 나타난다. 하지만 X 주변에 행성이 존재할 경우에는 Y의 밝기 변화에 행성에 의한 변화가 추가되어 불규칙하게 나타난다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠일 때 굴절된 빛이 관측자에게 가장 많이 입사되므로 Y의 밝기는 최대가 된다.

다. 별빛의 굴절량은 X의 질량에 따라 달라진다. X와 Y의 거리는 별빛의 굴절량에 거의 영향을 미치지 않는다.

03 나. 별빛 스펙트럼에서 청색 편이가 반복하여 나타나는 주기는 행성의 공전 주기와 같다.

오답 피하기

ㄱ. 별과 행성이 공통 질량 중심을 중심으로 회전하는 주기는 같다.

다. 중심별의 질량이 작고, 행성의 질량이 클수록 스펙트럼의 파장 변화량이 커진다.

04 다. 반지름이 2배로 커지면 중심별이 가려지는 면적이 4배로 증가한다. 따라서 a는 4배로 커진다.

오답 피하기

ㄱ. 행성의 공전 궤도면은 관측자의 시선 방향에 거의 나란하다.

나. 행성에 의한 식 현상이 반복되는 주기가 약 6일이므로, 행성의 공전 주기도 약 6일이다.

05 ㄱ, 나. 태양이 진화함에 따라 광도가 조금씩 증가한다. 이로 인해 생명 가능 지대는 태양에서 멀어지고, 폭은 넓어진다.

오답 피하기

다. 앞으로 20억 년 후에 태양계의 생명 가능 지대는 1 AU보다 먼 곳에 위치한다. 따라서 지구는 생명 가능 지대에 위치하지 않을 것이다.

06 ㄱ. 문제에 제시된 자료에서 외계 행성의 크기는 거의 대부분 지구보다 크다. 외계 행성의 질량도 지구보다 큰 경우가 더 많다는 것을 추론할 수 있다.

오답 피하기

나. 별은 대부분 멀리 위치해 있으므로 직접 촬영하여 발견된

외계 행성의 수는 매우 적다.

다. 별 주변의 전체 공간과 비교할 때 생명 가능 지대의 영역은 매우 좁다. 따라서 외계 행성이 생명 가능 지대에 위치할 가능성이 매우 적다.

07 ㄱ. 지금까지 발견된 외계 행성들의 질량은 대부분 지구보다 질량이 크다. 지구의 질량은 목성 질량의 약 $\frac{1}{300}$ 이다.

오답 피하기

나. 시선 속도 변화로 발견된 행성들은 도플러 효과를 이용한 것이다. 도플러 효과를 이용하여 발견된 행성의 수가 가장 많다.

다. 식 현상에 의해 발견된 행성들의 공전 궤도 반지름이 매우 짧으므로 공전 주기도 짧다.

08 **오답 피하기**

ㄱ. 달과 지구는 모두 생명 가능 지대에 위치하고 있다. 하지만 달은 지구와 달리 액체 상태의 물과 대기가 존재하지 않는다.

09 나. 행성 A는 생명 가능 지대에 위치하므로 액체 상태의 물이 존재할 수 있다.

다. 생명 가능 지대의 거리를 보면 태양이 별 S보다 질량이 크다는 것을 알 수 있다. 별 S는 태양보다 진화 속도가 느리므로 행성 A는 지구보다 생명 가능 지대에 오래 머문다.

오답 피하기

ㄱ. 생명 가능 지대의 거리는 별 S가 태양보다 가깝다. 별의 표면 온도는 별 S가 태양보다 낮다.

10 ㄱ. 주계열성의 질량이 클수록 수명이 짧다.

다. 별의 수명이 짧으면 행성이 생명 가능 지대에 머물 수 있는 시간도 짧아진다.

오답 피하기

나. 생명 가능 지대의 폭은 광도가 큰 A가 태양보다 넓다.

11 (1) 식 현상이 지속된 시간은 중심별의 밝기 감소가 지속되는 시간과 같다. A보다 B에 의한 식 현상이 더 오래 지속되었다.

(2) 밝기 감소량은 행성의 면적에 비례하므로 반지름의 제곱에 비례한다. 행성 A에 의한 별의 밝기 감소량은 B에 의한 밝기 감소량의 3배이므로 행성 A는 B보다 약 $\sqrt{3}$ 배 크다.

[모범 답안] (1) $A < B$

(2) A는 B보다 반지름이 약 $\sqrt{3}$ 배 크다.

채점 기준		배점
(1)	식 현상의 지속 시간을 옳게 비교한 경우	50%
(2)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	50%
	반지름 비교가 잘못된 경우	0%

12 [모범 답안] (1) B

(2) 태양계에서 생명 가능 지대는 1 AU 부근에 위치하고, 별의 질량이 클수록 생명 가능 지대는 별에서 멀어진다. 세 행성 중 생명 가능 지대에 존재할 가능성은 B가 가장 높으므로 생명체가 존재할 가능성도 B에서 가장 높다.

채점 기준		배점
(1)	B라고 옳게 고른 경우	30%
	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	70%
(2)	별의 질량이 클수록 생명 가능 지대는 멀어진다는 서술이 빠진 경우	0%

13 [모범 답안] 물은 비열이 커서 온도가 급격하게 변하지 않는다. 다양한 물질을 잘 녹일 수 있어서 생명 활동에 필요한 물질을 쉽게 흡수할 수 있다. 고체가 될 때 부피가 팽창하므로 얼음층 아래의 물이 쉽게 얼지 않는다.

채점 기준		배점
	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	100%
	세 가지 중 두 가지만 옳게 서술한 경우	70%
	세 가지 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	40%

단원 마무리하기

p. 222~225

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

01 주계열성은 절대 등급이 작을수록 질량과 반지름이 크다. 별의 질량은 절대 등급이 가장 작은 (가)가 가장 크다. (나)는 분광형이 A0형이므로 분광형이 G2형인 태양보다 표면 온도가 높다. (다)는 분광형이 F5로, (가), (나)보다 표면 온도가 낮다.

02 ㄱ. ①은 수소에 의해 형성된 흡수선이고, ②은 이온화된 +1가의 칼슘에 의해 형성된 흡수선이다.

ㄷ. 붉은색 별은 표면 온도가 낮다. 붉은색 별의 스펙트럼에서는 수소 흡수선 ①보다 칼슘 흡수선 ②이 상대적으로 더 뚜렷하다.

오답 피하기

ㄴ. 수소 흡수선이 가장 강한 분광형은 A0형이며, 표면 온도가 높아짐에 따라 수소 흡수선이 점점 약해진다. ①은 표면 온도가 가장 높은 O형보다 B형 별에서 상대적으로 강하다.

03 ㄱ. (가)는 최대 에너지 세기를 갖는 파장이 (나)보다 짧으므로 표면 온도가 (나)보다 높다.

ㄴ. B 필터를 통과한 에너지는 (가)가 (나)보다 많으므로 B 등급은 (가)가 (나)보다 작다(밝게 보인다).

ㄷ. (나)는 B 필터보다 V 필터를 통과한 빛이 더 많으므로 등급은 V 등급이 더 작다. 따라서 (나)는 $(B-V)$ 색지수가 (+)이다.

04 ㄱ. A는 C보다 5등급 작다. 5등급 간의 밝기비는 100배이므로 A는 C보다 100배 밝다.

ㄷ. 표면 온도는 A가 C보다 2배 높고, 광도는 A가 C보다 100배 크므로, 반지름은 A가 C보다 2.5배 크다.

오답 피하기

ㄴ. 세 별의 겉보기 등급이 모두 같으므로 광도가 작은 별이 가까운 별이다. 별의 거리는 C가 가장 가깝다.

05 초저성 (가)는 질량이 큰 별이 진화한 것이고, 백색 왜성 (라)는 태양 정도의 질량을 가진 별이 진화하여 형성된 것이다.

ㄷ. 질량이 클수록 진화 속도가 빠르므로 별의 나이는 (가) 집단보다 (라) 집단이 많다.

오답 피하기

ㄱ. 태양은 주계열성이므로 (다) 집단에 속한다.

ㄴ. 별의 반지름은 적색 거성인 (나) 집단보다 주계열성인 (다) 집단이 작다.

문제 속 자료

별의 종류와 특징

구분		특징
초저성	(가)	H-R도에서 가장 위쪽에 분포하며, 광도와 반지름이 가장 큰 집단이다.
적색 거성	(나)	H-R도에서 주계열의 오른쪽 위에 분포하며, 표면 온도가 낮아 붉은색으로 보인다.
주계열성	(다)	H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 영역에 분포하며, 별의 약 90 %가 여기에 속한다.
백색 왜성	(라)	H-R도에서 주계열의 왼쪽 아래에 분포하는 별로, 크기가 가장 작고 밀도가 매우 큰 별이다.

06 ㄱ. 적색 거성인 (가) 단계에서 헬륨으로 이루어진 중심핵의 수축이 일어난다. 이때 온도가 충분히 상승하면 헬륨 핵융합 반응이 시작된다. 이후 별이 불안정해져 팽창과 수축을 반복하여 (나) 단계에서 행성상 성운이 형성된다. 별의 중심부는 고밀도로 수축하여 (다)의 백색 왜성이 된다.

오답 피하기

ㄴ. (나) 단계에서 행성상 성운이 형성된다.

ㄷ. (다) 백색 왜성에서는 핵융합 반응이 일어나지 않는다.

07 ㄴ. A 단계는 행성상 성운이 만들어지기 이전이므로 적색 거성 단계이다. 적색 거성 단계에서는 별의 중심부에서 헬륨 핵융합 반응이 일어난다.

오답 피하기

ㄱ. 진화 단계에서 (가)는 행성상 성운을 형성하고, (나)는 초신성이 된다. (나)는 (가)보다 질량이 큰 별의 진화 과정에 해당한다.

ㄴ. (나)는 최후 단계에서 중성자별 또는 블랙홀을 형성한다.

- 08 ㄱ. 시간이 흐를수록 점차 질량이 작은 주계열성도 거성 단계로 진화한다. (가)는 질량이 매우 큰 별만 거성 단계로 진화했고, (나)는 태양과 질량이 비슷한 별이 거성 단계로 진화하려고 한다. (다)는 별의 대부분이 주계열성이다. 따라서 시간 순서는 (다) → (가) → (나)이다.

ㄴ. (나)는 (가)보다 거성 단계로 더 진화했으므로 성단의 나이가 더 많다.

오답 피하기

ㄴ. 질량이 큰 별이 먼저 진화하므로 성단의 나이가 많을수록 질량이 작고 표면 온도가 낮은 붉은색 별의 비율이 크다.

- 09 ㄱ. 이 별은 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어나고 있으므로 주계열성이다.

오답 피하기

ㄴ. (가)는 수소 원자핵 4개의 질량이고, (나)는 헬륨 원자핵 1개의 질량이다. 핵융합 반응이 일어날 때 질량 결손에 의해 에너지가 발생하므로 (가)의 질량이 (나)의 질량보다 크다.

ㄴ. CNO 순환 반응은 온도가 높아질수록 수소 핵융합 반응의 효율이 높아진다.

- 10 ㄱ. (가)와 (나)는 모두 중심부로 갈수록 온도가 높아지고, 더 무거운 원자핵의 핵융합 반응이 일어난다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 초거성의 내부 구조이며, 진화 단계에서 초신성 폭발을 일으킨다.

ㄴ. 온도가 높을수록 더 무거운 원자핵이 생성된다. 중심부의 온도는 (가)보다 (나)가 높다.

- 11 ㄴ. C층의 중심에는 수소 핵융합 반응에 의해 생성된 헬륨 원자핵이 쌓인다. C층은 B층보다 무거운 원소의 비율이 높다.

오답 피하기

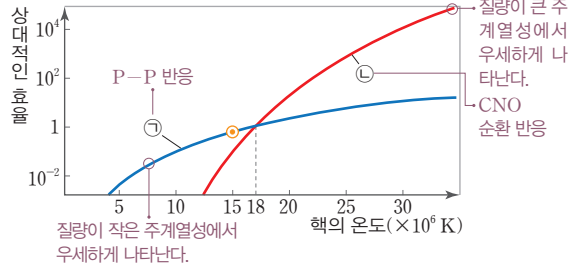
ㄱ. A층은 대류층으로, 주로 대류에 의해 에너지가 전달된다.
ㄴ. B층은 복사의 형태로 중심핵에서 생성된 에너지가 전달된다. 온도가 1000만 K보다 높은 영역은 수소 핵융합 반응이 일어나고 있는 C층이다.

- 12 중심부의 온도가 더 높은 별에서 탄소·질소·산소 순환 반응이 더 우세하다. ㉠은 양성자·양성자 반응, ㉡은 탄소·질소·산소 순환 반응이다. 태양에서는 ㉠이 더 우세하며, 질량이 큰 주계열성에서는 ㉡이 우세하게 일어난다. ㉡이 우세한 별의 중심부에는 온도 차이가 커져 대류핵이 형성된다.

문제 속 자료

수소 핵융합 반응의 에너지 생성 효율

• P-P 반응과 CNO 순환 반응은 모두 수소 핵융합 반응이다.



- 13 ㄱ. 공통 질량 중심에 가까운 천체가 질량이 더 크다. A는 별, B는 행성이다.

ㄴ. 행성의 질량이 클수록 중심별의 시선 속도 변화가 크게 나타난다. 이로 인해 스펙트럼에 나타나는 파장 변화량이 크다.

오답 피하기

ㄴ. 별과 행성은 공통 질량 중심을 중심으로 같은 주기로 회전한다.

- 14 ㄱ. a는 행성이 중심별의 앞면을 가리기 시작하여 행성 전체가 중심별의 앞면으로 들어가는 데 걸리는 시간에 해당한다. 따라서 행성의 반지름이 클수록 a가 길어진다.

오답 피하기

ㄴ. b 구간에서 중심별과 행성이 관측자의 시선 방향에 나란하게 위치한다. 이때 행성과 별은 시선 방향에 거의 수직하게 움직이고, 중심별의 시선 속도는 거의 0이 된다.

ㄴ. 중심별의 반지름이 클수록 행성에 의해 별이 가려지는 비율이 감소하므로 c가 줄어든다.

- 15 ㄱ. A의 중심별에서 생명 가능 지대까지의 거리는 1 AU보다 가까운 곳에 위치한다. A의 중심별은 태양보다 광도가 작다.

ㄴ. 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 영역을 생명 가능 지대라고 한다. B에서 생명 가능 지대는 1 AU보다 멀리 위치하므로 생명 가능 지대의 폭도 태양계보다 넓다.

ㄴ. 행성 ㉠은 생명 가능 지대에 위치하고, 행성 ㉡은 생명 가능 지대보다 중심별에 가깝게 위치한다. 중심별에서 행성의 단위 면적에 입사되는 에너지량은 행성 ㉠보다 ㉡이 많다.

- 16 ㄴ. 중심별의 질량이 태양 질량의 0.5~1.5배 사이인 행성계의 행성이 많이 발견되었다.

오답 피하기

ㄱ. 외계 행성의 크기가 클수록 관측하기 쉽다. 문제의 자료에서 지구보다 크기가 작은 행성도 많지만 관측이 어렵고, 지구보다 반지름이 6배 이상인 행성은 관측이 어렵다기보다는 큰 규모의 행성 수가 상대적으로 적기 때문이다.

ㄴ. 발견된 외계 행성들 중 생명 가능 지대에 위치한 행성은 매우 드물다.

VI

외부 은하와 우주 팽창

01 | 외부 은하의 종류와 특징



탐구 대표 문제

p. 231

01 ②

01 ② 나선팔과 중심부에 막대 구조를 가지고 있는 은하는 막대 나선 은하이다.

오답 피하기

- ① 행성상 성운은 태양 규모의 별이 진화 마지막 단계에서 고온의 가스를 분출하여 형성된다.
- ③ 불규칙 은하는 일정한 모양을 갖추지 않은 은하이다.
- ④ 정상 나선 은하는 은하핵과 나선팔이 있는 나선 모양의 은하이다.
- ⑤ 타원 은하는 타원 모양의 은하로 내부에 성간 물질을 거의 가지고 있지 않다.

기초 탄탄 문제

p. 232

01 ③ 02 ① 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ② 06 ①

01 허블은 외부 은하를 모양(형태)에 따라 크게 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 분류하였다. 나선 은하는 중심부의 막대 구조 유무에 따라 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 나뉜다.

오답 피하기

- ③ 허블은 외부 은하를 관측된 형태에 따라 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 분류하였다.

02 타원 은하에서 나타나는 특징을 설명한 것이다.

오답 피하기

- ②, ③은 정상 나선 은하, ④는 불규칙 은하, ⑤는 행성상 성운이다.

03 나선 은하는 납작한 원반 형태로 중앙 팽대부에는 나이가 많은 붉은색 별들이 분포하고, 나선팔에는 성간 물질이 많이 존재한다.

오답 피하기

- ①, ③ 나선 은하의 나선팔에는 성간 물질이 많이 존재하며, 새로운 별들이 많이 태어난다.
- ② 편평도에 따라 은하를 E0에서 E7까지 분류하는 것은 타원 은하이다. 나선 은하는 나선팔이 감긴 정도와 은하핵의 크기

에 따라 다양하게 세분된다.

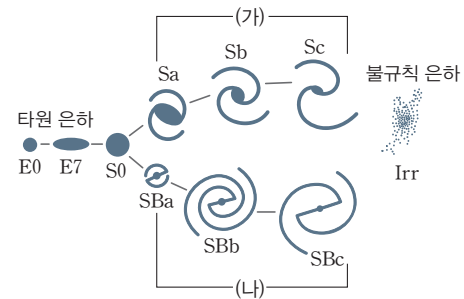
- ④ 나선 은하의 크기는 다양하다.

04 ⑤ 타원 은하는 현재 비교적 높은 별들로 이루어져 있으므로 은하 형성 초기보다 별의 탄생이 활발하지 않다.

오답 피하기

은하는 형태에 따라 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 분류된다. 타원 은하는 편평도에 따라 E0에서 E7으로 나뉜다.

문제 속 자료 허블의 은하 분류



- 타원 은하: 성간 물질이 거의 없고 주로 붉은색 별로 되어 있다.
- 나선 은하: 중심부의 막대 구조의 유무에 따라 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 나뉜다. 은하핵과 나선팔이 있는 것이 특징이다.
- 불규칙 은하: 특정한 모양을 띠지 않은 은하이다.

05 ② 제트로 연결된 로브가 핵의 양쪽에 대칭적으로 나타나는 특이 은하는 전파 은하이다.

오답 피하기

은하의 중심 영역에서 보통의 광도를 넘어서는 에너지가 방출되는 은하를 특이 은하라고 한다. 특이 은하에는 전파 은하, 퀘이사, 세이퍼트 은하가 있다.

06 ① 전파 은하에서 관측되는 제트는 회전하는 원반에서 수직으로 뿜어져 나오는 물질 흐름이다.

오답 피하기

거대 블랙홀로 물질이 공급되면 블랙홀의 강한 중력 때문에 물질이 빠르게 가속되어 원반을 형성하고 막대한 양의 에너지를 방출하는 은하를 특이 은하라고 한다. 충돌 은하는 은하끼리의 충돌과 병합 과정으로 형성되었다.

내신 만점 문제

p. 233 ~ 235

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



01 B는 불규칙 은하, C는 타원 은하, D는 나선 은하, E는 정상 나선 은하, F는 막대 나선 은하이다.

ㄱ. A는 특정한 모양이 있는 은하이고, B는 특정한 모양을 띠지 않는 은하이다.

ㄴ. C는 나선팔이 없는 은하이고, D는 은하핵과 나선팔이 있는 은하이다.

오답 피하기

ㄷ. E와 F의 분류 기준은 막대 구조의 유무이다. 나선 은하는 막대 구조가 없는 정상 나선 은하(E)와 막대 구조가 있는 막대 나선 은하(F)로 나뉜다.

02 (가)는 타원 은하, (나)는 막대 나선 은하, (다)는 불규칙 은하이다.

ㄱ. 타원 은하는 내부에 성간 물질이 거의 없어 별이 거의 탄생하지 않는다. 성간 물질은 나선 은하의 나선팔과 불규칙 은하에 많이 분포한다.

오답 피하기

ㄴ. 허블의 은하 분류 체계는 은하의 진화 순서와는 상관이 없는 형태적인 분류이다.

ㄷ. 우리 은하와 가장 유사한 은하는 (나)이다.

03 은하는 형태에 따라 타원 은하(A), 정상 나선 은하(B), 막대 나선 은하(C), 불규칙 은하로 분류한다.

ㄱ. 타원 은하의 경우 편평도에 따라 E0에서 E7까지 구분한다. 숫자가 커질수록 편평도가 크다.

ㄴ. 나선 은하에서 a형은 나선팔이 팽팽하게 감겨 있고, c형은 나선팔이 느슨하게 감겨 있다.

ㄷ. 막대 나선 은하는 중심부에 막대 구조가 나타나고, 나선팔이 감긴 정도에 따라 a, b, c로 세분된다.

04 ㄱ. A는 불규칙 은하, B는 타원 은하, C는 정상 나선 은하, D는 막대 나선 은하이다.

ㄴ. 타원 은하에는 성간 물질이 거의 없다.

ㄷ. 우리 은하는 막대 나선 은하에 해당한다.

오답 피하기

ㄷ. 타원 은하는 편평도에 따라 E0에서 E7까지 나뉜다. 나선 은하는 중심부의 막대 구조 유무에 따라 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 나뉜다.

05 나선 은하는 중심부의 막대 구조의 유무에 따라 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 나뉜다.

ㄱ. (가)는 중심부에 막대 구조가 나타나고, 이곳에서 나선팔이 뻗어 나간 모양이다. (나)는 나선팔이 핵과 직접 연결되어 뻗어 나간 모양이다.

오답 피하기

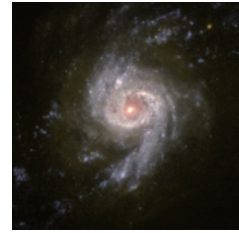
ㄴ. 우리 은하의 형태는 막대 나선 은하로, (나)보다 (가)의 구조에 가깝다.

ㄷ. (가)는 막대 나선 은하, (나)는 정상 나선 은하이다.

문제 속 자료 **나선 은하의 특징**



(가) 막대 나선 은하



(나) 정상 나선 은하

- 은하핵과 나선팔이 있다.
- 중앙 팽대부에는 나이가 많은 붉은색의 별들이 많다.
- 나선팔이 감긴 정도에 따라 a, b, c로 나뉜다. a형은 나선팔이 거의 원형을 이루며 핵 주위를 단단히 감고 있고, c형은 핵이 작고 나선팔이 벌어져 있다.

06 ㄱ. (가)는 타원 은하, (나)는 막대 나선 은하이다.

ㄴ. 우리 은하는 형태적으로 분류할 때 막대 나선 은하에 속한다.

ㄷ. A는 나선팔, B는 헤일로이다. 나선팔에는 주로 젊은 별과 성간 물질이 많고, 헤일로에는 별들이 적고 성간 물질이 거의 없다.

문제 속 자료 **타원 은하와 막대 나선 은하**



(가) 타원 은하



(나) 막대 나선 은하

- 타원 은하에는 성간 물질이 거의 없고, 나선 은하의 나선팔에는 성간 물질이 많다.
- 나선팔의 유무에 따라 타원 은하와 나선 은하로 나뉜다.
- 헤일로: 은하의 원반을 둥근 회전 타원체 모양으로 둘러싸고 있는 부분이다. 주로 붉은색의 늙은 별들이 분포한다.

07 전자기파는 파장에 따라 전파, 적외선, 가시광선, 자외선, X선, 감마선으로 구분할 수 있다. 전자기파를 이용하여 천체를 관측할 수 있다.

ㄱ. 안드로메다은하는 우리 은하로부터 약 250만 광년 떨어져 있는 외부 은하로 나선 은하에 속한다.

ㄴ. 높은 온도의 별은 고온의 빛을 내므로 파장이 짧은 영상에서 관측하기에 적합하다.

ㄷ. 파장은 자외선 < 가시광선 < 적외선 순으로 길다.

08 ㄱ. 세이퍼트은하는 다른 은하들보다 밝은 핵과 넓은 방출선을 보인다. 스펙트럼에서 넓은 방출선을 보인다는 것은 방출 원인 가스가 매우 빠른 속도로 움직이고 있음을 의미한다.

오답 피하기

- ㄴ. 세이퍼트 은하는 선 스펙트럼의 폭이 넓은 영역에서 나타난다.
- ㄷ. 세이퍼트 은하는 중심부에 블랙홀이 있을 것으로 추정되는 특이 은하(활동 은하)이다.

09 전파 은하는 특이 은하 중 강한 전파를 방출하는 은하이다.

- ㄴ. 전파 은하의 중심에는 핵이 있고 양쪽에 로브라고 불리는 거대한 돌출부가 있다. 로브와 핵은 제트로 연결되어 있다.

오답 피하기

- ㄱ. (가)는 가시광선 영상, (나)는 전파 영상을 나타낸 것이다.
- ㄷ. 전파 은하는 허블의 은하 분류 체계로 분류되지 않는 유형의 은하(특이 은하)이다. 전파 은하는 가시광선 영상으로 보았을 때 대부분 타원 은하로 관측된다.

10 ㄱ. 전파 은하는 강한 전파를 방출하는 은하이다.

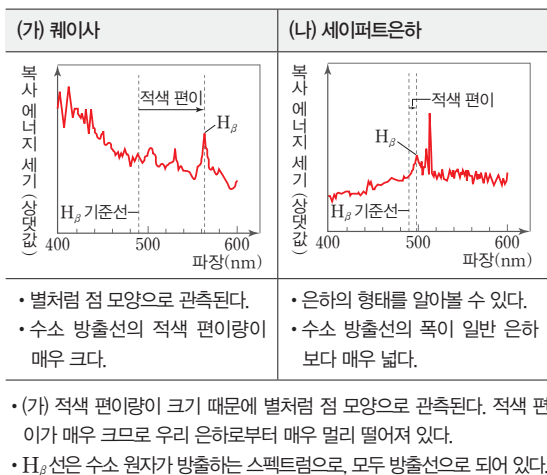
- ㄴ. 중심의 핵과 양쪽의 로브 사이는 제트로 연결되어 있다.

오답 피하기

- ㄷ. 가시광선 영상으로 보았을 때 이 전파 은하는 타원 은하로 관측된다.

11 퀘이사는 수많은 별들로 이루어진 거대 은하이지만 너무 멀리 있어 하나의 별처럼 보인다. 퀘이사의 스펙트럼은 적색 편이가 매우 큰데, 이것으로 퀘이사가 보통 은하보다 훨씬 더 먼 곳에서 빠른 속도로 멀어져 가고 있다는 것을 알 수 있다. 세이퍼트 은하는 다른 은하들보다 아주 밝은 핵과 넓은 방출선을 보이는 은하이다. 전체 나선 은하 중 약 2%가 세이퍼트 은하로 분류된다.

문제 속 자료 특이 은하의 스펙트럼



[모범 답안] (1) (가) 퀘이사, (나) 세이퍼트 은하

(2) (ㄱ) 적색 편이량이 매우 크다.

(ㄴ) 폭이 일반 은하보다 매우 넓다.

채점 기준		배점
(1)	(가), (나)를 모두 옳게 쓴 경우	40%
	두 가지 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20%
(2)	(가), (나) 스펙트럼의 특징을 모두 옳게 서술한 경우	60%
	두 가지 중 한 가지 스펙트럼의 특징만 옳게 서술한 경우	30%

12 충돌 은하는 은하와 은하의 상호 작용으로 서로 충돌하는 과정에서 생겨났다. 충돌하고 병합하는 과정에서 두 은하는 서로 작용하는 중력 때문에 형태가 변하기도 한다.

[모범 답안] (1) 은하들이 충돌해도 은하에 속한 별들끼리 충돌하는 경우는 거의 없다. 별의 크기에 비해 별들 사이의 공간이 너무 크기 때문이다.

(2) 거대한 가스 및 먼지 구름들이 충돌하면 그 속에서 기체가 압축되므로 많은 별들이 한꺼번에 탄생할 수 있다.

채점 기준		배점
(1)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	50%
	별들끼리 충돌하는 경우는 거의 없다는 서술이 빠진 경우	0%
(2)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	50%
	기체가 압축되어 많은 별이 탄생한다는 서술이 빠진 경우	0%

02 | 빅뱅 우주론



탐구 대표 문제

p. 239

01 ④

01 ④ 멀리 있는 은하일수록 더 빨리 멀어지므로 적색 편이 값은 크게 나타난다.

오답 피하기

은하의 후퇴 속도와 거리의 관계 그래프에서 기울기는 허블 상수를 의미한다. 허블 상수의 역수는 우주의 나이에 해당한다. 팽창하는 우주에서 특별한 중심은 없다.

기초 탐구 문제

p. 240

01 ⑤

02 ②

03 ⑤

04 ②

05 ③

01 우주로부터 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 크게 관측된다.

오답 피하기

① 팽창하는 우주에 특정한 중심은 없다.

② 모든 은하는 서로 멀어지고 있는 것처럼 관측된다.

③ 가로축이 거리, 세로축이 후퇴 속도인 그래프에서 기울기는 허블 상수이다.

허블 상수의 역수는 은하의 나이이다.

④ 은하의 스펙트럼선의 이동량과 거리 사이에는 특별한 관계가 없다.

02 관측자로부터 멀리 있는 은하일수록 적색 편이가 크고 후퇴 속도가 빠르다. ②번 그림에서 관측자로부터 멀어질수록 화살표의 길이가 길어진다.

03 ⑤ 우주 나이 약 38만 년에 수소 원자핵과 전자, 헬륨 원자핵과 전자가 결합하여 중성 수소와 중성 헬륨을 만들었다. 우주 배경 복사는 우주 나이 약 38만 년에 우주의 입자가 반으로 줄어들 때 빠져나온 빛이다.

오답 피하기

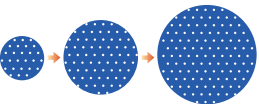
우주가 팽창함에 따라 우주의 평균 밀도와 온도가 점점 낮아지고 있다. 우주 배경 복사는 빅뱅 우주론을 지지하는 가장 강력한 증거이다.

04 문제의 그림은 대폭발 우주론을 나타낸 것이다. 대폭발 우주론에서는 우주가 팽창하여 우주의 밀도와 온도가 계속 감소하지만 에너지와 물질의 총량은 일정하게 유지된다.

문제 속 자료 정상 우주론과 빅뱅 우주론

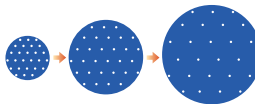
정상 우주론

- 우주는 팽창하고 진화하지만 전체적인 밀도와 온도는 일정하게 영원히 계속된다.
- 우주가 팽창하면 그 사이의 공간에 새로운 물질이 생성된다.
- 온도와 밀도는 일정하고, 질량은 증가한다.



빅뱅 우주론

- 우주는 초고온, 초고압, 초고밀도 상태에서 폭발한 후 팽창하여 현재 상태가 되었다.
- 온도와 밀도는 감소하고, 질량은 일정하다.



05 외부 은하들의 거리와 후퇴 속도 사이에는 비례 관계가 성립한다는 것이 허블 법칙이다.

오답 피하기

① 멀리 있는 은하일수록 더 빠르게 멀어진다.

② 팽창하는 우주에서 특별한 중심은 없다.

④ 빅뱅 우주론에서 예측하는 수소와 헬륨의 질량비는 약 3 : 1이다.

⑤ 급팽창 우주론은 기존의 빅뱅 우주론이 설명하지 못하는 지평선 문제와 편평성 문제를 설명하고 있다. 우주 배경 복사는 대폭발 우주론(빅뱅 우주론)의 가장 확실한 증거이다.

내신 만점 문제

p. 241 ~ 243

- 01** ④ **02** ③ **03** ③ **04** ① **05** ③ **06** ②
07 ⑤ **08** ② **09** ④ **10** ③ **11~12** 해설 참조



01 ㄴ. B 은하는 A 은하보다 2배 멀리 떨어져 있으므로 후퇴 속도 역시 2배 빠르다.

ㄷ. 우리 은하로부터 멀리 떨어질수록 적색 편이량(적색 편이의 정도)은 커진다. 지구에서 관측된 적색 편이량은 은하 B가 은하 A보다 크다.

오답 피하기

ㄱ. 팽창하는 우주에 중심은 없다. 우리 은하(지구)는 우주의 중심이 아니다.

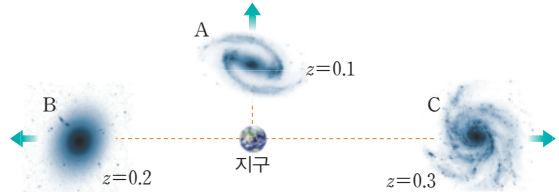
02 ㄷ. C의 적색 편이량은 0.3, B의 적색 편이량은 0.2이므로 C가 B보다 1.5배 멀리 떨어져 있다.

오답 피하기

ㄱ. 모든 은하는 특정 은하를 중심으로 멀어지는 것이 아니므로, 팽창하는 우주에 특정한 중심이 있는 것은 아니다.

ㄴ. 지구에서 거리가 먼 은하일수록 더 빠른 속도로 지구로부터 멀어지고, 적색 편이량(z)도 커진다.

문제 속 자료 외부 은하의 운동 방향과 적색 편이량(z)



- 그림에서 지구를 중심에 두었으나, 우주의 중심이 지구라는 뜻은 아니다. → 우주가 팽창할 때 특정한 중심(은하나 지구)은 없다.
- A ~ C 중 C의 적색 편이량이 가장 크므로 지구로부터 가장 멀리 떨어져 있다.

03 허블은 외부 은하들의 거리와 적색 편이를 측정하여 외부 은하까지의 거리와 후퇴 속도가 비례함을 알아냈다. 이것을 허블 법칙이라고 한다.

ㄱ. 지구에서 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 더 빠르다. 즉, 더 빠른 속도로 멀어지고 있다.

ㄷ. 지구에서 멀리 있는 은하일수록 스펙트럼의 적색 편이가 더 크게 나타난다.

오답 피하기

ㄴ. 적색 편이가 나타나는 것은 각각의 은하가 움직여 지구에서 멀어지는 것이 아니라 우주 공간이 팽창하여 나타나는 현상이다.

04 ㄱ. 문제의 그림에서 기울기는 허블 상수를 나타낸다. 허블 상수는 B보다 A에서 크게 계산된다.

오답 피하기

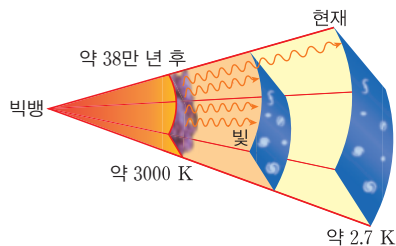
- ㄴ. 우주의 나이는 허블 상수의 역수이기 때문에 B보다 A에서 구한 값이 더 작다.
- ㄷ. 같은 거리에 있는 외부 은하의 경우 A에서 관측한 후퇴 속도가 B에서 관측한 것보다 빠르므로 A의 적색 편이의 정도(적색 편이량)가 B보다 더 크다.

