

# 바른답



# 알찬풀이

개념학습편 ..... 2

시험대비편 ..... 75



## I 대기과 해양의 상호작용

### 1 해수의 성질과 순환

#### 01강 해수의 성질

##### 탐구 확인문제

13쪽

01 ②                      02 (1) ○ (2) × (3) ×

- 01 답 ②
- ② 연평균 수온은 태양 복사 에너지의 흡수량이 가장 많은 솔로몬 제도에서 가장 높다.
- 오답 피하기** ① 8월의 표층 수온은 적도 부근에 위치한 솔로몬 제도에서 가장 높다.
- ③ 수온의 연교차는 시드니보다 제주도에서 크다.
- ④ 표층 수온에 영향을 미치는 주요 요인은 태양 복사 에너지이다.
- ⑤ 표층 해수의 평균 밀도는 적도 부근에서 가장 작다.

- 02 답 (1) ○ (2) × (3) ×
- (1), (3) 밀도 변화에 미치는 영향은 염분보다 수온이 크므로 수심이 깊어질수록 밀도가 증가한다.
- (2) 깊이에 따른 수온 변화는 수온 약층에서 가장 크다.

##### 기본 탄탄 문제

14쪽

- 01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×
- 02 ㉠ 심해층, ㉡ 혼합층, ㉢ 수온 약층
- 03 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○      04 ㉠ 낮, ㉡ 높, ㉢ 낮, ㉣ 높
- 05 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×      06 (1) ○ (2) × (3) × (4) ×

- 01 답 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×
- (4) 계절에 따른 표층 수온의 변화는 태양 복사 에너지량의 연교차가 큰 중위도 해역에서 크게 나타난다.

- 02 답 ㉠ 심해층, ㉡ 혼합층, ㉢ 수온 약층
- 해수는 깊이에 따른 수온 분포에 따라 혼합층, 수온 약층, 심해층으로 구분할 수 있다. 수온 약층은 혼합층과 심해층 사이의 물질과 에너지 교환을 차단하는 역할을 한다.

- 03 답 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○
- (2) 표층 염분은 적도 해역이나 고위도 해역에 비해 중위도 해역에서 높게 나타난다.
- (3) 표층 해수의 염분 변화에 가장 큰 영향을 주는 요인은 증발량과 강수량이다.

- 04 답 ㉠ 낮, ㉡ 높, ㉢ 낮, ㉣ 높
- 표층 염분은 대체로 (증발량-강수량)에 비례한다. 하천수 유입과 해빙은 표층 염분을 감소시키는 요인이고, 해수 결빙은 표층 염분을 증가시키는 요인이다.

- 05 답 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×
- (2) 밀도약층은 수심에 따라 밀도가 급격히 커지는 층으로 수온 약층이 나타나는 깊이와 거의 일치한다.
- (4) 심해층은 태양 복사 에너지의 영향을 거의 받지 않기 때문에 계절에 따른 해수의 밀도 변화가 가장 작게 나타난다.

- 06 답 (1) ○ (2) × (3) × (4) ×
- (2) 기체의 용해도는 이산화 탄소가 산소보다 크므로 해수의 용존기체량은 이산화 탄소가 산소보다 많다.
- (3) 용존 이산화 탄소량은 수심이 깊어질수록 대체로 증가한다.
- (4) 기체의 용해도는 수온에 반비례하므로 수온이 상승하면 용존기체량은 감소한다.

##### 실력 쏙쏙 문제

15~17쪽

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

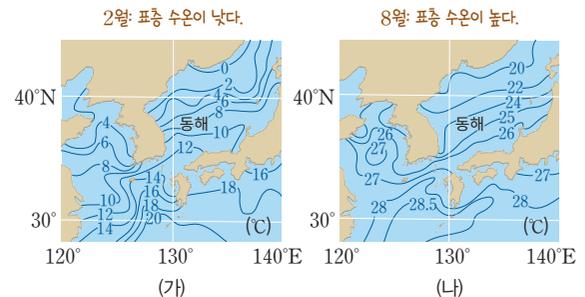
##### 단답형·서술형 문제

- 13 태양 복사 에너지의 흡수량      14 해설 참조
- 15 (1) 150 m (2) 해설 참조

- 01 답 ③
- ㄱ. 표층 수온은 태양 복사 에너지의 영향으로 대체로 위도에 따라 낮아지게 나타난다.
- ㄴ. 대서양 30°N 해역의 표층 수온은 한류가 흐르는 동쪽보다 난류가 흐르는 서쪽에서 대체로 높게 나타난다.
- 오답 피하기** ㄷ. 표층 수온은 고위도에서 저위도로 갈수록 대체로 높게 나타난다.

- 02 답 ②

##### 자료 분석 우리나라 주변 해역의 수온 분포



- 표층 수온은 태양 복사 에너지의 흡수량이 많을수록 높다.
- 동해에서 남북 간의 수온 차: 2월 > 8월

ㄴ. 제주도 주변 해역에서 표층 수온은 2월에 12°C~14°C이고, 8월에 26°C~27°C이다. 따라서 수온의 연교차는 10°C보다 크다.

**오답 피하기** ㄱ. 표층 수온은 (가)보다 (나)에서 높으므로 (가)는 2월, (나)는 8월이다.

ㄷ. 동해에서 남북 간의 수온 차는 2월에 10°C보다 크고, 8월에 10°C보다 작다.

**03** 답 ①

ㄱ. A는 바람에 의해 해수가 섞이면서 만들어지는 혼합층이므로 바람이 강할수록 두꺼워진다.

**오답 피하기** ㄴ. B는 수심에 따른 수온 변화가 가장 크게 나타나는 수온 약층이다.

ㄷ. C는 계절에 따른 수온 변화가 거의 없는 심해층이다.

**04** 답 ⑤

ㄱ. 염분비 일정 법칙에 따라  $\frac{4.35}{31.1} = \frac{\text{㉚}}{23.33}$  이므로 ㉚은 약 3.26이다. 또한, (가)에서 염화 마그네슘은 기타보다 적다. 따라서 염분비 일정 법칙에 의해 (나)에서도 염화 마그네슘의 양 ㉚이 기타 3.41 g보다 적을 것이다.

ㄴ. (가)에서 해수 1 kg에 포함된 염류의 총량이 40 g이므로 염분은 40 psu이다.

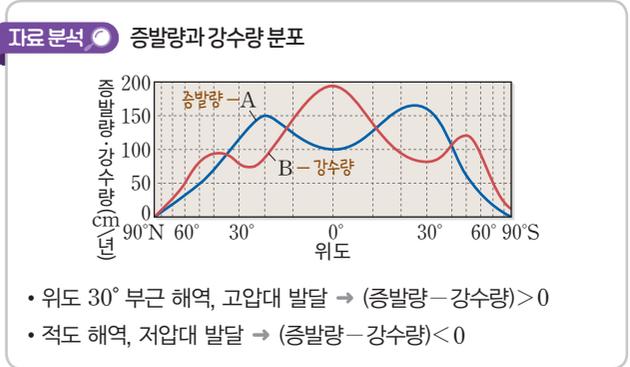
ㄷ. 20 psu인 해수 1 kg에 포함된 염화 나트륨의 양은 (가)의 31.1 g의 절반인 15.55 g이다.

**05** 답 ③

ㄴ, ㄷ. 증발량이 많아지거나 해수의 결빙이 일어나면 해수의 표층 염분은 증가한다.

**오답 피하기** ㄱ, ㄹ. 강수량이 증가하거나 하천수의 유입량이 증가하면 해수에 포함된 담수의 양이 많아져 표층 염분이 감소한다.

**06** 답 ⑤



⑤ 적도 해역은 중위도 해역보다 (증발량-강수량) 값이 작으므로 표층 염분이 낮게 나타난다.

**오답 피하기** ① A는 증발량, B는 강수량이다.

② 위도 30° 부근에는 고압대가 발달한다.

③ (증발량-강수량)은 적도에서 가장 작게 나타난다.

④ (증발량-강수량) 값이 클수록 표층 염분이 높다.

**07** 답 ①

ㄱ. 대서양은 태평양보다 표층 염분이 대체로 높게 나타난다.

**오답 피하기** ㄴ. 적도 해역에서는 저압대가 발달하여 강수량이 증발량보다 많다. 따라서 대체로 표층 염분이 낮다.

ㄷ. 대양의 가장자리는 대륙에서 담수가 유입되므로 대양의 중앙부에 비해 표층 염분이 낮다.

**08** 답 ④

해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 따라서 표층 해수의 밀도는 B > C > A이다.

**09** 답 ②

ㄷ. 0°~60° 해역에서 표층 해수의 밀도(C)는 수온(A)에 반비례하는 경향이 잘 나타난다.

**오답 피하기** ㄱ. 표층 염분(B)은 (증발량-강수량)에 대체로 비례한다.

ㄴ. A는 수온, B는 염분, C는 밀도이다.

**10** 답 ②

ㄷ. B 해역에서 강수량이 많아지면 표층 염분이 감소하므로 표층 해수의 밀도는 감소한다.

**오답 피하기** ㄱ. A 해역은 C 해역보다 표층 수온이 높으므로 저위도에 위치한다.

ㄴ. 수온 염분도에서 해수의 밀도는 오른쪽 아래로 갈수록 증가하므로 표층 해수의 밀도는 A < B < C이다.

**11** 답 ①

ㄱ. 용존산소량은 수온이 낮을수록 증가한다. 따라서 용존산소량은 저위도에서 고위도로 갈수록 대체로 증가한다.

**오답 피하기** ㄴ. 위도에 따른 용존산소량의 변화는 등수치선이 밀집해 있는 30°~60° 해역에서 크다. 적도 부근에서는 위도에 따른 변화량이 상대적으로 매우 작다.

ㄷ. 용존산소량이 최대 나타나는 영역은 극지방이며, 이곳에서 용존산소가 많은 까닭은 수온이 매우 낮기 때문이다.

**12** 답 ②

ㄷ. 이산화 탄소(B)의 농도가 표층에서 낮은 까닭은 해양 생물의 광합성으로 소비되기 때문이다.

**오답 피하기** ㄱ. A는 표층에 많이 녹아 있는 용존산소량의 농도를, B는 수심이 깊어질수록 많이 녹아 있는 용존 이산화 탄소의 농도를 나타낸다.

ㄴ. 그래프의 가로축 눈금 값을 비교해 보면 해수의 용존기체량은 산소보다 이산화 탄소가 많다는 것을 알 수 있다.

**13** 답 태양 복사 에너지의 흡수량

표층 수온은 적도에서 가장 높고 고위도로 갈수록 낮게 나타난다. 이는 태양 복사 에너지의 흡수량이 적도에서 최대이고 고위도로 갈수록 감소하기 때문이다.

14

표층 염분은 (증발량-강수량), 하천수 유입, 해수의 결빙 등의 영향을 받는다. 특히 우리나라 해역에 가장 큰 영향을 주는 요인은 (증발량-강수량)이다.

**예시 답안** 표층 염분은 (증발량-강수량)에 가장 큰 영향을 받는다. 우리나라는 (증발량-강수량)이 여름철보다 겨울철에 크기 때문에 표층 염분도 여름철보다 겨울철에 높게 나타난다.

채점 기준	배점(%)
여름철과 겨울철의 염분 변화를 (증발량-강수량)과 관련지어 옳게 설명한 경우 또는 강수량이 여름철에 더 많기 때문이라고 설명한 경우	100
증발량 또는 강수량만 언급하였거나, 하천수 유입만 언급한 경우	50

15

(1) 혼합층은 바람의 혼합 작용으로 표층에서 수온이 일정하게 나타나는 층이다.

(2) 수온 약층은 혼합층 아래에서 깊이에 따라 수온이 급격하게 변하는 층으로, 밀도약층이 나타나는 깊이와 거의 일치한다.

**예시 답안** 150 m~1200 m, 150 m에서 밀도는 약 1.0265 g/cm<sup>3</sup>이고 1200 m에서 밀도는 약 1.0275 g/cm<sup>3</sup>이다. 따라서 수온 약층에서 밀도 변화량은 약 0.001 g/cm<sup>3</sup>이다.

채점 기준	배점(%)
수온 약층의 깊이와 밀도 변화량을 모두 옳게 제시한 경우	100
수온 약층의 깊이만 옳게 제시한 경우	50

02강 해수의 순환

기본 탄탄 문제

22쪽

- 01 (1)×(2)×(3)○(4)○(5)○
- 02 ㉠ 남극 저층수, ㉡ 북대서양 심층수, ㉢ 남극 중층수
- 03 (다), (라), (가), (나)      04 (1)×(2)○(3)○(4)○
- 05 ㉠ 침강, ㉡ 표층      06 (1)○(2)○(3)○(4)○

01 **답** (1)×(2)×(3)○(4)○(5)○  
 (1) 심층 순환은 수온과 염분 변화로 인한 밀도 차로 발생한다.  
 (2) 심층 순환은 표층 순환에 비해 속도가 매우 느리다.

02 **답** ㉠ 남극 저층수, ㉡ 북대서양 심층수, ㉢ 남극 중층수  
 대서양의 연직 단면을 보면 남극 저층수, 북대서양 심층수, 남극 중층수 등으로 구분된다.

03 **답** (다), (라), (가), (나)  
 밀도가 큰 해수일수록 더 깊은 곳에서 흐른다. 대서양 적도 부근 해역에서 깊이에 따른 해수의 분포를 보면, 수심이 깊어질수록

대서양 표층수 → 남극 중층수 → 북대서양 심층수 → 남극 저층수가 분포한다.

04 **답** (1)×(2)○(3)○(4)○  
 (1) 표층 순환은 대기 대순환에 의한 바람 때문에 발생하므로 풍성 순환이라고도 한다.

05 **답** ㉠ 침강, ㉡ 표층  
 표층 순환과 심층 순환은 서로 연결되어 있어 전체 해양에서 큰 순환을 이루고 있으며, 위도에 따른 에너지 불균형을 완화하는데 중요한 역할을 한다.

06 **답** (1)○(2)○(3)○(4)○  
 (1) 심층 순환과 표층 순환은 서로 연결되어 있으므로 심층 순환이 약해지면 표층 순환도 약해져 지구의 기후 변화에 큰 영향을 미친다.  
 (2) 심층 순환은 산소가 풍부한 표층 해수를 심해로 운반하여 심해에 산소를 공급해 주는 역할을 한다.

실력 꼭꼭 문제

23~25쪽

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

단답형 서술형 문제

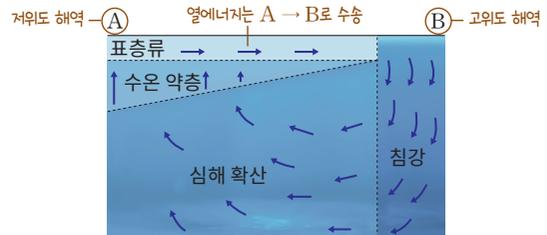
- 13 해설 참조
- 14 (1) A: 남극 중층수, B: 북대서양 심층수, C: 남극 저층수  
 (2) 해설 참조      15 해설 참조

01 **답** ①  
 ① 심층 순환은 주로 수온과 염분의 변화로 나타나기 때문에 열염 순환이라고도 한다.

**오답 피하기** 심층 순환은 해양의 심층에서 일어나는 전 지구적인 규모의 순환으로, 표층 순환에 비해 유속이 매우 느리다.

02 **답** ②

자료 분석 심층 순환 모형



- 열에너지는 표층류에 의해 A에서 B로 수송된다.
- B 해역에서 고밀도 해수가 침강한 뒤 심층수는 B에서 A로 이동한다.
- 심층수는 표층수보다 이동 속도가 느리다.

ㄴ. B 해역에서는 밀도가 큰 찬 해수가 침강한다.  
**오답 피하기** ㄱ. A는 저위도 해역이고 B는 고위도 해역이므로, 표층 수온은 A 해역이 B 해역보다 높다.  
 ㄷ. 해수의 유속은 표층이 심층보다 빠르다.

**03** **답** ④  
 ㄴ. 표층에서 침강하여 흐르면서 수온과 염분이 거의 일정하게 유지되는 해수 덩어리를 수괴라고 한다.  
 ㄷ. 수괴의 성질을 조사하여 수온 염분도에 나타내면 수괴의 기원과 이동 경로를 추정할 수 있다.  
**오답 피하기** ㄱ. 수괴는 다른 수괴와 쉽게 섞이지 않으므로 고유한 성질을 유지한다.