- 05** ㄱ. 빅뱅 이후 우주가 팽창하는 동안 우주 물질의 양은 일정하므로 밀도는 감소한다.
- ㄷ. 빅뱅 이후 약 38만 년 후에 우주의 온도가 약 3000 K이었을 때 방출된 우주 배경 복사는 현재 약 2.7 K으로 관측된다.

오답 피하기

- ㄴ. 우주의 팽창으로 우주의 온도가 감소되어 우주 배경 복사의 파장은 점점 길어졌다.

문제 속 자료 대폭발 우주론(빅뱅 우주론)



- 빅뱅이 일어나고 약 38만 년 후에 우주의 온도가 약 3000 K일 때 우주 배경 복사가 물질에서 빠져나왔다.
→ 우주는 부피가 계속 팽창하여 온도가 낮아졌다.
- 우주 배경 복사는 온도가 낮아지면서 파장이 길어졌다.
→ 약 2.7 K 온도를 나타내는 파장으로 관측된다.
→ 우주의 온도가 약 3000 K에서 약 2.7 K으로 낮아졌다.
- 우주 배경 복사는 우주 전체에 퍼져 있다.
→ 우주의 모든 방향에서 거의 같은 세기로 관측된다.

- 06** ㄴ. 우주 배경 복사의 미세한 온도 차이는 우주 초기에 미세한 밀도의 불균일이 존재했다는 증거이다. 이러한 밀도 차이로 물질이 뭉쳐졌다.

오답 피하기

- ㄱ. 빅뱅이 발생한 직후 우주는 급팽창으로 온도가 낮아진 이후에 기본 입자가 만들어졌다.
- ㄷ. 우주 배경 복사의 불균일성은 나중에 별과 은하를 형성하는 계기가 되었다. 온도 차이가 크던 우주가 균질하게 혼합된 것은 아니다.

- 07** 이 실험에서 풍선 표면은 우주를 나타내고, 풍선이 커지는 것은 우주 팽창을 나타낸다.

- ㄱ. 팽창하는 우주에 중심이 없듯이 풍선 표면의 팽창에서 팽창의 중심이 없다.
- ㄴ. 어떤 은하를 기준으로 하더라도 한 은하를 기준으로 다른 은하는 서로 멀어져 간다. 가까이 있는 은하보다 멀리 있는 은

하일수록 더 빠른 속도로 멀어져 간다.

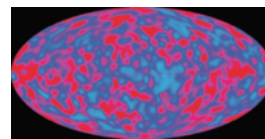
- ㄷ. 허블 법칙에 따라 외부 은하들의 거리와 후퇴 속도는 비례 관계에 있다. 멀리 있는 은하일수록 더 빠른 속도로 멀어지므로 우주는 팽창한다.

- 08** ㄴ. 우주는 초고온, 초고밀도 상태에서 팽창하기 시작했다. 우주가 팽창하면서 우주의 온도가 낮아졌다.

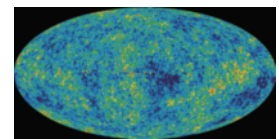
- ㄷ. 우주 배경 복사는 약 2.7 K 흑체 복사 곡선과 거의 일치한다. 하늘의 모든 방향에서 약 2.7 K에 해당하는 복사 에너지가 검출된다고 생각하면 된다.

오답 피하기

- ㄱ. 대폭발 우주론(빅뱅 우주론)에서 우주가 팽창하면 우주의 밀도는 감소한다.
- ㄴ. 우주 팽창의 증거인 우주 배경 복사는 공간 분포에 미세한 차이가 있다.



▲ 코비 위성 관측



▲ 더블유맵 위성 관측

- 09** (가)는 은하의 개수 밀도가 일정하므로 정상 우주론이고, (나)는 은하의 개수 밀도가 감소하므로 대폭발 우주론(빅뱅 우주론)이다.

- ㄴ. 대폭발 우주론에서 우주의 총 질량은 일정하게 유지되면서 크기가 증가하므로 우주의 밀도는 감소한다.
- ㄷ. 대폭발 우주론에서 우주의 온도는 우주가 팽창함에 따라 점점 낮아진다.

오답 피하기

- ㄱ. 정상 우주론에서는 새로운 은하가 계속 생성되므로 우주의 질량은 증가한다.

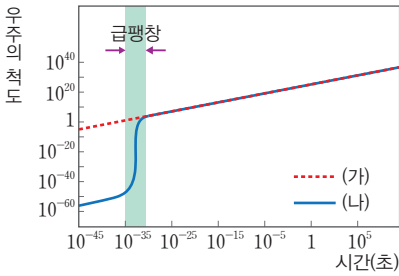
- 10** ㄱ. (가)는 대폭발 우주론으로, 우주의 모든 물질과 에너지가 한 점에 모여 있다가 폭발을 일으켜 팽창하면서 냉각되어 현재와 같은 우주가 되었다는 이론이다. (나)는 급팽창 우주론으로, 우주 탄생 직후 극히 짧은 시간 동안 우주가 급격히 팽창하였다는 이론이다.

- ㄴ. 빅뱅 순간 우주가 편평하지 않더라도 급팽창으로 현재 관측 가능한 우주는 편평할 수 있다. 급팽창이 일어나기 전에는 우주의 크기가 작아 우주 지평선의 정반대 방향에서 오는 물질 정보를 충분히 교환할 수 있었다.

오답 피하기

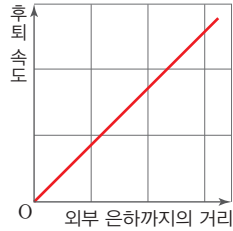
- ㄷ. 급팽창 우주론에서 우주의 크기는 급팽창 이전에는 우주의 지평선보다 작았고, 급팽창 이후에는 우주의 지평선보다 크다고 설명한다.

문제 속 자료 급팽창 우주론과 대폭발 우주론(빅뱅 우주론)



- 대폭발 이후 $10^{-35} \sim 10^{-32}$ 초 사이에 우주는 급격히 팽창하였다. 이때 팽창은 빛보다 빠른 속도였고, 우주의 크기는 10^{50} 배 이상 커졌다.
- 우주의 지평선은 빅뱅 이후 빛이 지구에 도달할 수 있는 지역과 도달할 수 없는 바깥 지역 사이의 경계이다.
- 지평선 안쪽 영역을 '관측 가능한 우주'라고 한다.

- 11 허블은 외부 은하들의 거리와 적색 편이를 측정하여 외부 은하까지의 거리와 후퇴 속도 사이에 비례 관계가 있음을 밝혀냈다.



[모범 답안] (1) 커진다.

$$(2) \text{ 후퇴 속도} = \text{빛의 속도} \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$$

$$= \text{빛의 속도} \times \frac{20 \text{ nm}}{400 \text{ nm}} = 3 \times 10^5 (\text{km/s}) \times \frac{1}{20} \text{이다.}$$

따라서 X의 후퇴 속도는 15000 km/s이다.

- (3) 허블 법칙(후퇴 속도 = 허블 상수 × 거리)으로부터
 $15000 \text{ km/s} = \text{허블 상수} \times 300 \text{ Mpc}$ 이다. 따라서 허블 상수는 50 km/s/Mpc 이다.

	채점 기준	배점
(1)	모범 답안과 같이 옳게 쓴 경우	20%
	답이 틀린 경우	0%
(2)	X의 후퇴 속도를 계산하는 과정과 답을 모두 옳게 쓴 경우	40%
	X의 후퇴 속도를 계산하는 과정은 맞았으나, 답이 틀린 경우	20%
(3)	허블 상수를 계산하는 과정과 답을 모두 옳게 쓴 경우	40%
	허블 상수를 계산하는 과정은 맞았으나, 답이 틀린 경우	20%

- 12 우주가 팽창함에 따라 우주의 밀도는 감소하였다. 우주의 나이가 약 38만 년일 때 우주의 온도는 약 3000 K로 낮아졌고, 이때 방출된 빛이 오늘날 약 2.7 K의 우주 배경 복사로 관측되고 있다. 우주 배경 복사는 $\frac{1}{10}$ 만 K 정도의 미세한 온도 차이가 있다.

[모범 답안] (가) 우주가 팽창할수록 새로운 공간이 생성되지만, 새로운 물질은 만들어지지 않으므로 우주의 밀도는 점차 감소한다.

(나) 우주가 팽창하는 동안 온도가 낮아지고 파장이 길어져 우주 배경 복사는 현재의 2.7 K보다 낮아질 것이다.

	채점 기준	배점
(가)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	50%
	우주의 밀도가 감소한다는 서술이 빠진 경우	0%
(나)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	50%
	우주 배경 복사가 계속 낮아진다고만 서술한 경우	20%

03 | 암흑 물질과 암흑 에너지

기초 탐탐 문제

p. 246

01 ② 02 ④ 03 ③ 04 ④ 05 ③

- 01 ② 우주를 구성하는 물질 중 보통 물질은 전자기파를 통해 관찰할 수 있다.

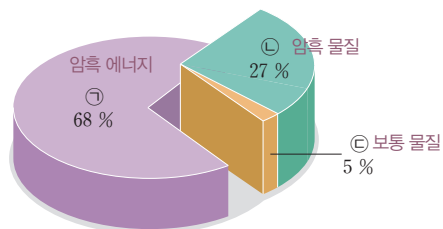
오답 피하기

우주 배경 복사의 온도 차이를 이용해서 우주의 밀도 분포와 구성 성분을 알아낼 수 있다.

③, ⑤ 우주의 팽창 속도는 우주 내부 물질의 중력 때문에 시간이 가면서 감소할 것이라고 예상하였지만, 우주의 팽창 속도는 점차 빨라지고 있다. 가속 팽창의 원인은 중력의 반대 방향으로 척력을 일으키는 암흑 에너지 때문일 것으로 추정하고 있다.

- 02 우주의 구성 성분은 보통 물질이 약 5%, 암흑 물질이 약 27%, 암흑 에너지가 약 68%이다. ㉠은 암흑 에너지, ㉡은 암흑 물질, ㉢은 보통 물질이다.

문제 속 자료 우주의 구성 성분



- 우주의 구성 물질들을 정확하게 측정한 것은 아니므로 상대적인 비율 관계에 초점을 맞추도록 한다.
- 암흑 물질은 천체의 운동에 미치는 중력 효과에 의해 그 존재를 확인할 수 있다.
- 보통 물질은 전자기파를 통해 확인할 수 있다.

- 03 암흑 에너지는 중력의 반대 방향으로 작용하여 우주의 팽창을 가속시키는 원인 물질이다.

오답 피하기

① 암흑 에너지는 우주 질량의 대부분을 차지한다.

② A 시기의 우주 팽창률은 현재보다 느렸다.

- ④ 현재 우주는 물질에 의한 수축 효과보다 암흑 에너지에 의한 팽창 효과가 더 우세하다.
 ⑤ 우주의 크기는 현재보다 A 시기에 더 작았다.

04 ④ 암흑 에너지는 중력과 반대 방향(척력)으로 작용하여 우주를 가속 팽창시키고 있다.

오답 피하기

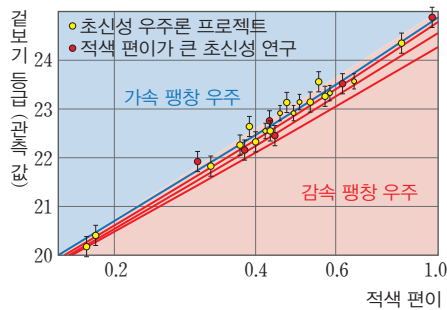
우주의 구성 성분 중 가장 많은 양을 차지하는 것은 암흑 에너지이다.

05 ③ 우주는 초기에 팽창 속도가 느려지다가 약 70억 년이 지나면서 현재까지 가속 팽창하고 있다.

오답 피하기

- ② Ia형 초신성은 거의 일정한 질량에서 폭발하기 때문에 절대 밝기가 일정하다. Ia형 초신성의 겉보기 밝기를 구하면 멀리 있는 은하까지의 거리를 구할 수 있다.
 ④ 우주의 밀도와 임계 밀도가 같을 때를 평탄 우주, 우주의 밀도가 임계 밀도보다 작을 때를 열린 우주, 우주의 밀도가 임계 밀도보다 클 때를 닫힌 우주라고 한다.

문제 속 자료 우주의 팽창과 Ia형 초신성 관측



- Ia형 초신성들의 겉보기 밝기는 멀리 있을수록 이론적인 값보다 더 어둡게 관측되었다.
 → 초신성들이 예상했던 것보다 더 멀리 떨어져 있다.
 → 멀리 있는 초신성이 예상보다 더 어둡다는 것은 우주의 팽창 속도가 이론으로 예상했던 것보다 더 빠르다는 것을 의미한다.
- Ia형 초신성 관측으로 우주를 가속 팽창시키는 원인 물질은 암흑 에너지 때문일 것으로 추정하고 있다.
- Ia형 초신성은 하나의 은하에서 수백 년에 한 번 정도 발생하지만 은하의 수가 매우 많으므로 충분한 자료를 얻어낼 수 있다.

- 01** ㄱ. 현재 우주는 암흑 물질이 약 27 %, 보통 물질이 약 5 %를 차지한다.
 ㄴ. 115억 년 후에는 현재보다 암흑 에너지가 많아지므로 우주의 팽창 속도가 빨라질 것이다.

오답 피하기

ㄷ. 우주의 팽창에 의해 245억 년 후에 우주의 밀도는 현재보다 작아질 것이다.

02 A는 암흑 에너지, B는 암흑 물질, C는 보통 물질이다.

ㄱ. 중력의 반대 방향으로 작용하여 우주 팽창을 일으키는 원인 물질은 암흑 에너지이다.

오답 피하기

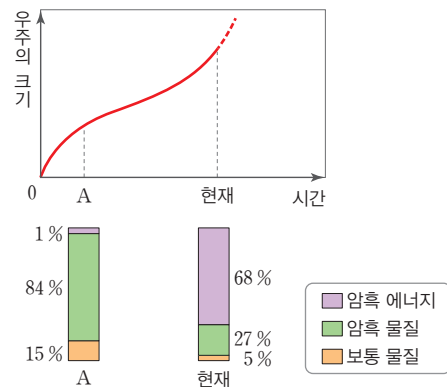
- ㄴ. 전자기파를 방출하거나 흡수하는 물질은 보통 물질이다.
 ㄷ. 암흑 물질은 빛(전자기파)을 방출하지 않기 때문에 중력적인 효과에 의해서만 그 존재를 알 수 있다.

03 ㄷ. 우주의 가속 팽창은 암흑 에너지의 비율 증가와 관련이 있다. 암흑 에너지가 계속 증가하고 있으므로, 우주의 팽창 속도도 증가하고 있다.

오답 피하기

- ㄱ. 팽창하는 우주에서 우주의 평균 밀도는 A 시점보다 현재가 작다.
 ㄴ. 암흑 물질의 비율은 A 시점보다 현재가 작다.

문제 속 자료 시간에 따른 우주의 크기와 우주를 구성하는 요소



- 우주는 가속 팽창하고 있다.
- A 시점과 비교할 때 현재 암흑 에너지의 비율이 크게 증가하였다.
 → 중력과 반대 방향으로 작용하는 암흑 에너지는 우주를 가속 팽창시키는 물질이다.

04 ㄴ. 우주를 구성하는 성분은 암흑 에너지 > 암흑 물질 > 보통 물질 순으로 분포한다.

A는 약 27 %, B는 약 5 %이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 암흑 에너지, (나)는 암흑 물질이다.

내신 만점 문제

p. 247 ~ 249

- 01** ③ **02** ① **03** ② **04** ② **05** ④ **06** ③
07 ⑤ **08** ③ **09** ③ **10** ③ **11~12** 해설 참조



ㄷ. 우주를 가속 팽창시키는 성분은 암흑 에너지이다.

- 05 나. 실제 관측 결과에 따르면, 초기에는 우주의 팽창 속도가 감소했지만 일정 시점(빅뱅 후 약 70억 년)부터 우주의 팽창 속도가 점차 빨라지고 있다.

ㄷ. 가속 팽창의 원인은 중력의 반대 방향으로 척력을 일으키는 암흑 에너지 때문일 것으로 추정하고 있다.

오답 피하기

ㄱ. 멀리 있는 초신성일수록 예상 값보다 관측 값의 적색 편이가 더 크므로 더 멀리 있다.

- 06 ㄱ. 적색 편이가 클수록 멀리 있는 천체이므로 거리 지수가 크게 나타난다.

나. 초신성에 대한 관측 값은 가속 팽창하는 우주에 적당하다.

오답 피하기

ㄷ. 우주가 팽창할수록 중력과 반대 방향으로 작용하는 암흑 에너지의 역할이 증가할 것이다.

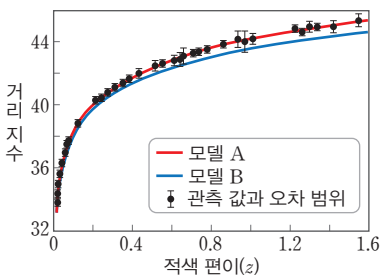
- 07 Ia형 초신성은 별이 폭발하면서 밝게 빛나는 현상으로, 가장 밝을 때에는 은하의 밝기와 거의 비슷하다. 이러한 특징 때문에 아주 먼 거리에서도 쉽게 관측할 수 있다.

ㄱ. Ia형 초신성은 일정한 질량에서 폭발하기 때문에 최대 밝기는 거의 일정하다.

나. 문제의 그림에서 적색 편이 $z=1.2$ 인 위치에서 Ia형 초신성의 거리 예측 값은 A가 B보다 크다.

ㄷ. 멀리 있는 초신성이 예상보다 더 어렵게 관측되는 것은 우주의 팽창 속도가 이론으로 생각했던 것보다 더 빠르다는 뜻이므로 팽창을 가속시키는 물질이 필요하게 되었다. 관측 자료에 나타난 우주의 팽창을 설명하기 위해서는 암흑 에너지를 고려해야 한다.

문제 속 자료 Ia형 초신성 관측 자료와 우주 팽창 모형



- 모델 A는 보통 물질, 암흑 물질, 암흑 에너지를 모두 고려한 우주 팽창 모형이다.
- 모델 B는 보통 물질과 암흑 물질만 고려한 우주 팽창 모형이다.
- 우주를 가속 팽창시키는 물질인 암흑 에너지의 존재를 설명할 수 있다.

- 08 ㄷ. (다)는 평탄 우주로 우주의 밀도가 임계 밀도와 같다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 열린 우주로 우주는 계속 팽창한다.

나. (나)는 닫힌 우주로 먼 미래에 우주는 다시 수축한다.

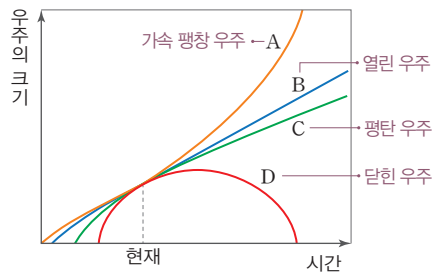
- 09 ㄷ. 빅뱅 이후 우주는 팽창하고 있다.

오답 피하기

ㄱ. A는 가속 팽창 우주, B는 열린 우주, C는 평탄 우주, D는 닫힌 우주이다.

나. B는 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 작고, D는 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 크다.

문제 속 자료 우주 팽창 모형



- 평탄 우주라도 암흑 에너지의 양이 많으면 우주는 가속 팽창한다.
- 팽창 초기에는 중력이 세기 때문에 우주가 감속 팽창하지만, 팽창에 따라 물질의 밀도가 점점 낮아지므로 상대적으로 중력이 우주 팽창에 미치는 영향은 적어진다.

- 10 ㄷ. 닫힌 우주는 우주의 밀도 > 임계 밀도이므로 우주는 수축할 것이다.

오답 피하기

ㄱ. 열린 우주는 우주의 밀도가 임계 밀도보다 작고, 평탄 우주는 우주의 밀도와 임계 밀도가 같다. 닫힌 우주는 우주의 밀도가 임계 밀도보다 크다. 우주의 평균 밀도는 열린 우주 < 평탄 우주 < 닫힌 우주 순으로 크다.

나. 평탄 우주는 팽창 속도가 점차 줄어들지만 우주 팽창이 멈추지는 않는다.

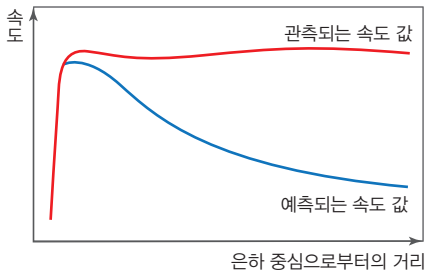
- 11 우리 은하의 회전 속도와 중력을 이용하여 계산하면 우리 은하의 질량은 태양 질량의 약 3×10^{12} 배로 추정된다. 즉, 빛을 방출하지 않는 막대한 양의 암흑 물질이 우리 은하의 헤일로에 분포하고 있는 것이다. 암흑 물질에 대한 증거는 대부분 은하 집단을 연구하여 얻을 수 있다.

[모범 답안] (1) 회전 속도가 느려질 것이다.

(2) 회전 속도가 거의 일정하게 나타난다.

(3) 은하의 질량이 중심부에만 집중되어 있지 않고 은하 외곽에도 상당히 분포하며 이 물질이 은하의 회전 속도에 영향을 미친 것이다. 은하 외곽에 분포하는 암흑 물질의 질량 때문에 회전 속도가 감소하지 않는 것이다.

문제 속 자료 나선 은하의 회전 속도 곡선



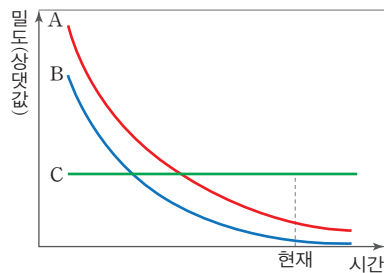
- 은하의 회전 운동을 계산하고 관측하면서 그 회전 속도가 눈에 보이는 물질의 중력만으로 다 설명되지 않는다는 점을 발견했다.
- 은하 중심에서 먼 곳일수록 느리게 회전해야 하는데도 실제 관측된 회전 속도는 거의 일정하게 나타났다. 정체가 밝혀지지 않은 암흑 물질의 중력이 눈에 보이는 보통 물질의 중력만으로 다 설명되지 않는 은하의 회전 속도에 작용했을 것으로 추정할 수 있다.

	채점 기준	배점
(1)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	30%
	회전 속도가 느려진다는 의미의 서술이 포함된 경우	15%
(2)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	30%
	회전 속도가 거의 일정하다는 의미의 서술이 포함된 경우	15%
(3)	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	40%
	암흑 물질이 분포하기 때문이라고만 서술한 경우	20%

- 12 보통 물질, 암흑 물질, 암흑 에너지의 비율은 현재를 기준으로 판단한다. 보통 물질과 암흑 물질은 시간에 따라 밀도가 감소하였다. 암흑 에너지의 비율은 시간에 상관없이 밀도가 일정하므로 그 양이 증가하였을 것이다.

[모범 답안] (1) A: 암흑 물질, B: 보통 물질, C: 암흑 에너지
(2) 보통 물질이 차지하는 비율은 감소하고, 암흑 에너지의 총량은 증가한다.

문제 속 자료 가속 팽창 우주 모형



- 암흑 에너지의 크기는 우주가 팽창해도 일정하므로, 암흑 에너지의 총량은 증가하고 그 영향력은 상대적으로 더 커진다.

	채점 기준	배점
(1)	A, B, C를 모두 옳게 쓴 경우	30%
	세 가지 중 한 가지씩 빠진 경우	10%씩 감점
	모범 답안과 같이 옳게 서술한 경우	70%
(2)	보통 물질이 차지하는 비율과 암흑 에너지의 총량의 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	40%

단원 마무리하기

p. 252 ~ 255

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

- 01 ㄱ. (가)는 정상 나선 은하, (나)는 막대 나선 은하로 두 은하 모두 나선팔이 존재한다.

오답 피하기

- ㄴ. (다)는 불규칙 은하로 일정한 모양이나 형태가 없다.
ㄷ. (라)는 타원 은하로, 나선 은하나 불규칙 은하와 비교할 때 성간 물질이 거의 없다.

- 02 ㄱ. (가)는 타원 은하, (나)는 나선 은하이다. 타원 은하는 대부분 높은 별로 이루어져 있어 붉은색으로 보인다.

- ㄷ. 나선 은하의 나선팔에는 성간 물질이 많이 분포하고 있어 새로운 별의 형성이 활발하고 파란색 별이 많다.

오답 피하기

- ㄴ. 외부 은하는 형태에 따라 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 분류할 수 있다. 이러한 은하의 분류는 은하의 진화 정도와는 관계가 없다. 나선팔은 나선 은하에만 나타난다.

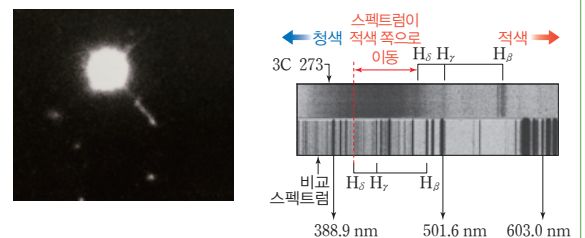
- 03 ㄱ. 퀘이사는 수많은 별들로 이루어진 거대한 은하이지만 너무 멀리 있어 하나의 별처럼 보인다. 퀘이사가 방출하는 에너지는 우리 은하의 수백~수천 배에 이른다. 퀘이사의 중심부에는 블랙홀이 있을 것으로 추정된다.

- ㄷ. 퀘이사는 별처럼 보이지만 보통의 별과는 달리 매우 큰 적색 편이가 나타나는 은하로, 후퇴 속도가 매우 빠르다.

오답 피하기

- ㄴ. 퀘이사는 우주 탄생 초기의 천체로, 매우 큰 적색 편이가 나타난다.

문제 속 자료 퀘이사의 모습과 스펙트럼



- 퀘이사는 하나의 별처럼 보이지만 확대해서 보면 여러 개의 은하가 모여 있다.
- 퀘이사는 우리가 관측할 수 있는 가장 먼 거리에 있는 천체이다.
- 퀘이사는 우리 은하 밖에 있는 천체이다.

- 04 ㄱ. 셰이퍼트 은하는 크기는 작지만 강한 방출선을 내는 중심핵을 가지고 있다.

ㄴ. 세이퍼트은하의 스펙트럼에서 넓은 방출선이 나타나는데, 방출선은 세이퍼트은하의 중심핵 부근에 뜨거운 성운이 있다는 것을 의미한다.





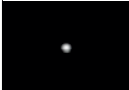

ㄷ. 방출선의 폭이 넓다는 것은 세이퍼트은하 내의 성운이 빠른 속도로 회전하고 있다는 뜻이다.

- 05 ㄴ. 후퇴 속도가 가장 빠른 은하 C에서 적색 편이가 가장 크다.
 ㄷ. 거리가 먼 은하일수록 더 빠르게 후퇴하므로 적색 편이가 더 크게 나타난다.

오답 피하기

ㄱ. 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 빠르므로, 후퇴 속도가 가장 빠른 은하는 C이다.

문제 속 자료 외부 은하의 후퇴 속도

은하	사진	거리(Mpc)	스펙트럼
A		17	
B		210	
C		560	

- 스펙트럼의 붉은색 화살표는 적색 편이되는 정도(적색 편이량)를 나타낸다.
- A → B → C로 갈수록 거리가 멀어지고 적색 편이가 크게 나타난다.

- 06 ㄱ. 은하 A~D에서는 적색 편이가 나타나는 것으로 보아 우리 은하로부터 멀어지고 있다.

ㄴ. 멀리 있는 은하일수록 적색 편이량이 크고 후퇴 속도가 빠르다.

오답 피하기

ㄷ. 멀리 있는 은하일수록 더 빠른 속도로 멀어져 간다. x 로부터 멀어지는 속력은 z 가 y 보다 크다.

- 07 ㄱ. 후퇴 속도(v)는 스펙트럼 흡수선의 적색 편이량으로부터 구할 수 있다.

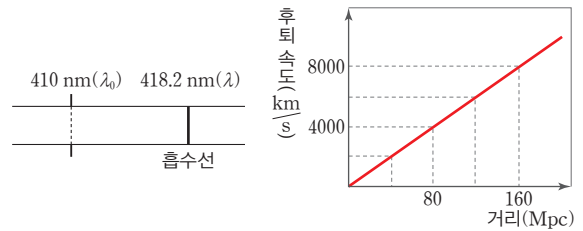
$$v = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \times c = \frac{8.2}{410} \times 3 \times 10^5 \text{ (km/s)} = 6 \times 10^3 \text{ (km/s)}$$

ㄷ. 허블 법칙에 따라 후퇴 속도가 클수록 거리가 멀고 적색 편이가 크게 나타난다. 거리가 먼 은하일수록 후퇴 속도가 커지는 것은 우주가 팽창하고 있음을 의미한다.

오답 피하기

ㄴ. 허블 상수 $H = \frac{\text{후퇴 속도}}{\text{거리}}$ 이므로 $H = 50 \text{ km/s/Mpc}$ 이다.

문제 속 자료 외부 은하의 분광 관측 결과와 후퇴 속도



- 거리와 후퇴 속도의 관계를 이용하여 은하까지의 거리를 알아볼 수 있다.
- 후퇴 속도가 6000 km/s에 해당하는 은하까지의 거리는 120 Mpc 이다.

- 08 ㄴ. 우주는 하나의 점으로부터 대폭발하여 생성되었고, 계속 팽창하면서 냉각되었다. 우주의 팽창 과정에서 우주의 밀도는 작아지고 있다.

오답 피하기

ㄱ. 팽창하는 우주에서 특정한 중심은 없다. 우리 은하는 우주의 중심이 아니다.

ㄷ. 멀어지는 천체에서 방출된 빛은 적색 편이 현상이 나타난다. 은하의 후퇴 속도는 거리에 비례하여 빨라진다.

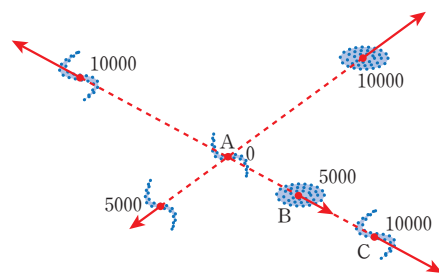
- 09 ㄷ. 허블 법칙에 따르면 은하의 후퇴 속도와 거리는 비례 관계에 있다.

오답 피하기

ㄱ. 팽창하는 우주에서 중심은 없다. A는 우주의 중심이라고 할 수 없다.

ㄴ. B에서 C를 관측하면 적색 편이가 관측된다.

문제 속 자료 외부 은하의 후퇴 속도



- 은하 A를 기준으로 은하 B, C는 멀어져 가고 있다.
- C가 멀어지는 속도는 B가 멀어지는 속도보다 빠르다.
- 은하 A, B, C 중 어느 은하를 기준으로 하더라도 다른 은하는 기준 은하로부터 멀어져 간다. 팽창하는 우주에서 중심은 없다.

- 10 ㄱ. 허블 법칙에 따르면 은하의 후퇴 속도(V)는 그 은하까지의 거리(r)에 비례한다.

$$V = H(\text{허블 상수}) \times r, \therefore H = \frac{V}{r} \text{ 이다.}$$

ㄴ. 천문학자 A보다 B가 구한 허블 상수가 작으므로 우주의

크기는 B가 구한 값이 더 크다. 우주의 나이는 허블 상수의 역수이므로 천문학자 A보다 B가 구한 우주의 나이가 많다.

오답 피하기

ㄷ. B의 허블 상수가 A보다 작으므로 지구에서 같은 속도로 멀어지는 외부 은하까지의 거리는 A보다 B가 더 멀다.

- 11 ㄷ. (나)에서 2.7 K의 우주 배경 복사는 대폭발 후 약 38만 년에 방출된 빛이 우주 팽창으로 낮은 온도의 복사 에너지로 변한 것으로 우주의 모든 방향에서 관측된다.

오답 피하기

ㄱ. (가)에서 우주가 팽창하여 부피가 증가하므로 우주의 밀도는 감소한다.

ㄴ. 우주 어디에서나 다른 은하가 후퇴하는 것으로 관측되므로 팽창의 중심은 없다.

- 12 ㄱ. 우주 배경 복사는 대폭발 이후 우주의 온도가 약 3000 K로 식었을 때 우주를 채우고 있던 복사 에너지로, 대폭발 우주론의 가장 강력한 증거이다.

오답 피하기

ㄴ. 우주 배경 복사가 방출되었던 시기는 빅뱅 이후 약 38만 년이었고, 이 시기에 우주의 온도는 약 3000 K이었다.

ㄷ. 복사 강도가 최대인 파장은 우주 탄생 초기보다 현재가 더 길다.

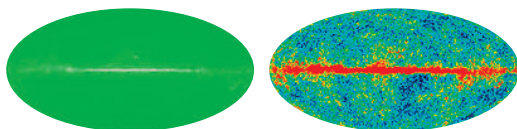
- 13 ㄱ. (가)는 펜지어스와 윌슨이 지상 망원경으로 전파 영역을 관측한 것이고, (나)는 WMAP 위성이 전파 영역을 관측한 것이다.

ㄴ. 우주 배경 복사는 초기 우주 상태를 유추하는 데 결정적인 단서를 제공하였다.

오답 피하기

ㄷ. (나)는 (가)보다 더 정밀하게 관측되었다.

문제 속 자료 우주 배경 복사 관측



(가) 지상 망원경

(나) WMAP 위성

- 우주 배경 복사는 우주를 균일하게 가득 채우고 있는 열복사를 나타낸 것이다.
- 1989년 발사된 COBE 위성은 우주 배경 복사를 관측하여 스펙트럼 분포가 약 2.7 K의 흑체 복사 특성과 거의 일치한다는 것을 밝혀 내었다.
- WMAP 위성은 $\frac{1}{10^5}$ K 수준에서 우주 배경 복사의 미세한 차이를 감지하여 초기 우주에 밀도 차가 있었음을 증명했다. 이 발견으로 빅뱅 우주론은 은하의 형성을 설명할 수 있게 되었다.

- 14 ㄴ. 우주의 팽창으로 온도가 낮아지면서 원자핵은 전자와 결합하였다.

ㄷ. 우주의 온도가 약 3000 K으로 낮아지고 전자가 원자핵과 결합하여 중성 원자(수소, 헬륨)가 형성되면서 빛이 전자의 방해 받지 않아 우주가 맑아졌고 우주 배경 복사가 방출되었다.

오답 피하기

ㄱ. 우주가 팽창하면서 우주의 온도는 계속 낮아졌다.

- 15 ㄴ. 원자가 형성(A 시기)되면서 빛이 자유롭게 이동하여 우주 배경 복사가 방출되었다.

ㄷ. 우주의 크기가 커지면서 우주의 온도는 감소하였으므로 현재의 온도는 B 시기보다 낮다.

오답 피하기

ㄱ. 빅뱅 이후 우주의 크기는 지속적으로 증가하였다.

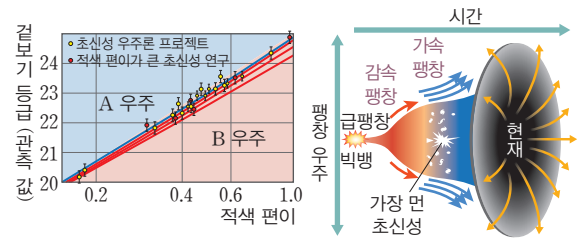
- 16 ㄱ. Ia형 초신성을 관측한 자료는 우주가 가속 팽창을 하고 있다는 것을 보여준다. (가)의 A는 가속 팽창 우주, B는 감속 팽창 우주이다.

ㄷ. 우주의 팽창을 가속시키는 우주의 성분은 암흑 에너지이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)에서 우주는 빅뱅 이후 급팽창하였고 이후 감속 팽창하였으며 이어서 현재까지는 가속 팽창하고 있다.

문제 속 자료 Ia형 초신성 관측과 우주의 가속 팽창



- 우주는 빅뱅 직후 급팽창(인플레이션)이 있었고, 팽창 속도가 조금씩 줄어다가 약 70억 년이 지난 후부터 현재까지 가속 팽창하고 있다.
- Ia형 초신성 관측으로 최근 우주 팽창 속도가 가속화되고 있다는 것을 알 수 있다.



개념을 쌓아가는 기본서

고등 **셀파**



정답과 해설



빠른 기출 문제 정답

기출 1~50

001 ①	002 ①	003 ④	004 ⑤	005 ⑤	006 ④	007 ①	008 ③
009 ②	010 ③	011 ②	012 ③	013 ②	014 ③	015 ②	016 ①
018 ①	019 ②	020 ③	021 ①	022 ①	023 ①	024 ③	025 ①
027 ②	028 ②	029 ①	030 ④	031 ⑤	032 ⑤	033 ③	034 ④
036 ⑤	037 ⑤	038 ②	039 ⑤	040 ①	041 ⑤	042 ②	043 ③
045 ③	046 ②	047 ③	048 ④	049 ⑤	050 ①		044 ⑤

기출 51~100

051 ②	052 ②	053 ③	054 ④	055 ①	056 ③	057 ④	058 ①
059 ⑤	060 ②	061 ④	062 ③	063 ⑤	064 ①	065 ③	066 ⑤
068 ⑤	069 ①	070 ①	071 ③	072 ①	073 ②	074 ⑤	075 ⑤
077 ②	078 ②	079 ①	080 ⑤	081 ⑤	082 ①	083 ③	084 ②
086 ④	087 ⑤	088 ④	089 ②	090 ⑤	091 ⑤	092 ③	093 ③
095 ③	096 ⑤	097 ③	098 ①	099 ⑤	100 ④		094 ①

기출 101~150

101 ⑤	102 ②	103 ⑤	104 ④	105 ④	106 ②	107 ③	108 ③
109 ④	110 ④	111 ⑤	112 ⑤	113 ⑤	114 ⑤	115 ③	116 ⑤
118 ③	119 ⑤	120 ②	121 ②	122 ②	123 ③	124 ②	125 ③
127 ④	128 ④	129 ②	130 ⑤	131 ③	132 ⑤	133 ⑤	134 ③
136 ②	137 ①	138 ①	139 ①	140 ③	141 ⑤	142 ⑤	143 ②
145 ③	146 ④	147 ④	148 ③	149 ⑤	150 ②		144 ③

기출 151~200

151 ⑤	152 ⑤	153 ⑤	154 ④	155 ④	156 ⑤	157 ①	158 ⑤
159 ②	160 ⑤	161 ③	162 ④	163 ④	164 ⑤	165 ④	166 ③
168 ⑤	169 ⑤	170 ③	171 ④	172 ⑤	173 ③	174 ④	175 ②
177 ④	178 ③	179 ④	180 ⑤	181 ④	182 ④	183 ③	184 ①
186 ②	187 ④	188 ⑤	189 ③	190 ⑤	191 ⑤	192 ④	193 ③
195 ③	196 ③	197 ③	198 ④	199 ③	200 ③		194 ①

기출 201~224

201 ④	202 ②	203 ①	204 ②	205 ⑤	206 ⑤	207 ③	208 ③
209 ①	210 ①	211 ①	212 ④	213 ①	214 ④	215 ②	216 ④
218 ④	219 ②	220 ⑤	221 ④	222 ①	223 ⑤	224 ⑤	217 ①



001 답 ① | 정자극기는 과거 지구 자기장의 방향이 현재와 같았던 시기이고, 역자극기는 지구 자기장의 방향이 현재와 반대 방향인 시기이다.

ㄱ. A 지점의 고지자기는 정자극기이므로 이 지점의 지각이 생성될 당시 지구 자기장의 방향은 현재와 같았을 것이다.

오답 피하기

ㄴ. 해령을 중심으로 판이 서로 멀어지므로 해령에서 멀어질수록 지각의 나이는 많아진다. 따라서 지각의 나이는 해령으로부터 거리가 더 먼 A가 B보다 많다.

ㄷ. 문제의 그림에서 해령을 기준으로 B는 우측 방향으로, C는 좌측 방향으로 이동한다.

002 답 ① | ㄱ. 해양 지각의 연령과 고지자기 분포가 각각 대칭적으로 나타난다. 따라서 발산형 경계인 해령에서 나타나는 고지자기 분포이다.

오답 피하기

ㄴ. 해령에서 40 km 떨어진 곳에서 해양 지각의 연령이 400만 년이므로 판의 평균 이동 속도 = $\frac{40 \times 10^5 \text{ cm}}{4 \times 10^6 \text{ 년}} = 1 \text{ cm/년}$ 이다.

ㄷ. 문제의 그림에서 정자극기(회색 영역)와 역자극기(흰색 영역)의 간격이 일정하지 않다.

003 답 ④ | ㄱ. 그림에서 회색 영역은 역전기, 흰색 영역은 정상기이다. 해령을 중심으로 정상기와 역전기의 분포가 대칭적으로 나타난다.

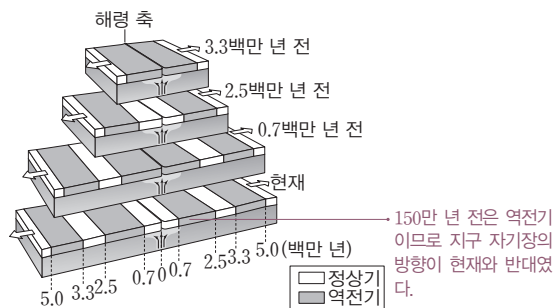
ㄷ. 150만 년 전에는 지구 자기장의 방향이 현재와 반대이므로 역전기에 해당한다.

오답 피하기

ㄴ. 현재 해령 축을 기준으로 500만 년 동안 이동해 간 해령 부근의 암석에 나타난 정상기와 역전기의 횡수를 헤아려 보면, 지구 자기장의 역전기는 총 2번 있었다.

문제 속 자료 암석에 기록된 고지자기 분포

해령을 기준으로 새로운 해양 지각이 계속 생성되면서 판이 양쪽으로 확장되어 나간다. 해령 축을 기준으로 고지자기 분포가 대칭적으로 나타난다.



해령 축을 기준으로 500만 년 동안 정상기와 역전기는 각각 2번씩 있었다.

004 답 ⑤ | 해령에서는 새로운 해양 지각이 생성되고, 해령을 중심으로 양쪽으로 멀어짐에 따라 해저가 확장된다. 그림 (나)에서 과거부터 현재까지 해저가 확장되는 동안 정자극기는 총 3번, 역자극기는 총 2번 있었다.

ㄱ. 해령에서 생성되는 해양 지각은 현무암질 마그마가 식어서 생성된 현무암질 지각이다.

ㄴ. 아이슬란드는 대서양 해령 부근에서 해령 축이 통과하는 곳이다. 따라서 발산형 경계에 위치한다.

ㄷ. 해령에서 생성된 해양 지각은 해령 축을 기준으로 양쪽으로 계속 이동해 간다. 이때 지각(암석) 속에는 지각이 생성될 당시의 지구 자기장 방향이 기록된다.

005 답 ⑤ | ㄴ. 일본 해구에서 우리나라 쪽으로 판이 섭입한다. 우리나라는 일본보다 지진이 발생하는 진원의 깊이가 깊다. 따라서 우리나라에서 일본 쪽으로 갈수록 진원의 깊이는 얕아진다.

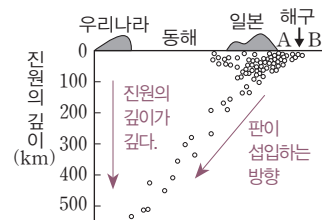
ㄷ. 섭입형 수렴 경계에서는 섭입대에서 발생한 마그마가 분출하여 화산 활동이 일어난다. 해구를 기준으로 섭입대가 형성된 쪽에서 화산 활동이 일어나므로 A 지역이 B 지역보다 화산 활동이 활발하다.

오답 피하기

ㄱ. 우리나라와 일본은 같은 유라시아판에 위치한다. 태평양 판이 유라시아판 밑으로 섭입하는 경계에서 일본 해구가 생성된다고 해서, 일본은 태평양판, 우리나라는 유라시아판에 위치한다고 생각하지 않도록 한다.

문제 속 자료 우리나라 주변에서 나타나는 진원 분포

화살표와 같이 일본 해구에서 우리나라 쪽으로 판이 섭입한다. B는 태평양판, A는 유라시아판에 해당한다.



세로축은 진원의 깊이를 나타내는데, 아래로 갈수록 진원의 깊이가 깊어진다. 일본에서 우리나라 쪽으로 갈수록 대체로 진원의 깊이가 깊어진다.

006 답 ④ | ㄱ. 쿠릴 열도 부근은 두 판이 수렴하는 경계로 해구가 나타난다.

ㄷ. 해구를 기준으로 B판이 A판 아래로 섭입되면서 A판에서 화산 활동이 일어나므로, 이 지역에서 호상 열도가 생성된다. 호상 열도는 활과 같은 모양으로 섬들이 길게 배열된 지형으로, 보통 해구와 나란하게 발달되어 있다. 일본 열도는 대표적인 호상 열도에 해당한다.

오답 피하기

ㄴ. 진원의 깊이 분포를 보면 B판에서 A판 쪽으로 갈수록 진원의 깊이가 깊다. B판이 A판 밑으로 섭입한 것이므로, B판의 밀도가 A판보다 더 크다.

007 답 ① | ㄱ. 필리핀판과 유라시아판의 경계에서 유라시아판 쪽으로 가면서 진원의 깊이가 점점 깊어지므로 밀도가 큰 필리핀판이 유라시아판 아래로 섭입함을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. 판의 경사를 비교할 때는 수평 거리를 기준으로 진원의 깊이를 차를 비교하면 된다. 같은 거리를 기준으로 했을 때 진원이 깊이는 A-A'보다 B-B'에서 더 깊게 관측되므로 B-B'의 경사가 더 크다.

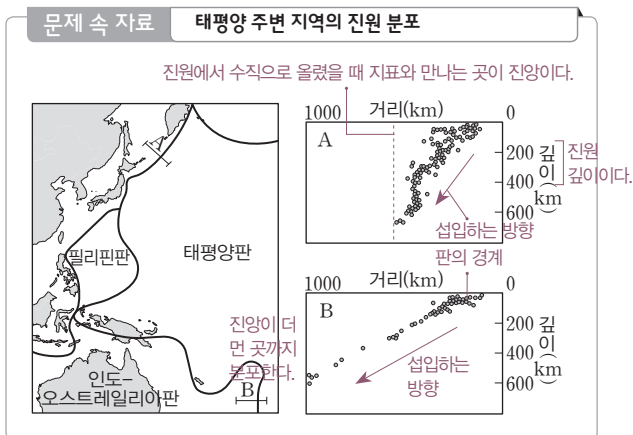
ㄷ. 지진의 규모는 지진이 발생했을 때 방출되는 총 에너지 양으로, 어느 지역에서나 동일하게 측정된다. 반면에 진도는 지진이 발생했을 때 입은 피해 정도나 진동을 수치로 나타낸 것으로 지진의 규모가 클수록 대체로 진도는 커진다. 즉, 지진이 발생하면 어느 지역에서나 규모는 일정하고, 진원 거리나 지표면의 상태 등에 따라 진도는 달라진다.

008 답 ③ | ㄱ. 두 지역은 판이 섭입하는 수렴형 경계 지역이다. 그림 (나)를 보면, A와 B 지역에서는 모두 천발 지진과 심발 지진이 발생한다.

ㄷ. B 지역에서 밀도가 큰 태평양판이 인도-오스트레일리아 판의 아래로 섭입하고, 진원의 깊이는 오스트레일리아 쪽으로 갈수록 깊어진다.

오답 피하기

ㄴ. 진원의 수직 위쪽이 진앙이므로 B는 A보다 판의 경계에서 더 먼 곳까지 진앙이 분포한다.



009 답 ② | ㄴ. 두 대륙에서 측정한 자극의 이동 경로를 일치시켰을 때 대륙의 분포를 보아 과거에 두 대륙은 붙어 있었던 적이 있었다.

오답 피하기

ㄱ. 같은 지질 시대에 형성된 자기 북극은 하나이다. 과거에도 자기 북극은 1개가 존재했다.

ㄷ. 유럽과 북아메리카 대륙에서 측정한 고지자기 북극의 이동 경로를 겹쳐보면, 대륙이 하나로 모아진다. 고지자기 북극의 이동은 대륙과 자기 북극의 상대적인 이동으로 형성되었음을 알 수 있다.

010 답 ③ | 과거 암석이 생성될 당시의 지구 자기장의 방향이 암석 속에 남아 있기 때문에 고지자기의 이동 경로를 분석하면 대륙 이동을 설명할 수 있다.

ㄱ. 암석의 생성 당시 지구 자기장 방향의 자기가 암석에 남아 있다. 고지자기 북극의 위치는 암석의 잔류 자기로 알아낸 것이다.

ㄷ. A(북아메리카)와 B(유라시아)를 같은 시대별로 맞춰보면 두 대륙이 붙어 있다가 이동하여 분리되었음을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. 과거에 지자기 북극은 한 개였다. 문제의 그림에서 지자기 북극이 세 개인 것처럼 보이는 것은 대륙이 이동하였기 때문이다.

011 답 ② | 현재 멀리 떨어진 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙에서 같은 종류의 메소사우루스 화석이 산출되기 위해서는 대륙이 이동해야만 가능하다. 북아메리카 대륙과 유럽 대륙에서 고지자기 북극의 이동 경로가 다르지만, 두 대륙의 고지자기 북극의 이동 경로를 모아 보면 과거에 두 대륙이 붙어 있었음을 알 수 있다.

ㄴ. 대륙의 개수에 관계없이, 과거와 현재에 관계없이 지자기 북극은 하나이다.

ㄷ. 북아메리카 대륙과 유럽 대륙은 하나의 대륙이 갈라져서 이동하여 형성되었다.

오답 피하기

ㄱ. 하나로 붙어 있던 대륙이 여러 대륙으로 갈라지면서 현재의 대서양이 형성되었다.

ㄷ. 메소사우루스는 약 3억 년 전에 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙이 하나의 대륙으로 모여 있을 당시에 서식하였다.

012 답 ③ | ㄱ. 한 시기에 지자기 북극은 1개이다. 같은 시기에 하나의 대륙에서 형성된 잔류 자기의 방향은 한 점으로 수렴된다.

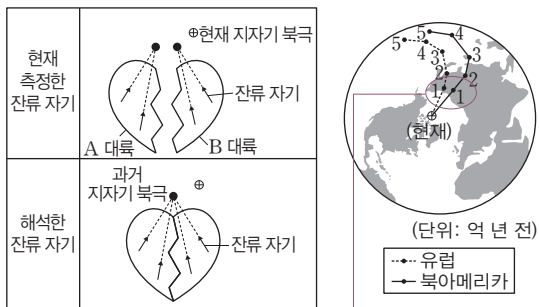
ㄷ. (나)에서 3.5억 년 전에 2개로 떨어져 나타나는 지자기 북극은 원래 하나였다가 대륙이 이동하면서 갈라져 보이는 것이다. 이러한 지자기 북극의 겹보기 이동으로 대륙 이동을 설명할 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. 과거에 하나였던 대륙이 떨어져서 이동한 경우이므로 (가)에서 A와 B 대륙 사이에는 열곡이나 해령이 형성된다.

문제 속 자료 지자기 북극의 겹보기 이동과 대륙 이동

현재 지자기 북극은 2개처럼 보이지만, 지자기 북극은 원래 1개이다. 지자기 북극을 하나로 모으면 대륙이 하나로 모이게 된다.



하나로 붙여 있던 대륙이 이동하였기 때문에 지자기 북극이 2개인 것처럼 보인다.

고지자기는 과거 지질 시대의 암석에 남아 있는 자기이고, 잔류 자기는 과거나 현재에 상관없이 암석에 남아 있는 자기이다.

013 답 ② | ㄴ. C점을 경계로 화산섬의 이동 방향이 바뀌었으므로 판의 이동 방향이 바뀌었음을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 하와이섬(A) 아래에 열점이 분포한다. 열점은 고정된 지점이므로, 하와이섬 아래에서 계속 마그마가 분출하여 새로운 화산섬이 생겨난다.

ㄴ. 하와이섬의 이동 방향으로 판의 이동 방향을 알 수 있다. 그림에서 하와이 열도 및 해산은 북북서쪽과 북서쪽으로 이동하므로, 태평양판은 A에서 E 방향으로 이동했을 것이다.

014 답 ③ | ㄱ. 열점은 현재 화산 활동이 일어나고 있는 섬의 아래에 존재하므로 하와이섬의 아래에 존재할 것이다.

ㄴ. 미드웨이섬은 열점 위에 위치한 하와이섬의 위치에서 생성되어 태평양판의 이동을 따라 약 2700만 년 동안 이동하여 하와이섬으로부터 약 2700 km 떨어진 현재의 위치에 있는 것이다. 따라서 미드웨이섬이 형성된 이후 태평양판의 평균 이동 속도는 $\frac{2700 \times 10^5 \text{ cm}}{2700 \times 10^4 \text{ 년}} = 10 \text{ cm/년}$ 이다.

오답 피하기

ㄴ. 하와이섬에서 멀어질수록 오래된 화산섬이므로 옴퍼리 해산군이 형성된 시기는 미드웨이섬이 형성된 시기보다 오래되었다. 미드웨이섬이 형성된 시기에 판의 이동 방향은 북서 방향이고, 옴퍼리 해산군이 형성된 시기에 판의 이동 방향은 북북서 방향이다. 따라서 옴퍼리 해산군이 형성될 당시에 태평양판의 이동 방향은 현재와 달랐다.

015 답 ② | ㄴ. 킬라우에 화산 부근에서 계속 새로운 화산섬이 생겨나고 있다. 즉, 고정되어 있는 열점은 킬라우에 화산 부근 지하 깊은 곳에 위치할 것이다.

오답 피하기

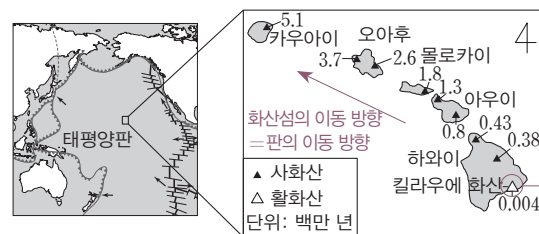
ㄱ. 판의 이동 속도는 $\frac{\text{거리(떨어진 위치)}}{\text{시간(연령)}}$ 로 알 수 있다. 화

산섬과 열점 사이의 거리와 화산섬의 나이를 이용하여 판의 이동 속도를 구해 보면 태평양판의 이동 속도는 일정하지 않았음을 알 수 있다.

ㄴ. 하와이 열도를 형성한 열점은 고정되어 있어 판의 이동과 관계가 없다. 열점과 해령 사이의 거리는 일정하다.

문제 속 자료 열점과 판의 운동

킬라우에 화산 부근(열점)에서 새로운 화산섬이 생겨나서 북서 방향으로 이동하고 있다. 화산섬이 계속 이동해 가는 것이지 열점이 이동하는 것은 아니다.



거리가 일정하지 않으므로 태평양판의 이동 속도가 일정하다고 할 수 없다. 계속 화산 활동이 발생하고 있다.

016 답 ① | 판의 경계 지역과 열점에서 분출하는 용암에는 차이가 있다. 수렴형 경계에서는 주로 안산암질 용암이 분출하고, 열점에서는 주로 현무암질 용암이 분출한다.

ㄱ. 하와이 열도를 이루는 화산섬들의 연령이 북서쪽으로 갈수록 증가하므로 판의 이동 방향은 대체로 북서 방향이다. 하와이섬 아래에 열점이 있어 이곳에서 계속 새로운 화산섬들이 생겨나고 있다.

오답 피하기

ㄴ. A에서는 주로 현무암질 용암이 분출하고, C에서는 주로 안산암질 용암이 분출한다.

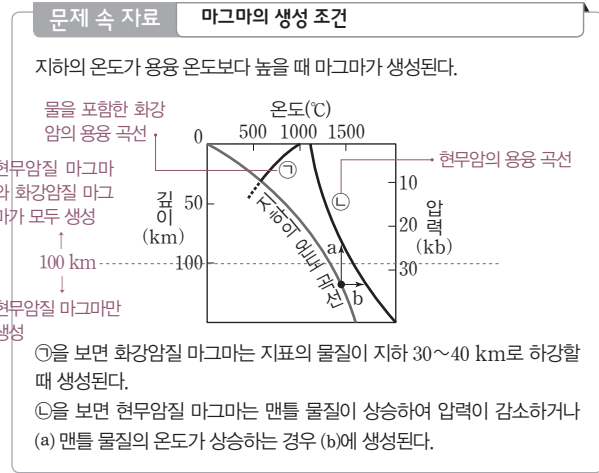
ㄴ. B는 발산형 경계로 해령에 해당한다. 하와이 열도는 열점에 해당하므로 A와 같은 곳에서 만들어졌다.

017 답 ① | ㄱ. 물을 포함하는 화강암의 용융 온도는 압력이 증가할수록 낮아진다. 따라서 ㉠은 물을 포함하는 화강암의 용융 곡선이다. ㉡은 현무암의 용융 곡선이다.

오답 피하기

ㄴ. 지하 100 km를 기준으로 할 때 이곳보다 깊은 곳에서는 현무암질 마그마가 생성되고, 그보다 얕은 곳에서는 현무암질 마그마와 화강암질 마그마가 모두 생성된다.

ㄷ. 해령에서는 맨틀 대류의 상승류가 존재하므로 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소한다. 따라서 해령 아래에서는 a와 같은 과정으로 마그마가 생성된다.

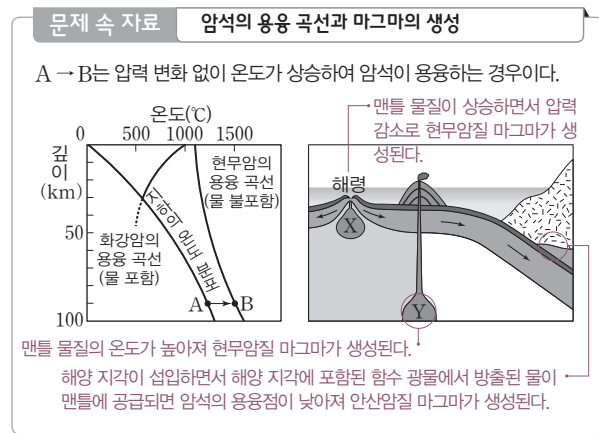


018 답 ① | ㄱ. (가)를 보면 20 km 깊이에서 암석의 용융 온도는 물을 포함하지 않은 현무암이 물을 포함한 화강암보다 높다.

오답 피하기

ㄴ. X에서 마그마의 생성은 맨틀 물질의 상승에 따른 압력 감소로 일어난다.

ㄷ. Y에서 생성되는 마그마는 맨틀이 용융한 것이므로 현무암질 마그마가 생성된다.



019 답 ② | ㄴ. 문제의 그림 (가)에서 현무암의 용융점이 화강암의 용융점보다 높으므로 현무암질 마그마는 화강암질 마그마보다 높은 온도에서 생성된다.

오답 피하기

ㄱ. 깊이가 깊어질수록 압력이 커지기 때문에 물을 포함한 화강암은 깊어질수록 용융점이 낮아진다.

ㄷ. 문제의 그림 (나)와 같은 해령 하부에서는 맨틀 물질이 상승하면서 압력 감소로 용융점에 도달하여 현무암질 마그마가 생성된다. 따라서 해령 부근에서는 P → B와 같은 과정

으로 마그마가 생성된다. P → A와 같은 과정은 압력의 변화 없이 온도가 높아지면서 마그마가 생성되는 경우이다.

020 답 ③ | ㉠은 해령, ㉡은 열점, ㉢은 섭입대(베니오프대)이다. 베니오프대는 밀도가 큰 해양판이 밀도가 작은 대륙판 아래로 비스듬히 섭입해 들어갈 때 생기는 경계면으로, 이 과정에서 마찰에 의해 지진이 발생한다.

ㄱ. 그림 (가)에서 현무암질 마그마는 내부 온도가 올라가는 A → B 과정과 압력이 감소하는 A → C 과정에서 생성될 수 있다. 해령(㉠)에서는 맨틀 물질이 상승하면서 압력 감소로 마그마가 생성된다.

ㄷ. 섭입대(㉢)에서는 물을 포함한 판(해양판)이 섭입하면서 용융점이 하강하여 마그마가 생성된다.

오답 피하기

ㄴ. 일본은 호상 열도이다. 호상 열도는 화산 활동으로 형성된 화산섬들이 길게 배열된 것으로, 주로 해구와 나란하게 발달되어 있다.

㉡은 지구 내부의 열점에 해당한다. 열점에서 형성되는 대표적인 지형에는 하와이 열도가 있다.

021 답 ① | A는 용암의 점성이 크고 온도가 낮은 유문암질 용암의 성질이다. B는 용암의 점성이 작고 온도가 높은 현무암질 용암의 성질이다.

ㄱ. 점성이 클수록 유동성이 작아지므로 유동성은 A가 B보다 작다.

오답 피하기

ㄴ. 온도가 낮을수록 SiO₂ 함량은 많아진다. SiO₂ 함량은 A가 B보다 많다.

ㄷ. A는 B보다 점성이 크므로, A는 경사가 급한 종상 화산체를 형성한다. B는 경사가 완만한 순상 화산체를 형성하거나 용암 대지를 형성한다.

022 답 ① | A는 온도가 높고 유동성이 큰 현무암질 용암의 성질이다. B는 온도가 낮고 유동성이 작은 유문암질 용암의 성질이다.

ㄱ. 한라산은 용암(마그마)의 온도가 높고 SiO₂ 함량이 적으며, 점성이 작고 유동성이 큰 현무암질 마그마가 분출되어 형성된 순상 화산이다.

오답 피하기

ㄴ. SiO₂ 함량비는 용암의 온도가 낮을수록 많아진다. 온도가 낮은 B가 온도가 높은 A보다 SiO₂ 함량이 많다.

ㄷ. 한라산은 경사가 완만한 순상 화산체이므로 한라산을 만든 용암은 온도와 유동성이 큰 A에 해당한다.

- 023 답 ① | ㄱ. (가)에서 화산 가스의 대부분은 수증기이다. 그 외에 이산화 탄소, 이산화 황, 황화 수소 등이 포함되어 있다.

오답 피하기

ㄴ. A는 용암의 온도가 낮고 유동성이 작은 유문암질 용암의 성질이다. B는 용암의 온도가 높고 유동성이 큰 현무암질 용암의 성질이다. (나)에서 용암 속에 포함된 SiO_2 함량은 A가 B보다 많다.

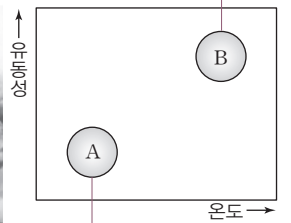
ㄷ. 화산 (가)는 격렬하게 분출된 것으로 보아, 용암의 성질은 (나)의 B보다 A에 가깝다.

문제 속 자료 화산의 특징

(가) 칼부코 화산은 격렬하게 분출하므로 화산 가스의 양이 많다.
유동성이 크다. 점성이 작다. 용암의 온도가 높다.



(가)



(나) 유동성이 작다. 점성이 크다. 용암의 온도가 낮다.

화산 활동은 지하 깊은 곳에서 암석이 용융되어 생성된 마그마가 지각의 약한 틈을 뚫고 지표 위로 나오는 현상이다. 이때 고온의 용암과 함께 여러 가지 기체 및 고체 물질이 분출한다.

- 024 답 ③ | (가)의 암석은 현무암이다.

ㄱ. 현무암질 용암은 점성이 작고 유동성이 커서 멀리까지 이동해 간다. 이러한 용암은 순상 화산이나 용암 대지를 형성한다.

ㄷ. 문제의 그림 (나)에서 A는 현무암질 용암, B는 안산암질 용암, C는 유문암질 용암의 성질이다. (가)에서 분출된 용암은 (나)의 A에 해당한다.

오답 피하기

ㄴ. 온도가 가장 높은 용암은 현무암질 용암으로, SiO_2 함량과 점성이 작으며, 유동성은 크고 휘발성 기체의 양은 적다. (나)에서 온도가 가장 높은 용암은 A이다.

- 025 답 ① | (가)는 용암이 비교적 격렬하게 분출하여 형성된 성층 화산체이고, (나)는 용암이 조용하게 분출하여 형성된 순상 화산체이다.

ㄱ. 용암의 점성이 클수록 화산은 폭발적으로 분출하며, 화산체의 경사는 급해지고, 화산재가 많이 분출된다.

오답 피하기

ㄴ. 화산 활동은 (가)가 (나)보다 폭발적이다.

ㄷ. (가)와 같이 경사가 급한 화산체일수록 화구 주위에 화산재가 많다.

- 026 답 ④ | 용암은 SiO_2 함량에 따라 현무암질 용암, 안산암질 용암, 유문암질 용암으로 구분한다. SiO_2 함량은 유문암질 용암 > 안산암질 용암 > 현무암질 용암 순이다.

ㄴ, ㄷ. 문제의 그림 (가)는 SiO_2 함량이 적은 현무암질 용암으로 생성된 순상 화산체이며 온도가 높고 점성이 작아 경사가 완만한 특징을 보인다. 그림 (나)는 SiO_2 함량이 많고 온도가 낮은 용암으로 생성된 종상 화산체이며 폭발적인 분출과 화산체의 경사가 급한 특징을 보인다. 용암의 점성은 (가) < (나)이고, 용암의 온도는 (가) > (나)이다.

오답 피하기

ㄱ. SiO_2 함량은 (가) 순상 화산 < (나) 종상 화산이다.

- 027 답 ② | 화산체의 모습을 비교하여 용암의 성질을 상대적으로 비교한다. 용암의 종류에 따라 용암의 성질이 달라지고, 화산의 분출 형태도 다르게 나타난다.

ㄴ. (가)는 (나)보다 상대적으로 경사가 완만한 화산체이다. 따라서 (가)는 (나)보다 용암의 온도가 높고 점성이 작으며 유동성이 크고 휘발 성분과 SiO_2 함량은 적다.

오답 피하기

ㄱ. SiO_2 함량은 (가)가 (나)보다 적다.

ㄷ. 휘발 성분의 양은 (가)가 (나)보다 적다.

- 028 답 ② | ㄷ. 점성이 큰 용암일수록 화산 분출물 중 화산 세설물이 차지하는 비중이 크다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 (나)보다 폭발적으로 분출하므로 점성이 크고 유동성이 작은 용암이 분출되었을 것이다. 따라서 화산 (가)는 비교적 조용히 분출하는 (나)보다 용암의 온도가 낮다.

ㄴ. 용암의 점성이 클수록 화산은 격렬하게 폭발한다. 따라서 용암의 점성은 (가)가 (나)보다 크다.

문제 속 자료 용암의 성질과 화산의 형태

- 점성은 끈적끈적한 정도, 유동성은 액체가 흘러가는 성질이다. 용암의 점성이 작을수록 유동성이 크다.
- 용암의 온도가 낮을수록 용암 속에 포함된 SiO_2 함량이 많아 분출되는 가스의 양도 많아진다.



(가)



(나)

- (가): SiO_2 함량이 많고 점성이 커서 비교적 격렬하게 분출하는 화산체이다. 휘발성 기체의 양이 많고 유동성은 작은 편이다.
- (나): SiO_2 함량이 적고 점성이 작아서 조용하게 분출하는 화산체이다. 휘발성 기체의 양이 적고 유동성은 커서 용암이 멀리까지 이동해 간다.

029 답 ① | 세 암석 중 암염은 건조한 환경에서 생성되는 증발암으로 화학적 퇴적암이다. 암염은 쇄설성 퇴적암이 아니므로 A는 암염이다. 역암과 응회암은 쇄설성 퇴적암으로 역암은 자갈, 응회암은 화산재가 주 성분이다. 따라서 B는 역암, C는 응회암이다.

030 답 ④ | 나. B는 해수의 증발에 의한 염류의 침전으로 형성되는 퇴적암이므로 화학적 퇴적암이다. B는 해수의 증발이 활발하게 일어나는 건조한 환경에서 형성된다.

ㄷ. C는 생물체 유해가 퇴적되어 형성되는 퇴적암이므로 유기적 퇴적암이다. 유기적 퇴적암에는 생물체의 유해나 흔적인 화석이 발견될 수 있다.

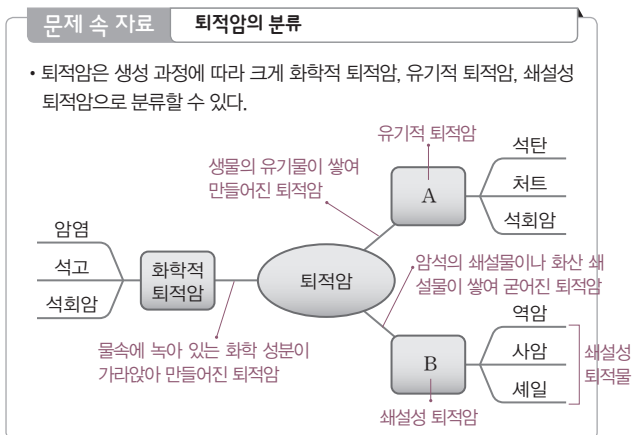
오답 피하기

ㄱ. A는 화산 쇄설물로 이루어진 쇄설성 퇴적암으로 화산재로 이루어진 응회암이 A에 포함된다. 석회암은 해수에 녹아 있는 탄산 칼슘이 침전되거나 석회질 생물체의 유기물이 쌓여 형성되므로 B 또는 C에 포함된다.

031 답 ⑤ | ㄱ. 석탄, 처트, 석회암은 각각 식물체, 규질 생물체, 석회질 생물체의 유해가 쌓여 생성된 유기적 퇴적암이므로 A는 유기적 퇴적암이다.