**04** **답** ③  
 ㄱ. A에서 빠져나오는 물은 수조의 물보다 밀도가 크므로 수조의 밑바닥으로 가라앉는다.  
 ㄴ. B에서 빠져나오는 물은 수조의 물보다 밀도가 작으므로 수조의 윗부분을 따라 이동한다.  
**오답 피하기** ㄷ. 수조의 물을 상온의 물 대신 소금물로 교체하면 A에서 빠져나온 물이 가라앉기 어려워지고 이동이 느려진다.

**05** **답** ⑤  
 ㄱ, ㄴ. A는 남극 저층수, B는 북대서양 심층수, C는 남극 저층수이며, 해수의 밀도는  $A < B < C$ 이다.  
 ㄷ. 남극 저층수는 용존산소가 풍부한 극지방 표층에서 가라앉아 형성된 고밀도 해수로, 심해저에 산소를 공급해 주는 역할을 한다.

**06** **답** ①  
 심층 순환은 해수의 밀도 차에 의해, 표층 순환은 대기 대순환의 바람에 의해 일어난다.

**07** **답** ⑤  
 ⑤ 표층 순환은 적도를 경계로 북반구와 남반구에서 대칭적으로 분포한다. 따라서 남반구의 아열대 순환은 시계 반대 방향으로 나타날 것이다.  
**오답 피하기** ① A는 저위도에서 고위도로 흐르는 쿠로시오 해류로, 난류이다.  
 ② B는 고위도에서 저위도로 흐르는 캘리포니아 해류로, 한류이다.  
 ③ 난류(A)는 한류(B)보다 수온과 염분이 높다.  
 ④ C는 무역풍에 의해 형성된 북적도 해류이다.

**개념 더하기** 난류와 한류

구분	특징	예
난류	<ul style="list-style-type: none"> <li>저위도에서 고위도로 흐르는 해류</li> <li>수온과 염분이 높다.</li> <li>아열대 해역의 서쪽에서 흐른다.</li> </ul>	쿠로시오 해류
한류	<ul style="list-style-type: none"> <li>고위도에서 저위도로 흐르는 해류</li> <li>수온과 염분이 낮다.</li> <li>아열대 해역의 동쪽에서 흐른다.</li> </ul>	캘리포니아 해류

**08** **답** ④  
 ㄱ, ㄴ. 전체 해양은 서로 연결되어 큰 순환계를 이루고 있으며, 해수 순환은 위도에 따른 에너지 불균형을 완화하여 지구 전체의 에너지 균형을 유지하는 데 중요한 역할을 한다.  
**오답 피하기** ㄷ. 심층 순환과 표층 순환은 컨베이어 벨트와 같이 연결되어 서로 영향을 주고받는다.

**09** **답** ①  
 ㄱ. A 해역에서는 용승이 일어나고, B와 C 해역에서는 침강이 일어난다.  
**오답 피하기** ㄴ. 빙하의 용해가 활발하면 표층 염분이 낮아지고 표층 해수의 밀도가 작아지므로, B 해역에서 침강이 약해진다.  
 ㄷ. C 해역에서는 북대서양 심층수가 형성된다.

**10** **답** ④  
 ㄴ. 1월의 평균 기온은 고위도에 위치한 ㉠이 저위도에 위치한 ㉡보다 높다. 따라서 A의 영향은 ㉡보다 ㉠에서 크다.  
 ㄷ. A는 멕시코 만류로, 고위도로 에너지를 수송한다.  
**오답 피하기** ㄱ. A는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이다.

**11** **답** ②  
 ㄴ. B 시기에 심층 순환이 약해졌으므로 그린란드 해역에서 침강이 약해진다.  
**오답 피하기** ㄱ, ㄷ. 심층 순환과 표층 순환은 서로 연결되어 있기 때문에, 북대서양 심층 순환이 약해지면 북대서양 심층수의 흐름이 약해지고 표층의 아열대 순환도 약해진다.

**12** **답** ①  
 ㄱ. 그림에서 담수가 유입된 시기 직후 빙하기가 나타났다.  
**오답 피하기** ㄴ, ㄷ. 담수 유입으로 표층 해수의 염분이 낮아져 해수의 침강이 어려워졌다. 이후 표층 순환이 약해져 고위도에 따뜻한 표층수의 공급이 중단되었다.

**13**  
 해수의 밀도는 주로 수온과 염분에 의해 결정되는데, 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 밀도가 커져 침강이 활발해진다.  
**예시 답안** 침강 현상이 더 잘 일어나게 하려면 ㉠과 ㉡의 밀도 차가 커져야 한다. 따라서 ㉠은 따뜻한 물로, ㉡은 차가운 소금물(또는 염분이 더 높은 소금물)로 바꾼다.

채점 기준	배점(%)
밀도 차를 크게 하기 위해 ㉠과 ㉡을 각각 어떻게 바꾸어야 할지 옳게 설명한 경우	100
㉠과 ㉡ 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50
밀도 차가 커져야 한다는 사실만 설명한 경우	30

**14**  
 (1) 수온 염분도에서 해수의 밀도는 오른쪽 아래로 갈수록 커지므로, 수괴의 밀도는  $A < B < C$ 이다.

(2) 밀도가 큰 수괴일수록 수심이 더 깊은 곳에 분포한다.

**예시 답안** C, 세 수괴 중 C의 밀도가 가장 크므로 세 수괴가 만나면 C가 가장 아래쪽에 위치한다.

채점 기준	배점(%)
해수의 밀도에 근거하여 C가 가장 아래쪽에 위치한다는 사실을 옳게 설명한 경우	100
C만 옳게 제시한 경우	40

**15**

심층 순환은 전 해양에 걸쳐 일어나며 에너지 수송, 물질 공급, 기후 변화 등에 영향을 미친다.

**예시 답안** 심층 순환은 열에너지를 저위도에서 고위도로 수송하여 위도 별 에너지 불균형을 해소한다. 또한 용존산소가 풍부한 표층 해수를 심해로 운반하여 심해에 산소를 공급해 주는 역할을 한다.

채점 기준	배점(%)
두 가지 용어를 모두 포함하여 옳게 설명한 경우	100
한 가지 용어만 포함하여 설명한 경우	50



26~29쪽

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

**단답형·서술형 문제**

- 15 (1) A: 고위도, B: 중위도, C: 저위도 (2) 해설 참조  
 16 (1) A: 밀도, B: 염분, C: 수온 (2) 해설 참조  
 17 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조  
 18 해수의 밀도 차, 대기 대순환에 의한 바람  
 19 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조 (3) 해설 참조

**01**

답 ③

ㄱ. 바람의 평균 세기는 A보다 혼합층의 두께가 더 두꺼운 B에서 강하다.

ㄷ. 혼합층과 심해층의 수온 차이는 A보다 B에서 더 크므로, 혼합층과 심해층의 밀도 차이는 A보다 B에서 크다.

**오답 피하기** ㄴ. 수온 약층은 깊이에 따라 수온이 급격하게 감소하는 구간으로 B보다 A에서 두껍다.

**02**

답 ②

ㄴ. B는 수온 약층이다. 수온 약층은 혼합층(A)과 심해층(C) 사이의 물질 교환을 차단하는 역할을 한다.

**오답 피하기** ㄱ. 적도 해역은 30° 해역보다 혼합층의 두께가 얇으므로 바람의 세기가 약하다.

ㄷ. 60° 해역은 혼합층과 심해층의 수온 차이가 거의 없어 적도 해역에 비해 수심에 따른 해수의 밀도 변화가 훨씬 작다.

**03**

답 ④

ㄴ. 위도 30° 해역에는 대기 대순환에 의한 하강 기류가 발달하여 증발량이 강수량보다 많다.

ㄷ. 위도 0°~40° 해역에서는 표층 염분과 (증발량-강수량)이 거의 비례하지만, 고위도 해역에서는 해수의 결빙과 해빙에 의해 비례 관계가 뚜렷하지 않다.

**오답 피하기** ㄱ. 적도 지역은 (증발량-강수량)<0이므로 강수량이 증발량보다 많다.

**04**

답 ①

ㄱ. 이 해역은 8월에 표층 수온이 높게 나타나므로 북반구에 위치한다.

**오답 피하기** ㄴ. 표층 해수의 밀도는 수온이 낮고 염분이 높은 2월이 8월보다 크다.

ㄷ. (증발량-강수량) 값은 표층 염분이 높은 2월이 8월보다 크다.

**05**

답 ③

ㄷ. 수온 약층에서 밀도가 급격하게 증가하므로 수온 약층과 밀도약층은 거의 일치한다.

**오답 피하기** ㄱ, ㄴ. 밀도약층은 깊이에 따라 밀도가 급격하게 증가하는 층으로, 수온 약층 구간에서 발달한다. 극 해역에서는 수온 약층이 발달하지 않으므로 밀도약층도 거의 나타나지 않는다.

**06**

답 ②

ㄴ. 수온 염분도에서 해수의 밀도는 오른쪽 아래로 갈수록 커지므로 해수의 밀도는 A가 B보다 크다.

**오답 피하기** ㄱ. ㉠은 염분, ㉡은 수온이다.

ㄷ. 해수 1 kg에 포함된 염화 나트륨의 양은 염분이 가장 높은 A에 가장 많다.

**07**

답 ⑤

⑤ 용존산소량은 수온에 반비례하므로, 표층 수온이 높은 A가 B보다 표층 용존산소량이 적다.

**오답 피하기** ① 표층 수온은 위도가 낮은 A가 B보다 높다.

② 혼합층 두께는 바람이 약한 A가 B보다 얇다.

③ 표층 해수의 밀도는 수온이 높고 염분이 낮은 A가 B보다 작다.

④ (강수량-증발량) 값은 표층 염분이 낮은 A가 B보다 크다.

**08**

답 ①

ㄱ. 이 기체는 깊이에 따라 용존기체량이 증가하므로 이산화 탄소이다.

**오답 피하기** ㄴ. 용존 이산화 탄소량은 수심이 깊어질수록 대체로 증가한다.

ㄷ. 심해층에서 용존 이산화 탄소량이 증가하는 까닭은 수온이 낮고 수압이 높아 기체의 용해도가 증가하기 때문이다. 심해층에서는 광합성이 거의 일어나지 않는다.

- 09** 답 ⑤
- ㄱ. 표층에서 용존산소량이 더 많은 A가 B보다 수온이 더 낮으므로, A가 고위도에 위치한다.
- ㄴ. 수심 0 km~1 km에서 용존산소량이 감소하는 주요 원인은 생물의 광합성과 호흡 활동 때문이다.
- ㄷ. 극지방에서 침강한 해수에 의해 심해층에 용존산소가 공급된다.

**10** 답 ②

**자료 분석** 대서양의 심층 순환

해수면, 빙하가 녹으면 침강이 약해진다.

남극 중층수, 북대서양 심층수, 남극 저층수, 남극 대륙

- A는 50°S~60°S 해역에 형성된 남극 중층수이며, 수심 1000 m 부근에서 20°N 부근까지 이동한다.
- B는 그린란드 해역에서 해수가 침강하여 형성된 북대서양 심층수이며, 수심 약 1500 m~4000 m 사이에서 60°S 부근까지 이동한다.
- C는 남극 대륙 주변의 웨델해에서 형성된 남극 저층수이며, 해저를 따라 북쪽으로 30°N 부근까지 흐른다.

- ㄴ. B는 그린란드 주변 해역에서 형성된 북대서양 심층수이다.
- 오답 피하기** ㄱ. A는 침강 후 저위도로 이동한다.
- ㄷ. 남극 대륙에서 빙하의 용해가 활발해지면 침강이 약해지므로 C의 흐름도 약해진다.

**11** 답 ⑤

**자료 분석** 대서양의 심층 수괴

수온(°C), 염분(psu), 등밀도선 (g/cm³)

- 심층 수괴의 밀도: A > C > D > B
- 지중해 유출수: 지중해에서 대서양으로 유출될 때 수심 약 1000 m 까지 침강하는 고염분 해수이다.

A는 남극 저층수, B는 남극 중층수, C는 북대서양 심층수, D는 지중해 유출수이다. 수괴의 수온과 염분은 일정하게 유지된다.

- ㄴ. 수괴가 형성된 표층 해역의 위도는 남극 저층수(A)가 남극 중층수(B)보다 높다.
- ㄷ. 수괴가 형성된 해역의 표층 염분은 북대서양 심층수(C)가 남극 저층수(A)보다 높다.
- 오답 피하기** ㄱ. A~D 중 수심이 가장 깊은 곳에 분포하는 수괴는 밀도가 가장 큰 A이다.

- 12** 답 ③
- ㄱ. 쿠로시오 해류는 북태평양에서 저위도에서 고위도로 흐르는 난류이다.
- ㄷ. 아열대 순환은 북반구와 남반구에서 적도를 중심으로 대칭으로 나타난다.

**오답 피하기** ㄴ. 남적도 해류는 무역풍의 영향으로 동쪽에서 서쪽으로 흐르는 해류이다.

- 13** 답 ⑤
- ⑤ 영양염류는 심층에 풍부하므로 용승이 일어나는 해역에서는 심층으로부터 영양염류를 공급받는다.
- 오답 피하기** ① A에서 침강이 일어난다.
- ② 해수가 전 지구를 한 번 순환하는 데 약 1000년이 걸린다.
- ③ B에서는 용승이 일어나 표층에 영양염류를 공급해 준다.
- ④ 표층 순환은 심층 순환보다 이동 속도가 빠르다.

- 14** 답 ⑤
- ㄱ. 심층 순환은 표층 순환과 연결되어 전 지구의 기후에 직접적인 영향을 준다.
- ㄴ. 표층에서 침강한 찬 해수는 심해층에 산소를 공급해 주는 역할을 한다.
- ㄷ. 심층 순환은 저위도의 과잉 에너지를 고위도로 운반하는 역할을 한다.

- 15**
- (1) 위도가 낮을수록 표층 수온이 대체로 높게 나타난다.
- (2) 해수의 밀도는 수온에 크게 영향을 받으므로 수온이 급격하게 변하는 수온 약층과 밀도가 급격하게 변하는 밀도약층은 거의 일치한다.
- 예시 답안** 수심에 따라 수온이 가장 급격하게 감소하는 해역은 C이므로 밀도약층이 가장 강하게 발달한 해역도 C이다.

채점 기준	배점(%)
수온 약층과 밀도약층의 관계에 근거하여 C에서 밀도약층이 가장 강하게 발달한다는 것을 옳게 설명한 경우	100
C만 옳게 제시한 경우	40

- 16**
- (1) 수심이 깊어질수록 수온은 감소하고 밀도는 증가한다. 따라서 C가 수온이고, A가 밀도이다. 염분은 수심이 깊어짐에 따라 증가 또는 감소할 수 있으므로 B가 염분이다.

(2) 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다.

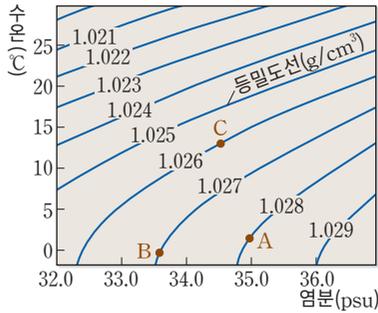
**예시 답안** ㉔, 이 구간에서는 염분과 수온이 감소하고 밀도가 증가한다. 염분 감소는 밀도를 감소시키고 수온 감소는 밀도를 증가시키는데, 이 구간에서 밀도가 증가하므로 밀도는 수온에 더 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

채점 기준	배점(%)
㉔을 옳게 제시하고, 그 까닭을 수온, 염분 분포와 관련지어 옳게 설명한 경우	100
㉔만 옳게 제시한 경우	40

17

자료 분석 ● 수온 염분도

구분	A	B	C
평균 수온(°C)	2.0	0	(㉔ 약 13)
평균 염분(psu)	35.0	33.6	34.5



• A와 B의 평균 밀도 차이가 약  $0.001 \text{ g/cm}^3$ 이므로 C의 평균 밀도는 약  $1.026 \text{ g/cm}^3$ 이다. 따라서 C의 평균 수온은 약  $13 \text{ }^\circ\text{C}$ 이다.

(1) 수온 염분도에 A와 B의 평균 수온과 염분을 나타내면 평균 밀도를 비교할 수 있다.