나. 역암, 사암, 세일은 각각 자갈, 모래, 실트 또는 점토가 퇴적된 후 속성 작용으로 형성된 쇄설성 퇴적암이므로 B는 쇄설성 퇴적암이다. 응회암은 화산 쇄설물의 한 종류인 화산재가 퇴적되어 생성된 쇄설성 퇴적암의 한 종류이다.

ㄷ. 화학적 퇴적암인 암염은 해수가 증발하여 침전된 NaCl이 굳어져 만들어질 수 있다.



032 답 ⑤ | 나. C는 속성 작용으로 퇴적물이 퇴적암으로 되는 과정이다. 속성 작용에는 다짐 작용과 교결 작용이 있다. 다짐 작용을 받으면 퇴적물은 입자 사이 간격이 좁아져 공극이 감소하고 밀도가 증가한다. 교결 작용을 받으면 퇴적물 입자들이 단단하게 결합된다.

ㄷ. B와 C를 거쳐 형성된 암석은 쇄설성 퇴적암이다. 이러한 암석은 구성하는 쇄설물의 크기에 따라 자갈이 쌓여 만들어진 역암, 모래가 쌓여 만들어진 사암, 실트 또는 점토가 쌓여 만들어진 세일로 구분한다.

오답 피하기

ㄱ. A와 C를 거쳐 형성된 암석은 화산 쇄설물로 구성된 쇄설성 퇴적암으로 응회암이 여기에 포함된다. 석회암은 해수에 녹아 있는 탄산 칼슘이 침전되거나 석회질 생물체의 유기물이 쌓여 형성된다.

033 답 ③ | ㄱ. (가)는 위로 갈수록 지층을 구성하는 입자가 점점 작아지므로 점이 층리이다.

나. (나)는 층리가 경사져 있는 사층리이다. 퇴적 구조를 보면 퇴적물이 왼쪽에서 오른쪽으로 공급되었음을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. 표면에 갈라진 모양이 나타나는 (다)는 건열이다. 문제의 그림에서 갈라진 부분이 위쪽에 나타나기 때문에 이 지층은 역전되지 않았다.

034 답 ④ | 점이 층리는 심해 환경에서 형성되지만, 사층리는 비교적 얕은 물속이나 바람이 부는 사막에서 형성된다.

오답 피하기

① 사층리의 층리가 기울어진 방향으로 퇴적물이 공급된 방향을 알 수 있다.

② 건열은 건조한 환경에서 나타나는 퇴적 구조이다.

③ 점이 층리는 입자 크기가 큰 퇴적물이 먼저 퇴적되고, 입자 크기가 상대적으로 작은 퇴적물이 나중에 퇴적되어 형성되었다.

⑤ 사층리는 층리 간격이 더 넓은 부분, 건열은 지층에서 갈라진 모양이 나타나는 부분, 점이 층리는 퇴적물 입자가 더 작은 부분이 각각 퇴적 구조 형성 당시 지층의 상부에 해당한다. 역전된 지층에서는 이러한 부분이 지층 하부에서 나타난다.

035 답 ④ | C는 건열, B는 사층리이다. 건열의 갈라진 부분, 사층리의 층리 간격이 넓은 부분이 모두 각 지층의 하부에서 나타나므로 이 지층은 역전되었다.

나. 사층리는 퇴적물의 공급 방향을 알 수 있으므로 퇴적물과 함께 움직인 유체(바람 또는 물)의 이동 방향을 알 수 있다.

ㄷ. 건열은 건조한 환경에서 나타나는 퇴적 구조이다.

오답 피하기

ㄱ. 지층이 역전되었으므로 지층은 C, B, A 순으로 형성되었다.

043 답 ③ | ㄱ. A 층은 습곡 구조가 나타나고 A 층 위에 지층은 수평으로 퇴적되었으므로 두 층은 경사 부정합 관계에 있다. 따라서 A 층이 퇴적된 후 지층이 융기하였고 오랫동안 퇴적이 중단되고 침식 작용이 일어났다.

ㄴ. A 층에서는 습곡 구조와 역단층 f-f'가 나타난다. 두 지질 구조 모두 횡압력을 받아 형성되므로 A 층은 퇴적된 후 횡압력을 받았다.

오답 피하기

ㄷ. 단층 f-f'는 화성암 B를 절단하지 못했고 화성암 B는 단층 f-f'의 단층면을 통과하여 관입하였다. 따라서 단층 f-f'가 먼저 형성되었고 이후에 화성암 B가 단층면을 관통하며 관입이 일어났다.

044 답 ⑤ | 화성암 B와 화성암을 둘러싸고 있는 지층의 경계에서 바깥쪽으로 기저 역암이 존재하기 때문에 두 지층은 부정합 관계에 있다. 따라서 이곳은 화성암 B 생성 → 부정합 → 습곡 → A 관입 → 부정합 → 역단층 순으로 지각 변동이 일어났다.

ㄱ. 화성암 A는 습곡된 지층을 모두 통과하고, 화성암 B는 습곡된 지층과 부정합 관계이므로 화성암 B가 A보다 먼저 관입하였다.

ㄴ. 단층면이 습곡된 지층을 지나고 있기 때문에 습곡이 단층보다 먼저 형성되었다.

ㄷ. 이 지역은 두 번의 부정합이 있었다. 부정합은 융기-침식-침강-퇴적의 과정으로 나타나므로 두 번의 부정합 형성 과정에서 융기 또한 두 번 있었다. 현재 이 지역은 지상에 식물이 있는 것으로 보아 최근에 융기가 일어났으므로 최소 세 번의 융기가 있었다.

045 답 ③ | (가) 지역과 (나) 지역은 인접한 지역이므로 지질 단면에서 퇴적된 지층이 전체적으로 유사하다.

ㄱ. (나)에서 세일층과 응회암층 사이에 존재하는 역암층이 (가)에는 존재하지 않는다. 따라서 (가)에서 세일층과 응회암층은 부정합 관계에 있다. (나)에 역암층이 형성될 당시에 (가)에서는 지층이 융기하여 침식 작용이 일어났고, 퇴적이 일어나지 않았다.

ㄷ. 두 지역 모두 화산재가 퇴적되어 형성된 응회암층이 존재하므로 화산 활동의 영향을 받았다.

오답 피하기

ㄴ. 석회암층에서 암모나이트 화석이 발견되므로 석회암층보다 위에 존재하는 지층은 중생대 이후에 형성된 지층이다. 삼엽충 화석은 고생대 표준 화석이므로 석회암층보다 위에 있는 A에서 삼엽충 화석이 발견될 수 없다.

046 답 ② | A~C 지역의 지질 주상도에서 역암, 응회암, 세일 순으로 퇴적된 지층이 동일하게 나타난다.

ㄴ. 응회암층을 기준으로 응회암층 아래에 A 지역에는 역암, B 지역에는 역암, 사암, 이암, C 지역에는 역암, 사암이 존재한다. 따라서 지층은 이암, 사암, 역암 순으로 퇴적되었으며 B 지역의 이암층이 가장 오래된 암석층이다.

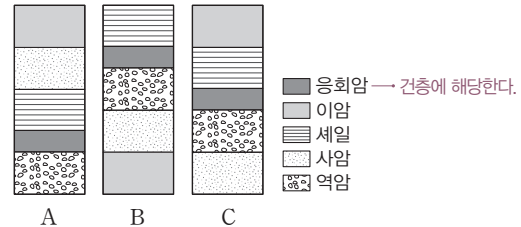
오답 피하기

ㄱ. A의 사암층은 응회암층보다 위쪽에 있어 응회암층이 형성된 이후에 퇴적된 암석층이다. C의 사암층은 응회암층보다 아래쪽에 있기 때문에 응회암층이 형성되기 이전에 퇴적된 암석층이다.

ㄷ. 응회암, 이암, 세일, 사암, 역암 모두 쇄설성 퇴적암이다. 이 지역에는 화학적 퇴적암이 존재하지 않는다.

문제 속 자료 암상에 의한 지층 대비

• 응회암층을 건층으로 암석층의 퇴적 순서를 살펴보면 이암 → 사암 → 역암 → 응회암 → 세일 → 사암 → 이암 순으로 퇴적되었다.



• C 지역에서 이암층과 세일층 사이에 사암층이 존재하지 않으므로 두 암석층은 부정합 관계에 있음을 추정할 수 있다.

047 답 ③ | (가), (나) 지역의 지질 주상도에서 화폐석이 발견되는 석회암과 석회암 아래에 존재하는 사암, 역암이 동일하게 나타난다.

ㄱ. (나)에서 가장 나중에 형성된 지층은 석회암층이지만 (가)에서 석회암층 위에 세일층이 존재하므로 가장 나중에 형성된 지층은 (가)의 세일층이다.

ㄷ. (가)의 석회암층에서 화폐석 화석이 발견되고, (나)의 석회암층에서 화폐석과 암모나이트 화석이 발견된다. 화폐석과 암모나이트는 해양 생물이므로 두 지층은 모두 바다에서 형성된 해성층이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)에서 가장 오래된 지층은 중생대 표준 화석인 암모나이트 화석이 발견되는 석회암층이다. 따라서 (나)에서 중생대보다 더 오래된 고생대 퇴적층은 존재하지 않는다.

048 답 ④ | (가), (나), (다) 지역의 지층 단면에서 방추충이 발견되는 지층이 동일하게 나타난다.

ㄴ. (가)와 (다)에는 방추충 화석을 포함한 지층 아래에 동일한 지층이 나타난다.

(나)에서는 이 지층이 나타나지 않고 삼엽충 화석을 포함한 지층이 존재한다. 따라서 (나)에서 방추충이 발견되는 지층과 삼엽충이 발견되는 지층은 부정합 관계에 있다.

ㄷ. (다)에서 고사리 화석이 발견되는 지층은 육지에서 형성된 육성층이다.

오답 피하기

ㄱ. 방추충은 고생대 표준 화석이다. A 층은 방추충이 발견되는 지층보다 아래에 존재하므로 고생대 이전에 형성된 지층이다. 따라서 A 층에서 중생대 표준 화석인 암모나이트 화석이 산출될 수 없다.

049 답 ⑤ | ㄱ. ^{14}C 가 ^{14}N 로 붕괴되므로 최초로부터 양이 점점 줄어드는 A는 ^{14}C , 양이 점점 늘어나는 B는 ^{14}N 의 곡선이다.

ㄴ. 반감기는 최초로부터 원소의 양이 반으로 줄어든 때까지 걸리는 시간이므로 ^{14}C 의 양이 반이 되는 약 5700년이 ^{14}C 의 반감기이다.

ㄷ. 11400년이 지나면 2번의 반감기를 지나 ^{14}C 의 양이 이전의 $\frac{1}{4}$ 만큼만 남으므로 ^{14}C 가 붕괴되지 않고 남아 있을 확률은 약 25 %이다.

050 답 ① | 반감기는 모원소의 양이 50 %로 감소할 때까지 걸린 시간이다. 원소 ㉠의 반감기는 약 7억 년, 원소 ㉡의 반감기는 약 14억 년이다.

ㄱ. 원소 ㉠의 반감기는 약 7억 년이므로 14억 년이 지나면 ㉠의 양은 처음의 $\frac{1}{4}$ 로 줄어든다.

오답 피하기

ㄴ. ^{14}C 의 반감기는 약 5700년이고 ㉡의 반감기는 약 14억 년이므로 ㉡은 ^{14}C 가 아니다.

ㄷ. 원소 ㉠의 반감기는 약 7억 년, 원소 ㉡의 반감기는 약 14억 년이므로 ㉠의 반감기는 ㉡의 절반이다.

051 답 ② | 이 지역의 지층은 C 퇴적 → P 관입 → 부정합 → B 퇴적 → f-f' 단층 → Q 관입, 부정합 후 A 퇴적 순으로 지각 변동이 일어났다.(Q 관입과 부정합 후 A 퇴적은 선후를 알 수 없다.)

ㄴ. 지질 단면도에서 두 번의 부정합이 나타나고 현재 융기되어 육상에 존재하므로 이 지역은 최소한 3회 이상 융기했다.

오답 피하기

ㄱ. 화성암 Q는 지층 C를 지나 지층 B까지 관입하였으므로 지층 B 퇴적 이후 화성암 Q가 관입하였다.

ㄷ. 방사성 원소 X의 반감기가 약 7억 년이고 화성암 P와 Q에 포함된 방사성 원소 X의 양은 각각 암석이 생성될 당시의

25 %, 50 %이므로 화성암 P는 약 14억 년 전, 화성암 Q는 약 7억 년 전에 만들어졌다. 단층 f-f'는 화성암 P 관입 이후, 화성암 Q 관입 이전에 형성되었다. 고생대의 시작이 약 5.41억 년 전인데 비해 단층 f-f'는 최소 7억 년 전에 형성되었으므로 이 단층은 선캄브리아 시대에 형성된 단층이다.

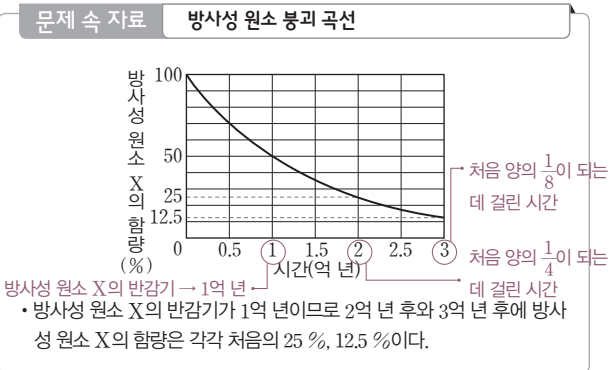
052 답 ② | 이 지역의 지층은 B 퇴적 → A 관입 → 부정합 → D 퇴적 → C 관입 → 부정합 후 퇴적 순으로 지각 변동이 일어났다.

ㄴ. B와 D 사이에 기저 역암이 존재하므로 두 지층은 부정합 관계이다.

오답 피하기

ㄱ. (나)에서 방사성 원소 X의 함량이 반으로 줄어드는 데 걸리는 시간이 1억 년이므로 방사성 원소 X의 반감기는 1억 년이다. A와 C에 포함된 방사성 원소 X의 양은 각각 처음의 $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$ 이므로 A는 반감기 3회를 지났고, C는 반감기 2회를 지났다. 따라서 A의 절대 연령은 3억 년, C의 절대 연령은 2억 년이다.

ㄷ. D는 A 관입과 C 관입 사이에 퇴적된 지층이다. 따라서 2억 년 전과 3억 년 전 사이에 퇴적되었고 이때는 고생대 말부터 중생대 초까지의 시기이다. 화폐석은 약 6600만 년 전부터 시작된 신생대의 표준 화석이므로 D에서 발견될 수 없다.



053 답 ③ | 그림은 고생대 표준 화석인 삼엽충 화석이다.

ㄱ, ㄴ. 삼엽충은 고생대 바다에서 살았던 생물이므로 이 지층은 고생대 바다에서 퇴적되었다.

오답 피하기

ㄷ. 화석 형성 이후에 지층이 심한 변성 작용을 받았다면 화석이 온전하게 보존되지 못한다.

054 답 ④ | (가)는 삼엽충 화석, (나)는 고사리 화석, (다)는 암모나이트 화석이다.

ㄱ. 삼엽충 화석은 고생대 표준 화석, 암모나이트 화석은 중생대 표준 화석이다. 따라서 (가)는 (다)보다 먼저 생성되었다.


ㄷ. 암모나이트가 번성했던 중생대에는 기후가 대체로 온난하고 빙하가 없었다.

오답 피하기

ㄴ. 고사리 화석은 시상 화석이다. 고사리 화석이 포함되어 있는 지층은 기후가 온난하고 습윤한 지역에서 형성된다.

문제 속 자료 화석이 산출되는 지층의 특징

삼엽충, 고사리, 암모나이트가 산출되는 지층의 특징은 다음과 같다.

화석	사진	산출 지층 특징
삼엽충		<ul style="list-style-type: none"> 고생대에 퇴적된 지층 해양 환경에서 형성
고사리		<ul style="list-style-type: none"> 온난하고 습도가 높은 육지 환경에서 퇴적된 지층
암모나이트		<ul style="list-style-type: none"> 중생대에 퇴적된 지층 해양 환경에서 형성

055 답 ① | 공룡은 중생대 표준 화석으로 육지에서 생존했던 생물이다. 따라서 공룡 화석이 포함되어 있는 지층은 육지에서 퇴적되었고, 같은 지층에서 중생대 해양 생물인 암모나이트 화석이 발견될 수 없다.

056 답 ③ | (가)는 방추충 화석, (나)는 공룡 화석, (다)는 고사리 화석이다.

ㄱ. 방추충 화석은 고생대 표준 화석이고, 공룡 화석은 중생대 표준 화석이므로 (가)와 (나)를 통하여 지층의 생성 시대를 알 수 있다.

ㄴ. 고사리 화석은 시상 화석으로 지층 생성 당시 환경을 추론하는 데 이용된다.

오답 피하기

ㄷ. 지질 시대 구분에는 짧은 기간 생존하고 멸종한 (가)와 (나)가 오랜 기간 생존한 (다)보다 적합하다. (다)는 지층 퇴적 환경 추정에 적합한 화석이다.

057 답 ④ | 문제의 그림에서 해양 무척추동물 과의 수 변화로 지질 시대를 세 시기로 나눌 수 있다. A는 고생대, B는 중생대, C는 신생대이다.

ㄴ. 해양 무척추동물의 과의 수는 A 시기 말에 약 500이고 B 시기 말에는 그보다 많았다.

ㄷ. 화폐석은 신생대 표준 화석으로 C 시기인 신생대에 번성하였다.

오답 피하기

ㄱ. 해양 무척추동물은 A 시기 초에, 육상 식물은 A 시기 중기에 출현했다.

058 답 ① | ㄱ. 육상 척추동물은 오존층 형성 이후에 출현하였고, 해양 동물은 오존층 형성 이전부터 존재하였다. 따라서 A와 B 중 A는 해양 동물, B는 육상 척추동물이다.

오답 피하기

ㄴ. ① 시기는 고생대 말이다. 고생대에 번성한 육상 척추동물은 양서류이다. 포유류는 신생대에 번성했다.

ㄷ. 판게아는 고생대 말인 페름기 말에 형성되었다.

059 답 ⑤ | ㄱ. 판게아는 고생대 말인 페름기 말에 형성되었으며 판의 이동으로 서식지가 감소되어 당시 생물 종류의 수를 크게 감소시켰다.

ㄴ. 중생대는 트라이아스기부터 백악기까지의 기간이다. 따라서 중생대에만 생존했던 C가 중생대의 표준 화석으로 가장 적합한 생물이다.

ㄷ. 큰 변화 없이 꾸준히 증가하는 육상 식물보다 각 지질 시대의 경계에서 생물 종류의 수가 급격하게 변하는 해양 동물이 지질 시대의 구분 기준으로 더 적합하다.

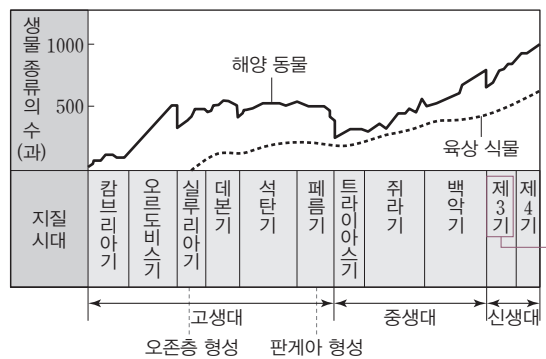
060 답 ② | ㄴ. 육상 식물은 지구 대기에 오존층이 형성되면서 육상에 도달하는 자외선이 감소하여 출현하였다.

오답 피하기

ㄱ. 고생대 말인 페름기에 출현하여 지금까지 생존해 있는 A는 겉씨식물, 중생대 말인 백악기에 출현하여 지금까지 생존해 있는 B는 속씨식물이다.

ㄷ. 판게아는 페름기 말에 형성되어 당시 해양 동물 종류의 수 감소에 영향을 주었다.

문제 속 자료 지질 시대 구분



• 캄브리아기부터 페름기까지 고생대, 트라이아스기부터 백악기까지 중생대, 백악기 이후의 시기는 신생대이다. 오존층은 실루리아기에 형성되었고, 판게아는 페름기에 형성되었다. 신생대 제3기는 팔레오기-네오기로 다시 나뉜다.

061 답 ④ | (가)는 판게아가 형성되어 있는 고생대 말의 수륙 분포이고, (나)는 판게아가 분리되기 시작한 중생대의 수륙 분포이다.

ㄴ. 중생대에는 전반적으로 기후가 대체로 온난하였고 빙하기가 없었다.

ㄷ. 공룡은 중생대 육지에서, 암모나이트는 중생대 바다에서 번성하였다.

오답 피하기

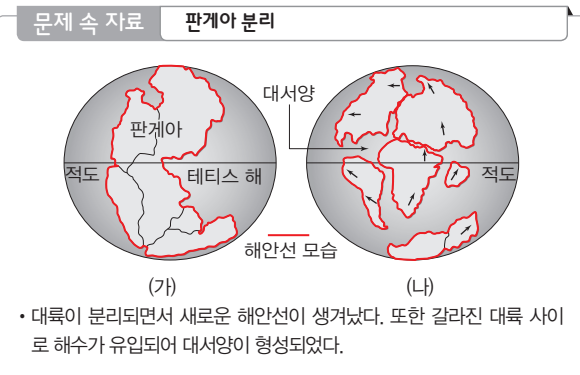
ㄱ. 하나로 뭉쳐 있던 대륙이 분리되면서 해안 지역이 늘어나고 대륙붕 면적이 넓어졌다. 중생대에 해양 생물의 서식지가 넓어져 생물 종의 수가 증가하였다.

062 답 ③ | ㄱ. 수륙 분포가 (가)에서 (나)로 변하면서 북아메리카 판과 유라시아판, 남아메리카판과 아프리카판이 갈라졌고 대서양이 형성되기 시작했다.

ㄴ. 대륙이 갈라지면서 대륙 사이에 바다가 형성되고 해안선의 길이가 길어졌다.

오답 피하기

ㄷ. 대륙이 분리되어 새로운 해양으로 해류가 흘러가게 되면서 해류의 분포가 복잡해진다.



063 답 ⑤ | (가)는 고생대 말, (나)는 중생대, (다)는 중생대 말에서 신생대 초, (라)는 신생대의 수륙 분포이다.

ㄱ. 생물 종의 수는 시간이 지나면서 대체로 증가했다. 따라서 (가)보다 (라)에서 생물 종이 다양하다.

ㄴ. 히말라야산맥은 인도 대륙과 유라시아 대륙의 충돌로 형성되었다. 과거 두 대륙 사이에 바다가 있었고 해양 퇴적층이 대륙의 충돌로 융기되었으므로 히말라야산맥에서 바다 생물 화석이 발견된다.

ㄷ. (가) → (라)로 가면서 대륙 분포가 복잡해지고 해안선이 길어졌다. 대륙이 갈라지면서 새롭게 생긴 해양에 해류가 흘러 들어가고 해류의 흐름이 복잡해진다.

064 답 ① | (가)는 판게아가 형성되어 있는 고생대 말, (나)는 판게아가 분리되기 시작한 중생대, (다)는 현재와 비슷한 수륙 분포를 보이는 신생대이다.

ㄱ. 판게아가 형성되면서 지구 전체에 존재하는 해안선의 길

이가 줄어들고 해안 지역과 대륙붕의 면적이 감소한다. 해양 무척추동물의 주서식지인 대륙붕 면적이 크게 감소하여 멸종까지 이어진다.

오답 피하기

ㄴ. 히말라야산맥은 인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌한 신생대에 형성되었다.

ㄷ. (다) 시기인 신생대에는 육지에 속씨식물이 번성하였다. 겉씨식물은 중생대에 번성하였다.

065 답 ③ | 번성한 생물을 고려하면 A는 선캄브리아 시대, B는 고생대, C는 중생대, D는 신생대이다.

ㄷ. C 시기는 D 시기보다 평균 기온이 대체로 높다. D 시기 말에는 여러 차례의 빙하기와 간빙기가 있었다.

ㄴ. 양치식물은 기상 화석으로 온난 다습한 환경에서 서식하였다.

오답 피하기

ㄱ. A 시기는 오존층이 형성되기 이전의 시기이기 때문에 자외선이 들어오지 못하는 물속에서만 생물이 서식했다.

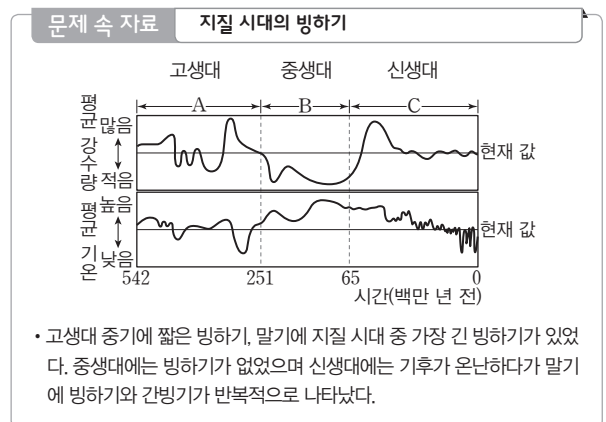
ㄴ. 암모나이트는 중생대 표준 화석으로 중생대인 C 시기에 바다에서 번성하였다.

066 답 ⑤ | 문제의 그림에서 A는 고생대, B는 중생대, C는 신생대이다.

ㄱ. 평균 기온 그래프를 통해 평균 기온이 낮았던 빙하기를 확인할 수 있으며, 가장 길었던 빙하기는 A 시대 말기에 있었다.

ㄴ. B 시대에는 전체적으로 평균 기온이 현재 값보다 높고 온난하였다.

ㄷ. 신생대에는 속씨식물이 번성하였다.



067 답 ② | ㄴ. 시간을 고려하면 C 시기는 중생대이다. 기온 그래프를 통해 중생대 전체 기간 동안 기온이 현재보다 높았으며, 신생대 말기에는 대체로 현재보다 기온이 낮았다.

오답 피하기

- ㄱ. 평균 기온이 낮을수록 수온이 낮아지고 빙하의 분포 면적이 넓어진다. 따라서 평균 기온이 크게 낮았던 B 시기가 A 시기보다 빙하의 분포 면적이 더 넓었다.
- ㄷ. C 시기에는 기온이 현재보다 낮아진 시기가 없어 빙하가 없었다.

068 답 ⑤ | 삼엽충이 번성한 시기는 고생대이고, 파충류가 번성한 시기는 중생대이다. 따라서 A 기간은 고생대 초기부터 중기, B 기간은 고생대 말기, C 기간은 중생대이다.

- ㄴ. 고생대 말 이산화 탄소가 급격하게 감소한 까닭은 육상 식물이 출현하면서 광합성으로 많은 양의 이산화 탄소가 소모되었기 때문이다.
- ㄷ. C 기간에는 온실 기체인 이산화 탄소의 농도가 현재보다 높아 기후가 현재보다 따뜻했을 것이다. 실제 중생대에는 온난한 기후가 지속되었으며 빙하가 없었다.

오답 피하기

- ㄱ. 암모나이트는 중생대 표준 화석이므로 고생대 초기부터 중기까지의 기간인 A 기간에 번성할 수 없다. 암모나이트는 C 기간에 번성하였다.

069 답 ① | ㄱ. 세종은 한랭 전선 전면(한랭 전선과 온난 전선 사이)에 있다가 이 기간 중 한랭 전선이 세종을 통과하므로 세종의 기온은 낮아졌다.

오답 피하기

- ㄴ. 서울의 풍향은 남서풍이 불다가 한랭 전선 통과 후 북서풍으로 변했다.
- ㄷ. 온대 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다. 따라서 온대 저기압이 더 동쪽으로 이동해 있는 (나) 일기도가 더 나중에 작성되었다.

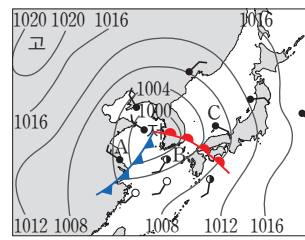
070 답 ① | 일기 기호의 풍향을 보면 A와 B 사이에 한랭 전선이 있고, B와 C 사이에 온난 전선이 있음을 알 수 있다. A는 한랭 전선 후면이다.

오답 피하기

- ② 일기 기호를 보면 B의 풍향은 남서풍이다.
- ③ B가 온난 전선 후면(한랭 전선과 온난 전선 사이)에 있으므로 B의 온도가 가장 높을 것이다.
- ④ A의 풍속은 7 m/s이고, C의 풍속은 5 m/s이므로 A의 풍속이 B보다 더 크다.
- ⑤ (나)는 수직으로 솟아있는 적운형 구름으로 한랭 전선 후면의 좁은 지역에서 주로 관측된다. 따라서 (나)는 A에서 주로 관측된다.

문제 속 자료

일기도에서 온대 저기압 위치



- 풍향이 남동풍인 지역과 남서풍인 지역 사이에 온난 전선이 있고, 남서풍인 지역과 북서풍인 지역 사이에 한랭 전선이 있다.

071 답 ③ | (나)의 기온은 16 °C, 이슬점은 14 °C, 기압은 1004.5 hPa, 풍향은 남동풍, 풍속은 7 m/s, 날씨는 흐림이다. 풍향이 남동풍이므로 (나)는 C 지역의 일기 기호이다.

- ㄱ. 온대 저기압의 강수 구역은 온난 전선 전면 넓은 지역, 한랭 전선 후면 좁은 지역이다. 따라서 A 지역에는 강수 현상이 잘 나타난다.
- ㄴ. A, B, C 지역 중에 A와 C 지역은 차가운 공기의 영향을 받는 지역이고 B 지역은 따뜻한 공기의 영향을 받는 지역이다. 따라서 B 지역의 기온은 C 지역의 기온인 16 °C보다 높을 것이다.

오답 피하기

- ㄷ. 일기도의 등압선 위치를 통해 각 지역의 기압을 알 수 있다. A 지역의 기압은 1000 hPa보다 낮고, B 지역의 기압은 1000 hPa와 1004 hPa 사이의 값을 가진다. C 지역의 기압은 1004.5 hPa이다.

072 답 ① | ㄱ. 1012 hPa 등압선을 기준으로 A는 왼쪽에, B는 바깥쪽에 있다. 등압선 중심이 저기압이므로 A는 1012 hPa보다 기압이 낮고 B는 1012 hPa보다 기압이 높다.

오답 피하기

- ㄴ. 온대 저기압 주변의 바람은 일정한 풍향을 가지고 불기 때문에 A 지점에서는 북서풍, B 지점에서는 남서풍, C 지점에서는 남동풍이 분다. 풍향을 기준으로 그림 (나)에서 풍속을 살펴보면 C 지점의 풍속은 5 m/s보다 느리다.
- ㄷ. C 지점은 현재 남동풍이 불고 있고 온난 전선이 통과하면 남서풍이 분다. 따라서 풍향은 시계 방향으로 바뀐다.

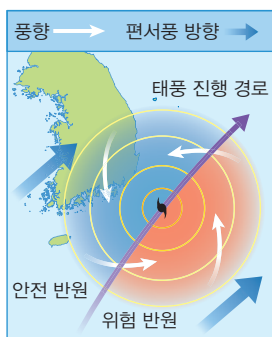
073 답 ② | ㄴ. 태풍은 중심 기압이 낮을수록 태풍 세기가 강하다. 따라서 소멸 직전 B에서 태풍의 중심 기압은 A보다 높다.

오답 피하기

- ㄱ. 태풍의 눈에서는 하강 기류가 나타나 구름이 없는 맑은 날씨를 보인다.
- ㄷ. 우리나라는 태풍의 이동 경로에서 원편(안전 반원)에 있으므로 편서풍의 풍향과 태풍의 영향으로 부는 바람의 방향이 서로 다르다.

문제 속 자료

태풍의 위험 반원과 안전 반원



- 북반구 중위도 기준 태풍의 이동 경로 원편(안전 반원)에서는 태풍의 영향으로 발생하는 바람과 편서풍의 풍향이 서로 반대이기 때문에 위험 반원보다 상대적으로 바람이 약하다.
- 태풍의 이동 경로 오른편(위험 반원)에서는 태풍의 영향으로 부는 바람과 편서풍의 풍향이 서로 같기 때문에 바람이 더 강하게 불어 지상에 더 큰 피해를 준다.
- 위험 반원 지역은 안전 반원 지역보다 지상에 더 큰 피해를 준다.

→ 동일한 태풍이 우리나라를 지난다면 황해를 거쳐 북상하는 태풍이 동해를 거쳐 북상하는 태풍보다 더 큰 피해를 준다.

- 074 답 ⑤ | ㄱ.** 일기도에서 각 태풍의 위치는 12시간 간격으로 나타냈다. 8일 15시 이후 같은 시간 동안 태풍이 이동한 거리가 크게 증가했으므로 태풍의 이동 속도가 빨라졌다.
- ㄴ. 8일 15시에 제주에는 15 m/s로 북풍이 불고 있고 날씨는 흐리며 비가 내리고 있다.
- ㄷ. 8일 15시 이후 부산은 태풍의 이동 경로 원편에 있으므로 안전 반원의 영향을 받고 있으며 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.

- 075 답 ⑤ | ㄴ.** 태풍의 세력은 중심 기압으로 판단할 수 있다. 태풍이 A 해역으로 접근하면서 태풍의 기압이 10 hPa 하강하였으므로 태풍의 세력이 강해졌다.
- ㄷ. (나)를 통해 P 지역의 풍향이 시계 방향(북동풍 → 동풍 → 남서풍 → 서풍)으로 변했음을 알 수 있다. 따라서 P 지역이 태풍의 이동 경로를 기준으로 오른편인 위험 반원에 있었고, 태풍의 실제 이동 경로는 a이다.

오답 피하기

ㄱ. 이 태풍은 위도 20° 부근에서 발생하였으므로 무역풍대에서 발생하였다. 무역풍대의 위도는 적도~30°이고, 편서풍대의 위도는 30°~60°이다.

- 076 답 ④ | ㄴ.** 태풍은 열대 저기압이므로 중심 기압이 낮을수록 세력이 강하다. 태풍 발생 이후 세력이 가장 강한 시기는 중심 기압이 가장 낮았던 7일이었다.
- ㄷ. 태풍이 남해상을 통과하는 동안 제주도는 태풍의 이동 경로 원편에 있었다. 따라서 제주도의 풍향은 시계 반대 방향으로 변했다.

오답 피하기

ㄱ. 5일에는 태풍이 북서쪽으로 이동하고 있으므로 무역풍의 영향을 받았다.

- 077 답 ② | ㄷ.** 중심에서 150 km 지점은 날짜가 지날수록 풍속이 점점 강해졌다.

오답 피하기

ㄱ. 문제의 그림에서 26일에 태풍의 눈은 반지름이 100 km 보다 작았다.

ㄴ. 태풍에서 하강 기류는 기압이 가장 낮은 태풍의 눈에서 나타난다. 최대 풍속이 나타나는 곳은 태풍의 눈 주변 지역이다.

- 078 답 ② | ㄴ.** 기압은 태풍의 중심인 태풍의 눈에서 가장 낮다. 따라서 기압은 B에서 가장 낮다.

오답 피하기

ㄱ. 태풍에서 바람은 중심을 향해 시계 반대 방향으로 불어 들어간다. 따라서 A에서는 서풍 계열의 바람이, C에서는 동풍 계열의 바람이 분다. A는 태풍의 진행 방향과 풍향이 반대이므로 안전 반원(가항 반원), C는 태풍의 진행 방향과 풍향이 같으므로 위험 반원이다. (나)에서 Y 방향 태풍 중심 부근에서 풍속이 가장 강하게 나타나므로 C가 위험 반원임을 알 수 있다.

ㄷ. C 지역은 동풍 계열의 바람이 불고 있으므로 풍향이 북서풍인 일기 기호와 대응되지 않는다.

- 079 답 ① | ㄱ.** 태풍 중심으로부터 같은 거리에 있는 A와 C 중 풍속은 A에서 더 빠르다. 따라서 A는 위험 반원의 영향을 받는 태풍의 진행 방향 오른쪽에 위치해 있다. C는 안전 반원의 영향을 받는 태풍의 진행 방향 왼쪽에 위치해 있다.

오답 피하기

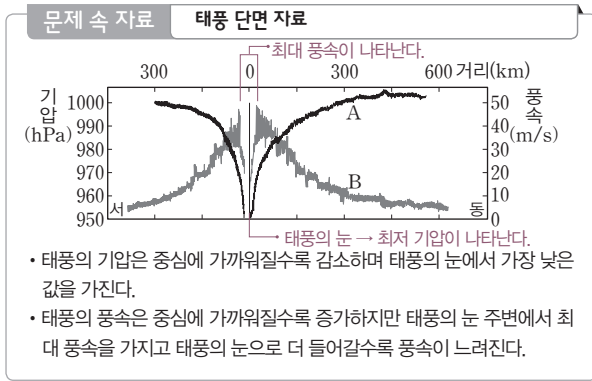
ㄴ. B는 태풍 중심으로 풍속이 느리게 나타나는 태풍의 눈이 있다. 태풍의 눈에서는 하강 기류가 나타나며 구름이 없는 맑은 날씨가 나타난다.

ㄷ. 태풍은 저기압이므로 기압은 태풍의 중심에 가까워질수록 낮아지고, 태풍의 중심(태풍의 눈)에서 가장 낮다. 따라서 B에서 기압이 가장 낮다.

- 080 답 ⑤ | ㄱ.** 태풍의 눈에서는 하강 기류가 나타나며 지상에 가까워질수록 기압이 높아져 공기의 부피가 줄어들면서 단열 압축이 일어난다.

ㄴ. 태풍의 중심에서 가장 낮은 값을 가지는 A는 기압이고, 태풍의 중심 부근에서 가장 높은 값을 가지고 중심에서 값이 감소하는 B는 풍속이다.

ㄷ. 풍속이 서쪽보다 동쪽에서 더 강하므로 위험 반원은 태풍의 중심을 기준으로 동쪽 부분이다. 따라서 태풍의 중심에서 동쪽으로 150 km 떨어진 지점은 위험 반원에 속한다.

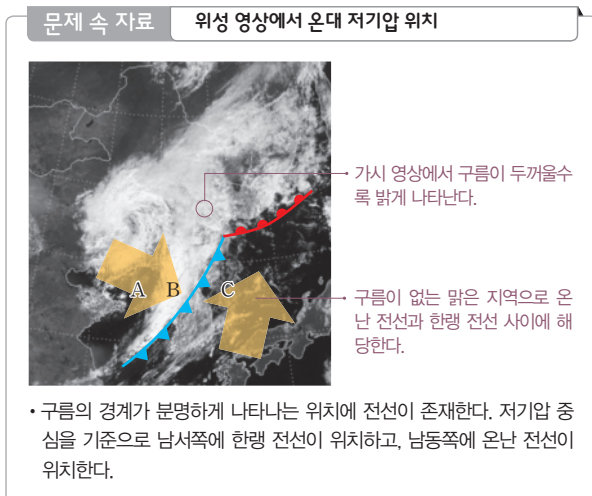


- 081 답 ⑤** | ㄱ. (가)를 통해 구름의 분포와 구름의 유형을 알 수 있고, 연속된 사진을 이용하면 구름의 이동 방향과 속도를 알 수 있다.
ㄴ. (나)를 이용하여 한류와 난류의 위치를 알 수 있고, 두 해류가 만나는 조정 수역의 위치를 알 수 있다. 짧은 거리에서 수온이 급격하게 변하는 해역이 조정 수역이 형성된 곳이다.
ㄷ. 적외 영상은 물체의 온도를 탐지하여 영상으로 나타내므로 빛이 없는 밤에도 자료를 얻을 수 있다.

- 082 답 ①** | A와 B는 한랭 전선 후면, C는 한랭 전선 전면(한랭 전선과 온난 전선 사이)에 있다.
ㄱ. 한랭 전선이 이미 통과한 A는 찬 기단의 영향을 받으므로 한랭 전선 전면에서 따뜻한 기단의 영향을 받는 C보다 기온이 낮다.

오답 피하기

- ㄴ. B는 한랭 전선이 통과한 직후의 지역이다. 한랭 전선 후면 좁은 지역에는 찬 공기가 따뜻한 공기를 파고들어 공기를 위로 상승시키므로 연직으로 높게 적운형 구름이 발달하고 소나기가 내릴 수 있다.
ㄷ. C에는 남풍 계열의 바람이 불고, A와 B에는 서풍 계열의 바람이 분다.



- 083 답 ③** | 위성 영상에서 거대한 원 형태로 구름이 모여 있고, 구름 사이 공간이 동심원 형태로 나타나면 태풍이다. 구름이 긴 호 형태로 늘어져 있고, 구름의 한 쪽 경계만 분명하면 전선이 존재하는 지역이다.
ㄷ. 시베리아 기단이 따뜻한 황해를 건너면서 열과 수증기를 공급받아 우리나라에 폭설을 내리는 경우가 많다. (나)에서 서해안 지역에 폭설이 내리고 있으므로 C 지역 상공에는 적운형 구름이 발달해 있다.

오답 피하기

- ㄱ. 태풍 주위 바람은 시계 반대 방향으로 회전하며 태풍 중심으로 불어 들어간다. 따라서 태풍 중심으로부터 서쪽에 위치한 A 지역에는 북서풍 계열의 바람이 불 것이다.
ㄴ. 태풍은 주로 여름철에 우리나라에 영향을 미친다. 여름에 B 지역에는 북태평양 기단이 발달해 있다.

- 084 답 ②** | 겨울철 우리나라에 영향을 미치는 대륙 고기압은 시베리아 고기압이다.
ㄷ. 대륙 고기압이 따뜻한 황해를 지나면서 수증기와 열을 공급받아 하층이 불안정해진다.

오답 피하기

- ㄱ. 하층이 불안정해진 기단은 대류 운동이 활발해져 적운형 구름을 형성한다. 황해에 보이는 구름은 찬 기단이 남하하면서 따뜻한 해상을 통과할 때 하층이 불안정해져 생긴 수직으로 발달하는 적운형 구름이다. 권층운은 높은 고도에서 형성된 층운형 구름이다.
ㄴ. 대륙 고기압은 고위도 대륙에서 형성되므로 성질이 한랭하고 건조하다. 따라서 눈을 만든 수증기는 대부분 황해에서 공급받은 수증기이다.

- 085 답 ⑤** | ㄱ. 중국 발원지에서 출발한 모래 먼지가 편서풍을 타고 동쪽으로 이동해 우리나라에 영향을 미친다.
ㄴ. 황사는 주로 3월에서 5월경 봄철에 많이 발생한다.
ㄷ. 우리나라에 영향을 미치는 황사의 발원지가 중국과 몽골의 사막이므로 두 지역의 사막화가 진행될수록 우리나라에 황사가 더 자주 나타날 것이다.

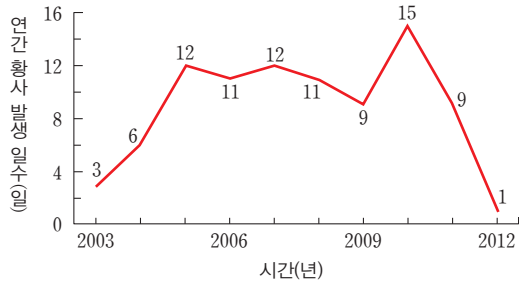
- 086 답 ④** | ㄴ. 황사는 주로 양쯔강 기단의 세력이 강해지는 봄철에 발생한다.
ㄷ. 황사는 편서풍의 영향으로 발원지에서 동쪽으로 이동한다.

오답 피하기

- ㄱ. 문제의 표에서 연간 황사 발생 일수는 증가와 감소를 반복하여 나타나며 전체적인 증가 또는 감소 경향이 나타나지는 않는다.

문제 속 자료 연간 황사 발생 일수

- 2003년부터 2012년까지 연간 황사 발생 일수를 그래프로 나타내면 다음과 같다.



- 황사 발생 일수는 2010년에 가장 많고, 2012년에 가장 적다. 전체적으로 증가 또는 감소 경향이 나타나지는 않는다.

087 답 ⑤ | 나. 몽골과 중국 사막에서 발생한 모래 먼지는 편서풍의 영향으로 우리나라에 영향을 미친다.

- 다. 발원지인 중국과 몽골의 사막화가 진행될수록 황사 현상이 심해진다.

오답 피하기

- ㄱ. 황사는 주로 봄철에 발생한다.

088 답 ④ | 나. 주어진 기간 동안 황사 농도가 가장 높았던 날은 6일이다. 이날 백령도에 하강 기류가 강했으므로 상공에서 이동 중인 모래 먼지가 지표 가까이 내려와 영향을 크게 미쳤을 것이다.

- 다. 황사는 사막에서 시작되므로 사막의 면적이 줄어들면 황사 발생 횟수도 감소할 것이다.

오답 피하기

- ㄱ. A 지역은 고기압 주변, B 지역은 저기압 주변에 위치해 있다. 황사가 발생하기 위해서는 발원지에서 상승 기류를 받아 모래 먼지가 상층으로 이동해야 하므로 상승 기류가 나타나는 저기압 주변이 황사가 발생하기 좋은 조건에 해당한다. 따라서 (가)에서 황사의 발원지는 하강 기류가 나타나는 A 지역보다 상승 기류가 나타나는 B 지역일 가능성이 크다.

089 답 ② | 나. 수온 약층은 혼합층 아래에서 깊이에 따라 수온이 급격하게 낮아지는 층이다. 문제의 그림에서 수온 약층은 다른 해보다 표층과 심층의 수온 차이가 가장 큰 2009년에 뚜렷하게 나타났다.

오답 피하기

- ㄱ. 표층부터 수심에 따른 수온 변화가 거의 없는 혼합층의 두께가 2005년에 가장 두꺼웠으므로 바람은 2005년에 가장 강하게 불었다.
- 다. 수심 200 m는 수온이 낮은 물이 아래쪽에 있고 수온이

높은 물이 위쪽에 있으므로 혼합 작용이 잘 일어나지 않고, 상하층 간의 물질과 에너지 교환이 활발하지 않다.

090 답 ⑤ | ㄱ. 수온 약층은 표층과 심층의 수온 차가 클수록 뚜렷하게 나타난다. A에서 C로 갈수록 표층 수온은 증가하는 반면 심층 수온은 거의 변하지 않으므로 수온 약층이 점점 뚜렷하게 나타난다.

- 나. 2000 m보다 깊은 곳에서는 세 지점 모두 수온과 염분이 거의 같다.

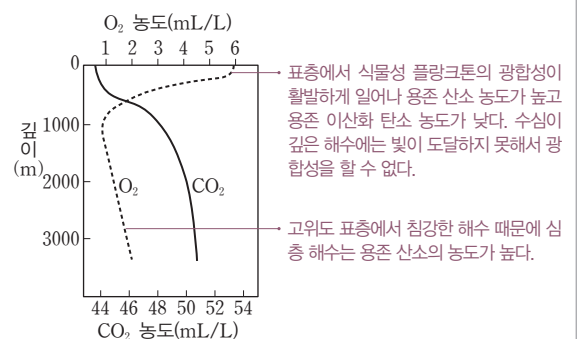
- 다. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 세 지점 모두 2000 m 해수가 1000 m 해수보다 수온이 낮고 염분이 높다. 따라서 1000 m 해수보다 2000 m 해수의 밀도가 크다.

091 답 ⑤ | ㄱ. 표층과 심층의 수온 차이가 더 큰 저위도가 고위도보다 수온 약층이 뚜렷하게 나타난다.

- 나. 빛이 비교적 많이 도달하는 해수의 표층에서 광합성이 활발하게 일어난다. 따라서 혼합층에서 이산화 탄소 농도가 낮고 산소 농도가 높다.

- 다. 극에서 침강하여 형성된 심층 해수는 용존 산소가 풍부하다. 따라서 표층에서 수심이 깊어질수록 감소하던 용존 산소 농도가 심층으로 가까워지면 다시 증가한다.

문제 속 자료 용존 기체



092 답 ③ | 수심이 깊어질수록 깊이가 낮아지는 (가)는 수온 분포이고, 나머지 (나)는 염분 분포이다. 수온 분포에서 표층 수온이 높은 점선이 8월, 표층 수온이 낮은 실선이 2월 자료이다.

- 다. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 2월의 표층 해수는 8월의 표층 해수보다 수온이 낮고 염분이 높으므로 밀도가 크다.

오답 피하기

- ㄱ. (가)는 수온 분포, (나)는 염분 분포이다.
- 나. 여름철이 겨울철보다 강수량이 많기 때문에 여름철 표층 해수의 염분이 겨울철보다 낮다. 강수량이 적은 겨울철 표층

해수의 염분은 심층 해수의 염분과 큰 차이를 보이지 않는다. 심층 해수의 염분은 연중 거의 변하지 않으므로 표층에서 수심 100 m까지 염분의 변화량은 8월이 2월보다 크다.

093 답 ③ | ㄱ. 중위도에서 등온선은 대체로 위도와 나란하다.

ㄴ. 표층 수온은 태양 복사 에너지를 많이 받는 저위도에서 높게 나타나고, 태양 복사 에너지를 적게 받는 고위도로 갈수록 대체로 낮아진다.

오답 피하기

ㄷ. A 해역에서 등온선 간격이 B 해역보다 좁으므로 위도에 따른 수온 변화가 B 해역보다 A 해역에서 더 크다.

094 답 ① | A 해역은 난류의 영향을 받아 동일 위도의 다른 해역보다 수온이 높고 B 해역은 한류의 영향으로 동일 위도의 다른 해역보다 수온이 낮다.

ㄱ. 염분은 난류의 영향을 받는 A 해역이 한류의 영향을 받는 B 해역보다 높다.

오답 피하기

ㄴ. 해수의 기체 용해도는 수온이 낮을수록 증가하므로 한류의 영향을 받는 B 해역의 용존 산소량이 A 해역보다 많다.

ㄷ. 북태평양 아열대 해역의 표층 해류는 시계 방향으로 순환한다. B 해역의 표층 해류는 고위도에서 저위도로 흐른다.

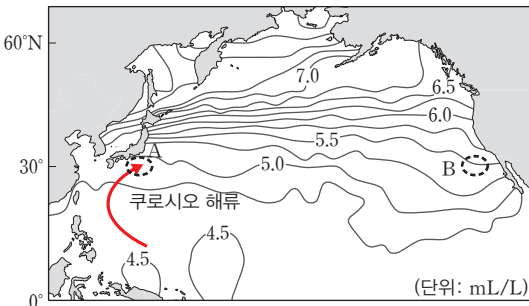
095 답 ③ | ㄱ. 표층 해수의 용존 산소량은 중위도에서 대체로 위도와 나란하며 고위도로 갈수록 증가하는 경향을 보인다.

ㄴ. 표층 해수의 용존 산소량은 표층 수온이 높은 곳에서 낮다. 표층 수온은 표층 용존 산소량이 약 5.0 mL/L인 A 해역이 표층 용존 산소량이 약 5.5 mL/L인 B 해역보다 높을 것이다.

오답 피하기

ㄷ. 쿠로시오 해류의 세력이 강해지면 A 해역은 난류가 유입되므로 용존 산소량은 감소할 것이다.

문제 속 자료 쿠로시오 해류



• 쿠로시오 해류는 북태평양의 서쪽 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이다. 우리나라 주변 바다를 포함해 태평양 서쪽 해역의 물리량은 쿠로시오 해류의 영향으로 수온과 염분이 높고 용존 산소량이 낮다.

096 답 ⑤ | ㄱ. A는 한류인 캘리포니아 해류의 영향을 받는다.

ㄴ. (증발량-강수량)은 표층 염분을 결정하는 주요 요인으로 표층 염분이 높을수록 (증발량-강수량) 값이 크다. B 해역 표층 염분이 C 해역보다 낮으므로 (증발량-강수량) 값은 B가 C보다 작다.

ㄷ. A, B, C 각 해역에서 각각 염분은 다르지만 염분비 일정 법칙에 따라 주요 염류의 질량비는 일정하다.

097 답 ③ | ㄱ. 물체의 온도가 높을수록 많은 적외선을 방출하기 때문에 적외선 관측을 통해 물체의 온도를 탐지할 수 있다. 해수면의 수온 분포는 인공위성에서 적외선 관측을 통하여 얻은 것이다.

ㄷ. 제주도 남쪽 해역에서 동해와 황해 쪽으로 따뜻한 쿠로시오 해류가 흐르고 있다. 제주도 남쪽에서 황해 쪽으로 등온선이 휘어져 나타나므로 쿠로시오 해류가 황해로 일부 유입되었음을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. 조정 수역은 한류와 난류가 만나는 곳으로 거리에 따라 수온이 급격하게 변하기 때문에 표층 수온 분포 자료에서 등온선 간격이 매우 조밀하게 나타난다. 우리나라 주변 해역에서 조정 수역은 동해에서 나타나며 황해는 고위도에서 한류가 흘러오지 못하기 때문에 조정 수역이 나타나지 않는다.

098 답 ① | ㄱ. 황해의 표층 염분은 8월에 30.0~31.0 psu 사이의 값을 가지고 2월에 31.0~33.0 psu 사이의 값을 가지므로 대체로 2월의 표층 염분이 8월보다 높다.

오답 피하기

ㄴ. 염분비 일정 법칙에 따라 해수 1 kg에 녹아 있는 전체 염류에서 Cl^- 이 차지하는 비율(성분비)은 A와 B에서 동일하다.

ㄷ. 표층 염분 분포 자료를 보면 육지에서 멀어질수록 표층 염분이 대체로 높아짐을 알 수 있다. 육지 근처 해역에서는 지속적으로 육지에서 하천수가 바다로 유입되기 때문에 표층 염분이 낮다.

099 답 ⑤ | ㄱ. 황해가 동해보다 수심이 얕아 수온이 쉽게 변하고 비열이 상대적으로 작은 대륙의 영향을 많이 받기 때문에 겨울철 수온이 더 낮다.

ㄴ. 대륙붕은 육지와 인접한 해저 지형으로 해저 깊이가 200 m 미만이다. 동해, 남해, 황해 모두 해안 근처 바다에서 대륙붕이 나타난다.

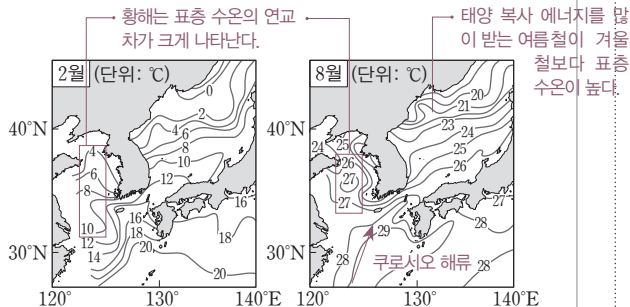
ㄷ. 동해는 수심이 깊고 우리나라 하천수 대부분이 서쪽으로 흐르므로 대체로 등수온선이 위도와 나란하게 나타난다.

- 100 답 ④ | 나. 황해는 동해보다 수심이 얕고 육지로 둘러싸여 있기 때문에 황해의 수온 변화는 육지의 영향을 많이 받는다.
 다. 남해에는 계절에 상관없이 연중 따뜻한 쿠로시오 해류가 흐르므로 수온의 연교차가 작다.

오답 피하기

ㄱ. 겨울철 남해의 최고 수온과 동해의 최저 수온 차이는 약 20 °C이다. 여름철 남해의 최고 수온과 동해의 최저 수온 차이는 약 9 °C이다. 따라서 남북 간의 수온 차이는 겨울철이 여름철보다 크다.

문제 속 자료 우리나라 주변 해역의 표층 수온 분포



- 황해: 수심이 얕고 대륙의 영향을 많이 받기 때문에 표층 수온의 연교차가 크다.
- 남해: 쿠로시오 해류의 영향으로 수온의 연교차가 작다.
- 동해: 북한 한류와 동한 난류가 만나는 조정 수역의 위치는 여름에는 북상하고 겨울에는 남하한다.

- 101 답 ⑤ | ㄱ. 수온—염분도에서 수심이 깊어짐에 따라 해수의 밀도가 커진다.

나. 0~50 m층은 수온이 약 15 °C로 비교적 일정한 혼합층이다. 혼합층은 바람에 의한 혼합 작용으로 형성된다.

다. 50~150 m에서는 염분이 거의 일정하고 수온이 급격하게 하강하기 때문에 밀도 변화에 수온이 염분보다 큰 영향을 미친다.

- 102 답 ② | 다. 수온—염분도에서 수심이 깊어질수록 해수의 밀도가 커진다.

오답 피하기

ㄱ. 0~100 m 구간은 수온이 약 3 °C 하강했다. 100~200 m 구간에서는 수온이 약 5 °C 하강했으므로 0~100 m 구간은 100~200 m 구간보다 온도 변화량이 작다.

나. 100~300 m 구간에서는 수심이 깊어질수록 염분이 낮아진다.

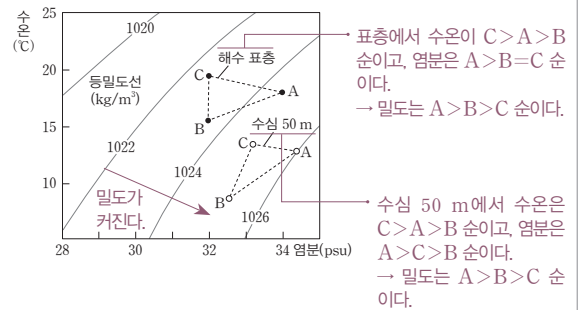
- 103 답 ⑤ | ㄱ. A 해역의 표층 염분은 약 34 psu이고, B와 C 해역의 표층 염분은 약 32 psu이다. 따라서 표층 염분이 가장 높은 곳은 A이다.

나. 수심 50 m에서 수온은 C가 가장 높고 A, B로 갈수록 낮아진다.

다. 수온—염분도에서 세 해역의 자료는 해수 표층보다 수심 50 m에서 더 높은 등밀도선에 가깝다. 따라서 해수의 밀도는 세 해역 모두 표층보다 수심 50 m에서 더 크다.

문제 속 자료 표층과 수심 50 m에서 수온과 염분

- 수심이 깊어질수록 수온은 낮아지고 염분은 높아지므로 해수의 밀도는 커진다.



- 104 답 ④ | 소금물의 밀도는 A는 약 1.0276 g/cm³, B는 약 1.0253 g/cm³로 소금물 A의 밀도가 더 크다. 밸브를 열면 투명관 아랫부분에서 밀도가 큰 A에서 밀도가 작은 B로 소금물의 흐름이 생긴다. 반대로 투명관 윗부분에서는 B에서 A로 소금물이 흐른다.

오답 피하기

① 소금물 B의 밀도는 약 1.0253 g/cm³이다.

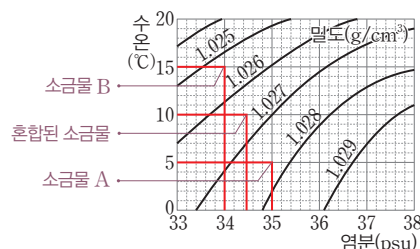
② 소금물 A의 밀도는 약 1.0276 g/cm³로 소금물 B의 밀도보다 크다.

③ 표층 해류는 바람의 영향으로 발생한다. 문제의 실험은 해수의 밀도 차이로 발생하는 물의 흐름을 알아보는 것으로, 심층 해류의 발생 원리를 설명할 수 있다.

⑤ 두 소금물의 양이 같고 외부와의 열 교환이 없으므로 충분한 시간이 흐르면 두 소금물이 혼합되어 수온 10 °C, 염분 34.5 psu의 소금물이 형성된다. 혼합된 소금물의 밀도는 약 1.0266 g/cm³로 소금물 A의 밀도보다 작고, 소금물 B의 밀도보다 크다.

문제 속 자료 소금물의 밀도

- 소금물 A와 소금물 B를 혼합한 소금물 수온—염분도에 나타내면 다음과 같다.



105 답 ④ | ㄴ. 적도에서 태양 복사 에너지 흡수량은 지구 복사 에너지 방출량보다 많다.

ㄷ. (나)에서 에너지 이동량은 약 38°N 에서 최대이다.

오답 피하기

ㄱ. ①은 고위도에서 태양 복사 에너지 흡수량보다 지구 복사 에너지 방출량이 더 많으므로 에너지 부족량이고, ②은 저위도에서 지구 복사 에너지 방출량보다 태양 복사 에너지 흡수량이 더 많으므로 에너지 과잉량이다.

106 답 ② | (가)는 다른 자료보다 저위도에서 크고 고위도에서 작으므로 태양 복사 에너지양이다. 저위도에서 태양 복사 에너지양보다 작고 고위도에서 태양 복사 에너지양보다 큰 자료는 지구 복사 에너지양이다.

오답 피하기

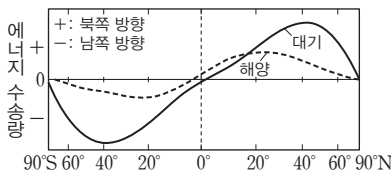
A는 에너지 부족량이고 B는 에너지 과잉량이다. 대기와 해수의 순환으로 에너지가 저위도에서 고위도로 이동하며 위도 38° 부근에서 가장 많은 에너지가 이동한다. 위도별 에너지 불균형은 구형인 지구에서 위도별 태양 복사 에너지양의 차이가 나타나기 때문에 발생한다.

107 답 ③ | (나)에서 대기에 의한 에너지 수송량이 해양에 의한 에너지 수송량보다 많다.

오답 피하기

- ① A는 저위도에서 B보다 크고, 고위도에서 B보다 작은 태양 복사 에너지이다.
- ② B는 지구 복사 에너지로 그래프를 보면 위도 20° 부근에서 최대이다.
- ④ 에너지 수송량은 A와 B가 같은 위도 38° 부근에서 최대이다.
- ⑤ 에너지 수송량이 최대인 위도 38° 부근에서 대기에 의한 수송량이 해양보다 많다.

문제 속 자료 대기과 해양의 에너지 수송



- 남반구에서는 남쪽으로, 북반구에서는 북쪽으로 에너지 수송이 일어난다.
- 에너지 수송량은 대체로 대기가 해양보다 많으며 북반구 저위도에서만 해양에 의한 에너지 수송량이 더 많다.
- 대기와 해양의 에너지 수송량 합은 위도 38° 에서 최대이다.

108 답 ③ | ㄱ. ①은 에너지가 부족한 고위도이다. 이곳에서는 지구 복사 에너지 방출량이 태양 복사 에너지 입사량보다 많다.

ㄷ. 태풍은 위도별 에너지 불균형을 해소하기 위해 저위도의 남는 에너지를 고위도로 수송하는 대기 현상이다.

오답 피하기

ㄴ. 남북 방향 에너지 수송량은 태양 복사 에너지 입사량과 지구 복사 에너지 방출량이 같은 ②에서 가장 많다.

109 답 ④ | ㄴ. 사막은 하강 기류가 우세하여 건조한 기후가 나타나는 30°N 지역에 더 많이 분포한다.

ㄷ. A는 페렐 순환으로 간접순환이다. 지구가 자전하지 않았다면 페렐 순환이 나타나지 않고, 해들리 순환과 극순환이 연결되어 하나의 순환만 나타날 것이다.

오답 피하기

ㄱ. 대류권의 두께는 적도에서 약 16 km이고 고위도로 갈수록 두께가 얇아져 북극에서는 약 9 km이다.

110 답 ④ | ㄴ. 해들리 순환의 지상에는 무역풍, 페렐 순환의 지상에는 편서풍, 극순환의 지상에는 극동풍이 분다.

ㄷ. 극순환과 페렐 순환 경계의 지상에는 공기가 수렴하여 한대 전선대가 형성되어 있다.

오답 피하기

ㄱ. 30°N 부근은 대기 대순환의 영향으로 하강 기류가 우세한 지역이다. 지상의 기압이 대체로 높기 때문에 구름이 잘 형성되지 않고 건조한 기후가 나타난다. 따라서 강수량이 적고 증발량이 강수량보다 많다.

111 답 ⑤ | ㄱ. (가)는 지구가 자전하지 않을 때 하나의 순환 세포로 이루어져 있는 대기 대순환이고, (나)는 지구가 자전할 때 세 개의 순환 세포로 이루어져 있는 대기 대순환이다.

ㄴ. (나)의 중위도 지상에서는 편서풍이 분다. 위도 30° 보다 저위도에서는 무역풍이 불고, 위도 60° 보다 고위도에서는 극동풍이 분다.

ㄷ. 지구는 구형이므로 (가)와 (나)에서 적도는 태양 복사 에너지를 다른 위도보다 많이 받는다. 적도에서 지표 가열로 하층이 따뜻해진 공기는 상승 기류가 발달한다.

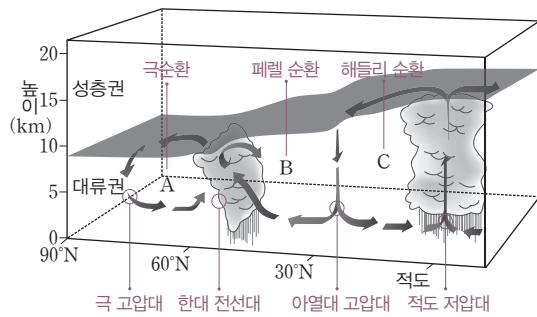
112 답 ⑤ | A는 극순환, B는 페렐 순환, C는 해들리 순환이다.

ㄱ. 극순환과 페렐 순환 사이인 60°N 부근에서 한대 전선대가 형성된다.

ㄴ. 대류권 계면은 대류권과 성층권의 경계면이다. 적도에서 대류권 계면의 높이는 15 km보다 높고 고위도로 갈수록 점차 낮아져 북극에서 대류권 계면의 높이는 10 km보다 낮다.

ㄷ. C는 적도의 가열로 형성된 직접 순환이고, A는 극의 냉각으로 형성된 직접 순환이다.

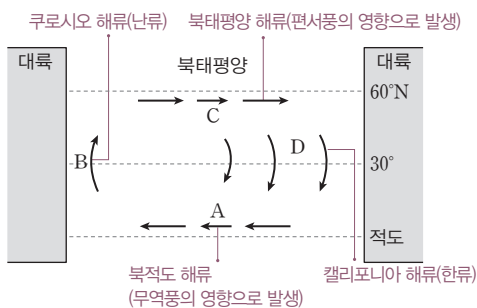
문제 속 자료 고압대와 저압대



- 하강 기류가 우세한 고압대: 대체로 지상의 기압이 높고 지상에서 공기의 발산이 일어난다. 공기가 상승하기 어려워 구름이 잘 형성되지 못하고 건조한 기후가 나타난다.
- 상승 기류가 우세한 저압대: 대체로 지상의 기압이 낮고 지상에서 공기의 수렴이 일어난다. 공기가 쉽게 상승하여 구름이 잘 형성되고 잦은 강수 현상으로 습한 기후가 나타난다.

- 113 답 ⑤** | ㄱ. A는 북적도 해류, B는 쿠로시오 해류, C는 북태평양 해류, D는 캘리포니아 해류이다.
- ㄴ. 쿠로시오 해류는 저위도에서 고위도로 흐르며 수온과 염분이 높은 난류이고, 캘리포니아 해류는 고위도에서 저위도로 흐르며 수온과 염분이 낮은 한류이다.
- ㄷ. 북적도 해류는 무역풍의 영향으로 형성된 동에서 서로 흐르는 해류이다. 북태평양 해류는 편서풍의 영향으로 형성된 서에서 동으로 흐르는 해류이다.

문제 속 자료 북태평양 아열대 순환



- 북태평양 아열대 순환은 4개의 표층 해류로 이루어져 있으며 시계 방향으로 순환하고 있다.
- 전향력의 영향으로 순환의 중심이 서쪽에 형성되어 있다.

- 114 답 ⑤** | ㄱ. A에는 쿠로시오 해류, B에는 북태평양 해류, C에는 캘리포니아 해류가 흐른다.
- ㄴ. B에 흐르는 북태평양 해류는 편서풍의 영향을 받아 동쪽으로 흐르는 해류이다.
- ㄷ. C에 흐르는 캘리포니아 해류는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이다. A에 흐르는 쿠로시오 해류는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이다.

- 115 답 ③** | ㄱ. 우리나라에 영향을 주는 난류의 근원은 쿠로시오 해류이다. 동한 난류와 황해 난류는 쿠로시오 해류에서 분리되어 나온 해류이다.

ㄴ. 북태평양 해류는 편서풍의 영향을 받아 서쪽에서 동쪽으로 흐른다.

오답 피하기

ㄷ. 무역풍의 영향으로 흐르는 해류는 북적도 해류와 남적도 해류이다. 적도 반류는 해수면의 높이 차로 형성된 해류로, 서쪽에서 동쪽으로 흐른다.

- 116 답 ⑤** | ㄱ. 30°N 부근에는 해들리 순환과 페렐 순환의 영향으로 하강 기류가 우세한 고압대가 형성된다. 지상에서 공기의 발산이 일어나 편서풍이 고위도로, 무역풍이 저위도로 분다.
- ㄴ. A 해역에는 편서풍의 영향을 받아 북태평양 해류가 동쪽으로 흐른다.

ㄷ. B 해역에는 저위도에서 고위도로 쿠로시오 난류가 흐르고, C 해역에는 고위도에서 저위도로 캘리포니아 한류가 흐른다. 해류가 수송하는 열량은 수온이 높을수록 많으므로 난류가 흐르는 B 해역이 한류가 흐르는 C 해역보다 많다.

- 117 답 ③** | ㄱ. A는 북태평양 서쪽 저위도 해역에서 고위도로 이동하였으므로 북태평양 서쪽 가장자리에서 고위도로 흐르는 쿠로시오 난류를 따라 이동하였다.
- ㄴ. 같은 기간 동안 해류 관측 장치의 이동 거리가 길수록 평균 속력이 빠르다. A~C 중 B의 이동 거리가 가장 짧으므로 B의 평균 속력이 가장 느렸다.