**예시 답안** A의 평균 밀도는 약  $1.028 \text{ g/cm}^3$ 이고 B의 평균 밀도는 약  $1.027 \text{ g/cm}^3$ 이므로, 수괴의 평균 밀도는 A가 B보다 크다.

채점 기준	배점(%)
수온 염분도를 이용하여 두 해수의 평균 밀도를 옳게 비교한 경우	100
A > B만 설명한 경우	60

(2) C의 평균 염분은 34.5 psu이고 평균 밀도는 약  $1.026 \text{ g/cm}^3$ 가 되어야 하므로, 수온 염분도를 이용하여 C의 평균 수온을 알 수 있다.

**예시 답안** A와 B의 평균 밀도 차는 약  $0.001 \text{ g/cm}^3$ 이므로 C의 평균 밀도는 약  $1.026 \text{ g/cm}^3$ 가 되어야 한다. 따라서 C의 평균 수온은 약  $13 \text{ }^\circ\text{C}$ 이다.

채점 기준	배점(%)
수온 염분도를 이용하여 C의 평균 밀도와 평균 수온을 옳게 설명한 경우	100
C의 평균 밀도만 옳게 제시한 경우	50

**18** **예시 답안** 해수의 밀도 차, 대기 대순환에 의한 바람 심층 순환은 해수의 밀도 차 때문에 발생하며 해수의 밀도는 수온과 염분의 영향을 받으므로 심층 순환을 열염 순환이라고도 한다. 표층 순환은 대기 대순환에 의한 바람 때문에 발생하므로, 표층 순환을 풍성 순환이라고도 한다.

19

(1) 빙하가 녹아 생성된 담수가 해수에 공급되면 표층 해수의 밀도가 작아진다.

**예시 답안** 지구 온난화로 고위도 지역의 빙하가 녹아 표층 해수의 염분이 낮아지면 표층 해수의 밀도가 작아진다.

채점 기준	배점(%)
대륙 빙하의 용해와 해수의 염분, 밀도 변화를 옳게 설명한 경우	100
염분 변화의 설명 없이 밀도 변화만 옳게 설명한 경우	60

(2) 침강 해역에서 표층 해수의 밀도 변화는 침강의 세기와 심층 순환의 세기에 직접적인 영향을 미친다.

**예시 답안** 표층 해수의 밀도가 감소하여 해수의 침강이 약해지므로 심층 순환의 세기도 약해진다.

채점 기준	배점(%)
표층 해수의 밀도 감소, 침강 약화에 근거하여 심층 순환이 약해진다는 사실을 옳게 설명한 경우	100
심층 순환의 세기가 약해진다는 사실만 옳게 제시한 경우	50

(3) 심층 순환과 표층 순환은 서로 연결되어 지구의 에너지 평형과 기후 변화에 큰 영향을 미친다.

**예시 답안** 심층 순환이 약해지면 표층 해류의 흐름도 약해진다. 이에 따라 저위도 지방의 에너지가 고위도로 운반되지 못하여 저위도의 기온이 더욱 상승하고, 고위도 지방에는 에너지 공급이 감소하여 기온이 더욱 하강하는 기후 변화가 일어날 것이다.

채점 기준	배점(%)
기후 변화가 나타난다는 사실을 근거(에너지 수송 변화)와 함께 옳게 설명한 경우	100
기후 변화가 나타난다는 사실만 제시한 경우	40

## 2 날씨 변화와 악기상

### 03강 기압과 날씨 변화

#### 탐구 확인문제

33쪽

01 ④

02 (1)○(2)×(3)×

01

답 ④

④ 한랭 전선이 온난 전선보다 이동 속도가 빠르므로 두 전선 사이의 간격이 좁아졌다.

**오답 피하기** ① 탐구에서 제시된 일기도의 중위도 저기압은 아직 폐색 전선을 형성하지 않았다.

② 저기압 중심에서 상승 기류가 우세하다.

③, ⑤ 저기압의 중심은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하였다.

02

답 (1)○(2)×(3)×

(2) 9월 21일 9시 레이더 영상을 보면 제주도에 비가 내리지 않는다.

(3) 9월 21일 21시에 중위도 저기압은 동해를 지나 일본 쪽에 위치할 것이다.

#### 기본 탄탄 문제

34쪽

01 (1)○(2)×(3)○

02 가시 영상: (가), (라) / 적외 영상: (나), (다)

03 레이더

04 (1)×(2)×(3)○

05 정체성 고기압: (가), (다) / 이동성 고기압: (나), (라)

06 (1)㉔(2)㉕(3)㉖(4)㉗

07 (1)○(2)○(3)×(4)×

01

답 (1)○(2)×(3)○

(2) 강수 구역과 강수량을 실시간으로 파악하려면 레이더 영상을 분석해야 한다.

02

답 가시 영상: (가), (라) / 적외 영상: (나), (다)

가시 영상은 구름의 두께에 따른 태양 빛의 반사 강도를 측정하고, 적외 영상은 구름의 높이에 따른 적외선 방출량을 측정한다.

03

답 레이더

레이더 영상은 구름 속에 강수 입자가 얼마나 있는지를 나타내는 영상이다.

04

답 (1)×(2)×(3)○

(1) 고기압은 주위보다 기압이 높은 곳이다.

(2) 고기압에서는 하강 기류가 발달하여 맑은 날씨가 나타난다.

05

답 정체성 고기압: (가), (다) / 이동성 고기압: (나), (라)

정체성 고기압은 중심부가 거의 이동하지 않고 규모가 큰 고기압

으로 시베리아 고기압, 북태평양 고기압 등이 여기에 속한다. 이동성 고기압은 큰 고기압(정체성 고기압)에서 떨어져 나온 작은 고기압으로, 이동하면서 주변 날씨에 변화를 일으킨다.

06

답 (1)㉔(2)㉕(3)㉖(4)㉗

전선은 성질이 다른 두 공기가 만나 형성되는데, 전선의 종류에는 한랭 전선, 온난 전선, 폐색 전선, 정체 전선이 있다. 한랭 전선은 찬 공기가 따뜻한 공기를 파고들 때 형성되고, 온난 전선은 따뜻한 공기가 찬 공기 위로 올라갈 때 형성된다. 폐색 전선은 한랭 전선이 온난 전선을 따라잡아 두 전선이 겹칠 때 형성되고, 정체 전선은 성질이 다른 두 기단의 세력이 비슷할 때 형성된다.

07

답 (1)○(2)○(3)×(4)×

(3) 전선의 이동 속도는 한랭 전선이 온난 전선보다 빠르다.

(4) 중위도 저기압이 통과할 때, 한랭 전선은 온난 전선보다 나중에 통과한다.

#### 실력 꼭꼭 문제

35~37쪽

01 ⑤

02 ①

03 ③

04 ①

05 ⑤

06 ②

07 ②

08 ①

09 ④

10 ②

11 ①

12 ③

#### 단답형 서술형 문제

13 해설 참조

14 한랭 전선, A 기온 < B 기온

15 (1) B > C > A (2) 해설 참조

01

답 ⑤

ㄱ. 일기도에는 기압이 같은 지점을 연결한 등압선이 4 hPa 간격으로 표시되어 있다.

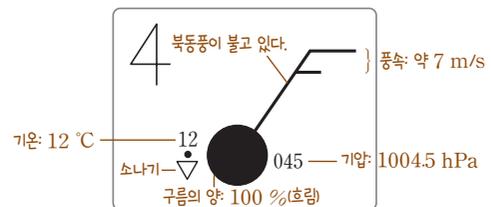
ㄴ. 관측 지점의 기온, 기압, 풍향, 풍속 등이 일기 기호로 표시되어 있다.

ㄷ. 일기도를 통해 고기압과 저기압의 위치를 파악하여 기압계 주변 공기의 흐름을 파악할 수 있다.

02

답 ①

#### 자료 분석 일기 기호



• 기온은 일기 기호의 왼쪽에, 기압은 오른쪽에 적는다.

ㄱ. 일기 기호 왼쪽의 숫자는 기온으로, 현재 12 °C이다.

**오답 피하기** ㄴ, ㄷ. 북동풍이 불고 있으며, 구름이 많고 소나기가 내리고 있다.

**03** **답** ③  
 c. 레이더 영상은 전파를 대기 중으로 발사한 뒤 강수 입자에 부딪혀 되돌아오는 반사파를 분석하여 구름 속에 강수 입자가 얼마나 있는지를 나타낸다. 레이더 영상으로 강수량, 강수대의 위치와 이동 경향을 파악할 수 있다.

**오답 피하기** ㄱ, ㄴ. 기압은 기압계를 이용하여 측정하며, 전선의 종류와 위치를 알아내려면 일기 상태(기압, 기온, 풍속, 풍향, 강수 등)를 종합적으로 파악해야 한다.

**04** **답** ①  
 ㄱ. (가)의 가시 영상은 태양 빛의 반사 강도를 측정하여 나타낸다.

**오답 피하기** ㄴ. (나)의 적외 영상에서 밝은 곳은 구름의 최상부 높이가 높아 온도가 낮은 곳이다.

c. A 지역은 가시 영상에서 밝은 흰색, 적외 영상에서는 회색으로 보인다. 따라서 A 지역의 구름은 두께가 비교적 두껍지만, 구름의 최상부는 높은 곳까지 발달하지 못한 구름이다.

**05** **답** ⑤  
 ⑤ B에서는 저기압이 발달하여 상승 기류에 의해 구름이 생성된다.

**오답 피하기** ①, ② A는 주변 지역보다 온도가 낮아 기압이 높은 고기압이 발달한다.

- ③ 지표 부근에서 바람은 고기압 A에서 저기압 B로 분다.
- ④ B에서는 시계 반대 방향으로 공기가 모여 든다.

**06** **답** ②  
 ② 북서쪽에 위치한 고기압의 영향으로 북서풍이 우세하다.

**오답 피하기** ①, ③ 이 계절은 시베리아 고기압이 발달한 겨울철이다.

- ④ 이날은 비교적 춥고 건조한 날씨가 나타난다.
- ⑤ 시베리아 고기압은 정체성 고기압이다.

**07** **답** ②  
 ② B는 우리나라를 통과하는 이동성 고기압이다.

**오답 피하기** ①, ⑤ A는 이동성 저기압이고 B는 이동성 고기압으로, 편서풍의 영향을 받아 점점 동쪽으로 이동할 것이다.

- ③ 구름의 양은 저기압이 형성된 A가 고기압이 형성된 B보다 많다.
- ④ A는 기압이 1004 hPa보다 낮고, B는 기압이 1016 hPa보다 높다.

**08** **답** ①  
 ① 온난 전선이 통과하기 전에 이슬비가 내리고, 통과한 후에는 비가 그치고 기온이 상승한다. 온난 전선 기호는 ①이다.

**09** **답** ④  
 ㄱ. 관측소에서 부는 바람은 남동풍 → 남서풍 → 북서풍 순으로 바뀌었으므로 관측 순서는 ㉔ → ㉓ → ㉒이다.

c. 중위도 저기압의 중심이 관측소의 북쪽을 통과할 때 온난 전선과 한랭 전선이 관측소를 통과할 수 있다.

**오답 피하기** ㄴ. ㉑일 때 관측소는 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하였으므로 관측소 부근에는 비가 내리지 않았다.

**10** **답** ②

**자료 분석** 전선 통과 시기, 기압 변화



- 6시경 온난 전선 통과: 기온 상승, 기압 하강
- 18시경 한랭 전선 통과: 기온 하강, 기압 상승

c. 온난 전선 통과 후 기온이 상승하고, 기압이 하강한다. 한랭 전선 통과 후 기온이 하강하고, 기압이 상승한다. 따라서 6시경에 온난 전선이, 18시경에 한랭 전선이 통과하였다.

**오답 피하기** ㄱ. 0시~6시는 온난 전선이 통과하기 전이므로 남풍 계열의 바람이 불었다.

ㄴ. 소나기는 한랭 전선이 통과한 후에 내리므로 18시 이후에 내렸다.

**11** **답** ①  
 ㄱ. 중위도 저기압은 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 시간 순서는 (나) → (가)이다.

**오답 피하기** ㄴ. 중위도 저기압의 세력은 (나)보다 중심 기압이 낮은 (가)일 때 더 크다.

c. 이 기간 동안 한랭 전선이 A를 통과하였으므로 A에서 풍향은 시계 방향으로 바뀌었다.

**12** **답** ③  
 ㄱ. (가)일 때 한랭 전선과 온난 전선이 만나 형성된 폐색 전선이 나타난다.

ㄴ. 시간 순서는 (라) 정체 전선 형성 → (나) 파동 발달 → (다) 한랭 전선과 온난 전선 발달 → (가) 폐색 전선 형성 순이다.

**오답 피하기** c. 중위도 저기압은 탄생에서 소멸할 때까지 편서풍의 영향을 받으므로 대체로 동쪽으로 이동한다.

**13**  
 우리나라 남동쪽에 북태평양 고기압이 발달해 있다.

**예시 답안** 북태평양 고기압의 영향으로 남풍 계열의 바람이 불고, 고온 다습한 날씨가 나타난다.

채점 기준	배점(%)
기온(고온), 풍향(남풍)을 모두 옳게 설명한 경우	100
기온, 풍향 중 하나만 옳게 설명한 경우	50

**14** **답** 한랭 전선, A 기온 < B 기온  
 ㉠은 A의 찬 공기가 B의 따뜻한 공기 아래로 파고들면서 형성된 한랭 전선이다.

**15**  
 (1) 일기도에서 등압선은 4 hPa 간격으로 나타내며, 중위도 저기압의 중심으로 갈수록 기압이 낮아진다.  
 (2) A는 한랭 전선의 뒤쪽에 위치하고, C는 온난 전선의 앞쪽에 위치한다.

**예시 답안** A에서는 소나기가 내리고, C에서는 약한 비가 지속적으로 내린다.

채점 기준	배점(%)
A와 C를 모두 옳게 설명한 경우	100
A와 C 중 하나만 옳게 설명한 경우	50

**04강 태풍과 주요 악기상**

**기본 탄탄 문제** 42쪽

**01** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○  
**02** (1) 기압 (2) 시계 (3) 눈 (4) 상승  
**03** (1) × (2) × (3) × (4) ○      **04** B → A → C  
**05** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×  
**06** (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢ (4) ㉣ (5) ㉤

**01** **답** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○  
 (2) 적도에서는 지구 자전에 의한 회전 효과가 없기 때문에 태풍이 발생하지 않는다.

**02** **답** (1) 기압 (2) 시계 (3) 눈 (4) 상승  
 (2) 태풍의 중심이 위치한 곳의 지상에서는 시계 반대 방향으로 바람이 불어 들어오고, 최상부에서는 상승한 공기가 시계 방향으로 불어 나간다.

**03** **답** (1) × (2) × (3) × (4) ○  
 (1) 태풍의 세력이 강할수록 중심 기압이 낮다.  
 (2), (3) 태풍 진행 방향의 오른쪽은 위험 반원이며, 태풍이 이동함에 따라 풍향은 점차 시계 방향으로 바뀐다.

**04** **답** B → A → C  
 뇌우의 발달 단계는 적운 단계 → 성숙 단계 → 소멸 단계 순이다.

**05** **답** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×  
 (1) 뇌우는 강한 상승 기류가 있을 때 잘 형성된다.  
 (4) 적운 단계에서는 상승 기류에 의해 구름이 생성되는 단계이고, 상승 기류와 하강 기류가 공존하는 단계는 성숙 단계이다.

**06** **답** (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢ (4) ㉣ (5) ㉤  
 (2) 우박은 구름 내부에서 성장한 지름 5 mm 이상의 얼음덩어리로, 주로 초여름이나 가을철에 발생한다.  
 (4) 시베리아 기단이 상대적으로 따뜻한 황해를 지나면서 적란운이 발달할 때 우리나라의 서해안 지역에 폭설이 내린다.

**실력 쏙쏙 문제** 43~45쪽

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

**단답형·서술형 문제**  
**13** 해설 참조      **14** 해설 참조  
**15** ㉠ 시베리아, ㉡ 상승, ㉢ 폭설

**01** **답** ①  
 ① 태풍은 위도 5°~25° 사이에서 발생하며, 적도에서는 발생하지 않는다.

**오답 피하기** ③, ④ 태풍은 평균 수온이 27 °C 이상인 열대 해역에서 발생하는 열대 저기압으로, 중심 부근 풍속이 17 m/s 이상인 것을 말한다.

**02** **답** ③  
 ㄱ. 연간 발생하는 평균 태풍 수는 24.5개이고, 이중 절반 이상인 13.9개가 7월~9월에 발생한다.

ㄴ. 우리나라에 영향을 주는 평균 태풍 수는 연간 3.1개이며, 그 시기는 대부분 7월~9월이다.