오답 피하기

ㄷ. C는 북반구 중위도 동쪽 해역에서 남쪽으로 이동한 뒤 서쪽으로 이동했다. 따라서 캘리포니아 해류를 따라 남쪽으로 이동하고 북적도 해류를 따라 서쪽으로 이동했다. 북태평양 해류의 영향을 받은 해류 관측 장치는 북태평양 해역에서 동쪽으로 이동한 B이다.

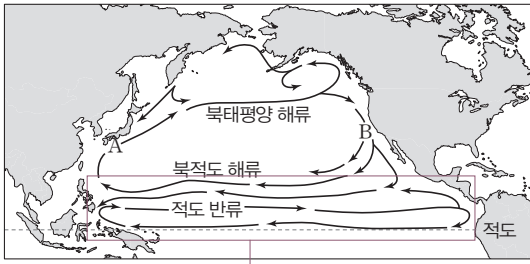
- 118 답 ③** | ㄷ. 북태평양 해류, 캘리포니아 해류, 북적도 해류, 쿠로시오 해류로 이어져 있는 북태평양 아열대 순환은 시계 방향으로 순환한다.

오답 피하기

ㄱ. A는 저위도에서 고위도로 흐르는 쿠로시오 난류이고, B는 고위도에서 저위도로 흐르는 캘리포니아 한류이다.

ㄴ. 동서 방향으로 흐르는 표층 해류는 대기 대순환의 지상 바람 영향을 받아 형성된다. 동쪽에서 서쪽으로 흐르는 북적도 해류를 형성하는 바람은 동풍 계열인 무역풍이다. 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 북태평양 해류를 형성하는 바람은 서풍 계열인 편서풍이다.

문제 속 자료 적도 반류와 열대 순환



• 북적도 해류와 남적도 해류 사이에는 동쪽으로 흐르는 적도 반류가 흐른다. 적도 해류와 적도 반류가 이어지면서 북반구에서 시계 반대 방향으로 순환하는 열대 순환을 형성한다.

119 답 ⑤ | ㄱ. 해류 ㉠은 북적도 해류, 해류 ㉡은 남적도 해류이다. 두 해류 모두 서쪽으로 흐르며 각각 북동 무역풍과 남동 무역풍의 영향을 받아 형성된다.

ㄴ. A 해역에는 저위도에서 고위도로 난류가 흐르고, B 해역에는 고위도에서 저위도로 한류가 흐른다.

ㄷ. 열대 저기압은 수온이 높은 해역에서 많은 수증기를 공급받아 발생한다. 한류의 영향을 받는 C 해역보다 난류의 영향을 받는 A 해역의 수온이 더 높으며 A 해역에서 열대 저기압이 더 자주 발생한다.

120 답 ② | ㄴ. 아열대 순환은 저위도에서 무역풍의 영향으로 서쪽으로 흐르는 해류와 중위도에서 편서풍의 영향으로 동쪽으로 흐르는 해류가 대륙의 영향으로 이어지면서 형성된다.

오답 피하기

ㄱ. 해류 A는 저위도에서 고위도로 흐르는 해류이므로 난류이고, 해류 B는 고위도에서 저위도로 흐르는 해류이므로 한류이다.

ㄷ. 북반구 아열대 순환은 시계 방향으로 흐르고, 남반구 아열대 순환은 시계 반대 방향으로 흐른다.

121 답 ② | ㄴ. 북태평양의 아열대 순환은 시계 방향으로 회전하고, 남태평양의 아열대 순환은 시계 반대 방향으로 회전한다.

오답 피하기

ㄱ. 용존 산소량은 수온이 낮을수록 높게 나타난다. A에는 저위도에서 고위도로 난류가 흐르고, B에는 고위도에서 저위도로 한류가 흐른다. 따라서 한류의 영향을 받아 수온이 더 낮은 B 부근의 해수가 A 부근의 해수보다 용존 산소량이 많다.

ㄷ. 남반구에 아한대 순환이 나타나지 않는 까닭은 남반구의 수륙 분포 때문이다. 남극 대륙 주변의 해류는 다른 대륙에 가로막히지 않으므로 순환하지 않고 일정한 방향으로만 흐른다.

122 답 ② | ㄷ. 쿠로시오 해류는 북태평양 서쪽 해역에서 고위도로 흐르는 난류이다. 우리나라 주변에 흐르고 있는 동한 난류와 황해 난류가 쿠로시오 해류에서 분리되어 나온 해류이다.

오답 피하기

ㄱ. 서쪽으로 흐르는 남적도 해류와 북적도 해류는 동풍 계열인 무역풍의 영향으로 발생한 해류이다. 편서풍의 영향으로 발생한 해류는 동쪽으로 흐르는 북태평양 해류와 남극 순환 해류이다.

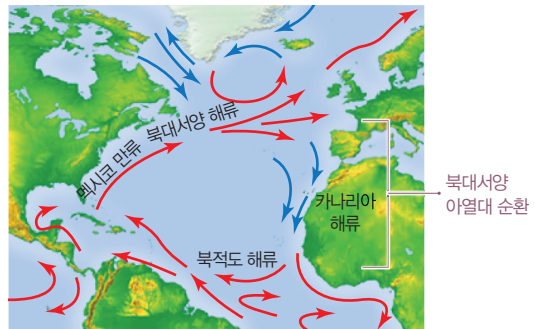
ㄴ. 북태평양 중위도 해역에서 해류는 시계 방향으로 순환한다. 남태평양 중위도 해역에서 해류는 시계 반대 방향으로 순환한다.

123 답 ③ | 오염 물질은 시간이 지날수록 북대서양 방향으로 빠르게 확산된다. 80일이 지났을 때 오염 물질은 멕시코만에서 북대서양으로 유출되고 이후 난류인 멕시코 만류에 의해 확산된다.

오답 피하기

북대서양에서 아열대 순환은 북태평양 아열대 순환과 동일하게 시계 방향으로 순환하므로 해류를 따라 이동하는 오염 물질도 시계 방향으로 이동한다.

문제 속 자료 멕시코 만류



• 멕시코 만류는 북대서양 아열대 순환에서 고위도로 흐르는 난류이다.
• 멕시코 만류는 북대서양 해류로 연결되어 북유럽 앞바다까지 흘러가며, 따뜻한 난류의 영향으로 서유럽에서는 따뜻한 기후가 나타난다.

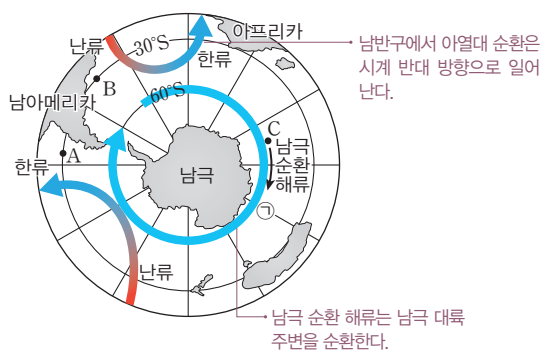
124 답 ② | ㄷ. C 해역에는 편서풍의 영향으로 남극 순환 해류가 흐른다. 남극 순환 해류는 남극 대륙 주위에서 동쪽으로 흐르므로 ㉠ 방향으로 흐른다.

오답 피하기

ㄱ. 남반구에서 아열대 순환은 시계 반대 방향으로 흐른다. 남태평양과 남대서양의 동쪽 해역에서는 한류가 흐르고, 서쪽 해역에서는 난류가 흐른다. 따라서 A 해역에는 한류가 흐르고, B 해역에는 난류가 흐른다.

ㄴ. 표층 염분은 난류가 흐르는 B 해역이 한류가 흐르는 A 해역보다 더 높다.

문제 속 자료 남극 주변 해류 분포



125 답 ③ | ㄱ. A는 쿠로시오 해류로 북태평양 해류, 캘리포니아 해류, 북적도 해류와 이어져 북태평양 아열대 표층 순환을 형성한다.

ㄴ. B는 쿠로시오 해류에서 분리되어 나온 동한 난류로 수온이 높다. 따라서 겨울에 해수가 대기보다 온도가 높고 해수에서 대기로 열이 이동한다.

오답 피하기

ㄷ. 용존 산소량은 수온이 낮은 해역에서 높다. C는 고위도에서 저위도로 흐르는 북한 한류로 동한 난류인 B보다 수온이 낮다. 따라서 용존 산소량은 한류인 C가 난류인 B보다 많다.

126 답 ⑤ | ㄱ. A 해역의 해류는 고위도에서 저위도로 흐르므로 수온이 낮은 한류(오야시오 해류)가 흐르고, B 해역의 해류는 저위도에서 고위도로 흐르므로 수온이 높은 난류(쿠로시오 해류)가 흐른다.

ㄴ. C 해역에는 위도 20° 부근에서 서쪽으로 흐르는 해류가 나타나므로 북적도 해류이다. 북적도 해류는 무역풍의 영향으로 형성된다.

ㄷ. 북태평양에서 아열대 순환은 북적도 해류 → 쿠로시오 해류 → 북태평양 해류 → 캘리포니아 해류로 나타나므로 순환 방향은 시계 방향이다.

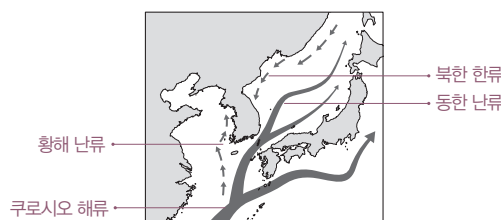
127 답 ④ | ㄱ. 적외선을 이용하면 온도에 따라 물체가 방출하는 에너지를 탐지하여 영상 자료로 나타낼 수 있다.

ㄴ. 동해에서는 동한 난류와 북한 한류가 만나므로 조경 수역이 형성된다.

오답 피하기

ㄷ. 황해의 수온이 낮은 까닭은 수심이 얇아 열용량이 작고 대륙으로 둘러싸여 있어 대륙 기후의 영향을 많이 받기 때문이다. 황해는 북쪽이 대륙으로 막혀 있어 한류의 영향을 받지 못한다.

문제 속 자료 우리나라 주변 해류



- 우리나라는 북반구 태평양 서쪽 해역에 위치해 있기 때문에 쿠로시오 해류의 영향을 받는다. 남쪽에서 북쪽으로 흐르는 동한 난류와 황해 난류는 쿠로시오 해류에서 분리되어 나온 해류이다.
- 동해의 북쪽에서는 연해주 한류가 연장되어 북한 한류가 남쪽으로 흐르고 동한 난류와 만나 조경 수역을 형성한다. 황해는 북쪽이 대륙으로 막혀 있기 때문에 한류의 영향을 받지 못한다.

128 답 ④ | 남극 순환 해류는 편서풍의 영향으로 흐르는 해류이다.

오답 피하기

- ① 아열대 해역의 표층 순환(아열대 순환)은 북반구에서 시계 방향, 남반구에서 시계 반대 방향으로 나타나므로 북반구와 남반구가 대칭적이다.
- ② 우리나라 해역의 동한 난류와 황해 난류는 쿠로시오 해류에서 분리되어 나온 해류이다.
- ③ 동해에는 한류와 난류가 만나 조경 수역이 형성된다.
- ⑤ 캘리포니아 해류는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이다.

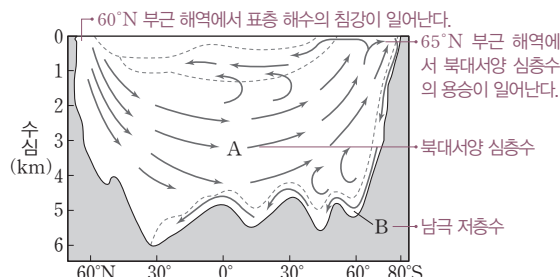
129 답 ② | ㄴ. 남위 65° 부근 해역에서 해수 A가 표층으로 올라오는 용승 현상이 나타난다.

오답 피하기

- ㄱ. 해수의 밀도는 깊이가 깊을수록 크다. 더 아래에 존재하는 해수 B의 밀도가 해수 A보다 더 클 것이다.
- ㄷ. 지구 온난화가 진행되면 극지방의 빙하가 녹아 해수는 염분이 낮아지고 밀도가 작아진다. 밀도가 작아진 극지방 해수는 침강이 잘 일어나지 않는다.

문제 속 자료 심층 순환

- A는 북위 60° 부근에서 침강하여 남위 65° 부근에서 용승하는 북대서양 심층수이다. B는 남극 대륙 주변에서 침강하여 가장 깊은 해저를 따라 흐르므로 남극 저층수이다.



- A가 B보다 위로 흐르므로 A의 밀도가 B보다 작다.

130 답 ⑤ | ㄱ. 남극 저층류는 북대서양 심층류보다 깊은 해역에서 흐르므로 밀도가 크다.

ㄴ. 해수의 심층 순환과 표층 순환은 연결되어 있으며 저위도의 남는 에너지를 에너지가 부족한 고위도로 수송한다.

ㄷ. A는 수심이 약 100~500 m에 해당하는 영역으로, 빛이 도달하지 못한다. 이곳에서는 광합성보다 생물의 호흡과 분해 활동이 더 활발하게 일어나 산소의 농도가 급격하게 감소한다.

131 답 ③ | ㄱ. 가장 깊은 곳에 존재하는 남극 저층수의 밀도가 가장 크다.

ㄷ. 해수의 밀도는 동일한 심층 해수 내에서 비슷한 값을 보인다. 대서양의 심층 순환에서 염분의 분포보다 수온의 분포가 더 심층 해수 분포와 유사한 경향을 보이므로 해수의 밀도는 염분보다 수온의 영향을 많이 받는다.

오답 피하기

ㄴ. 심층 순환은 저위도의 남는 에너지를 에너지가 부족한 고위도로 수송하므로 위도별 에너지 불균형이 해소된다.

132 답 ⑤ | ㄱ. 햇빛이 해수의 심층까지 도달하지 못하기 때문에 광합성이 해수의 표층에서만 일어나고 해수의 용존 산소량은 표층에서 가장 높다. 심해에서 광합성이 일어나지 않아 산소가 생성되지 못하지만 해수의 침강이 일어나면 표층의 산소가 심해에 공급된다.

ㄴ. 남극의 빙하가 녹아 유입되면 많은 양의 담수가 해수와 섞여 표층 염분이 감소한다. 염분이 감소하면 해수의 밀도가 작아지므로 해수의 침강이 원활하게 일어나지 못하고 남극 저층수의 흐름은 약해질 것이다.

ㄷ. 심층 해류의 흐름은 바다 깊은 곳에서 느리게 나타나기 때문에 직접적으로 관측하기가 어렵다. 심층 해류는 밀도 차이로 흐르는 해류이므로 수온과 염분을 조사하여 해수의 밀도를 알아내면 심층에 있는 수괴의 분포를 알 수 있고 간접적으로 심층 해수의 흐름을 알아낼 수 있다.

133 답 ⑤ | ㄴ. 표층 순환과 심층 순환이 연결된 전 지구적 해수의 순환은 저위도의 남는 에너지를 에너지 부족 상태에 있는 고위도로 수송한다.

ㄷ. 전 지구적 해수의 순환으로 저위도에서 고위도로 지구의 에너지가 수송된다. 이 순환의 변화는 지구 에너지 균형 이상으로 이어지고 지구의 기후에 영향을 준다.

오답 피하기

ㄱ. A 해역에서 침강이 강해지면 더 많은 해수가 심층으로 유입되고 심층 순환이 빨라지면서 전 지구적 순환이 강해진다.

134 답 ③ | ㄱ. 햇빛이 해수의 심층까지 도달하지 못하기 때문에 광합성은 해수의 표층에서만 일어나고 해수의 용존 산소량은 표층에서 가장 높다. A 해역에서 해수의 침강이 일어나면 표층의 산소가 심해층에 공급된다.

ㄴ. B 해역에서 침강한 해수는 밀도가 매우 큰 남극 저층수를 형성한다.

오답 피하기

ㄷ. 지구 온난화가 심해지면 평균 기온이 상승하고 그린란드 부근 빙하가 녹아 A 해역으로 담수가 유입된다. 해수에 담수가 유입되면 염분이 낮아지고 밀도가 작아진다. 밀도가 작아진 해수는 침강이 약해진다.

135 답 ① | ㄱ. 북극 지방의 빙하가 녹으면 A 해역으로 담수가 유입된다. 담수가 유입된 해수는 염분이 낮아지고 밀도가 작아져 해수의 침강이 약화된다.

오답 피하기

ㄴ. B 해역은 남극 대륙 주변 해역으로, 수온이 하강하여 해수의 밀도가 높아지고 침강이 일어난다.

ㄷ. 해수의 심층 순환과 표층 순환은 연결되어 있다. 따라서 심층 순환이 강해지면 표층 순환도 강해진다.

136 답 ② | ㄴ. (나)에서 고위도 해역인 A는 기온이 하강하고 저위도 해역인 B는 기온이 상승하여 위도별 기온 차이가 커졌다. 따라서 전 지구적 해수의 순환과 열 수송이 약화되어 위도별 에너지 불균형이 심화되었음을 알 수 있다.

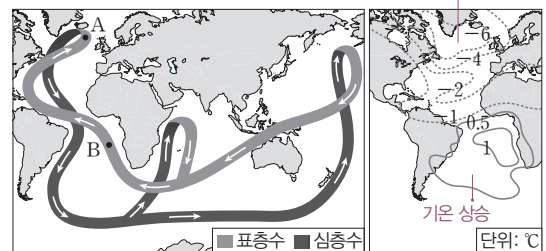
오답 피하기

ㄱ. 전 지구적 해수의 순환이 약화되었으므로 A 해역에서 침강도 약해졌다.

ㄷ. 고위도 지역인 A의 기온이 하강하고 저위도 지역인 B의 기온이 상승하였으므로 A와 B 사이의 기온 차는 증가하였다.

문제 속 자료 **해수의 순환과 기후 변화**

- 지구 온난화로 극지방 빙하가 용해되면 다음과 같은 현상이 나타난다.
- 용해된 담수가 극지방 바다로 유입
- 고위도 해수 염분 및 밀도 감소
- 고위도 해수 침강 약화, 심층 순환 약화
- 위도별 에너지 불균형 심화



- 고위도에서는 에너지 부족으로 기온이 하강하고, 저위도에서는 에너지 과잉으로 기온이 상승한다.

- 137 답 ① | ㄱ. 1972년은 수온 편차가 양의 값을 가지므로 엘니뇨 현상이 나타난 해이다.

오답 피하기

ㄴ. 1975년은 수온 편차가 음의 값을 가지므로 평년보다 페루 연안 수온이 낮았다. 이 시기에 페루 연안은 난류성 어류가 감소하고, 한류성 어류가 증가했을 것이다.
ㄷ. 빗금 친 부분은 모두 수온 편차가 양의 값을 가지는 시기이므로 엘니뇨가 발생했던 해이다. 엘니뇨 시기에는 무역풍이 평년보다 약하게 나타난다.

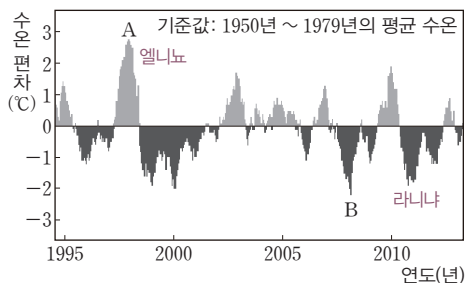
- 138 답 ① | ㄱ. A 시기에는 동태평양 적도 부근 해역의 수온 편차가 양의 값을 가지므로 엘니뇨가 발생한 시기이다. B 시기에는 동태평양 적도 부근 해역의 수온 편차가 음의 값을 가지므로 라니냐가 발생한 시기이다.

오답 피하기

ㄴ. 무역풍은 엘니뇨 시기에 평년보다 약하고 라니냐 시기에 평년보다 강하다. 따라서 A 시기보다 B 시기에 무역풍이 강하게 불었다.
ㄷ. 동태평양 페루 해역의 강수량은 엘니뇨 시기에 증가한다. 따라서 라니냐가 발생한 B 시기에 페루 해역의 강수량이 평년보다 적었을 것이다.

문제 속 자료 동태평양 적도 부근 해역 수온 편차

- 평상시보다 동태평양 적도 부근 해역의 수온이 높은 A는 엘니뇨 기간, 수온이 낮은 B는 라니냐 기간이다.



- 서태평양 적도 부근 해역에서는 기온 편차가 동태평양 적도 부근 해역과 반대로 나타난다.

- 139 답 ① | 관측 해역의 수온 편차는 A 기간에 음의 값, B 기간에 양의 값을 가지므로 A 기간은 라니냐가 발생한 시기이고, B 기간은 엘니뇨가 발생한 시기이다.
ㄱ. 동태평양 해역의 해수면 수온은 수온 편차가 음의 값인 A 기간보다 수온 편차가 양의 값인 B 기간에 높았다.

오답 피하기

ㄴ. 무역풍의 세기는 엘니뇨 시기에 평년보다 약하고 라니냐 시기에 평년보다 강하다. 따라서 A 기간보다 B 기간에 무역풍의 세기는 약했다.

ㄷ. A 기간은 동태평양 페루 해역의 수온이 평소보다 낮을 라니냐가 발생한 시기이다.

- 140 답 ③ | ㄱ. (나)에서 다윈과 타히티의 기압 변화 경향은 서로 반대로 나타난다.

ㄷ. 엘니뇨 감시 해역의 수온 편차가 양의 값인 B 시기는 엘니뇨 기간이다.

오답 피하기

ㄴ. 타히티에서 음(−)의 기압 편차가 컸던 A 시기는 엘니뇨 감시 해역에서 수온 편차가 양의 값이 나타났으므로 엘니뇨가 발생한 기간이다. 엘니뇨 시기에는 페루 연안에서 용승이 약화된다.

- 141 답 ⑤ | ㄱ. (가)는 서태평양 해역에서 상승 기류가 나타나고 동태평양 해역에서 하강 기류가 나타나는 평상시 대기 순환 모습이다. (나)는 서태평양 해역에서 하강 기류가 나타나고 동태평양 해역에서 상승 기류가 나타나는 엘니뇨 발생 시 대기 순환 모습이다.

ㄴ. 무역풍 세기는 평상시보다 엘니뇨 시기에 약화된다. 따라서 (가) 시기의 무역풍 세기가 엘니뇨가 발생한 (나) 시기보다 강하다.

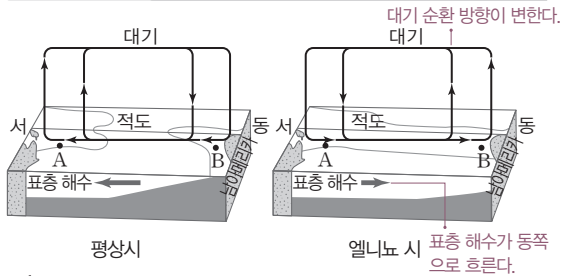
ㄷ. 평상시에는 따뜻한 해수가 서쪽으로 이동하고 동태평양 해역에서 차가운 해수의 용승이 일어나 A 해역은 수온이 높고 B 해역은 수온이 낮다. 엘니뇨 발생 시 따뜻한 해수가 동쪽으로 이동하고 동태평양 해역에서 용승이 약화되어 A 해역 수온은 하강하고 B 해역 수온은 상승하면서 두 해역의 표층 수온 차이는 평상시보다 작아진다.

- 142 답 ⑤ | 엘니뇨는 무역풍의 약화로 해류의 순환과 수온이 변하여 적도 부근 해역의 기후가 변하는 현상이므로 기권과 수권의 상호 작용으로 발생한다.

오답 피하기

- ① 엘니뇨 발생 시 무역풍이 평상시보다 약해지고 남적도 해류가 약화된다.
- ② 평상시 따뜻한 표층 해수가 서쪽으로 흐르고 동태평양 페루 해역에서 표층 해수의 발산으로 차가운 심층 해수의 용승이 일어난다. 해류의 영향으로 수온은 A 지역이 B 지역보다 높다.
- ③ 엘니뇨 시에 A 지역의 수온이 낮아져 하강 기류가 나타나고, B 지역의 수온이 높아져 상승 기류가 나타난다. 따라서 A 지역의 기압이 B 지역보다 높다.
- ④ 엘니뇨 시 A 지역에 하강 기류가 나타나기 때문에 고기압이 형성된다. 고기압 지역에는 맑고 건조한 날씨가 지속되어 가뭄이 발생한다.

문제 속 자료 엘니뇨 시 기후



- A 해역: 수온과 기온이 하강한다. 하강 기류가 우세해지고 고기압이 형성된다. 맑은 날씨가 지속되어 강수량이 감소한다.
- B 해역: 용승이 약해지면서 수온과 기온이 상승한다. 상승 기류가 우세해지고 저기압이 형성된다. 구름이 잘 발달하고 강수량이 증가한다.

143 답 ② | 나. 엘니뇨가 발생하면 페루 연안에서 용승이 약화되어 수온 약층이 나타나는 깊이가 깊어진다.

오답 피하기

- ㄱ. 엘니뇨가 발생하면 정상시보다 무역풍이 약하게 불고 인도네시아로 향하는 남적도 해류가 약해지면서 인도네시아 연안에서 해수면의 높이가 낮아진다.
- ㄴ. 표층 해수의 용존 산소량은 표층 수온이 낮을수록 높게 나타난다. 엘니뇨가 발생하면 페루 연안의 표층 수온이 상승하고 용존 산소량은 감소한다.

144 답 ③ | ㄱ. 엘니뇨 시기에 서태평양으로 향하는 남적도 해류의 흐름이 약해지므로 서태평양의 해수면은 낮아지고 동태평양의 해수면은 높아진다.

- ㄴ. 엘니뇨 시기에 정상시보다 동태평양 용승이 약화되므로 동태평양의 수온 약층 깊이가 깊어진다.

오답 피하기

- ㄴ. 엘니뇨 시기에 동태평양 연안 용승이 정상시보다 약화되고 동태평양 연안 해수의 수온이 상승한다.

145 답 ③ | ㄱ. 동태평양 연안 용승은 엘니뇨 시기에 약화된다. 연안 용승은 (나)보다 (가)일 때 약했다.

- ㄴ. 무역풍은 평년보다 라니냐 시기에 강해진다. 따라서 (나)일 때 평년보다 무역풍이 강했을 것이다.

오답 피하기

- ㄴ. 적도 부근 서태평양의 강수량은 수온이 높아져 증발량이 증가하는 라니냐 시기에 더 많다. 따라서 적도 부근 서태평양의 강수량은 (나) > (가)이다.

146 답 ④ | (나)에서 해류의 속도 편차가 동쪽으로 나타나므로 (나)는 엘니뇨 발생 시 표층 해류 속도 편차이다.

- ㄱ. A 해역은 정상시에는 해류가 서쪽으로 흐르지만, (나)

시기에는 표층 해류의 속도 편차 방향이 동쪽으로 나타난다. 따라서 정상시에 서쪽으로 흐르는 해류가 약해졌다.

ㄴ. 서쪽으로 이동하는 해류가 약해지면서 A 해역에서 해수면의 높이가 평년보다 높아진다.

오답 피하기

- ㄴ. (나)의 A 해역은 따뜻한 해수가 서쪽으로 이동하지 못하고 용승이 약화되면서 표층 수온은 평년보다 높아진다.

147 답 ④ | ㄱ. 문제의 그림에서 정상시보다 동태평양 해역에서 수온 약층이 나타나는 깊이가 깊어졌으므로 동태평양 해역에서 용승이 약화되는 엘니뇨 시기이다.

- ㄴ. 해수의 표층에서 수온 약층이 나타나기 시작하는 깊이가 깊어진다. 수온 약층이 나타나기 시작하는 깊이가 깊어진 동태평양 적도 해역은 혼합층의 두께가 증가한다.

오답 피하기

- ㄴ. 엘니뇨 발생 시 동태평양 적도 해역에서 표층 수온은 평년에 비해 높아진다.

148 답 ③ | (가)는 동풍(무역풍)이 약한 엘니뇨 시기, (나)는 동풍(무역풍)이 강한 라니냐 시기에 해당한다.

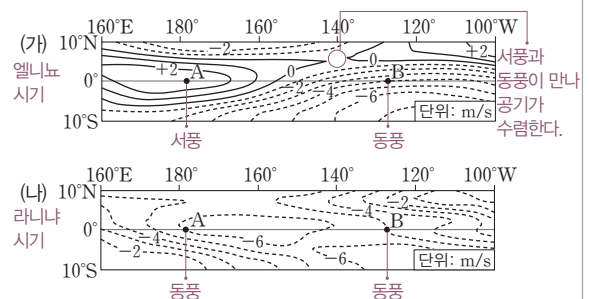
- ㄱ. (가)에서 해역 A의 풍속은 2 m/s보다 빠르고, 해역 B의 풍속은 -4 m/s이다. (나)에서 해역 A의 풍속은 -6 m/s, 해역 B의 풍속은 -5 m/s이다. 따라서 (가)의 풍속과 (나)의 풍속 차는 해역 A에서 약 8 m/s이고 해역 B에서 약 1 m/s이므로 해역 A가 B보다 크다.

- ㄴ. 엘니뇨 시기인 (가)일 때 따뜻한 해수가 상대적으로 태평양의 동쪽 해역으로 이동하므로, 무역풍으로 발생하는 상승 기류도 (나)보다 (가)일 때 상대적으로 더 동쪽에 위치한다.

오답 피하기

- ㄴ. 적도 부근 해역에서 동태평양과 서태평양의 표층 수온 차는 라니냐 시기가 엘니뇨 시기보다 크다. 따라서 A와 B의 표층 수온 차는 (가)보다 (나)일 때 크다.

문제 속 자료 태평양 적도 부근 해역의 풍속과 풍향



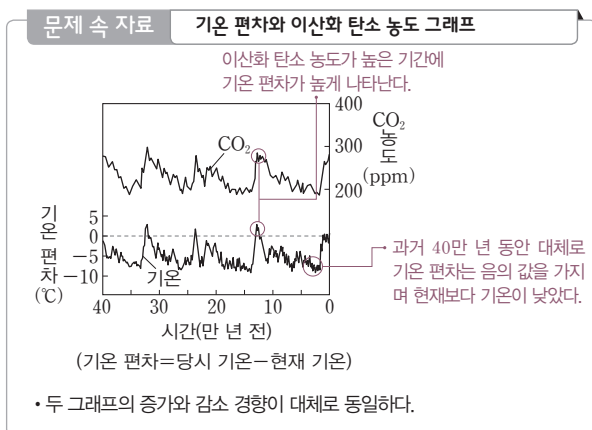
- 엘니뇨 시기에는 동풍 계열인 무역풍이 약해지고, 라니냐 시기에는 무역풍이 강해진다.
- 바람의 변화로 대기 순환이 변하고 기후에도 영향을 미친다.

149 답 ⑤ | 나. 기온 편차 자료를 보았을 때 과거 40만 년 동안 기온 편차는 대체로 음의 값을 보인다. 따라서 과거 40만 년 동안 기온은 대체로 현재보다 낮았다.

ㄷ. 육수에는 하천수, 지하수, 호수, 빙하 등이 있다. 따라서 기온이 낮을 때 육상 빙하의 면적이 증가하면서 전체 수권 중 육수가 차지하는 비율이 높아진다. 반면에 기온이 높을 때 육상 빙하가 녹아 해수로 유입되어 전체 수권 중 육수가 차지하는 비율이 낮아진다. 3만 년 전은 현재보다 기온이 낮으므로 전체 수권 중 육수가 차지하는 비율은 3만 년 전이 현재보다 높았다.

오답 피하기

ㄱ. 기온 편차 그래프와 CO₂ 농도 그래프는 대체로 비슷한 변화 경향을 보인다. 따라서 지구의 기온이 낮을 때 CO₂의 농도도 낮게 나타난다.



150 답 ② | 해양 생물 화석의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$)는 해양 생물이 살아 있을 당시 해수의 산소 동위 원소비와 같다. 지구의 평균 기온이 높을수록 상대적으로 무거운 ^{18}O 가 잘 증발하여 해수의 산소 동위 원소비는 낮아진다.

ㄷ. 해수면 높이는 지구의 평균 기온이 높을수록 높다. B 시기는 현재보다 해양 생물 화석의 산소 동위 원소비가 더 낮으므로 평균 기온은 더 높다. 따라서 해수면 높이는 현재가 B 시기보다 낮을 것이다.

오답 피하기

ㄱ. 극지방의 빙하는 증발한 수증기가 눈으로 내려 형성한다. 따라서 극지방 빙하의 산소 동위 원소비는 해양 생물 화석의 산소 동위 원소비와 반대 경향이 나타난다. 해양 생물 화석의 산소 동위 원소비는 A 시기가 B 시기보다 높으므로 극지방 빙하의 산소 동위 원소비는 A 시기가 B 시기보다 낮을 것이다.

나. 해양 생물 화석의 산소 동위 원소비가 더 낮은 B 시기가 A 시기보다 온난했을 것이다.

151 답 ⑤ | 나. 기온 편차 그래프에서 과거 12만 년 동안 기온 편차 값은 대체로 음의 값을 보인다. 따라서 과거 12만 년 동안의 평균 기온은 현재보다 낮았다.

나. A 시기가 B 시기보다 기온이 높았으므로 상대적으로 무거운 ^{18}O 를 포함한 물 분자의 증발이 더 잘 일어났다. 해수에서 증발되는 물 분자와 대기의 산소 동위 원소비도 높았을 것이다.

ㄷ. B 시기는 현재보다 평균 기온이 낮았던 시기이다. 빙하의 면적은 기온이 낮을수록 넓어지므로 B 시기가 현재보다 넓었을 것이다.

152 답 ⑤ | 나. 과거 40만 년 동안 이산화 탄소 농도는 대체로 현재보다 낮았다. 따라서 전체 기간 동안 평균값은 현재 이산화 탄소 농도보다 낮다.

ㄷ. 기온이 낮을 때 육상 빙하의 면적이 증가하면서 전체 수권 중 육수가 차지하는 비율이 높아진다. 35만 년 전은 현재보다 기온이 낮았던 시기이므로 전체 수권 중 육수가 차지하는 비율은 35만 년 전이 현재보다 높았을 것이다.

오답 피하기

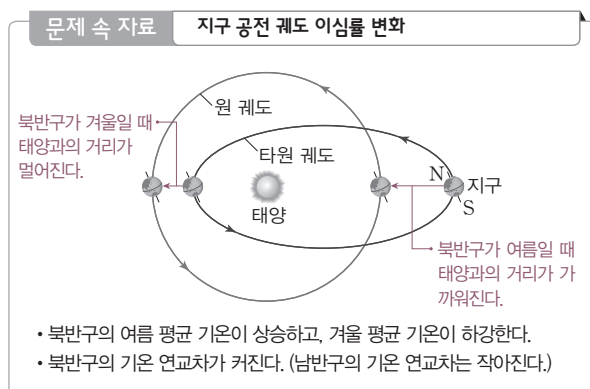
ㄱ. 먼지 농도는 기온 편차가 낮을 때 높게 나타난다. 따라서 시간에 따른 기온 편차와 먼지 농도는 비례하지 않는다.