**오답 피하기** ㄴ. 태풍 발생 해역의 수온이 높아지면 발생하는 태풍 수가 증가한다.

**03** **답** ③  
 ㄴ. 태풍이 북상하고 있으므로 태풍 중심의 오른쪽에 해당하는 동쪽이 위험 반원이다.

**오답 피하기** ㄱ. A는 중심에서 최솟값이 나타나는 기압이고, B는 태풍의 눈에서 급격하게 감소하는 풍속이다.

ㄴ. 태풍 중심에는 약한 하강 기류가 나타나는 태풍의 눈이 있다.

**04** **답** ①  
 ㄱ. 기압은 태풍 중심에서 가장 낮으므로 A가 B보다 높다.

**오답 피하기** ㄴ. 태풍의 눈에서는 바람이 약하다. 따라서 풍속은 B가 C보다 약하다.

ㄴ. B는 태풍의 눈에 위치하므로 약한 하강 기류가 나타나고 구름이 거의 없으며 바람이 매우 약하다. 따라서 강수량도 적다.

05

답 ⑤

7. 위도 30°를 경계로 저위도에서는 무역풍의 영향을 받아 태풍이 북서쪽으로 이동하였고, 30° 이상의 고위도에서는 편서풍의 영향을 받아 태풍이 북동쪽으로 이동하였다.

ㄷ. 태풍이 우리나라 부근을 지나가는 동안 A는 가항 반원에 위치하여 풍향이 시계 반대 방향으로 변화였다.

오답 피하기 ㄴ. 태풍의 세력이 강할수록 중심 기압이 낮다. 이 태풍은 우리나라 남해안을 통과하기 전인 6일 06시가 통과 후인 6일 15시보다 세력이 강했으므로 태풍의 중심 기압은 6일 06시가 6일 15시보다 낮았다.

06

답 ④

④ A는 가항 반원, B는 위험 반원에 위치하므로 평균 풍속은 A보다 B에서 강하다.

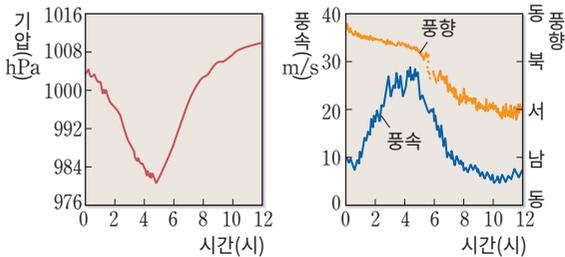
오답 피하기 ①, ②, ③ 태풍은 무역풍대에서 대체로 북서쪽으로 이동하고, 편서풍대에서 대체로 북동쪽으로 이동한다. 이때 이동 방향이 바뀌는 지점을 전향점이라고 한다.

⑤ 태풍이 지나가는 동안 C는 위험 반원에 위치하므로 풍향이 시계 방향으로 변한다.

07

답 ②

자료 분석 태풍 통과 시 기압, 풍향, 풍속 변화



- 4시~6시에는 기압이 최소, 풍속이 최대이다. → 관측소와 태풍 중심 사이의 거리가 가장 가까웠다. 만약 태풍의 눈에 위치하였다면 풍속이 매우 약했을 것이다.
- 풍향 변화가 시계 반대 방향(북동풍 → 북풍 → 북서풍)으로 나타난다. → 관측소는 가항 반원에 위치하였다.

ㄷ. 바람은 태풍 중심을 향해 시계 반대 방향으로 불어 들어간다. 10시~12시에 서풍이 불었으므로 태풍 중심은 관측소보다 북쪽에 위치하였다.

오답 피하기 ㄱ. 관측소에서 풍향은 북동풍 → 북풍 → 북서풍(시계 반대 방향)으로 변했다.

ㄴ. 기압이 최소일 때 풍속이 가장 강했으므로 태풍의 눈은 관측소를 통과하지 않았다.

08

답 ③

③ 집중 호우는 다양한 요인에 의해 비교적 짧은 시간 동안 발생하므로 예측하기가 매우 어렵다.

오답 피하기 집중 호우는 짧은 시간에 많은 양의 비가 내리는 현상으로 주로 여름철에 나타나고 태풍, 뇌우 등에 의해 잘 발생한다.

09

답 ③

7. 뇌우의 발달 순서는 (나)가 (가)보다 먼저이다.

ㄷ. 강수 현상은 상승 기류와 하강 기류가 공존하는 (나)에서 가장 활발하게 나타난다.

오답 피하기 ㄴ. (가)는 소멸 단계, (나)는 성숙 단계에 해당한다.

10

답 ②

B. 뇌우는 천둥, 번개, 소나기 등을 동반하는 기상 현상이다.

오답 피하기 A. 우박은 적란운 안에서 상승과 하강을 반복하면서 성장한다.

C. 서해안 지역의 폭설은 시베리아 고기압이 확장될 때 잘 발생한다.

11

답 ②

② 강풍과 집중 호우는 뇌우에 동반되어 나타날 수 있다. 건조한 시기에 발생하는 강풍은 큰 산불 피해를 일으킬 수 있다.

12

답 ⑤

ㄱ, ㄷ. 황사 발원지의 사막화가 심해지면서 황사 발생 일수가 증가하는 추세이다.

ㄴ. 황사는 모래 먼지가 상층의 편서풍을 타고 우리나라로 이동해 서서히 내려오는 현상이다.

13

태풍의 에너지원은 수증기의 숨은열이다.

예시 답안 태풍이 육지에 상륙하면 지표면과의 마찰이 강해지고 수증기 공급이 줄어들면서 급격하게 세력이 약해진다.

채점 기준	배점(%)
태풍이 약해지는 까닭 2가지를 모두 옳게 설명한 경우	100
하나만 옳게 설명한 경우	50

14

뇌우는 강한 상승 기류가 발달할 때 발생한다.

예시 답안 (나), 따뜻한 공기가 찬 육지를 지나는 경우에는 공기가 냉각되기 때문에 상승 기류가 발달하기 어렵다. 따라서 뇌우의 발생 조건으로 적절하지 않다.

채점 기준	배점(%)
(나)을 선택하고, 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(나)을 선택했으나 까닭을 옳게 설명하지 못한 경우	40

15

답 ① 시베리아, ② 상승, ③ 폭설

한랭 건조한 시베리아 기단이 황해를 지나면서 불안정해지면 상승 기류가 우세해져 적란운이 만들어지고, 서해안에 폭설이 내릴 수 있다.

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

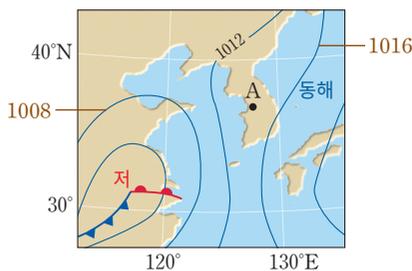
단답형·서술형 문제

- 15 해설 참조                      16 (1) 북서풍 (2) 해설 참조  
17 해설 참조                      18 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조  
19 해설 참조

01

답 ④

자료 분석 일기도 해석



중위도 저기압은 동쪽으로 이동한다. → 다음 날 A의 날씨는 흐리다.

- 우리나라 남서쪽에 중위도 저기압이 있다. → A의 서쪽보다 동쪽의 기압이 높다.
- 중위도 저기압은 편서풍의 영향으로 동쪽으로 이동한다. → 다음 날 우리나라의 날씨는 저기압의 영향을 받는다.

ㄴ. 서쪽에 중위도 저기압이 있으므로 서쪽에서 동쪽으로 갈수록 기압이 높아진다. 따라서 A의 기압은 1012 hPa보다 높다.

ㄷ. 다음날 저기압이 우리나라 쪽으로 이동하여 날씨는 이날보다 흐리다.

오답 피하기 ㄱ. A의 동쪽이 서쪽보다 기압이 높으므로 동풍 계열의 바람이 분다.

02

답 ①

ㄱ. A는 북태평양 고기압이고 B는 시베리아 고기압이며, 둘 다 정체성 고기압이다.

오답 피하기 ㄴ. A와 B는 모두 고기압이므로 하강 기류가 우세하다.

ㄷ. 우리나라의 평균 기온은 (나)보다 북태평양 고기압의 영향을 받는 (가)에서 더 높다.

03

답 ④

ㄱ. A에는 찬 공기, C에는 따뜻한 공기가 있다.

ㄴ. B는 한랭 전선 뒤쪽에 위치하여 적란운이 발달한다.

오답 피하기 ㄷ. C는 한랭 전선의 앞쪽에 위치하므로 남서풍 계열의 바람이 분다.

04

답 ②

ㄴ. A와 B 지역 사이에 있는 전선은 온난 전선이며, 시간이 지나면 전선은 따뜻한 공기가 있는 B 지역으로 이동한다.

오답 피하기 ㄱ. 전선면의 기울기로부터 온난 전선이라는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 소나기는 한랭 전선의 뒤쪽에 내린다. C 지역에는 지속적인 비(약한 비)가 내린다.

05

답 ②

② 태풍은 열대 저기압으로, 전선을 동반하지 않는다. 따라서 태풍에 중위도 저기압이 동반되어 나타날 수 없다.

06

답 ②

ㄴ. 가시 영상에서 관측 지역의 밝기는 적란운이 발달한 (나)일 때가 층운이 발달한 (다)일 때보다 밝다.

오답 피하기 ㄱ. (가)는 한랭 전선과 온난 전선 사이에, (나)는 한랭 전선 뒤쪽에, (다)는 온난 전선 앞쪽에 위치할 때이다. 따라서 관측 순서는 (다) → (가) → (나)이다.

ㄷ. 전선이 관측소를 지나갔으므로 중위도 저기압의 중심은 관측소의 북쪽을 통과하였다.

07

답 ④

ㄴ, ㄷ.  $t_1 \sim t_2$  사이에 기온이 낮아지고, 기압이 높아졌으므로 한랭 전선이 통과하였다. 따라서 이 시기에 소나기가 내렸을 것이고, 전선이 통과한 이후인  $t_2$ 일 때 북서풍이 불었을 것이다.

오답 피하기 ㄱ.  $t_1$  이후에 한랭 전선이 통과하면서 기온이 낮아지고 기압은 높아졌다.

08

답 ①

ㄱ. 중위도 저기압은 정체 전선상에서 형성되어 한랭 전선 및 온난 전선이 발달하고, 이후 폐색 전선이 형성되면서 점차 소멸한다.

오답 피하기 ㄴ. 정체 전선은 편서풍과 극동풍이 수렴하는 저압대에서 형성된다.

ㄷ. B의 전선은 한랭 전선이 온난 전선을 따라잡아 형성되며, 이 전선이 위치한 곳에서는 적란운이 발달하여 많은 비가 내린다.

09

답 ⑤

ㄱ. A 해역은 용승이 활발하고, 한류의 영향을 받아 평균 수온이 27 °C보다 낮다.

ㄴ. 열대 저기압은 대체로 포물선 궤도를 그리면서 저위도에서 고위도로 이동한다.

ㄷ. 열대 저기압은 수온 약 27 °C 이상인 열대 해상(위도 5° ~ 25°)에서 주로 발생한다. 위도 30° 이상에서는 수온이 낮아 거의 발생하지 않는다.

10

답 ③

③ 태풍의 눈에는 구름이 거의 없으므로 위성 영상에서 어렵게 나타난다.

**오답 피하기** ①, ② B는 태풍의 눈에 위치하여 기압은 가장 낮고, 약한 하강 기류가 나타나며, 풍속도 약하다.

④, ⑤ A는 태풍 진행 방향의 왼쪽에, C는 태풍 진행 방향의 오른쪽에 위치한다. 따라서 평균 풍속은 태풍의 가항 반원에 위치한 A가 위험 반원에 위치한 C보다 약하다.

11

답 ②

**자료 분석** 태풍의 이동 경로

중심 기압이 낮을수록 최대 풍속이 크다.

일시	중심 위치		최대 풍속 (m/s)	이동 속도 (km/h)
	위도(°N)	경도(°E)		
21일 9시	21.3	128.2	18	43
22일 9시	24.4	125.8	21	21
23일 9시	28.9	125.4	21	31
24일 9시	35	128.4	18	65

- 21일 9시~23일 9시까지 위도는 높아지고, 경도는 감소하였다.  
→ 북서쪽으로 진행하였다.
- 23일 9시~24일 9시까지 위도는 높아지고, 경도는 증가하였다.  
→ 북동쪽으로 진행하였다.

ㄴ. 중심 기압이 낮을수록 최대 풍속이 강하므로 중심 기압은 21일 9시가 23일 9시보다 높았다.

**오답 피하기** ㄱ, ㄷ. 21일 9시~23일 9시까지 북서쪽으로 이동했고, 23일 9시~24일 9시 사이에 북동쪽으로 이동했다. 따라서 전향 점은 22일 9시 이후에 통과했다.

12

답 ④

ㄱ. 뇌우는 태풍이나 한랭 전선 등에 동반되어 나타날 수 있다.  
ㄷ. 황사는 상층 대기에서 편서풍을 따라 동쪽으로 이동하다가 우리나라에 영향을 준다.

**오답 피하기** ㄴ. 우박은 봄, 가을에 빈번하게 발생하며 한여름에는 거의 발생하지 않는다.

13

답 ⑤

ㄴ. 차갑고 건조한 시베리아 기단이 상대적으로 따뜻한 황해를 지나면서 황해로부터 열과 수증기를 공급받는다. 이때 기단 하층이 가열되어 기단이 불안정해지고 적란운이 발달하여 서해안에 폭설을 내린다.

ㄷ. 폭설의 피해를 줄이기 위해서 신속한 제설 작업과 대중교통을 이용하는 등의 노력이 필요하다.

**오답 피하기** ㄱ. 서해안에 폭설이 내리는 시기는 겨울철이다. 겨울철에 우리나라는 주로 북서풍이 부는데, 서해안 폭설은 시베리아 고기압으로부터 찬 공기가 북서풍을 타고 황해를 건너 이동할 때 발생한다.

14

답 ③

(가)는 폭설, (나)는 황사, (다)는 뇌우이다.

**오답 피하기** ㄴ. 황사는 발원지가 건조한 봄철에 잘 발생한다. 장마철에는 거의 발생하지 않는다.

15

가시 영상에서는 햇빛의 반사광의 세기를 측정하고, 적외 영상에서는 구름 최상부에서 방출되는 적외선 복사 에너지를 측정한다.

**예시 답안** 가시 영상에서는 두께가 두꺼운 구름이 밝게 보이고, 적외 영상에서는 구름 최상부 높이가 높은 구름이 밝게 보인다.

채점 기준	배점(%)
가시 영상과 적외 영상의 경우를 모두 옳게 설명한 경우	100
가시 영상과 적외 영상 중 하나만 옳게 설명한 경우	50

16

(1) 이날 우리나라에서는 북서쪽에 위치한 고기압의 영향으로 북서풍이 분다.

(2) 이날은 서고동저형의 기압 배치가 나타나는 전형적인 겨울철이다.

**예시 답안** 겨울, 우리나라의 북서쪽에 시베리아 고기압이 강하게 발달해 있기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
계절을 옳게 쓰고, 그 까닭을 정체성 고기압과 관련지어 옳게 설명한 경우	100
계절만 옳게 제시한 경우	40

17

중위도 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 온난 전선이 한랭 전선보다 먼저 통과한다. (가)는 온난 전선의 전면, (나)는 온난 전선과 한랭 전선 사이, (다)는 한랭 전선의 후면에서 나타난다.

**예시 답안** (가) → (나) → (다), (가) → (나) 사이에 온난 전선이 통과하였고, (나) → (다) 사이에 한랭 전선이 통과하였다.

채점 기준	배점(%)
(가)~(다)의 시간 순서를 옳게 나열하고, 전선이 통과한 시기와 종류를 옳게 설명한 경우	100
전선이 통과한 시기와 종류만 옳게 설명한 경우	60
(가)~(다)의 시간 순서만 옳게 나열한 경우	40

18

(1) 태풍 진행 방향의 오른쪽 지역은 상대적으로 풍속이 강한 위험 반원에 해당하며, 이곳에서는 태풍이 이동함에 따라 풍향이 시계 방향으로 바뀐다.

**예시 답안** A: 위험 반원, B: 가항 반원, A에서는 풍향이 시계 방향으로 바뀌었고, B에서는 풍향이 시계 반대 방향으로 바뀌었다.

채점 기준	배점(%)
위험 반원과 가항 반원을 옳게 제시하고, 그렇게 판단한 까닭을 풍향 변화와 관련지어 옳게 설명한 경우	100
위험 반원과 가항 반원만 옳게 제시한 경우	40

(2) 태풍 중심보다 북쪽에 위치한 관측소에서는 대체로 북풍 계열의 바람이 불고, 태풍 중심보다 남쪽에 위치한 관측소에서는 대체로 남풍 계열의 바람이 분다.

**예시 답안** B, 태풍은 저기압이므로 바람이 태풍 중심으로 불어 들어간다. A에서는 대체로 남풍 계열의 바람이 불었고, B에서는 북풍 계열의 바람이 불었다. 따라서 A는 태풍 중심보다 위도가 낮았고, B는 태풍 중심보다 위도가 높았다.

채점 기준	배점(%)
B를 옳게 제시하고, 그 근거를 옳게 설명한 경우	100
B만 옳게 제시한 경우	40

**19**

우박은 구름 내부에서 상승과 하강을 반복하면서 성장한다. 이때 상승 기류가 충분하지 못한 경우 우박이 성장하기 어렵다.

**예시 답안** 한겨울에는 상승 기류가 약하여 우박이 성장하기 어렵고, 한여름에는 기온이 높아 얼음 알갱이가 쉽게 녹기 때문에 우박이 잘 발생하지 않는다. 따라서 상대적으로 봄, 가을에 우박이 많이 발생한다.

채점 기준	배점(%)
우박 일수를 우박 성장 여부와 관련지어 옳게 설명한 경우	100
우박 일수를 우박 성장 여부와 관련지어 부분적으로 옳게 설명한 경우	50

**3 대기과 해양의 상호작용**

**05 강 엘니뇨와 남방진동**

**기본 탄탄 문제** 52쪽

**01** (1) × (2) ○ (3) × (4) ×    **02** (1) 옳 (2) 옳 (3) 무역풍  
**03** (1) 남풍 (2) 북풍    **04** (1) ㄱ, ㄴ, ㄷ (2) ㄷ, ㄹ, ㅁ  
**05** ㉠ 서, ㉡ 동, ㉢ 약, ㉣ 강    **06** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×

**01**    **답** (1) × (2) ○ (3) × (4) ×  
 (1), (4) 용승 해역에서는 영양염류와 플랑크톤이 풍부하며, 대기의 냉각으로 안개가 자주 발생한다.

(3) 용승은 심층의 찬 해수가 위로 올라오는 현상이다.

**02**    **답** (1) 옳 (2) 용승 (3) 무역풍  
 지구 자전의 영향으로 북반구에서 표층 해수는 평균적으로 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로 이동한다.

**03**    **답** (1) 남풍 (2) 북풍  
 표층 해수는 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 이동한다. 따라서 남풍이 불면 표층 해수가 외해로 이동하여 용승이 일어난다.

**04**    **답** (1) ㄱ, ㄴ, ㄷ (2) ㄷ, ㄹ, ㅁ  
 엘니뇨 시기에는 무역풍의 세기가 약해지면서 열대 동태평양 해역에서 용승이 약해진다. 또한 표층 수온이 상승하고 해면 기압이 낮아져 강수량이 증가한다.

**05**    **답** ㉠ 서, ㉡ 동, ㉢ 약, ㉣ 강  
 평상시에는 열대 서태평양에서 상승 기류가, 열대 동태평양에서 하강 기류가 우세하게 나타난다. 엘니뇨 시기에는 무역풍이 약해지면서 워커 순환도 약해진다.

**06**    **답** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×  
 (4) 엘니뇨는 해양의 수온 변화 현상이고 남방진동은 대기의 기압 분포 변화 현상이다.

**실력 쏙쏙 문제** 53~55쪽

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

**단답형 서술형 문제**

**13** 해설 참조  
**14** 표층 수온, 따뜻한 해수층의 두께(또는 수온 약층이 시작되는 깊이) 등  
**15** 해설 참조

01 **답 ⑤**  
 ⑤ 표층 해수가 해안에서 먼바다로 이동하면 빈 곳을 채우기 위해 심층에서 해수가 상승한다.

**오답 피하기** ①, ③ 극 해역에서는 표층 해수의 침강이, 적도 해역에서는 심층 해수의 용승이 일어난다.  
 ② 용승이 일어나면 심층에 풍부한 영양염류가 표층으로 올라온다.

02 **답 ③**  
 ③ 북반구의 표층 해수는 지구 자전 효과로 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 이동하고, 남반구의 표층 해수는 바람 방향의 왼쪽 직각 방향으로 이동한다.

03 **답 ⑤**  
 연안 용승으로 심층에서 찬 해수가 상승하면 표층 수온이 낮아져 안개가 발생할 수 있다. 또한 영양염류가 풍부해져 식물성 플랑크톤의 농도가 증가한다.

04 **답 ①**  
 7. ㉠은 적도 부근 해역에서 대기 대순환에 의해 부는 무역풍이다.  
**오답 피하기** ㉡. 적도 해역에서는 무역풍에 의해 표층 해수가 발산하여 용승이 일어난다.  
 ㉢. 적도 해역에서는 용승이 일어나므로 주변 해역보다 수온이 낮아 해수면 높이가 낮다.

05 **답 ③**  
 7. ㉡. A 해역에서는 남풍 계열의 바람에 의해 표층 해수가 먼바다로 이동하여 연안 용승이 일어났다.  
**오답 피하기** ㉢. 자료에서 표층 수온이 낮은 곳에서 식물성 플랑크톤의 농도가 대체로 높다. 특히 A 해역에서는 연안 용승이 일어나 식물성 플랑크톤의 농도가 매우 높게 나타난다.

06 **답 ①**  
 ① 엘니뇨는 무역풍이 약해져 열대 동태평양의 표층 수온이 높아지는 현상이 수개월 이상 지속되면서 발생한다.  
**오답 피하기** 엘니뇨가 발생하면 페루 연안에서 용승이 약해지면서 따뜻한 해수층이 두꺼워진다. 따라서 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊어진다.

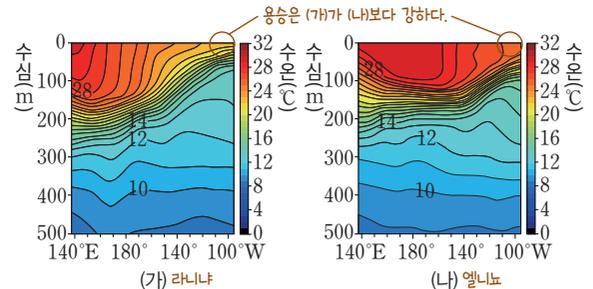
07 **답 ②**  
 7. ㉡. 라니냐는 무역풍이 평상시보다 강한 시기에 발생하며, 열대 태평양에서는 서쪽으로 이동하는 따뜻한 해수의 흐름이 강해진다.  
**오답 피하기** ㉢, ㉣. 라니냐 발생 시 서태평양에서는 평상시보다 상승 기류가 우세해져 강수량이 증가하고 홍수 피해가 나타난다.

08 **답 ④**  
 A는 엘니뇨 시기, B는 라니냐 시기이다. A일 때 동태평양 적도 부근 해역은 평균 수온이 높고 상승 기류가 우세해져 강수량이 많아진다.

**오답 피하기** ① A는 동태평양 적도 부근 해역의 수온 편차가 (+)이므로 평상시보다 수온이 높은 시기이다. 따라서 A는 엘니뇨 시기이다.

09 **답 ③**

**자료 분석** ● 엘니뇨와 라니냐 시기의 연직 수온 분포



- (가)는 동태평양 적도 부근 해역에서 용승이 강하게 나타나므로 라니냐 시기이다.
- 무역풍의 세기: (가) > (나)
- 동태평양 적도 부근 해역에서 수온 약층이 시작되는 깊이: (가) < (나)

㉢. 동태평양 적도 부근 해역에서 수온 약층이 시작되는 깊이는 (가)보다 따뜻한 해수층이 두꺼운 (나)에서 더 깊다.

**오답 피하기** 7. (가)는 동태평양 적도 부근 해역에서 용승이 강한 라니냐 시기이고, (나)는 용승이 약해진 엘니뇨 시기이다.  
 ㉡. 동풍 계열의 바람인 무역풍은 엘니뇨 시기인 (나)보다 라니냐 시기인 (가)에서 더 우세하다.

10 **답 ③**  
 엘니뇨가 발생했을 때의 대기 순환 모습이다. 엘니뇨 시기는 평상시보다 무역풍이 약화되어 동서 방향의 거대한 대기 순환인 워커 순환이 약해진다.

**오답 피하기** ④, ⑤ 워커 순환이 약해진 엘니뇨 시기에는 A 해역에서 강수량이 평상시보다 줄어들고, B 해역에서 용승이 평상시보다 약해진다.

**개념 더하기** ⊕ 평상시와 엘니뇨 발생 시 비교

구분	평상시	엘니뇨 발생 시
바람	무역풍이 동에서 서로 분다.	평상시보다 무역풍이 약하게 분다.
동태평양	• 용승 활발, 수온 낮다. • 하강 기류, 고기압, 강수량 적다.	• 용승 약화, 수온 상승 • 상승 기류, 저기압, 강수량 증가
서태평양	• 수온 높다. • 상승 기류, 저기압, 강수량 많다.	• 수온 하강 • 하강 기류, 고기압, 강수량 감소

11 답 ④

7. 동태평양의 수온 편차가 (-)이므로 라니냐 시기에 관측한 자료이다.

ㄷ. 평상시에 비해 라니냐 시기에는 서태평양 수온이 더 상승하고 동태평양 수온이 더 하강하여 두 해역의 표층 수온 차는 평상시보다 커진다.

**오답 피하기** ㄴ. 라니냐 시기에는 동태평양에서 하강 기류가 우세해져 평상시보다 강수량이 감소한다.

12 답 ⑤

7. 서태평양의 인도네시아와 오스트레일리아에서 이상 건조 현상이 나타나므로 엘니뇨 시기이다.

ㄴ. 엘니뇨 시기에는 무역풍의 세기가 평상시보다 약하다.

ㄷ. 엘니뇨가 발생하면 대기와 해양의 상호작용을 통해 열대 해양의 온도 변화가 전 지구적인 기상 변화를 일으킬 수 있다.

13

연안 용승이 일어나면 표층 수온은 해안에서 먼바다로 갈수록 높아진다.

**예시 답안** 해안에서 먼바다로 갈수록 표층 수온이 높아진다. 따라서 바람에 의해 표층 해수가 먼바다로 이동하였고, 심층에서 찬 해수가 상승하는 연안 용승이 일어났다.

채점 기준	배점(%)
해수의 이동을 연안 용승과 관련지어 옳게 설명한 경우	100
해수의 이동 또는 연안 용승만 옳게 설명한 경우	50

14 답 표층 수온, 따뜻한 해수층의 두께 (또는 수온 약층이 시작되는 깊이) 등

엘니뇨 발생 시 동태평양의 페루 연안은 표층 수온이 증가하고 상승 기류가 강해져 강수량이 많아진다. 또한 따뜻한 해수층이 두꺼워져 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊어진다.

15

평상시보다 해수면 온도가 높아지면 해면 기압이 낮아지므로 해면 기압 편차는 (-)로 나타난다.

**예시 답안** 엘니뇨 시기, 동태평양의 해면 기압 편차는 (-)이므로 평상시보다 해면 기압이 낮고, 서태평양은 이와 반대로 평상시보다 해면 기압이 높다. 따라서 이 시기는 동태평양의 표층 수온이 평상시보다 높게 나타나는 엘니뇨 시기이다.

채점 기준	배점(%)
엘니뇨 시기를 옳게 쓰고, 그 근거를 해면 기압 편차와 관련지어 옳게 설명한 경우	100
엘니뇨 시기만 옳게 제시한 경우	40

06강 지구의 기후 변화

탐구 확인문제

59쪽

01 ④    02 (1)×(2)○(3)○(4)○

01 답 ④

④ 기후 변화의 자연적 요인은 지구 외적 요인과 지구 내적 요인으로 구분할 수 있다.

**오답 피하기** 지구 자전축 기울기 변화는 지구 외적 요인, 화산 활동은 지구 내적 요인, 화석연료 사용은 인위적 요인에 해당한다.

02 답 (1)×(2)○(3)○(4)○

(1) 대규모 화산 폭발 직후 지구의 평균 기온은 하강한다.

(4) 지구 자전축 기울기가 증가하면 여름철 태양의 남중 고도는 높아지고 겨울철 태양의 남중 고도는 낮아진다.

기본 탄탄 문제

60쪽

01 (가), (마), (바)

02 (1)×(2)×(3)○(4)○

03 (1) 화산재 (2) 반사율 (3) 해류

04 ㉠ 짧은, ㉡ 긴, ㉢ 높은

05 (1) 온실 기체 (2) 사막화 (3) 복사 (4) 에어로졸

06 (1)×(2)×(3)×(4)○(5)○

01 답 (가), (마), (바)

태양 활동 변화, 지구 자전축 기울기 변화, 지구 공전 궤도 이심률 변화는 지구 외적 요인인 천문학적 요인에 해당한다. 한편, 대규모 화산 폭발은 지구 내적 요인에 해당하고, 대규모 도시 개발과 화석연료 사용량 증가는 인위적 요인에 해당한다.

02 답 (1)×(2)×(3)○(4)○

(1) 공전 궤도가 납작할수록 공전 궤도 이심률이 크다.

(2) 지구 자전축의 경사 방향 변화는 약 26000년을 주기로 변하므로 약 26000년 후에는 현재와 지구 자전축의 경사 방향이 같아진다.

03 답 (1) 화산재 (2) 반사율 (3) 해류

(1) 다량의 화산재가 성층권까지 올라가면 햇빛을 차단해 지구의 평균 기온을 낮출 수 있다.

(3) 해류는 기후 변화에 영향을 미치므로 수륙 분포 변화는 기후 변화의 요인이 된다.

04 답 ㉠ 짧은, ㉡ 긴, ㉢ 높은

대기는 파장이 긴 적외선을 잘 흡수하여 지표로 재복사한다. 따라서 이러한 대기의 온실 효과로 지구의 평균 기온은 온실 효과가 없을 때보다 더 높게 유지된다.

**05** (1) 온실 기체 (2) 사막화 (3) 복사 (4) 에어로졸  
 (3) 온실 기체의 농도 증가로 온실 효과가 커지면 지구는 더 높은 온도에서 복사 평형을 이룬다.  
 (4) 에어로졸은 햇빛을 산란시켜 지표로 입사하는 태양 복사 에너지를 감소시킨다.

**06** (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) ○  
 (1) 극지방의 빙하가 녹으면 지표 반사율은 감소한다.  
 (2) 신재생 에너지 사용은 화석연료 사용량을 줄이는 역할을 한다.  
 (3) 지구 온난화가 나타나면 대체로 증발량은 증가하며, 강수량은 지역에 따라 증가하거나 감소할 수 있다.

**실력** **꼭꼭** **문제**

61~63쪽

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

**단답형·서술형 문제**

- 14 (1) 겨울 (2) 해설 참조  
 15 (1) ㉠ 감소, ㉡ 감소 (2) 화석연료 사용량 증가, 삼림 벌채(또는 사막화 확대) 등 16 해설 참조

**01** (답) ①  
 ① 최근 50년 동안 지구 온도는 지난 2000년 동안의 어느 시기보다 빠른 속도로 상승했으며, 상승 폭도 매우 크다.

**02** (답) ③  
 ㄱ, ㄴ. 세차 운동은 기후 변화를 일으키는 지구 외적 요인에 속하고 화산 활동은 지구 내적 요인에 속하며, 이 두 가지 요인은 모두 자연적 요인에 해당한다.  
**오답 피하기** ㄷ. 태양 활동 변화는 기후 변화를 일으키는 지구 외적 요인에 해당하므로 자연적 요인에 포함된다.