153 답 ⑤ | 나. 지구 공전 궤도가 타원 궤도에서 원 궤도로 변하면 남반구는 여름에 태양까지 거리가 멀어지고, 겨울에 태양까지 거리가 가까워진다. 따라서 여름철 평균 기온은 하강하고, 겨울철 평균 기온은 상승한다.

ㄷ. 우리나라는 북반구에 위치하고 있다. 지구 공전 궤도가 타원 궤도에서 원 궤도로 변하면 겨울에 태양까지 거리가 멀어지고, 여름에 태양까지 거리가 가까워진다. 따라서 여름철 평균 기온은 상승하고, 겨울철 평균 기온은 하강한다.

오답 피하기

ㄱ. 북반구는 여름에 더 더워지고, 겨울에 더 추워지므로 기온 연교차는 커진다.



154 답 ④ | 나. 북반구 기준 (가)에서는 A에서 여름, B에서 겨울이다. (나)에서는 C에서 겨울, D에서 여름이다. 따라서 여름은 태양과 거리가 더 가까운 (나)에서 평균 기온이 높고, 겨울은 태양과 거리가 더 먼 (나)에서 평균 기온이 낮다. 기온 연교차는 (나)가 (가)보다 크다.

ㄷ. A~D 중 우리나라에서 하루 동안 태양 복사 에너지를 가장 많이 받는 위치는 근일점이면서 계절이 여름인 D이다.

오답 피하기

ㄱ. 우리나라는 북반구에 위치하고 있고 북반구에서 태양 복사 에너지 입사각이 작을 때 겨울이다. 따라서 B와 C의 위치에서 우리나라는 겨울철에 해당한다.

155 답 ④ | 나. A 시기에는 지구 자전축의 기울기가 현재보다 작다. 따라서 중위도에서 여름철에 태양 복사 에너지 입사각이 작아지고 현재보다 여름철의 평균 기온은 낮아진다.

ㄷ. B 시기에는 지구 자전축의 기울기가 현재보다 크다. B 시기에 중위도는 여름철 태양 복사 에너지 입사각은 커지고, 겨울철 태양 복사 에너지 입사각은 작아진다. 따라서 우리나라의 여름철 평균 기온은 현재보다 높아지고 겨울철 평균 기온은 현재보다 낮아져 기온의 연교차가 커질 것이다.

오답 피하기

ㄱ. 우리나라가 여름일 때 지구 자전축의 기울기가 커지면 태양 복사 에너지의 입사각이 커지면서 태양 고도가 높아진다.

156 답 ⑤ | 나. 현재 우리나라는 원일점에서 여름, 근일점에서 겨울, A 부근에서 가을이다. 지구 자전 방향은 시계 반대 방향이므로 약 6500년 후에는 지구의 자전축이 시계 방향으로 90° 회전한다. 따라서 A 부근에서 겨울, 근일점에서 봄, 원일점에서 가을로 변한다.

ㄷ. 약 13000년 후에는 지구의 자전축이 시계 방향으로 180° 회전한다. 따라서 우리나라는 원일점에서 겨울, 근일점에서 여름으로 계절이 변한다. 여름철 태양과의 거리가 더 가까워지고, 겨울철 태양과의 거리가 더 멀어지므로 여름철 기온은 상승하고, 겨울철 기온은 하강하여 기온 연교차는 현재보다 더 커진다.

오답 피하기

ㄱ. 낮의 길이는 여름철에 가장 길다. 우리나라가 있는 북반구는 현재 지구가 원일점에 위치할 때 여름이므로 이때 낮의 길이가 가장 길다.

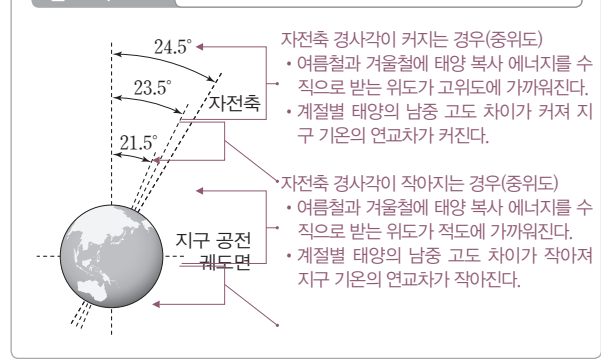
157 답 ① | 나. 자전축 경사각이 작아지면 중위도는 여름철에 태양 복사 에너지의 입사각이 낮아지고 우리나라 지표면에 도달하는 일사량은 현재보다 적어진다. 반대로 겨울철 태양 복사 에너지의 입사각은 높아지고 일사량은 증가한다.

오답 피하기

나. 자전축 경사각이 커지면 여름철에 우리나라 지표면에 도달하는 일사량은 현재보다 많아지고, 겨울철에 우리나라에 도달하는 일사량은 현재보다 적어진다. 따라서 여름철 기온은 상승하고, 겨울철 기온은 하강해 연교차가 커진다.

ㄷ. 자전축 경사각이 커지면 중위도에서 여름철에 받는 태양 에너지가 많아지고, 겨울철에 받는 태양 에너지가 더 적어져 기온 연교차가 커진다. 지구 전체가 받는 연간 태양 복사 에너지량은 지구와 태양 사이 거리와 태양 활동에 따라 달라진다. 지구 자전축 경사각이 달라지더라도 지구 전체가 받는 연간 태양 복사 에너지량은 변하지 않는다.

문제 속 자료 지구 자전축 경사각 변화



158 답 ⑤ | 나. (가)에서 태양 상이 작은 B는 지구와 태양 사이 거리가 먼 원일점에 지구가 위치할 때 촬영한 것이다. 북반구는 지구가 원일점에 위치할 때 여름이므로 B를 촬영할 때 북반구는 여름이다.

나. P는 지구와 태양 사이 거리가 가까운 근일점이다. (가)에서 태양 상이 큰 A는 지구가 P에 위치할 때 촬영한 것이다.

ㄷ. 현재 북반구는 근일점에서 겨울, 원일점에서 여름이다. 지구의 공전 궤도가 타원에서 원으로 변하면 여름에 태양과의 거리가 더 가까워져 기온이 상승하고 겨울에 태양과의 거리가 더 멀어져 기온이 하강한다. 따라서 북반구 기온의 연교차는 커진다.

159 답 ② | 나. 지구 자전축 기울기가 감소하면 중위도는 여름에 태양 복사 에너지 입사각이 낮아지고, 겨울에 태양 복사 에너지 입사각이 높아진다. 따라서 여름에는 태양의 고도가 낮아져 기온이 하강하고, 겨울에는 태양의 고도가 높아져 기온이 상승하면서 우리나라의 기온 연교차가 작아진다.

오답 피하기

ㄱ. 지구 자전축 기울기가 감소하면 중위도의 여름에 태양 복사 에너지 입사각이 낮아져 여름철 일사량이 감소한다.

ㄷ. 지구 자전축 기울기 방향이 변하지 않으므로 여름과 겨울의 별자리가 바뀌지 않는다.

- 160 답 ⑤ | 나.** 현재 북반구는 지구가 근일점에 위치할 때 겨울, 원일점에 위치할 때 여름이다. 1만 3천 년 후가 되면 지구 자전축 방향이 180° 회전하여 북반구는 지구가 근일점에 위치할 때 여름, 원일점에 위치할 때 겨울이다. 따라서 여름에 태양과의 거리가 더 가까워져 기온이 상승하고, 겨울에 태양과의 거리가 더 멀어져 기온이 하강하여 기온의 연교차가 커진다.
- ㄷ. 1만 3천 년 후에는 지구 공전 궤도 이심률이 변하여 근일점일 때 태양과의 거리가 멀어진다. 지구 전체가 받는 태양 복사 에너지량은 태양과의 거리가 멀어질수록 감소하므로 근일점에서 지구 전체가 받는 태양 복사 에너지량은 (가)보다 많다.

오답 피하기

ㄱ. (가)에서 지구가 근일점에 위치할 때 태양이 북반구보다 남반구를 비추는 면적이 더 넓으므로 북반구는 겨울, 남반구는 여름이다.

- 161 답 ③ | 나.** A~D 중 북반구가 겨울인 위치는 태양이 북반구보다 남반구를 비추는 면적이 더 넓고 태양 복사 에너지의 입사각이 낮은 A와 D이다.

ㄴ. 현재는 지구가 근일점에 위치할 때 북반구에서 계절이 겨울이다. 13000년을 주기로 지구의 자전축이 180° 회전하므로 13000년 전에는 지구가 원일점에 위치할 때 북반구에서 계절이 겨울이었다. 또한 현재 지구 자전축의 기울기가 13000년 전보다 작아졌으므로 현재 북반구 겨울은 13000년 전보다 태양과의 거리가 가까워졌고 태양 복사 에너지의 입사각이 커져 평균 기온이 높아졌다.

오답 피하기

ㄷ. 현재 지구는 남반구가 겨울일 때 원일점, 여름일 때 근일점에 위치하고 있다. 13000년 후 지구는 남반구가 여름일 때 원일점, 겨울일 때 근일점으로 변한다. 13000년 후의 지구 자전축 경사는 현재보다 작으므로 13000년 후의 남반구는 여름에 태양과의 거리가 멀어지고 남중 고도가 낮아져 기온이 낮아진다. 반대로 겨울에 태양과의 거리가 가까워지고 남중 고도가 높아져 기온이 높아진다. 따라서 남반구 기온의 연교차는 13000년 후가 현재보다 작아질 것이다.

- 162 답 ④ | 나.** (가)에서 북반구가 여름일 때 태양과의 거리가 가까워져 기온이 상승하고, 북반구가 겨울일 때 태양과의 거리가 멀어져 기온이 하강한다. 따라서 북반구의 연교차는 증가한다.

ㄷ. (나)에서 지구 자전축의 경사각이 23.5° 에서 21.5° 로 작아졌으므로 우리나라의 여름철 태양의 남중 고도는 낮아지고, 겨울철 태양의 남중 고도는 높아진다.

오답 피하기

ㄱ. 우리나라가 여름인 위치는 태양이 북반구를 비추는 면적이 더 넓을 때인 B와 C이다.

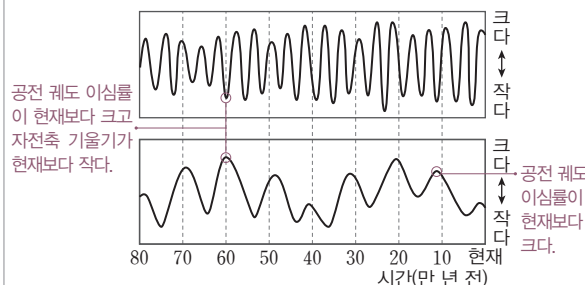
- 163 답 ④ | 나.** (나)의 주기는 약 10만 년이고, (가)의 주기는 10만 년보다 짧다.

ㄷ. 10만 년 전에는 현재보다 지구 공전 궤도의 이심률이 컸다. 지구는 현재보다 근일점에서 태양과의 거리가 더 가까웠고, 원일점에서 태양과의 거리가 더 멀었다.

오답 피하기

ㄴ. 현재 지구는 북반구가 여름일 때 원일점, 북반구가 겨울일 때 근일점이다. 60만 년 전 지구 자전축 경사는 지금보다 작았고 지구 공전 궤도 이심률은 지금보다 컸다. 따라서 우리나라는 여름철 태양과의 거리는 멀어지고, 태양의 남중 고도는 낮아져 기온이 현재보다 낮았을 것이다. 반대로 겨울철 태양과의 거리는 가까워지고, 태양의 남중 고도는 높아져 기온이 현재보다 높았을 것이다. 그러므로 60만 년 전 우리나라는 현재보다 기온의 연교차가 작았을 것이다.

문제 속 자료 지구 자전축과 공전 궤도 변화 그래프



- 우리나라(북반구 중위도) 기온 연교차가 커지는 경우: 공전 궤도 이심률 감소, 자전축 기울기 증가
- 우리나라(북반구 중위도) 기온 연교차가 작아지는 경우: 공전 궤도 이심률 증가, 자전축 기울기 감소

- 164 답 ⑤ | 나.** (가)만을 고려할 때, 1만 년 전에는 지구 자전축의 기울기가 현재보다 컸다. 따라서 북반구 중위도는 여름에 태양 남중 고도가 높아지고, 겨울에 태양 남중 고도가 낮아져 기온의 연교차는 현재보다 컸을 것이다.

ㄴ. (나)만을 고려할 때, 1만 년 후의 여름은 태양과 지구 사이의 거리가 현재보다 가까워진다. 따라서 여름 기온은 현재보다 높아질 것이다.

ㄷ. (가)와 (나)를 모두 고려하면 3만 년 후에는 여름철 태양과의 거리가 가까워지고, 태양의 남중 고도가 높아져 기온이 상승한다. 반대로 겨울철 태양과의 거리가 멀어지고, 태양의 남중 고도가 낮아져 기온이 하강한다. 기온의 연교차가 커지면서 현재보다 계절 변화가 뚜렷해질 것이다.

165 답 ④ | ㄱ. A는 지표면에서 반사되는 태양 복사 에너지이다. 빙하는 반사율이 높은 지표의 상태이므로 빙하 면적이 넓어지면 A 과정이 활발해진다.

ㄴ. C 과정은 지구 복사 에너지 중 대기가 흡수하는 에너지를 나타낸 것이다. 따라서 C 과정이 활발해지면 대기가 지표로 에너지를 재복사하는 온실 효과가 강해지므로 지표면의 온도가 상승한다.

오답 피하기

ㄴ. B 과정은 태양 복사 에너지 중 대기가 흡수하는 에너지를 나타낸 것이다. 이산화 탄소는 지구 복사 에너지를 잘 흡수하고 태양 복사 에너지를 통과시키는 온실 기체이다. B 과정은 이산화 탄소에 의해 일어나지 않는다.

166 답 ③ | ㄱ. 지표면 복사 104 중 대기에서 100이 흡수되므로 B는 4이다. 지표면이 흡수하는 에너지와 방출하는 에너지는 동일해야 하므로 $45 + C = 104 + 8 + 21$, $C = 88$ 이다. 대기 복사 154 중 지표로 향하는 복사(C)가 88이므로 우주 공간으로 향하는 복사 A는 66이다. 따라서 A ~ C 중 C값이 가장 크다.

ㄴ. 온실 기체는 지구에서 복사하는 에너지 중 대기가 흡수하는 양을 증가시켜 대기가 다시 지표면으로 복사하는 에너지를 증가시킨다. 따라서 온실 기체가 증가하면 C가 증가한다.

오답 피하기

ㄴ. 물의 상태 변화로 이동한 에너지량은 숨은열에 해당하므로 21이다.

167 답 ④ | ㄴ. 태양 복사 에너지(A)는 대부분 가시광선으로 지구로 입사하고, 지구 복사 에너지(D)는 대부분 적외선으로 방출된다.

ㄴ. 온실 기체가 증가하면 D에서 대기가 흡수하는 양과 E가 증가하여 지구의 평균 기온이 상승한다.

오답 피하기

ㄱ. 태양 복사 에너지양(A)은 우주 공간 반사량(B), 대기 흡수량, 지표면 흡수량(C)의 합과 같다.

168 답 ⑤ | 대기가 지표로 방출하는 에너지양은 88이고 우주 공간으로 방출하는 에너지양은 66이므로 대기가 지표로 방출하는 에너지양이 더 많다.

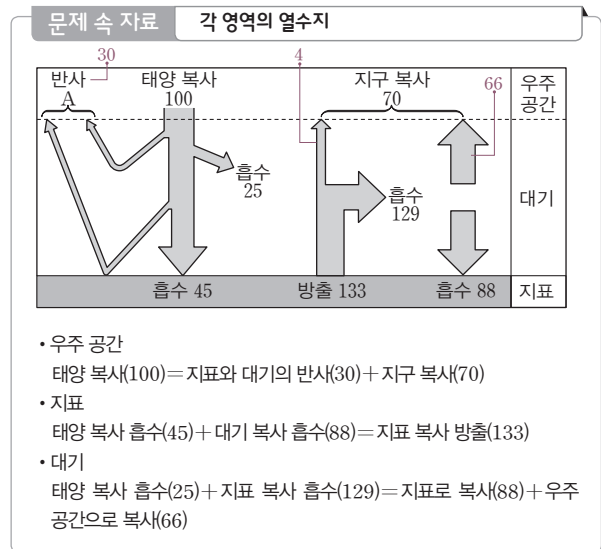
오답 피하기

① 지구 복사 에너지양(70)과 지구가 반사하는 에너지양(A)의 합은 지구에 도달하는 태양 복사 에너지양(100)과 같아야 한다. 따라서 지표와 대기에서 반사되는 양(A)은 30이다.

② 지표가 흡수하는 복사 에너지의 총량은 지표가 흡수하는 태양 복사 에너지양(45)과 대기의 재복사로 지표가 흡수하는 에너지양(88)의 합인 133이다. 지표가 흡수하는 복사 에너지의 총량은 지표가 방출하는 에너지양과 같다.

③ 지표는 태양으로부터 45의 에너지를 흡수하고 대기로부터 88의 에너지를 흡수한다. 따라서 태양보다 대기로부터 에너지를 많이 흡수한다.

④ 대기는 태양으로부터 25의 에너지를 흡수하고 지표로부터 129의 에너지를 흡수하므로 총 $129 + 25 = 154$ 의 에너지를 흡수한다. 지표가 직접 우주로 방출하는 에너지양이 $133 - 129 = 4$ 이고, 대기가 우주로 방출하는 에너지가 $70 - 4 = 66$ 이며, 대기에서 지표로는 88의 에너지를 방출하므로 대기가 지표와 우주 공간으로 총 $66 + 88 = 154$ 의 에너지를 방출한다. 따라서 대기는 흡수하는 에너지와 방출하는 에너지가 평형을 이룬다.



169 답 ⑤ | ㄱ. 지구의 평균 기온은 상승과 하강을 반복하고 있지만 전반적으로는 상승하는 경향을 보인다.

ㄴ. 이산화 탄소는 대표적인 온실 기체이므로 지구의 온실 효과를 강화하고 지구의 평균 기온을 상승시킨다. 평균 기온과 이산화 탄소 농도는 모두 시간에 따라 상승하고 있다.

ㄴ. 화석 연료를 사용하면 이산화 탄소가 배출되고 대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가하면서 지구의 평균 기온이 상승한다.

170 답 ③ | ㄱ. 연평균 기온은 상승하는 경향이 나타난다.

ㄴ. 그래프에서 연평균 기온의 변화율은 150년 평균보다 25년 평균이 더 가파르게 나타나므로 연평균 기온의 변화율은 150년 평균보다 25년 평균이 크다.

오답 피하기

ㄷ. 이 기간 동안 평균 기온이 상승하였으므로 육상 빙하가 녹아 바다로 유입되고 해수의 열팽창이 일어나 평균 해수면의 높이는 높아졌을 것이다.

171 답 ④ | ㄴ. 평균 기온이 상승하면 육상 빙하의 면적이 줄어진다. 빙하는 반사율이 높은 지표 상태이므로 육상 빙하의 면적이 줄어지면 극지방의 반사율은 감소할 것이다.

ㄷ. 대기 중 온실 기체인 이산화 탄소의 농도가 증가하면 온실 효과가 강화되어 지구의 평균 기온이 상승하고 평균 해수면 높이가 높아진다.

오답 피하기

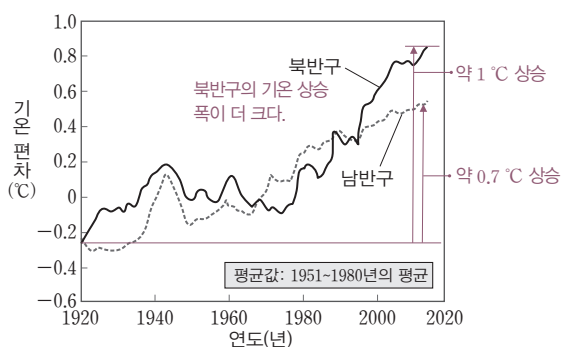
ㄱ. 평균 해수면의 높이 편차는 1900년에 약 -6 cm였고, 2000년에 약 6 cm로 상승하였다. 따라서 이 기간 동안 평균 해수면은 약 12 cm 상승하였다.

172 답 ⑤ | ㄱ. 이 기간 동안 지구의 평균 기온은 남반구와 북반구에서 전반적으로 상승하는 경향을 보인다.

ㄴ. 북반구의 기온은 약 -0.2 °C에서 약 0.8 °C로 1.0 °C 정도 상승하였고, 남반구의 기온은 약 -0.2 °C에서 약 0.5 °C로 0.7 °C 정도 상승하였다. 따라서 이 기간 동안의 기온 변화는 남반구보다 북반구에서 더 크다.

ㄷ. 1960년 이후 기온은 대체로 상승했으므로 극지방의 빙하가 녹았을 것이다. 빙하는 반사율이 높은 지표의 상태이므로 극지방의 반사율은 대체로 감소하였을 것이다.

문제 속 자료 북반구와 남반구에서의 기온 상승



- 남반구와 북반구 모두 기온이 대체로 상승하는 경향을 보인다.
- 북반구의 기온이 더 많이 상승했다. 북반구에는 남반구보다 상대적으로 비열이 작은 대륙이 많이 분포해 있기 때문이다.

173 답 ③ | A. 화석 연료의 사용량이 증가하면 이산화 탄소를 포함한 온실 기체가 대기 중으로 방출되어 대기 중 온실 기체의 양이 증가한다. 대기 중 온실 기체의 농도가 증가하면 지구 온난화가 일어난다.

B. 지구 온난화가 진행되면 평균 기온이 상승하면서 대륙 빙하가 녹아 면적이 감소한다.

C. 대륙 빙하의 면적이 감소해 바다로 담수가 유입되고 해수의 온도가 상승하여 열팽창이 일어나면 해수면이 상승한다.

174 답 ④ | ㉠ 해수의 온도가 낮을수록 기체의 용해도는 증가한다. 따라서 해수 온도가 상승하면 이산화 탄소 용해도는 감소한다.

㉠ 지구 온난화가 진행되면 비교적 낮은 위치에 있던 빙하가 녹으면서 지구에 존재하는 빙하량이 감소한다. 빙하는 반사율이 높은 지표 상태이므로 태양 복사 에너지의 지표 반사율이 감소한다.

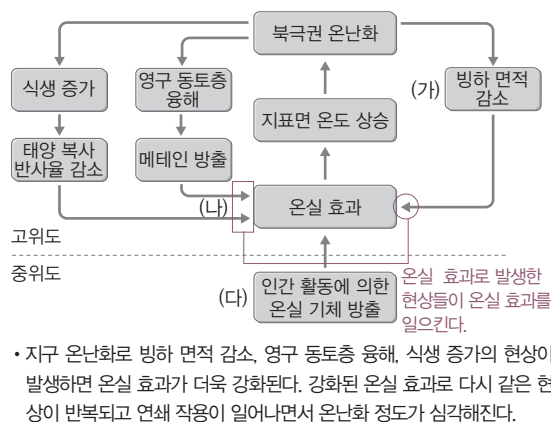
175 답 ② | ㄴ. 태양 복사 에너지 반사율이 감소하면 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지가 증가하여 북극권의 온난화가 강화된다. 메테인은 이산화 탄소와 더불어 대표적인 온실 기체이므로 메테인이 대기 중으로 방출되면 온실 효과로 북극권의 온난화가 강화된다.

오답 피하기

ㄱ. 빙하는 반사율이 높은 지표 상태이다. 따라서 빙하의 면적이 감소하면 지표면의 반사율이 감소한다.

ㄷ. (다)에서 온실 기체 중 가장 많은 양을 차지하는 것은 이산화 탄소이다.

문제 속 자료 기후 연쇄 작용



176 답 ⑤ | ㄱ. 기온이 상승하면 해수면이 상승하고 비교적 낮은 지대의 육지가 침수된다. 육지 면적이 감소하면서 주거 가능한 면적이 감소할 것이다.

ㄴ. 빙하는 반사율이 높은 지표 상태이므로 빙하가 소멸되면 지구의 반사율이 감소할 것이다.

ㄷ. 메테인은 이산화 탄소와 더불어 온실 기체이므로 메테인 방출로 지구의 온실 효과는 더 심해질 것이다.

- 177 답 ④** | ㄴ. H-R도에서 왼쪽 아래에서 오른쪽 위로 갈수록 별의 반지름이 커지므로 별 (나)는 (다)보다 반지름이 크다.
 ㄷ. 분광형이 O형과 가까운 별일수록 푸른색 계열의 빛을 많이 방출하고, M형과 가까운 별일수록 붉은색 계열의 빛을 많이 방출한다.

오답 피하기

ㄱ. (가)와 (라)는 주계열성으로, 절대 등급이 작을수록 광도와 질량이 크다. (가)는 (라)보다 질량이 크다.

- 178 답 ③** | A와 C는 주계열성, B는 거성, D는 백색 왜성이다. H-R도에서 절대 등급이 낮을수록 별의 광도가 크고 반지름이 크다. O형으로 갈수록 표면 온도가 높고, M형으로 갈수록 표면 온도가 낮다.

③ 거성인 B는 표면 온도는 낮지만 A~D 중 절대 등급이 가장 작으므로 반지름이 가장 크다.

오답 피하기

- ① 진화가 가장 많이 진행된 별은 D이다.
- ② 질량은 A가 C보다 크다.
- ④ 표면 온도가 가장 높은 별은 A이다.
- ⑤ 광도가 가장 큰 별은 B이다.

- 179 답 ④** | 문제의 그림 (가)에서 A는 거성, B는 주계열성, C는 백색 왜성이다. 그림 (나)는 중심부에서부터 중심핵, 복사층, 대류층으로 이루어졌으므로 태양 정도의 질량을 가지는 별 (주계열성)의 내부 구조이다.

ㄴ. 백색 왜성(C)은 진화 단계 중 마지막이므로 가장 많이 진화를 거친 별이다.

ㄷ. 문제의 그림 (가)에서 태양은 B 영역에 포함된다. (나)와 같은 내부 구조를 가지는 별은 B에 속한다.

오답 피하기

ㄱ. 분광형이 같을 경우 거성(A)이 주계열성(B)보다 반지름이 크다.

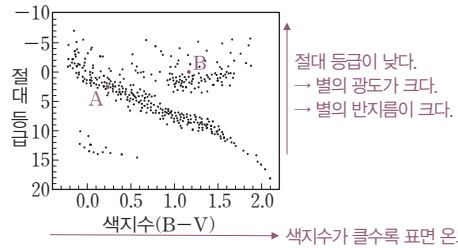
- 180 답 ⑤** | 별 A는 주계열성, 별 B는 거성에 포함된다. 별 A와 비교할 때 별 B는 더 붉은 색깔을 띤다.

오답 피하기

- ① 거성은 별이 팽창하여 반지름이 커진 별이므로 반경(반지름)은 $A < B$ 이다.
- ② 절대 등급이 작을수록 광도가 크므로 광도는 $A < B$ 이다.
- ③ 색지수가 작을수록 표면 온도가 높고 파란색이 강하며, 색지수가 클수록 표면 온도가 낮고 붉은색이 강하다. 별의 표면 온도는 $A > B$ 이다.
- ④ 별의 평균 밀도는 거성보다 주계열성이 크므로 $A > B$ 이다.

문제 속 자료 H-R도를 이용한 별의 물리량 비교

별 A, B의 절대 등급과 색지수를 H-R도에 나타내면 다음과 같다.



- 색지수는 사진 등급(별을 사진으로 찍었을 때의 밝기 등급)에서 안시 등급(별을 맨눈으로 관측했을 때의 밝기 등급)을 뺀 값이다.
- 별은 표면 온도가 높을수록 색지수가 작다. 고온의 별의 색지수는 (-), 저온의 별의 색지수는 (+)이다.

- 181 답 ④** | ㄱ. 태양은 절대 등급이 약 4.8등급이고 표면 온도가 약 5800 K인 주계열성이다. 태양의 진화 단계는 현재 (나)에 해당한다.

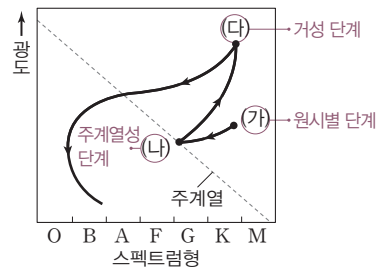
ㄴ. 태양의 진화 단계 중 절대 밝기가 가장 밝을 때는 광도가 가장 큰 (다) 단계이다.

오답 피하기

ㄷ. (가)에서 (나)까지 진화하는 동안 원시별의 내부에서는 중력 수축이 일어나고, 중력 수축으로 형성된 중력 수축 에너지는 원시별의 주요 에너지원이다. 중력 수축 에너지 발생으로 중심부의 온도가 충분히 높아지면 수소 핵융합 반응이 일어나 주계열성이 된다.

문제 속 자료 태양의 진화 경로

태양은 주계열성으로, 진화 단계는 (나)이다.



- (가) → (나): 중력에 의해 수축될 때 위치 에너지가 감소하여 에너지가 생기는데, 이 에너지를 중력 수축 에너지라고 한다. 중력 수축 에너지는 원시별의 에너지원에 해당한다.
- (나): 4개의 수소 원자핵이 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 만드는 수소 핵융합 반응이 일어난다. 핵융합 반응 후에 줄어드는 질량이 에너지로 전환된다. 중심핵의 수소 핵융합 반응은 주계열성의 에너지원에 해당한다.

- 182 답 ④** | H-R도는 가로축에 별의 표면 온도, 세로축에 별의 광도를 나타낸 것이다. H-R도를 이용하면 여러 가지 별의 분광형, 색지수, 절대 등급, 반지름 등을 비교할 수 있다. 대부분의 별들은 일생의 90 % 이상을 주계열 단계에 머무른다.

④ A, B는 같은 주계열성이지만, B는 A보다 광도가 작으므로 질량이 작다. 별의 질량이 작을수록 에너지 소모가 적으므로 주계열에 머무는 기간은 B가 A보다 길다.

오답 피하기

- ① A가 C보다 표면 온도가 높으므로 색지수는 작다.
- ② B가 A보다 표면 온도가 낮고 광도가 작으므로 질량도 작다.
- ③ D가 B보다 광도가 크므로 절대 등급은 작다.
- ⑤ B는 광도와 표면 온도가 태양과 비슷하므로 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어날 것이다.

183 답 ③ | 원시별은 저온, 고밀도의 성운(성간 물질)이 중력 수축하여 별이 형성될 수 있을 만큼의 상태로 변한 기체 덩어리이다. 원시별의 밀도는 높은 편이고 형태는 둥근 모양에 가깝다.

ㄱ. 원시별의 질량이 클수록 주계열에 도달했을 때 절대 등급이 더 작아지므로 광도가 큰 별(주계열성)이 된다.

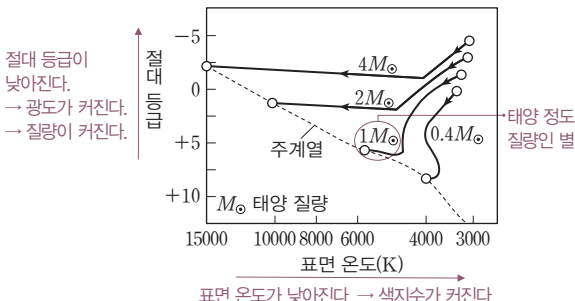
ㄴ. 원시별이 주계열에 도달하는 동안 중력 수축으로 내부 온도가 상승하고, 주계열에 도달하면 내부에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.

오답 피하기

ㄴ. 원시별(질량= $1M_{\odot}$)이 주계열에 도달하는 동안 절대 등급이 계속 커지므로 광도는 계속 작아지고 표면 온도는 점차 높아진다.

문제 속 자료 원시별의 진화 경로

$0.4M_{\odot}$, $1M_{\odot}$, $2M_{\odot}$, $4M_{\odot}$ 인 원시별이 주계열성에 도달하는 위치를 살펴보면 다음과 같다.



- 태양보다 질량이 큰 별: 수평 방향으로 진화하여 표면 온도가 높고 광도가 큰 주계열성이 된다.
- 태양보다 질량이 작은 별: 수직 방향으로 진화하여 표면 온도가 낮고 광도가 작은 주계열성이 된다.
- 질량이 큰 원시별일수록 중력 수축이 빠르게 일어나 주계열에 빨리 도달한다.

184 답 ① | ㄱ. 원시별에서 주계열성으로의 진화 속도는 질량이 클수록 빠르다. A가 B보다 광도가 크므로 질량이 더 크다. 주계열성이 되기까지 걸린 시간은 A가 B보다 짧다.

오답 피하기

ㄴ. P-P 연쇄 반응은 수소 원자핵인 양성자 4개가 연쇄적으로 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 만드는 과정이다. CNO 순환 반응은 탄소핵과 수소핵의 반응을 시작으로 질소핵과 산소핵을 거쳐 헬륨핵과 탄소핵이 만들어지는 과정이다.

질량이 큰 A는 중심에 대류핵, 주변으로 복사층이 나타나고 핵에서는 CNO 순환 반응이 우세하다.

ㄴ. 문제의 그림 (나)는 대류핵과 복사층으로 된 별의 내부 구조이다. 이러한 별은 태양 질량의 2배 이상인 주계열성으로, A의 내부 구조에 해당한다.

185 답 ③ | ㄱ. 태양 정도의 질량을 가진 별은 적색 거성, 행성상 성운을 거쳐 백색 왜성으로 진화한다.

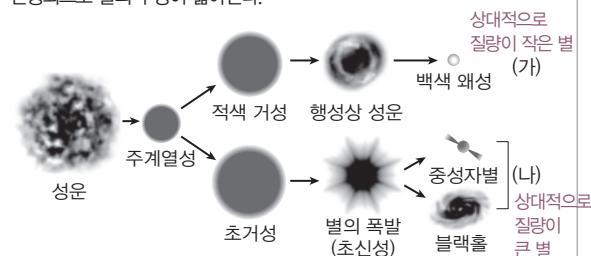
ㄴ. (나)의 초기성 단계에서는 별의 중심부에서 탄소, 네온, 산소, 규소 핵융합 반응이 차례로 일어나 철까지 만들어진 다. 이후 초신성 폭발 과정에서 철보다 무거운 원소가 만들어진다.

오답 피하기

ㄴ. 별의 질량이 클수록 주계열성으로 있는 시간이 짧다. (가)는 태양 정도 질량인 별의 진화 경로이고, (나)는 태양보다 질량이 큰 별의 진화 경로이다. 주계열성으로 있는 시간은 (가)보다 (나)의 경로를 거치는 별이 더 짧다.

문제 속 자료 별의 탄생과 진화 경로

질량이 큰 주계열성일수록 중심부의 온도가 높아 핵융합 반응이 빠르게 진행되므로 별의 수명이 짧아진다.



질량이 큰 별은 핵융합 재료(수소 등)를 많이 가지고 있지만 수소 핵융합 반응이 더 빨리 일어나 수소를 급격히 소모하므로 오히려 수명이 짧다.