**03** (답) ⑤

**자료 분석** 지구 자전축의 세차 운동

(가) 현재 (나) 약 13000년 후

- 지구 자전축의 경사 방향은 약 26000년을 주기로 시계 방향으로 회전한다. → 이를 세차 운동이라고 한다.
- 13000년 후 지구 자전축의 경사 방향은 현재와 반대가 되어 계절이 반대로 나타난다. → 북반구의 경우 현재 원일점에서 여름이지만 13000년 후에는 근일점에서 여름이다.

ㄱ, ㄴ. 세차 운동의 주기는 약 26000년이므로 약 13000년 후에는 근일점에서 여름(북반구 기준)이 된다. 따라서 우리나라에서 기온의 연교차는 현재보다 커진다.  
 ㄷ. (가)에서 지구가 원일점에 위치할 때 북반구에 위치한 우리나라의 계절은 여름이다.

**04** (답) ⑤  
 ㄴ, ㄷ. B 시기에는 A 시기에 비해 근일점 거리는 멀어지고, 원일점 거리는 가까워진다. 따라서 원일점에서 지구에 입사하는 태양 복사 에너지량이 증가한다.

**오답 피하기** ㄱ. B 시기에는 지구의 공전 궤도가 원 궤도에 가까우므로 지구 공전 궤도 이심률은 A 시기보다 작다.

**05** (답) ③  
 ㄷ. 대규모 화산 폭발 시 화산재가 성층권까지 도달하여 햇빛을 차단하면 지구의 평균 기온은 급격하게 낮아질 수 있다.

**오답 피하기** ㄱ. 화산 분출 직후 기온이 낮아졌으므로 햇빛 반사율이 증가하였을 것이다.  
 ㄴ. 지구의 평균 기온 하강에 영향을 미친 화산 분출물은 주로 화산재이다.

**06** (답) ⑤  
 ⑤ 인위적 요인에 의한 평균 기온 상승은 화석연료를 사용하기 시작한 산업 혁명 이후부터 나타나고 있다.

**07** (답) ③  
 ㄱ, ㄴ. 숲이 사라지고 도시화나 사막화 지역이 확대되면 삼림 지역일 때보다 지표의 반사율이 증가한다.

**오답 피하기** ㄷ. 온실 기체의 증가로 빙하 면적이 감소하면 지표 반사율이 감소한다.

**08** (답) ②  
 ㄴ. 대기는 입사하는 복사 에너지 중 특정한 파장 영역의 빛만 선택적으로 흡수한다.

**오답 피하기** ㄱ. 태양 복사 A는 주로 가시광선이고, 지구 복사 B는 주로 적외선이므로 복사 에너지의 파장은 A가 B보다 짧다.  
 ㄷ. 온실 기체의 농도가 증가하면 대기에서 지표로 재복사하는 에너지 C가 증가한다.

**09** (답) ①  
 ㄱ. 이산화 탄소, 메테인, 산화 이질소 등 온실 기체의 농도는 증가하는 추세이다.

**오답 피하기** ㄴ. 2020년에 이산화 탄소의 농도는 대략 400 ppm이고, 메테인의 농도는 대략 1800 ppb이므로 대기 중 온실 기체의 농도는 메테인이 이산화 탄소보다 낮다.  
 ㄷ. 온실 기체 농도는 석유, 석탄 등 화석연료 사용량이 늘어나면서 증가하였다. 따라서 온실 기체의 농도 변화는 주로 인위적 요인에 의해 나타난다.

**10** 답 ⑤  
 ㄱ, ㄴ. 에어로졸은 햇빛을 반사하거나 구름을 형성시켜 강수를 촉진하기도 한다. 따라서 지표면으로 들어오는 태양 복사 에너지를 감소시키는 역할을 한다.

ㄴ. 에어로졸은 황사, 산불, 화산재, 해염 등의 자연적 요인과 산업 시설 배출, 소각, 화석연료 사용 등의 인위적 요인에 의해 발생한다.

**11** 답 ⑤  
 ⑤ 지구 온난화 현상으로 극지방의 빙하 면적이 감소하고 있다.

**오답 피하기** 최근의 기후 변화로 해수면 상승, 사막화, 생태계의 다양성 감소, 이상 기상의 발생 빈도 증가, 북극 빙하 면적 감소 등이 나타나고 있다.

**12** 답 ④  
 ㄴ. 자연적 요인 중에는 화산 분출과 같이 기온을 낮추는 요인도 있다.

ㄷ. 최근의 기온 변화 경향은 자연적 요인보다 인위적 요인에 의해 상승하고 있는 것으로 보인다.

**오답 피하기** ㄱ. 지구 평균 기온의 관측치는 자연적 요인만 반영한 경우보다 인위적 요인도 함께 반영한 경우에 거의 비슷하게 나타난다.

**13** 답 ③  
**오답 피하기** B. 천연가스는 화석연료에 해당하므로 온실 기체의 농도를 증가시키는 역할을 한다.

**14**  
 (1) 지구 자전축이 태양의 반대편으로 기울어져 있으므로 북반구에 위치한 우리나라의 계절은 겨울이다.  
 (2) **예시 답안** 지구 자전축의 기울기가 증가하면 여름철에 태양의 남중 고도는 높아지고, 겨울철에 태양의 남중 고도는 낮아진다.

채점 기준	배점(%)
우리나라에서 여름철과 겨울철의 남중 고도 변화를 모두 옳게 설명한 경우	100
우리나라에서 여름철과 겨울철의 남중 고도 변화 중 하나만 옳게 설명한 경우	50

**15**  
 (1) 수온이 높아지면 기체의 용해도는 감소한다. 빙하 면적이 줄어들면 지표 반사율도 감소한다.

(2) 삼림 벌채 또는 도시 확대 등은 광합성량을 감소시켜 대기 중 이산화 탄소를 증가시키는 요인이 된다.

**16** 답 ⑤  
**예시 답안** (가)는 온실 효과를 일으키는 이산화 탄소의 농도를 낮추는 방법이고, (나)는 햇빛의 반사율을 증가시켜 지표 온도를 낮추는 방법이다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)를 모두 옳게 설명한 경우	100
(가)와 (나) 중 하나만 옳게 설명한 경우	50

**일전 문제**

64~67쪽

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

**단답형·서술형 문제**

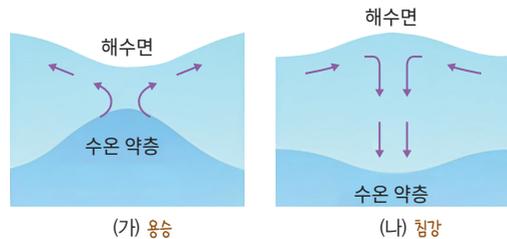
- 16 해설 참조  
 17 (1) (가) 라니냐 시기, (나) 엘니뇨 시기 (2) 해설 참조  
 18 해설 참조                      19 해설 참조  
 20 해수 순환의 변화, 해양 산성화 등

**01** 답 ③  
 ㄱ, ㄴ. (가)와 (나)에서 모두 표층 해수가 동쪽으로 이동한다. 따라서 (가)에서 연안 용승, (나)에서 연안 침강이 일어난다.

**오답 피하기** ㄴ. (가)에서 연안 용승이 일어나므로 표층 수온은 연안에서 먼바다로 갈수록 높아진다.

**02** 답 ②

**자료 분석** 용승과 침강



- (가): 표층 해수가 발산하면서 심층 해수가 용승한다.  
 → 해수면 온도 하강, 해수면 높이 하강, 수온 약층의 깊이 얕아짐.
- (나): 표층 해수가 수렴하면서 표층 해수가 침강한다.  
 → 해수면 온도 상승, 해수면 높이 상승, 수온 약층의 깊이 깊어짐.

ㄴ. (나)에서 표층수가 두꺼워지면서 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊어진다.

**오답 피하기** ㄱ. (가)에서 용승이, (나)에서 침강이 일어난다.

ㄷ. 용승이 일어나면 심층에서 영양염류가 올라온다. 따라서 표층에서 영양염류의 양은 (가)가 (나)보다 많다.

**03** 답 ⑤  
 ㄱ, ㄴ. 적도에서는 무역풍에 의해 표층 해수가 발산하여 용승이 일어나고 플랑크톤의 농도가 주변 해역보다 높게 나타난다.

**오답 피하기** ㄴ. 용승이 일어나므로 적도 해역은 주변 해역보다 표층 수온이 낮다.

**04** **답 ③**  
③ 엘니뇨 시기에는 열대 동태평양에서 강수량이 평상시보다 증가한다.

**오답 피하기** ①, ② 평상시보다 무역풍이 약해지면 열대 동태평양에서 표층 수온이 높아지면서 엘니뇨가 발생한다.

④, ⑤ 엘니뇨 시기에는 따뜻한 해수가 동쪽으로 이동하면서 열대 서태평양에서 따뜻한 해수층이 얇아지고, 하강 기류가 우세해진다.

**05** **답 ⑤**  
ㄱ. 평상시에 해수면 높이는 A가 B보다 높다.  
ㄴ. 엘니뇨 시기에는 A와 B의 수온 차가 평상시보다 작다. 무역풍이 약해지는 엘니뇨 시기에는 B의 수온이 상승하여 A와 B의 수온 차가 평상시보다 작아진다.  
ㄷ. 라니냐 시기에는 A가 B의 해수면 높이 차가 평상시보다 증가한다.

**06** **답 ④**  
ㄴ, ㄷ. 엘니뇨 시기(B)에는 라니냐 시기(A)보다 동태평양 연안(페루)에서 강수량이 많아지고, 서태평양 연안(오스트레일리아)에서 가뭄, 산불 등의 피해가 나타난다.  
**오답 피하기** ㄱ. A는 라니냐 시기, B는 엘니뇨 시기이므로 무역풍의 세기는 A보다 B일 때 약하다.

**07** **답 ⑤**  
ㄴ. 이 시기는 라니냐 시기이므로 워커 순환이 평상시보다 강하게 나타난다.  
ㄷ. 라니냐 시기에는 서태평양 적도 부근 해역에서 평상시보다 해면 기압이 낮아져 상승 기류가 우세하므로 해면 기압 편차는 (-) 값을 갖는다.  
**오답 피하기** ㄱ. 서태평양 적도 부근 연안에서 다습한 기후가 나타나므로 라니냐 시기에 해당한다.

**08** **답 ①**  
① 수륙 분포 변화는 기후 변화를 일으키는 지구 내적 요인에 해당한다.  
**오답 피하기** 태양 활동 변화, 지구 자전축의 기울기 변화, 지구 공전 궤도의 이심률 변화, 지구 자전축의 경사 방향 변화는 모두 지구의 기후 변화를 일으키는 천문학적 요인에 해당한다.

**09** **답 ②**  
ㄴ. 지구 자전축의 기울기가 클수록 여름철 기온은 높고 겨울철 기온은 낮다. 따라서 우리나라에서 여름철 기온은 지구 자전축의 기울기가 큰 8000년 전이 현재보다 높다.

**오답 피하기** ㄱ. 지구 자전축의 기울기 변화 주기는 약 40000년으로, 세차 운동 주기인 약 26000년보다 길다.  
ㄷ. 지구에 입사하는 태양 복사 에너지의 양은 지구 자전축의 기울기에 따라 달라지지 않으므로 현재와 8000년 후가 같다.

**10** **답 ③**  
ㄱ, ㄴ. 거대한 습곡 산맥 형성과 심층 순환 변화는 기후 변화를 일으키는 지구 내적 요인에 해당한다.

**오답 피하기** ㄷ. 지구 공전 궤도 이심률 변화는 기후 변화를 일으키는 지구 외적 요인에 해당한다.

**11** **답 ④**  
ㄴ, ㄷ. 초대륙이 분리되면서 수륙 분포가 달라지면 해류의 변화로 전 지구적인 기후 변화가 나타난다. 이러한 기후 변화의 요인은 지구 내적 요인에 해당한다.

**오답 피하기** ㄱ. 초대륙 분리 과정에서 해안 지역이 넓어지면서 다양한 기후대가 형성된다.

**12** **답 ①**  
ㄱ. 지구 온난화로 빙하가 녹고, 해수의 열팽창이 일어나 해수면이 상승한다.

**오답 피하기** ㄴ. 제시된 자료에서 120년 동안 해수면이 약 210 mm 상승했으므로 해수면 상승 속도는 약 1.75 mm/년이다.  
ㄷ. 이 기간 동안 극지방의 얼음 면적이 감소하여 지표 반사율은 대체로 감소하였을 것이다.

**13** **답 ④**  
**오답 피하기** ㄴ. 숲은 사막 모래나 건물(콘크리트)에 비해 반사율이 낮게 나타난다. 따라서 과도한 삼림 벌채와 도시화는 지표의 반사율을 증가시킨다.

**14** **답 ③**  
③ 성층권에 에어로졸을 뿌리는 것은 지구의 반사율을 높여 지구에 흡수되는 태양 복사 에너지의 양을 줄이는 방법이다.  
**오답 피하기** 옥상 정원 설치, 도시 농업 활성화, 대중교통 이용, 신재생 에너지 사용 비율 증가는 대기 중 온실 기체의 농도를 줄이는 역할을 한다.

**15** **답 ③**  
③ 화산 폭발은 지구 내적 요인, 세차 운동은 지구 외적 요인, 온실 기체 증가는 인위적 요인에 해당한다.

**16**  
연안 용승이 일어나면 심층에서 찬 해수가 올라오기 때문에 표층 해수의 밀도가 커진다.  
**예시 답안** 해안에서 먼바다로 갈수록 해수의 밀도가 감소하므로 연안 용승이 일어나고 있다. 따라서 이 해역에서는 북풍이 불고 있고 표층 해수는 서쪽으로 이동하고 있다.



ㄴ. 심층 순환을 열염 순환이라고도 하므로 열염 순환의 평균 세기는 (나)가 (가)보다 약하다.

**05** 답 ④

A. 가시 영상은 햇빛의 반사광을 측정하므로 주간에만 이용할 수 있다.

C. 레이더 영상을 이용하여 실시간 강수량과 강수 구역의 이동을 알 수 있다.

**오답 피하기** B. 적외 영상으로 구름의 최상부 높이를 알 수 있고, 가시 영상으로 구름의 두께를 알 수 있다.

**06** 답 ⑤

⑤ 바람의 세기는 등압선이 조밀할수록 강하므로 (가)보다 (나)일 때 강하다.

**오답 피하기** ①, ④ (가)는 북태평양 고기압이 발달한 여름철 일기도이고, (나)는 시베리아 고기압이 발달한 겨울철 일기도이다. 두 고기압은 모두 정체성 고기압이다.

**07** 답 ⑤

⑤ 이 저기압은 전선을 동반한 중위도 저기압이다. 중위도 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

**오답 피하기** ① ⑦은 폐색 전선이다.

② 기온은 B가 C보다 높다.

③ A에서는 서풍 계열(북서풍)의 바람이 분다.

④ 구름의 두께는 적란운이 발달한 ㉠ 부근이 층운이 분포하는 ㉡ 부근보다 두껍다.

**08** 답 ②

ㄴ. A는 열대 해상에서, B는 중위도에서 발생한다.

**오답 피하기** ㄱ. A는 열대 저기압, B는 중위도 저기압이다.

ㄷ. A는 전선을 동반하지 않지만 B는 전선을 동반한다.

**09** 답 ②

**자료 분석** 태풍의 이동



- A: 태풍 진행 방향의 왼쪽에 위치, 가항 반원 → 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.
- B: 태풍 진행 방향의 오른쪽에 위치, 위험 반원 → 풍향이 시계 방향으로 변한다.

② 전향점은 태풍이 북서쪽으로 진행하다가 북동쪽으로 방향을 바꾸는 위치이다. 따라서 태풍이 전향점을 통과한 시기는  $t_4 \sim t_5$  사이이다.

**오답 피하기** ①  $t_1 \sim t_2$  동안 태풍은 무역풍의 영향을 받아 북서쪽으로 이동하였다.

③ 일정한 시간 동안 태풍 중심의 위치 변화가 더 작은  $t_1 \sim t_2$ 가  $t_3 \sim t_4$ 보다 이동 속력이 느렸다.

④ A는 태풍 이동 경로의 왼쪽에 위치하였으므로 가항 반원에 위치하였다.

⑤  $t_4 \sim t_5$  동안 태풍 이동 경로의 오른쪽에 위치한 B에서는 풍향이 시계 방향으로 변했다.

**10** 답 ②

ㄴ. 뇌우의 성숙 단계에서는 소나기가 내릴 수 있으므로 집중 호우가 발생할 수 있다.

**오답 피하기** ㄱ. 우박은 한겨울이나 한여름에 거의 발생하지 않는다. ㄷ. 황사는 상층의 편서풍을 타고 우리나라 쪽으로 이동한다.

**11** 답 ③

ㄱ, ㄷ. 해수의 온도가 연안에서 더 높으므로 침강이 일어나고 있다. 따라서 표층 해수는 서쪽으로 이동하고 있다.

**오답 피하기** ㄴ. 풍향에 대해 표층 해수가 왼쪽 90° 방향으로 이동하므로, 이 지역은 남반구에 위치한다.

**12** 답 ②

**자료 분석** 엘니뇨와 라니냐



서태평양의 수온이 낮고, 동태평양의 수온이 높다. → A와 B의 수온 차 감소

서태평양의 수온이 높고, 동태평양의 수온이 낮다. → A와 B의 수온 차 증가

- A: 라니냐 시기에 해수면 높이가 높다. → 라니냐 시기에 따뜻한 해수층이 두꺼워지는 서태평양 연안이다.
- B: 엘니뇨 시기에 해수면 높이가 높다. → 엘니뇨 시기에 따뜻한 해수층이 두꺼워지는 동태평양 연안이다.

ㄴ. B는 엘니뇨 시기에 해수면 높이가 높게 나타나므로 동태평양 연안이다. 엘니뇨 시기에 동태평양 연안에서 표층 수온은 평상시보다 높으므로 수온 편차가 (+)이다.

**오답 피하기** ㄱ. A는 서태평양 연안, B는 동태평양 연안이다.

ㄷ. 엘니뇨 시기에는 동태평양 연안과 서태평양 연안의 표층 수온 차가 평상시보다 작아지고, 라니냐 시기에는 동태평양 연안과 서태평양 연안의 표층 수온 차가 평상시보다 커진다.

**13** 답 ③

ㄱ. 수륙 분포의 변화는 해안 지역의 기후와 생태 환경에 영향을 준다.

ㄴ. 세차 운동은 지구 외적 요인에 해당한다.

**오답 피하기** ㄷ. 지구 자전축의 기울기가 커지면 북반구와 남반구에서 모두 기온의 연교차가 커진다.

**14** 답 ⑤

ㄱ. 이산화 탄소의 농도가 증가함에 따라 지구의 평균 기온도 점점 빠르게 상승하고 있다.

ㄴ. 대기 중 이산화 탄소의 농도가 높아지므로 지표 복사 흡수율은 증가하고 있다.

ㄷ. 이 기간 동안 지구의 평균 기온 변화는 주로 인간 활동에 의한 이산화 탄소 등의 온실 기체 증가 때문인 것으로 알려져 있다.

**15** 답 ②

② 판의 이동은 지구 내부 에너지에 의해 발생하는 현상이므로 지구 온난화와 관련이 없다.

**오답 피하기** 최근에는 대기 중 온실 기체가 증가하면서 지구의 평균 기온이 상승하는 지구 온난화가 나타나고 있다. 이러한 지구 온난화가 심해지면서 열대야 횟수가 증가하고 주요 작물의 재배 지역이 북상하였으며, 이상 기상의 횟수와 강도가 증가하였다. 또한 한반도 주변 해역의 해수면 높이도 상승하였다.

**16**

대양의 가장자리는 주변 대륙으로부터 강물이 유입된다. 강물은 해수에 비해 염분이 매우 낮으므로 강물의 영향을 받는 곳은 염분이 낮다.

**예시 답안** 대양의 가장자리는 육지로부터 담수가 유입되므로 대양의 중앙부보다 표층 염분이 낮다.

채점 기준	배점(%)
담수의 유입과 해수의 염분 변화를 옳게 설명한 경우	100
담수의 유입을 설명하지 않은 경우	50

**17**

(1) 대기 대순환으로 인해 0°~30° 사이에는 무역풍, 30°~60° 사이에는 편서풍, 60°~90° 사이에는 극동풍이 분다.

(2) 아열대 순환을 일으키는 바람은 대기 대순환 중 무역풍과 편서풍이다.

**예시 답안** 아열대 순환은 무역풍(㉠)과 편서풍(㉡)에 의해 일어나는 표층 순환이다. 따라서 아열대 순환을 이루는 표층 해수는 시계 방향으로 순환한다.

채점 기준	배점(%)
아열대 순환이 무역풍과 편서풍에 의해 형성된 순환임을 옳게 설명한 경우	100
무역풍과 편서풍의 언급 없이 대기 대순환 때문이라고만 설명한 경우	40

**18**

한랭 전선이 통과하면 기온이 낮아지고, 기압은 높아진다.

**예시 답안** 10시~12시 사이에 한랭 전선이 통과하였다. 한랭 전선이 통과한 직후인 11시 무렵에 소나기가 내렸을 것이다.

채점 기준	배점(%)
전선의 종류, 전선 통과 시각, 강수가 내린 시각을 모두 옳게 제시한 경우	100
전선의 종류, 전선 통과 시각, 강수가 내린 시각 중 두 가지를 옳게 제시한 경우	70
전선의 종류, 전선 통과 시각, 강수가 내린 시각 중 하나만 옳게 제시한 경우	40

**19**

태풍 이동 경로의 오른쪽(위험 반원)에서는 풍향이 시계 방향으로 변하고, 왼쪽(가항 반원)에서는 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.

**예시 답안** A에서 풍향은 시계 반대 방향(북동풍 → 북풍 → 북서풍)으로 변했고, B에서 풍향은 시계 방향(북동풍 → 남동풍 → 남서풍)으로 변했다. 따라서 A는 가항 반원, B는 위험 반원에 위치하였다.

채점 기준	배점(%)
A와 B의 위치를 풍향 변화와 관련지어 옳게 설명한 경우	100
위험 반원과 가항 반원만 옳게 제시한 경우	40

**20**

답 ㉠ 남방진동, ㉡ 엘니뇨 남방진동

대기와 해양의 상호작용을 통해 엘니뇨와 남방진동은 밀접한 관련성이 나타난다.

**21**

**예시 답안** 화석연료 사용으로 대기 중에 유입된 이산화 탄소는 온실 효과를 일으켜 지구의 평균 기온을 높인다. 한편, 대기에 퍼져 있는 에어로졸은 햇빛을 산란시키거나 구름의 양을 증가시켜 지구의 평균 기온을 낮추는 역할을 한다.

채점 기준	배점(%)
이산화 탄소와 에어로졸의 영향을 모두 옳게 설명한 경우	100
이산화 탄소와 에어로졸의 영향 중 하나만 옳게 설명한 경우	50





06

답 ④

ㄴ. (다)는 지층이 지표면에 노출되어 침식되는 과정이므로 이때는 퇴적이 중단되어 새로운 지층이 생성되지 않는다.

ㄷ. (다)의 침식 과정 후에 지층이 침강해 다시 퇴적이 일어나면 새로운 지층이 생성되고 (라)의 부정합이 형성된다. 따라서 (다)와 (라) 사이에 지층이 침강한 적이 있다.

**오답 피하기** ㄱ. (가)는 지층의 용기, (나)는 수면 아래에서의 퇴적, (다)는 지층의 침식, (라)는 부정합의 형성이므로 부정합은 (나) → (가) → (다) → (라) 순으로 형성된다.

07

답 ③

③ 멀리 떨어져 있는 지역의 지층은 특정 시기에 생성된 지층에서만 발견되는 화석을 이용하면 지층의 선후 관계를 파악할 수 있다.

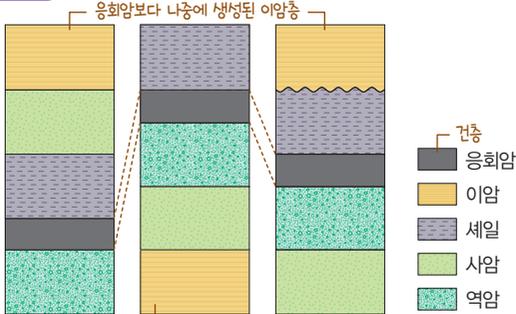
**개념 더하기** 지층 대비

암상에 의한 대비	화석에 의한 대비
<ul style="list-style-type: none"> <li>지층을 이루는 암석의 종류나 조직, 퇴적 구조 등을 비교하는 방법이다.</li> <li>주로 퇴적 환경이 비슷한 가까운 지역의 지층 대비에 이용한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>특정 시기에 생성된 지층에서만 발견되는 화석을 이용해 지층의 선후 관계를 비교하는 방법이다.</li> <li>멀리 떨어진 지층 대비에 이용한다.</li> </ul>

08

답 ①

**자료 분석** 암상에 의한 지층 대비



- 암상에 의한 대비를 할 때는 기준이 되는 층인 건층(열쇠층)을 이용한다.
- (가)~(다) 지역에 모두 응회암층이 있으므로 이를 기준으로 지층의 선후 관계를 비교한다.

ㄱ. 응회암층은 화산 활동으로 분출된 화산재가 짧은 시간 동안 넓은 지역에 퍼져 생성되므로 건층으로 적합하다.

**오답 피하기** ㄴ. (가)~(다) 지역의 암석 생성 순서를 비교하면 이암 → 사암 → 역암 → 응회암 → 셰일 → 사암 → 이암 순이므로 가장 오래된 지층은 (나)에 존재한다.

ㄷ. (가)의 이암은 응회암보다 나중에 생성되었고, (나)의 이암은 응회암보다 먼저 생성되었으므로 서로 다른 시기에 생성되었다.

09

답 ⑤

ㄱ. 0.5억 년이 되었을 때 X의 양이 50%가 되므로 X의 반감기는 0.5억 년이다.

ㄴ. 암석이 생성된 후 2억 년이 지나면 4회의 반감기가 지났으므로 암석 속에 남아 있는 모원소(X)의 양은 처음 양의  $(\frac{1}{2})^4 = \frac{1}{16}$  이고, 자원소의 양은  $\frac{15}{16}$  이다. 따라서  $\frac{\text{자원소의 양}}{\text{모원소의 양}}$ 은 15가 된다.

ㄷ. 암석 속에 남아 있는 X의 양이 처음 양의  $\frac{1}{8} = (\frac{1}{2})^3$  이라면 반감기가 3회 지났으므로 암석의 절대연령은 1.5억 년이다.

10

답 ②

ㄷ. P, Q의 절대연령이 각각 3억 년, 4.5억 년이고, 지층의 생성 순서는 Q → A → P이므로 A는 4.5억 년 전부터 3억 년 전 사이에 생성되었다.

**오답 피하기** ㄱ. P에서 모원소 : 자원소 = 1 : 3이므로 남아 있는 X의 양은  $\frac{1}{4} = (\frac{1}{2})^2$  이고 반감기가 2회 지났다.

ㄴ. Q에 남아 있는 X의 양이  $\frac{1}{8} = (\frac{1}{2})^3$  이므로 반감기가 3회 지났고 절대연령은 4.5억 년이다.

11

(1) A가 생성된 후 P가 관입했으므로 관입의 법칙을 적용하면 지층의 생성 순서는 A → P이다.

(2) 부정합면의 위쪽에는 기존의 지층이 풍화, 침식 작용을 받아 생성된 기저 역암이 흔히 나타난다. 또 부정합 관계인 두 지층에서 특정 시기에 생성된 지층에서만 발견되는 화석이 산출된다면 이를 비교해 퇴적 시간의 간격을 판단할 수 있다.

**예시 답안** A에 기저 역암이 있는지 확인한다. A와 B에서 어떤 시기에 생성된 화석이 산출되는지 확인한다.

채점 기준	배점(%)
A와 B의 부정합 관계를 판단할 수 있는 방법 두 가지를 모두 옳게 설명한 경우	100
A와 B의 부정합 관계를 판단할 수 있는 방법을 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

12

**예시 답안** 응회암층은 화산 활동으로 짧은 시간 동안 비교적 넓은 지역에 거의 동시에 생성되기 때문이다.

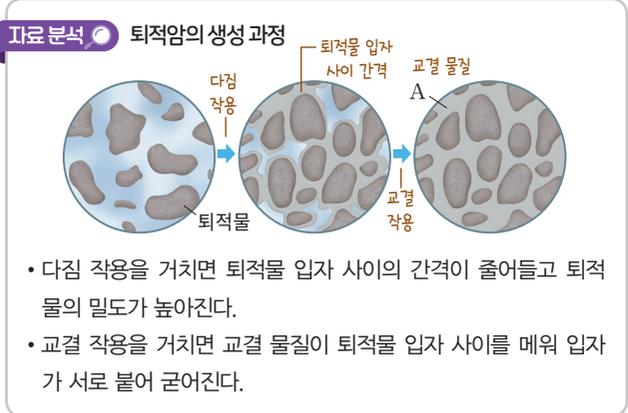
채점 기준	배점(%)
응회암층이 짧은 시간 동안 넓은 지역에 생성된다는 내용을 모두 포함해 옳게 설명한 경우	100
응회암층이 짧은 시간 동안 생성된다는 내용과 넓은 지역에 생성된다는 내용 중 한 가지만 포함해 설명한 경우	50



01 답 ④  
 나. 교결 작용이 일어나면 지하수에 녹아 있던 석회질, 규질 물질 등이 퇴적물 입자 사이를 메워 입자가 서로 붙어 굳어지게 된다.  
 다. 퇴적암은 지표의 암석이 풍화, 침식 작용을 받아 만들어진 쇄설물이나 화산 쇄설물, 호수나 바다에 녹아 있는 물질, 생물의 유해 등이 쌓인 퇴적물이 굳어져 생성된다.

오답 피하기 7. 운반된 퇴적물이 계속 쌓이면 위쪽의 퇴적물이 아래쪽 퇴적물을 누르는 압력이 증가하면서 다짐 작용이 일어난다.

02 답 ⑤



7. A는 퇴적물 입자 사이를 메우는 교결 물질이다.  
 나. 이 과정은 속성 작용으로, 퇴적암이 생성될 때 반드시 거치는 과정이므로 모든 종류의 퇴적암이 생성될 때 일어난다.  
 다. 속성 작용이 일어나면 퇴적물 입자 사이가 좁아지며 퇴적물의 밀도가 높아진다.

03 답 ③  
 ③ 속성 작용은 퇴적물이 쌓인 후 다져지고 굳어지면서 퇴적암이 되기까지의 전체 과정을 말한다.

오답 피하기 ① 속성 작용은 마그마의 존재 유무와 관련이 없다.  
 ② 물이나 바람에 의해 퇴적물이 운반되는 과정은 속성 작용에 포함되지 않는다.  
 ④ 지하수에 녹아 있던 석회질, 규질 물질 등이 퇴적물 입자 사이를 메우는 작용은 교결 작용으로, 속성 작용의 일부 과정이다.  
 ⑤ 위쪽에 쌓인 퇴적물의 압력에 의해 아래쪽 퇴적물 입자 사이의 간격이 줄어드는 작용은 다짐 작용으로, 속성 작용의 일부 과정이다.

04 답 ②  
 나. A는 퇴적물 입자 사이 간격의 부피이고, B는 교결 물질의 부피이다.  $t_1$ 일 때는 퇴적물 입자 사이 간격의 부피가 크게 감소하지만  $t_2$ 일 때는 부피 변화가 줄어든다. 따라서 다짐 작용은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 활발하게 일어난다.

오답 피하기 7. A는 속성 작용이 진행됨에 따라 부피가 감소하므로 퇴적물 입자 사이 간격의 부피이다. 교결 물질의 부피인 B는 속성 작용이 진행됨에 따라 증가한다.