186 답 ② | ㄴ. 주계열성의 에너지원은 수소 핵융합 반응에 의한 에너지이다. 수소 핵융합 반응은 중심부의 온도가 1000만 K 이상인 주계열성에서 일어난다.

오답 피하기

ㄱ. 질량이 가장 작은 별의 진화 과정은 A이다.

ㄴ. 철(Fe)보다 무거운 원소는 대부분 무거운 별의 내부에서 합성된 것으로 초거성에서 초신성 폭발 단계에 이를 때 만들어진다. B 과정이나 C 과정에서 만들어진다.

187 답 ④ | ㄱ. 질량이 작은 별의 마지막 단계에서는 백색 왜성이 만들어지고 질량이 큰 별의 마지막 단계에서는 중성자별이나 블랙홀이 만들어진다.

ㄴ. 질량이 큰 별일수록 중심부에서는 연속적인 핵융합 반응이 일어나 더 무거운 원소가 만들어진다.

오답 피하기

ㄴ. 태양 정도의 질량을 가진 별의 진화 단계는 주계열성 → 적색 거성 → 행성상 성운 → 백색 왜성으로 (나) 과정에 해당한다.

188 답 ⑤ | ㄱ. 원시별의 중심부 온도가 1000만 K에 이르면 수소는 핵융합 반응이 일어난다. 수소 핵융합 반응은 4개의 수소 원자핵이 융합되어 1개의 헬륨 원자핵이 생성되는 과정(A 과정)이다.

ㄴ. 태양 정도의 질량을 가진 별은 주계열성 → 적색 거성 → 행성상 성운 → 백색 왜성 단계로 진화 과정을 거친다. 헬륨 핵융합 반응까지 멈추면 별의 바깥층은 우주 공간으로 방출되어 행성상 성운이 되고, 중심부는 더욱 수축하여 백색 왜성(B)이 된다.

ㄴ. 별의 질량이 커질수록 핵융합 반응이 계속 일어나 더 무거운 원소가 만들어진다.

189 답 ③ | ㄴ. 행성의 질량이 클수록 공통 질량 중심은 별에서 멀어진다. 이로 인해 별의 흔들림이 더 커져 별빛의 편이량도 커진다.

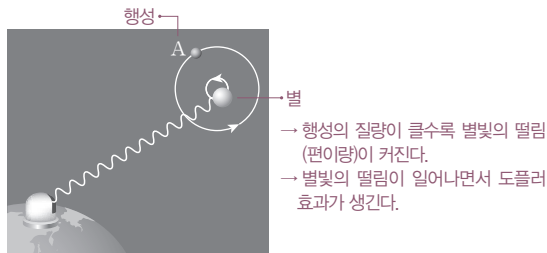
오답 피하기

ㄱ. 행성이 A에 있을 때 별은 관측자로부터 멀어진다. 이때 지구에서는 적색 편이가 관측된다.

ㄴ. 별빛의 파장 변화는 지구에서 별까지의 거리와는 상관없이 별이 다가오거나 멀어지는 속도의 영향을 받는다.

문제 속 자료 **도플러 효과를 이용한 외계 행성 탐사**

별은 행성 중력의 영향을 받아 공통 질량 중심 주위를 공전한다. 지구에서 관측하면 별이 미세하게 떨리는 것처럼 보이는데, 이러한 파장 변화는 도플러 효과로 관측된다.



- 별이 관측자에게 가까워지면 별빛의 파장이 짧아진다.
→ 청색 편이
- 별이 관측자에게서 멀어지면 별빛의 파장이 길어진다.
→ 적색 편이

190 답 ⑥ | ㄱ. 행성과 별은 공통 질량 중심을 중심으로 동일한 방향으로 공전한다. 행성의 공전 방향은 A이다.

ㄴ. 현재 별은 지구 방향으로 접근하고 있다. 지구에서는 별빛의 청색 편이가 관측될 것이다.

ㄴ. 같은 조건에서 행성의 질량만 커진다면 행성의 중력이 커지므로 별빛의 편이량은 현재보다 커질 것이다. 공통 질량 중심은 현재보다 별에서 멀어지고 별의 회전 속도가 증가하여 공전 주기는 짧아진다.

191 답 ⑥ | 공통 질량 중심을 중심으로 별과 행성이 동일한 방향으로 공전함에 따라 별은 미세한 떨림이 일어나면서 도플러 효과가 생긴다.

ㄱ. 공통 질량 중심에 가까운 B가 A보다 질량이 더 큰 중심별이다.

ㄴ. 비교 스펙트럼과 중심별 스펙트럼을 비교할 때 적색 편이가 일어났다. 중심별은 지구로부터 멀어지고 있으며 중심별과 행성은 시계 반대 방향으로 ㉠ 방향으로 공전하고 있다.

ㄴ. 행성의 질량이 작을수록 공통 질량 중심은 별에 가까워지고, 행성의 질량이 클수록 공통 질량 중심은 별에서 멀어진다.

192 답 ④ | ㄱ. 행성이 별 주위를 공전하면 별을 가리게 되므로 관측되는 별의 밝기가 달라진다. 행성이 별의 일부분이라도 가리게 되면 별의 밝기는 감소한다.

ㄴ. 지구에서 별을 관측할 때 별이 지구에 가까이 올 때와 지구에서 멀어질 때 관측되는 별빛의 파장이 달라진다. 이러한 도플러 효과를 이용하여 별빛의 스펙트럼을 분석할 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. 관측자의 시선 방향(다가오는 방향과 멀어지는 방향)과 행성의 공전 궤도면이 수직이면 별빛의 밝기나 파장 변화가 일어나지 않는다.

193 답 ③ | ㄱ. 행성이 중심별 주위를 공전하면서 중심별 앞을 지나게 되면 식 현상이 일어난다. 식 현상은 한 천체가 다른 천체를 가려서 전체가 보이지 않거나 일부가 가려질 때이다.

ㄴ. 행성의 반지름이 클수록 중심별 주위를 공전할 때 행성이 별을 가릴 수 있는 면적이 커진다. 이때 중심별의 밝기 변화는 더 커질 것이다.

오답 피하기

ㄴ. 행성이 중심별 주위를 1회 공전할 때마다 별의 밝기 변화는 1회 나타난다. 문제의 그림에서 행성이 중심별을 지나는 시간은 1일을 지날 때와 약 3.2일을 지날 때이다. 행성의 공전 주기는 약 2.2일이다.

- 194 답 ①** | ㄱ. 관측자에서 멀어지거나 가까워지는 시선 방향이 행성의 공전 궤도면과 나란할 경우, 행성이 중심별 주위를 공전할 때 중심별의 일부가 가려지는 식 현상이 나타나게 된다. 식 현상이 일어날 때 별의 겉보기 밝기는 (나)와 같이 감소하는 구간이 나타난다.

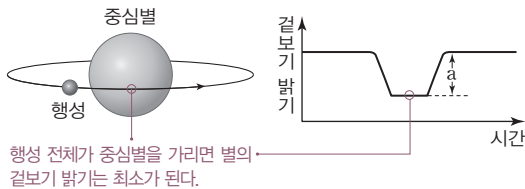
오답 피하기

ㄴ. 겉보기 밝기가 최소일 때 행성 전체가 별을 가리게 되므로 별과 행성은 관측자의 시선 방향에 나란하게 위치한다. 이때 공통 질량 중심을 중심으로 회전하는 별과 행성의 운동 방향은 관측자의 시선 방향과 거의 수직이다. 중심별의 별빛 스펙트럼에는 파장 변화가 나타나지 않을 것이다.

ㄷ. 행성의 반지름이 2배가 되면 행성의 면적은 2^2 이므로 4배가 되고, 행성에 의해 가려지는 별의 면적도 4배가 된다. 감소한 별의 겉보기 밝기의 양 a 는 처음의 4배로 커진다.

문제 속 자료 식 현상을 이용한 외계 행성 탐사

행성이 중심별의 거의 중앙에 위치하게 되면 중심별의 겉보기 밝기가 최소가 된다. 이때 관측자의 시선 방향은 별과 행성의 운동 방향과 거의 수직하게 되어 도플러 효과가 나타나지 않는다. 도플러 효과는 파장 변화가 일어날 때 관측자에게 가까이 오거나 멀어지는 현상이 나타나야 관측할 수 있다.



행성의 공전 궤도면과 관측자의 시선 방향이 같을 경우에는 별빛이 미세하게 떨리는 현상이 관측된다. 이때는 도플러 효과로 행성의 존재를 확인할 수 있다.

- 195 답 ③** | ㄱ. (가)에서 행성의 반지름이 클수록 행성에 의해 가려지는 중심별의 면적이 넓으므로 중심별의 밝기 변화가 크게 나타난다.

행성이 별을 가리지 않으면 별의 밝기가 가장 밝게 관측되고, 행성의 일부가 별의 일부를 가리면 별의 밝기가 감소한다. 행성 전체가 별의 일부를 가리면 별의 밝기가 가장 어렵게 관측된다.

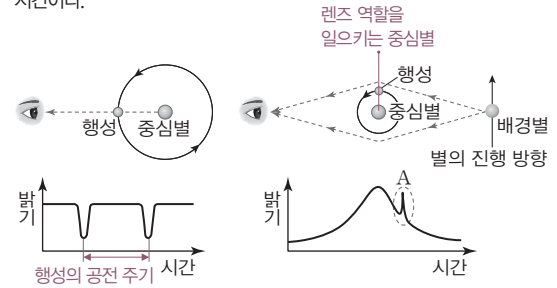
ㄴ. (나)에서 A는 행성의 중력에 의해 굴절되어 미세하게 나타나는 배경별의 밝기 변화이다. 시선 방향 앞뒤로 2개의 별이 놓여 있을 때 뒤쪽 별에서 오는 빛은 앞쪽 별의 중력 때문에 굴절되어 우리 눈에 보인다.

오답 피하기

ㄷ. 외계 행성을 탐사하는 방법 중 (가)는 행성에 의한 중심별의 밝기 변화를 이용한 것이고, (나)는 중심별과 행성에 의한 배경별의 밝기 변화를 이용한 것이다.

문제 속 자료 외계 행성 탐사 방법

(가): 행성의 공전 주기는 밝기가 최소인 지점에서 다음 최소인 지점까지의 시간이다.



(나): 렌즈 역할을 하는 중심별이 행성을 거느린 경우, 행성의 공전으로 배경별의 밝기가 미세하게 달라진다. 이때 배경별의 밝기 변화를 관측하여 중심별 주변의 행성 존재를 확인할 수 있다.

- 196 답 ③** | (가)는 도플러 효과를 이용한 외계 행성 탐사 방법이고, (나)는 식 현상을 이용한 외계 행성 탐사 방법이다.

ㄱ. (가)에서 별은 관측자의 시선 방향으로 접근하므로 청색 편이가 나타난다.

ㄴ. (가)에서는 별빛의 도플러 효과가 나타나는 주기를 이용하여 행성의 공전 주기를 구할 수 있다. (나)에서는 식 현상에 의한 별빛의 밝기 변화 주기를 이용하여 행성의 공전 주기를 구할 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. 행성의 공전 궤도면이 시선 방향과 수직일 때는 별의 미세한 떨림을 관측하기 어렵고 중심별의 밝기 변화를 관측하기 어렵다. 이때는 도플러 효과와 식 현상이 나타나지 않으므로 (가)와 (나) 모두 이용할 수 없다.

- 197 답 ③** | ㄱ. 별의 둘레에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 범위를 생명 가능 지대라고 한다.

ㄷ. 태양계에서 생명 가능 지대는 금성과 화성 사이이다. 태양계 행성 중에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 행성은 지구뿐이다.

오답 피하기

ㄴ. 별의 질량이 클수록 별의 광도가 증가하므로 생명 가능 지대는 별에서 멀어지고 그 폭이 넓어진다.

- 198 답 ④** | 생명 가능 지대에 있으면서 태양으로부터 거리가 1 AU인 행성은 지구이다. 지구보다 안쪽에 있고 생명 가능 지대에 포함되지 않은 A는 태양계 행성이고, B는 어느 주계열성을 공전하는 행성이다.

ㄱ. 중심별의 질량이 클수록(표면 온도가 높을수록, 광도가 클수록) 생명 가능 지대의 거리는 중심별에서 멀어진다. 질량은 태양이 B의 중심별보다 크다.

ㄴ. 중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대의 폭이 넓어진
다. 생명 가능 지대의 폭은 태양이 B의 중심별보다 넓다.

오답 피하기

ㄷ. B는 생명 가능 지대에 위치하고, A는 생명 가능 지대보다 안쪽에 위치한다. 물이 액체 상태로 존재하려면 행성이 생명 가능 지대에 위치해야 하므로, 물이 액체 상태로 존재할 가능성은 B가 A보다 높다.

199 답 ③ | ㄱ. 문제의 그림에서 시간이 지날수록 생명 가능 지대가 태양에서 멀어지고 있으므로 태양의 광도는 커진다.

ㄴ. 별의 광도가 클수록 생명 가능 지대의 폭이 넓어진다. 문제의 그림에서 시간이 지날수록 태양의 광도가 커지므로 태양계 생명 가능 지대의 폭은 넓어진다.

오답 피하기

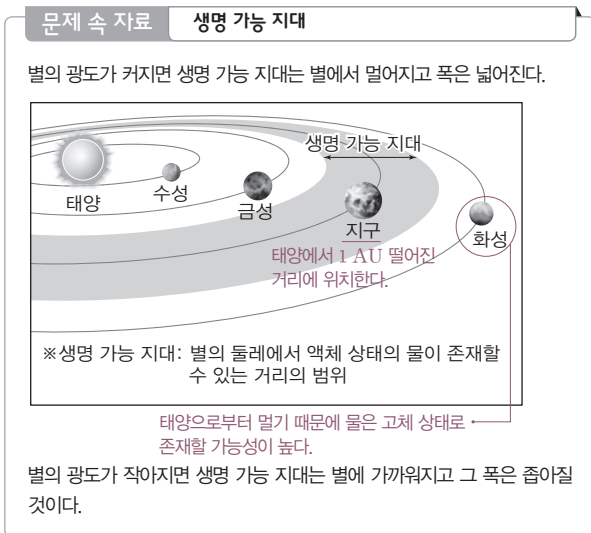
ㄷ. 현재로부터 40억 년 후에 1 AU 거리는 생명 가능 지대의 안쪽 지역이다. 이때는 별과 행성 사이의 거리가 가까워 물이 증발하여 기체 상태로 존재할 것이다.

200 답 ③ | ㄱ. 태양계에서 생명 가능 지대는 금성과 화성 사이인데, 이 영역에 속하는 행성은 지구뿐이다.

ㄷ. 태양의 복사 에너지 방출량이 현재의 절반이 된다면 별의 광도가 지금의 절반이 된다. 이때 생명 가능 지대는 현재보다 태양에 가까워질 것이다.

오답 피하기

ㄴ. 금성은 생명 가능 지대보다 태양에 가까워 물이 모두 증발하므로 기체 상태로 존재할 수 있다.



201 답 ④ | ㄴ. 타원 은하는 성간 물질이 거의 없거나 적고, 주로 나이가 많은 붉은색 별들로 이루어져 있다.

ㄷ. 나선 은하(정상 나선 은하, 막대 나선 은하)의 나선팔에

서는 새로운 별들이 활발하게 탄생한다. 나이가 젊은 파란색 별들과 성간 물질이 풍부하다.

오답 피하기

ㄱ. 허블은 은하를 진화 과정과 상관없이 모양(겉보기 형태)에 따라 타원 은하, 정상 나선 은하, 막대 나선 은하, 불규칙 은하로 분류하였다. 타원 은하보다 나선 은하가 더 진화된 단계의 은하라고 생각하지 않도록 한다.

202 답 ② | A는 정상 나선 은하, B는 막대 나선 은하, C는 타원 은하이다.

ㄴ. 타원 은하는 성간 물질이 거의 없고, 나선 은하의 나선팔에는 성간 물질이 주로 분포한다. 나선 은하 B는 타원 은하 C보다 젊은 별과 성간 물질이 많다.

오답 피하기

ㄱ. A와 C는 막대 구조가 없다. 막대 구조는 B에서만 나타난다.

ㄷ. 우리 은하는 막대 나선 은하이므로 허블의 은하 형태 분류에 따라 B에 해당한다.

203 답 ① | A는 불규칙 은하, B는 타원 은하, C는 정상 나선 은하, D는 막대 나선 은하이다.

ㄱ. A는 모양이 규칙적이지 않으므로 불규칙 은하이다. 은하가 타원이나 나선 등 일정한 모양이나 규칙적인 구조가 나타나지 않을 경우 불규칙 은하로 분류한다.

오답 피하기

ㄴ. B는 모양이 규칙적이지만 나선팔이 없으므로 타원 은하이다. 우리 은하는 막대 나선 은하이므로 D에 해당한다.

ㄷ. D는 모양이 규칙적이고 나선팔과 중심부에 막대 구조가 있으므로 막대 나선 은하이다. 나선 은하는 나선팔이 감긴 정도에 따라 a, b, c로 분류한다. 편평도에 따라 세분되는 은하는 타원 은하이다.

204 답 ② | 허블은 외부 은하를 모양에 따라 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 분류하였다. 나선 은하는 중심부에 막대 구조가 있는지 없는지에 따라 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 구분된다. (가)는 정상 나선 은하, (나)는 막대 나선 은하, (다)는 타원 은하, (라)는 불규칙 은하이다.

ㄷ. 불규칙 은하는 일정한 모양이나 규칙성이 나타나지 않는 은하이다.

오답 피하기

ㄱ. 은하를 (가)와 (나)로 분류하는 기준은 중심부의 막대 구조의 유무이다.

ㄴ. 타원 은하는 주로 늙은 별들로 구성되어 있다.

문제 속 자료 타원 은하와 나선 은하의 특징

별은 성간 물질(성간 기체나 성간 티끌 등)이 밀집된 성운에서 탄생한다. 젊은 별일수록 성간 물질이 많고 나이트 별일수록 성간 물질이 적거나 거의 없다.

타원 은하와 나선 은하의 특징을 비교하여 알아두도록 한다.

- 타원 은하: 비교적 늙은 붉은색의 별들로 되어 있다.
 - 생성된 지 오래된 나이가 많은 은하이다.
 - 성간 물질이 거의 없거나 적다.
- 나선 은하: 비교적 젊은 파란색의 별들로 되어 있다.
 - 생성된 시기가 젊은 은하이다.
 - 나선팔에 성간 물질이 많이 분포한다.

205 답 ⑤ | ㄱ. 풍선 표면은 우주 공간에 비유할 수 있다. 풍선을 불었을 때 풍선이 커지는 것은 우주 팽창에 비유할 수 있다.

ㄴ. 풍선을 불면 풍선의 크기가 커지면서 풍선 표면에 표시한 모든 은하들 사이의 거리가 멀어진다. 이 사실로부터 은하들이 서로 멀어지고 있으며, 우주가 팽창하고 있다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 초고온, 초고압, 초고밀도의 극소 우주가 폭발하여 현재와 같은 우주가 형성되었다고 생각하는 것이 대폭발 우주론(빅뱅 우주론)이다. 과거의 우주는 현재보다 작았다.

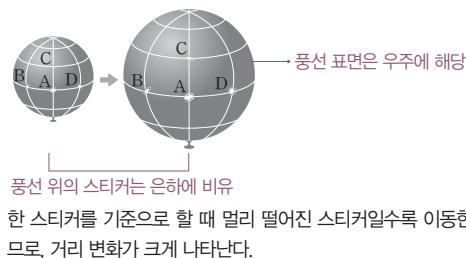
206 답 ⑤ | ㄱ. 풍선을 크게 불면 불수록 풍선 표면 위의 각 스티커들 사이의 거리는 더 멀어진다.

ㄴ. D를 기준으로 했을 때 D에서 멀리 떨어진 스티커일수록 더 많이 멀어졌으므로 거리 변화가 크게 나타날 것이다.

ㄷ. 이 실험을 통해 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 빠르고, 팽창하는 우주에 중심이 없다는 사실을 알 수 있다.

문제 속 자료 모형 실험으로 알아본 우주 팽창

과정 (다)보다 과정 (라)에서 스티커들 사이의 거리가 더 멀어지고, 어느 스티커를 기준으로 해도 스티커들 사이의 거리는 멀어진다.



207 답 ③ | ㄱ. 풍선의 크기가 커질수록 풍선 표면의 단추 A, B, C 사이의 거리는 서로 멀어진다.

ㄷ. 풍선 표면에 그려진 물결 무늬(~)는 풍선의 크기가 커질수록 길어진다. 현재 관측되는 우주 배경 복사도 우주 팽창 이후 온도는 계속 낮아졌고 파장은 길어졌다.

오답 피하기

ㄴ. 풍선을 불 때 A, B, C 중 어느 단추를 기준으로 해도 다른 단추들은 점점 멀어진다. 즉, 풍선 표면에는 특정한 중심이 없다. 팽창하는 우주에 특정한 중심이 없는 것과 같다.

208 답 ③ | ㄱ. 풍선을 크게 불수록 A, B, C는 서로 멀어진다.

ㄷ. 우주의 팽창으로 은하들 사이의 거리는 서로 멀어지며, 우주 팽창의 특정한 중심은 없다.

오답 피하기

ㄴ. (다)의 결과에서 ㉠은 ㉡보다 크게 나타날 것이다. 두 은하 사이의 거리가 멀수록 우주 팽창에 따른 거리 변화는 더 크게 나타난다.

209 답 ① | 적색 편이를 이용하여 은하까지 떨어진 거리와 후퇴 속도와의 관계를 알 수 있다.

ㄱ. 화살표(→)의 길이는 파장이 a인 흡수선이 이동된 정도이다. 은하 A와 B는 화살표 길이만큼 파장이 길어졌고 모두 적색 편이가 나타난다.

오답 피하기

ㄴ. 은하 A는 B보다 적색 편이가 더 크게 나타났으므로 A는 B보다 더 먼 거리에 있다.

ㄷ. 지구로부터 멀어지는 은하에서는 적색 편이가 나타나고, 지구에 가까워지는 은하에서는 청색 편이가 나타난다.

210 답 ① | ㄱ. 기준 스펙트럼과 은하 A의 스펙트럼의 흡수선을 비교해 보면, 은하 A의 스펙트럼에서는 흡수선들이 기준 스펙트럼보다 파장이 긴 쪽(붉은색 쪽)으로 치우치는 적색 편이가 나타난다.

오답 피하기

ㄴ. 외부 은하의 후퇴 속도는 적색 편이가 크게 나타날수록 빠르다. 후퇴 속도는 은하 A가 B보다 작다.

ㄷ. 적색 편이가 크게 나타나는 은하일수록 우리 은하로부터의 거리가 멀다. 우리 은하로부터의 거리는 은하 B가 A보다 멀다.

211 답 ① | ㄱ. A와 C에서는 별과 거리 변화가 없으므로 별빛 스펙트럼 흡수선의 파장 변화도 없다. A와 C에서 관측되는 별빛 흡수 스펙트럼의 파장은 같을 것이다.

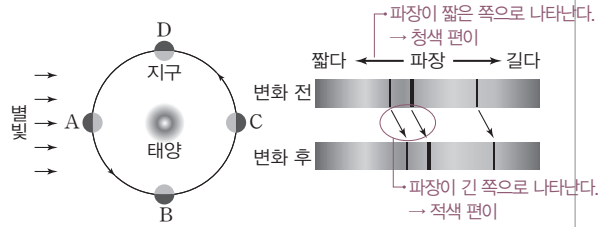
오답 피하기

ㄴ. (나)는 흡수선의 파장이 길어지므로 적색 편이이다.

ㄷ. C → D 동안에는 지구가 별 쪽으로 접근하므로 흡수선에서는 청색 편이가 나타날 것이다.

문제 속 자료 별빛 흡수 스펙트럼의 파장 변화

- (가) A, C: 지구에서 별에 가까워지거나 별에서 멀어지는 거리 변화가 나타나지 않으므로 스펙트럼의 흡수선에서 편이량이 나타나지 않을 것이다.
A → B: 지구가 별에서 멀어지므로 적색 편이가 나타난다.
C → D: 지구가 별 쪽으로 접근하므로 청색 편이가 나타난다.



(나) 스펙트럼의 흡수선은 파장이 길면 붉은색 쪽으로, 파장이 짧으면 파란색 쪽으로 나타난다. 스펙트럼에 색깔이 나타나지 않더라도 파장 변화로 편이를 구분할 수 있다.

- 212 답 ④** | ㄱ. 우리 은하에서 거리가 가장 먼 은하 C가 거리가 가장 가까운 은하 A보다 후퇴 속도가 빠르다.
ㄴ. 우리 은하를 기준으로 멀리 떨어진 은하일수록 적색 편이가 크게 나타난다. 은하 A의 흡수 스펙트럼은 b, 은하 B의 흡수 스펙트럼은 a, 은하 C의 흡수 스펙트럼은 c이다.

오답 피하기

ㄷ. 모든 은하가 서로 멀어지므로 팽창하는 우주에 특정한 중심은 없다.

- 213 답 ①** | 은하의 거리(r)에 따른 후퇴 속도(v)는 A가 B보다 크다.

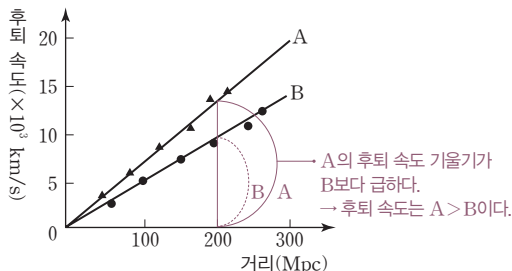
ㄱ. 허블 상수($H = \frac{v}{r}$)는 $A > B$ 이다.

오답 피하기

- ㄴ. 우주의 나이는 허블 상수의 역수($\frac{1}{H}$)이므로 $A < B$ 이다.
ㄷ. 우주의 팽창 속도는 $A > B$ 이다.

문제 속 자료 허블 법칙

- 허블 법칙: 은하의 후퇴 속도는 그 은하까지의 거리에 비례한다.
- 허블 상수: 외부 은하의 후퇴 속도와 거리 사이의 관계를 나타내는 비례 상수이다.
- 그림에서 같은 거리일 때 A의 후퇴 속도가 B보다 빠르다.



- 우주의 크기는 $A > B$ 이다.

- 214 답 ④** | ㄴ. 은하 B에서 관측할 때 은하 A와 C는 멀어지고 있으므로 적색 편이가 나타난다.

ㄷ. C에서 관측하면 A는 C와 반대 방향으로 멀어지고, C의 이동 속도와 A의 멀어지는 속도를 합친 만큼 A는 후퇴하고 있다. C에서 관측하면 A 은하의 후퇴 속도는 4000 km/s이다.

오답 피하기

ㄱ. A, B, C 중 어느 은하를 기준으로 해도 다른 은하는 서로 멀어지고 있다. 팽창하는 우주에 중심 은하는 없다.

- 215 답 ②** | ㄷ. 문제의 그림에서 외부 은하들의 후퇴 속도는 거리에 비례한다.

오답 피하기

ㄱ. 우주의 모든 방향에서 적색 편이 현상이 관측되는 것은 우주가 팽창하고 있다는 것이다. 이때 팽창하는 우주에 특별한 중심은 없다.

ㄴ. 멀리 떨어진 은하일수록 후퇴 속도가 빠르고, 가까운 은하일수록 후퇴 속도가 느리다.

- 216 답 ④** | ㄱ. 문제의 그림에서 은하 A나 은하 B에서 관측자의 위치를 중심으로 외부 은하들은 모두 멀어지고 있다. 관측자의 위치가 우주의 중심이라고 생각하지 않도록 한다.

ㄴ. 은하들의 후퇴 속도는 거리에 비례한다. 관측자로부터 멀리 떨어진 은하일수록 후퇴 속도가 빠르다.

오답 피하기

ㄷ. 은하 A와 은하 B에서 관측했을 때 두 위치 모두에서 은하들은 모두 멀어져 간다. 우주가 팽창하는 데 기준이 되는 은하는 없다.

- 217 답 ①** | ㄱ. 우주의 나이가 38만 년이 되었을 때 빛과 물질이 분리되면서 우주는 투명하게 되었다.

오답 피하기

ㄴ. WMAP 위성이 관측한 우주 배경 복사를 보면, 현재 우주의 물질 분포는 완전하게 균일하지 않고 미세하게 불균일한 분포를 나타낸다.

ㄷ. 우주 배경 복사는 우주의 온도가 약 3000 K일 때 빠져 나온 빛이다. 우주가 팽창한 후 온도가 낮아지면서 우주 배경 복사의 파장도 길어졌는데, 현재 우주 배경 복사는 약 2.7 K으로 관측된다. 우주 배경 복사의 파장은 우주의 온도가 약 2.7 K일 때보다 약 3000 K일 때 짧았다.

- 218 답 ④** | ㄴ. 우주 배경 복사는 빅뱅 이후 우주 물질로부터 빠져 나온 빛이 파장이 길어진 상태로 우주 전체에서 관측되는 것이다. (가), (나)는 모두 전파 영역에서 관측한 것이다.

ㄷ. (가), (나) 관측 자료를 보면, 관측된 우주 배경 복사에 온도 편차가 나타난다. 우주의 물질 분포가 균일하게 분포하지 않음을 알 수 있다.

오답 피하기

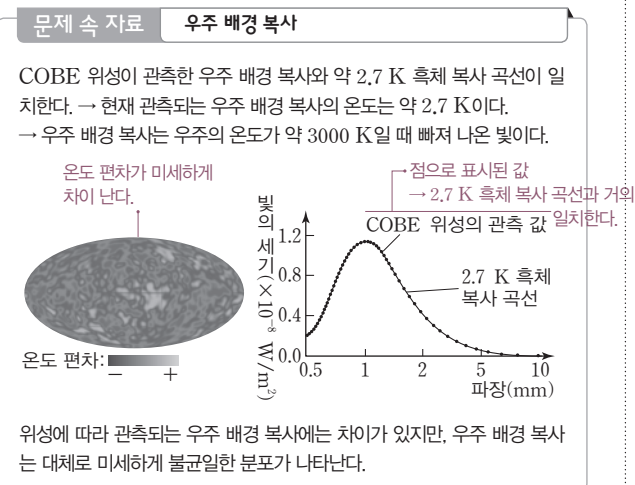
ㄱ. (나)는 (가)보다 우주 배경 복사의 온도 편차 분포가 자세하므로 물질의 분포를 더 자세하게 알 수 있다.

219 답 ② | ㄷ. 우주 배경 복사의 불균일한 온도 분포는 우주의 물질이 불균일하게 분포되어 있음을 알려준다.

오답 피하기

ㄱ. 우주 배경 복사는 우주의 온도가 약 3000 K일 때 원자가 만들어지면서 물질에서 빠져 나온 빛이다.

ㄴ. 우주가 팽창하면서 우주 배경 복사의 온도가 점차 내려가서 현재는 약 2.7 K으로 관측된다.



220 답 ⑤ | ㄱ. 우주 배경 복사는 빅뱅 이후 약 38만 년 후(문제의 그림 (가)에서 A)에 빠져 나온 빛으로, 이때의 우주 온도는 약 3000 K이다.

ㄴ. WMAP 위성이 촬영한 우주 배경 복사 분포를 보면 우주 배경 복사는 모든 방향에서 관측된다.

ㄷ. 현재 우주 배경 복사는 약 2.7 K 흑체 복사에 해당한다.

221 답 ④ | ㄱ. 우주를 구성하는 요소 중 가장 많은 비율을 차지하는 (가)는 암흑 에너지이다.

ㄴ. 암흑 물질은 보통 물질보다 우주에서 차지하는 양이 많다. 우주를 구성하는 물질은 암흑 에너지 > 암흑 물질 > 보통 물질의 순으로 분포한다.

오답 피하기

ㄷ. 우주가 중력을 가진 물질로만 되어 있다면 우주 자체는 물질들의 중력에 의해 수축되어야 하지만, 우주는 중력과 반대로 가속 팽창하고 있다. 이렇게 중력과 반대로 작용하면서

우주의 팽창을 가속시키는 우주의 물질을 암흑 에너지라고 한다.

222 답 ① | ㄱ. 현재 우주는 암흑 에너지가 73 %, 암흑 물질이 23 %, 보통 물질이 4 %를 차지한다.

오답 피하기

ㄴ. 우주의 팽창으로 우주의 물질 밀도는 점점 작아질 것이다.

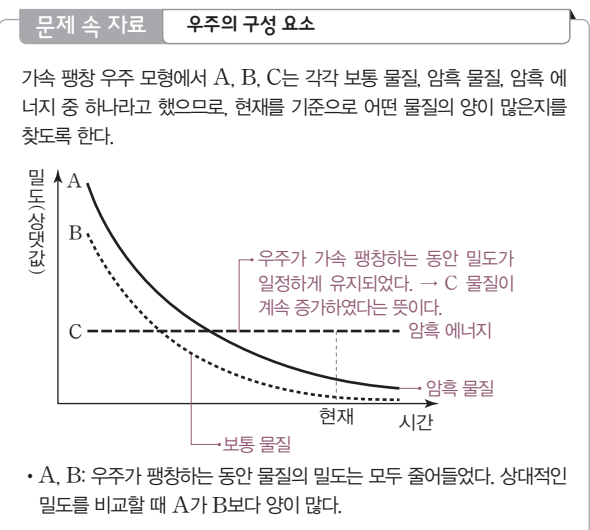
ㄷ. 115억 년 후에는 현재보다 암흑 에너지가 많아지므로 (73 % → 95 %) 우주의 팽창 속도가 빨라질 것이다.

223 답 ⑤ | 현재 우주의 구성 물질은 암흑 에너지가 가장 많고, 그 다음으로 암흑 물질과 보통 물질 순으로 많다.

ㄱ. A는 현재 두 번째로 많으므로 암흑 물질이다.

ㄴ. 우주가 팽창하고 있는데 암흑 에너지인 C의 밀도는 일정하므로, 암흑 에너지의 총량은 시간에 따라 증가했을 것이다.

ㄷ. 문제의 그림에서 보통 물질인 B가 차지하는 비율은 시간에 따라 감소하고 있다.



224 답 ⑤ | 멀리 있는 Ia형 초신성일수록 적색 편이량이 크고 겉보기 등급이 더 크게 관측된다. 절대 등급은 별로부터 떨어진 거리에 상관없이 일정한 밝기로 관측되지만, 겉보기 등급은 거리가 멀어질수록 더 어둡게 보인다.

ㄱ. 멀리 있는 Ia형 초신성일수록 허블 법칙으로 구한 겉보기 등급보다 더 큰 값을 나타내므로 더 어둡게 보일 것이다.

ㄴ. Ia형 초신성 관측 결과 우주의 팽창 속도는 점점 빨라지고 있다.

ㄷ. 우주의 팽창 속도가 점점 빨라지기 위해서는 중력과 반대로 작용하는 암흑 에너지의 존재가 필요하다. Ia형 초신성 관측 결과로 우주를 가속 팽창시키는 물질을 암흑 에너지로 설명할 수 있게 되었다.