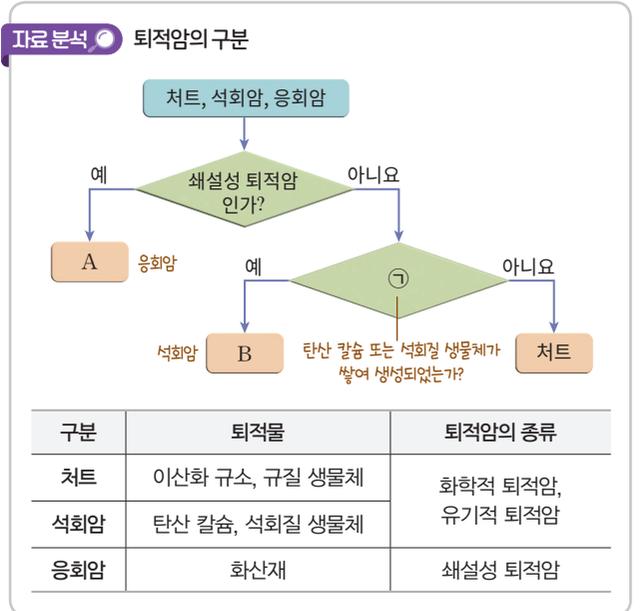
다. 속성 작용이 진행됨에 따라 퇴적물의 밀도는 높아지므로 단위 부피당 모래 입자의 개수는  $t_1$ 일 때보다 입자 사이 간격의 부피가 크게 감소한 이후인  $t_2$ 일 때가 더 많다.

05 답 ③  
 7. 자갈, 모래, 점토는 지표의 암석이 풍화, 침식 작용을 받아 만들어진 쇄설물이므로 A는 쇄설성 퇴적암이다.

다. 물속에 녹아 있던 탄산 이온과 칼슘 이온이 탄산 칼슘으로 침전되면 화학적 퇴적암인 석회암이 생성된다. 따라서 탄산 칼슘은 ㉠에 속한다.

오답 피하기 나. B는 유기적 퇴적암이다. 암염은 해수에 녹아 있던 염화 이온과 나트륨 이온이 물의 증발에 의해 염화 나트륨으로 침전되어 생성되므로 화학적 퇴적암에 속한다.

06 답 ①



7. A는 쇄설성 퇴적암인 응회암이다. 응회암은 화산 활동으로 분출되는 쇄설물인 화산재가 쌓여 생성된다.

오답 피하기 나. B는 석회암으로, 해수에 녹아 있던 탄산 칼슘이 침전되거나 해양 생물의 껍데기 등이 쌓여 생성되므로 B의 퇴적 환경은 주로 해양 환경이다.

다. 이산화 규소가 침전되거나 규질 생물체가 쌓이면 처트가 생성되므로 ㉠에 '이산화 규소가 침전되어 생성되었는가?'는 적절하지 않다. ㉠에 적절한 구분 기준은 '탄산 칼슘이 침전되어 생성되었는가?' 또는 '석회질 생물체가 쌓여 생성되었는가?'이다.

07 답 ④  
 나. 셰일은 점토가 쌓여 생성되므로 모래, 점토가 쌓여 생성되는 사암보다 암석을 이루는 퇴적물 입자의 크기가 작다.

다. 석탄은 육상식물의 줄기나 잎 등이 쌓여 생성된 유기적 퇴적암이다.

**오답 피하기** 7. 암염은 해수에 녹아 있던 염화 나트륨이 침전되어 생성되므로 화학적 퇴적암에 속한다.

**08** 답 ⑤

7. (가)는 연흔을 층리면에서 관찰한 것이고, (나)는 사층리를 층리의 수직인 면에서 관찰한 것이다. 층리면에서 나타나는 연흔은 연속된 물결 모양이다.

ㄴ. 사층리는 물이나 바람이 일정한 방향으로 흐르는 환경에서 형성되는데, 바람이 모래 등의 퇴적물을 운반하는 사막에서도 형성될 수 있다.

ㄷ. 연흔은 지속적으로 흐르는 물이나 파도에 의해 형성되고, 사층리는 물이나 바람이 퇴적물을 운반하는 과정에서 형성되므로 (가)와 (나)는 모두 물의 흐름에 의해 형성될 수 있다.

**09** 답 ③

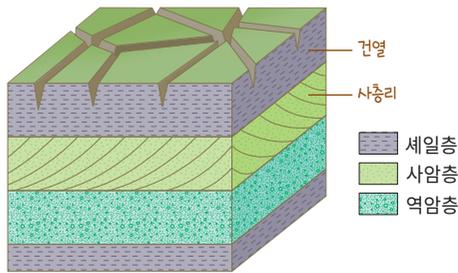
7. (가)는 점이 층리로, 빠르게 흐르는 물을 따라 이동하던 퇴적물이 수심이 깊은 곳에 도달해 유속이 느려질 때 크기가 큰 입자부터 퇴적되어 형성된다.

ㄴ. (나)는 건열로, 얇은 물 밑에 있던 점토질 퇴적물이 건조한 대기에 노출되어 표면이 갈라진 뒤 다시 퇴적물이 쌓여 틈새를 매워 형성된다.

**오답 피하기** ㄷ. 점이 층리는 수심이 깊은 곳에서 형성되고, 건열은 수심이 얇은 곳에서 형성된다.

**10** 답 ④

**자료 분석** 여러 가지 퇴적 구조



건열은 아래로 갈수록 썩기 모양의 틈이 좁아지고, 사층리는 아래로 갈수록 수평면과 층리가 이루는 각이 완만해진다. 이러한 모양이 뒤집어지면 지층이 역전되었다고 판단한다.

ㄴ. 사층리는 주로 수심이 얇은 바다나 하천 주변, 사막 등에서 형성된다. 사암층에 사층리가 형성되어 있으므로 이 층은 수심이 얇은 바다나 하천 주변에서 형성되었을 수 있다.

ㄷ. 가장 위쪽의 세일층에 건열이 형성되어 있으므로 이 지역은 점토질 퇴적물이 쌓인 후 공기 중에 노출된 적이 있다.

**오답 피하기** 7. 건열은 아래로 갈수록 틈이 좁아지고, 사층리는 아래로 갈수록 층리의 경사가 완만해지므로 이 지역의 지층은 역전되지 않았다. 따라서 아래쪽의 역암층은 위쪽의 사암층보다 먼저 퇴적되었다.

**11** 답 ④

ㄴ. B는 해안선을 따라 퇴적물이 쌓인 해변으로, 해변이 속한 연안 환경은 육지와 해양의 영향으로 다양한 퇴적 구조가 나타난다. ㄷ. C는 대륙대로, 대륙붕 끝에서 이어지는 경사가 급한 지형을 지나 수심이 깊고 경사가 완만한 지형이다. 수심이 비교적 얇은 곳에 쌓여 있던 퇴적물이 해저 지진 등에 의해 쓸려 내려가 수심이 깊고 평탄한 대륙대에 퇴적될 때 점이 층리가 형성될 수 있다.

**오답 피하기** 7. A는 범람원으로 육상 환경에 속한다. B는 해변으로 연안 환경에 속한다. C는 대륙대로 해양 환경에 속한다.

**12**

(1) 석회암은 물속에 녹아 있던 탄산 칼슘이 침전되거나 석회질 생물체가 쌓여 생성된다.

(2) **예시 답안** (가) → (나)의 과정을 거치면서 퇴적물은 다짐 작용과 교결 작용을 받아 다져지고 굳어지며 퇴적물 입자 사이 간격의 부피는 감소한다.

채점 기준	배점(%)
퇴적물 입자 사이 간격의 부피 변화와 그 까닭을 모두 옳게 설명한 경우	100
퇴적물 입자 사이 간격의 부피 변화만 옳게 설명한 경우	50

**13**

암석이 풍화, 침식 작용을 받아 만들어진 쇄설물이 쌓여 생성된 암석은 쇄설성 퇴적암이다. 물속에 녹아 있던 물질이 화학적 변화로 침전되거나 물이 증발함에 따라 침전되어 생성된 암석은 화학적 퇴적암이다. 생물의 유해나 골격 등이 쌓여 생성된 암석은 유기적 퇴적암이다. 퇴적물은 속성 작용을 거치며 밀도가 높아진다.

**예시 답안** A는 쇄설성 퇴적암, B는 화학적 퇴적암, C는 유기적 퇴적암이 생성된다. D 과정에서 퇴적물은 퇴적암이 되면서 밀도가 높아진다.

채점 기준	배점(%)
A~C의 퇴적물이 쌓여 생성되는 퇴적암의 종류와 D 과정에서 일어나는 퇴적물의 밀도 변화를 모두 옳게 설명한 경우	100
A~C의 퇴적물이 쌓여 생성되는 퇴적암의 종류만 옳게 쓴 경우	50

**14**

(1) A에서는 연흔이, B에서는 점이 층리가 관찰되는데, 두 퇴적 구조의 모양이 뒤집어져 있으므로 지층은 역전되었다. 따라서 위쪽에 있는 B가 먼저 생성되었고, 아래쪽에 있는 A가 나중에 생성되었다.

(2) **예시 답안** 연흔은 점이 층리보다 수심이 얇은 환경에서 형성되므로 두 지층이 생성되는 동안 수심은 얕아졌다.

채점 기준	배점(%)
지층이 생성되는 동안의 수심 변화와 그 까닭을 모두 옳게 설명한 경우	100
지층이 생성되는 동안의 수심 변화만 옳게 설명한 경우	50

탐구 확인문제

95쪽

01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 02 ⑤

- 01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○
- (1) 고생대 화석인 삼엽충, 완족류, 필석, 양치식물 등은 충청북도 북부와 강원특별자치도 남부에서 산출된다.
- (2) 신생대의 어류, 속씨식물, 조개 화석 등은 제주특별자치도와 경상북도 남부에서 산출된다.
- (3) 우리나라의 중생대 지층에서는 공통 뼈 화석보다 공통 발자국이나 공통알 화석이 주로 산출된다.
- (4) 화석의 종류와 분포 지역을 통해 지질시대별로 우리나라의 환경이 어떻게 변했는지 알 수 있다.

- 02 (가) 고생대, (나) 신생대, (다) 고생대, (라) 중생대
- 나. 고생대 화석은 해양, 육상 생물의 화석이 산출되므로 우리나라 고생대 퇴적 환경은 해양 환경에서 육상 환경으로 변했을 것이다.
- ㄷ. 중생대 화석은 주로 공통 발자국이나 공통알 같은 화석이 산출되므로 당시 우리나라에서는 공룡이 번성했을 것이다.

오답 피하기 7. 신생대 화석은 어류, 조개 등 해양 생물의 화석도 산출된다.

기본 탄탄 문제

96쪽

01 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ 02 ㉠ 생흔, ㉡ 표준, ㉢ 시상

03 (1) × (2) ○ (3) ○

04 (가) 고생대, (나) 신생대, (다) 고생대, (라) 중생대

05 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

06 (1) 광합성 (2) 캄브리아 (3) 백악 (4) 겉씨 (5) 포유류

- 01 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○
- (1) 지질시대는 지구가 탄생한 약 46억 년 전부터 현재까지 지질학적 현상이 나타나는 시기이다.
- (2) 지질시대 구분의 가장 큰 시간 단위는 누대이고, 누대는 대 단위로, 대는 기 단위로 세분한다.
- (3) 시생누대와 원생누대의 지층은 많이 번성되었고 화석이 거의 산출되지 않으며, 현생누대의 지층에서는 화석이 풍부하게 산출된다.
- (4) 현생누대는 생물계의 큰 변화를 기준으로 고생대, 중생대, 신생대로 구분한다.

- 02 ㉠ 생흔, ㉡ 표준, ㉢ 시상
- 동물의 뼈, 껍데기나 식물의 줄기, 잎 등 생물의 유해가 화석화된 것은 체화석이라고 하며, 생물의 발자국이나 배설물 등 생물의 활동 흔적이 화석화된 것을 생흔 화석이라고 한다. 표준 화석은 개체 수가 많고 넓은 지역에 분포하며 생존 기간이 짧고 빠르게

진화한 생물의 화석으로, 지질시대를 결정하거나 지층을 대비하는 데 유용하다. 시상 화석은 생존 기간이 길고 특정 환경에서만 서식하는 생물의 화석으로, 과거의 환경을 추정하는 데 유용하다.

- 03 (1) × (2) ○ (3) ○
- (1) 꽃가루 화석을 분석하면 과거 식생을 파악해 식생의 종류에 따라 기온, 강수량 등을 추정할 수 있다. 빙하 시추물에 포함된 기체의 성분비를 분석하면 과거 대기의 성분비를 알 수 있다.
- (2) 동굴 생성물에 포함된 산소 동위원소비를 분석하면 과거의 평균 기온 정보를 얻을 수 있다.
- (3) 암석에 남은 빙하의 흔적을 이용해 과거 빙하가 존재한 지역을 알아내어 이 지역이 과거 한랭한 기후였음을 알 수 있다.
- 04 (가) 고생대, (나) 신생대, (다) 고생대, (라) 중생대
- (가)의 삼엽충은 고생대의 해양에서 번성했던 무척추동물이고, (나)의 화폐석은 신생대의 해양에서 번성했던 대형 유공충이다. (다)의 양치식물은 고생대의 육상에서 번성했던 생물이고, (라)의 암모나이트는 중생대의 해양에서 번성했던 두족류이다.

- 05 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×
- (1) 고생대는 기후가 대체로 온난했으나 후기에 한랭해졌다.
- (2) 중생대는 전 기간에 걸쳐 온난한 기후였고 빙하기가 없었다.
- (3) 판게아가 분리되기 시작한 시기는 중생대이다.
- (4) 고생대 말기에 판게아가 형성되었다.
- (5) 시생누대 전기에는 대기 중에 산소가 거의 존재하지 않아 이 때 최초의 단세포 생물은 해양에서 출현했다.

- 06 (1) 광합성 (2) 캄브리아 (3) 백악 (4) 겉씨 (5) 포유류
- (1) 시생누대에 최초로 광합성을 하는 남세균이 등장했다.
- (2) 고생대의 캄브리아기에는 다양한 해양 생물이 폭발적으로 증가했고, 특히 해양 무척추동물이 번성했다.
- (3) 고생대의 페름기 말에는 지질시대 최대 규모의 대멸종이 일어났고, 중생대의 백악기 말에도 대멸종이 일어났다.
- (4) 겉씨식물은 고생대에 출현해 중생대에 번성했고, 속씨식물은 중생대에 출현해 신생대에 번성했다.
- (5) 신생대에는 말, 매머드 등의 포유류가 번성했다.

일력 똑똑 문제

97~101쪽

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

단답형 서술형 문제

- 18 (1) A: 시생누대, B: 원생누대, C: 현생누대 (2) 해설 참조
- 19 (1) C → A → B (2) 해설 참조 20 해설 참조
- 21 (1) A: 시생누대, B: 현재 (2) 해설 참조 22 해설 참조
- 23 해설 참조

**01** 답 ③  
 시생누대는 약 40억 년 전~약 25억 년 전까지 지속되었고, 원생누대는 약 25억 년 전~약 5.39억 년 전까지 지속되었다. 현생누대는 약 5.39억 년 전~현재까지이다.  
 ㄱ. 지속된 기간의 길이는 원생누대 > 시생누대 > 현생누대이므로 A는 원생누대이다.

ㄴ. B는 현생누대이므로 고생대, 중생대, 신생대로 구분한다.  
**오답 피하기** ㄷ. 시생누대와 원생누대는 지질시대의 대부분을 차지하지만, 지층이 많이 변성되었고 화석이 거의 산출되지 않는다. 현생누대는 화석이 풍부하게 산출된다.

**02** 답 ②  
 ㄷ. A는 신생대, B는 중생대, C는 고생대이다. 중생대 말기인 백악기에는 대멸종이 일어나 암모나이트와 공룡을 비롯한 수많은 생물이 사라졌다.

**오답 피하기** ㄱ. 고생대는 6개의 기로, 중생대는 3개의 기로 세분하므로 기의 개수는 B가 C보다 적다.  
 ㄴ. 지속된 기간의 길이는 고생대(C) > 중생대(B) > 신생대(A)이므로 시간 순서는 C → B → A이다.

**03** 답 ①  
 ㄱ. 화석에는 생물의 유해가 화석화된 체화석뿐만 아니라 생물의 활동 흔적이 화석화된 생흔 화석도 있다.

**오답 피하기** ㄴ. 생물의 유해가 퇴적물에 빠르게 매몰될수록 분해되지 않고 화석으로 남기 쉽다.  
 ㄷ. 지층 속 화석이 심한 지각 변동이나 변성 작용을 받으면 파괴되어 보존되기 어렵다.

**04** 답 ③

**자료 분석** ● 표준 화석과 시상 화석

A: 시상 화석: 생존 기간이 길고 한정된 지역에서만 분포하는 생물의 화석  
 B: 표준 화석: 생존 기간이 짧고 넓은 지역에 분포하는 생물의 화석

- 표준 화석의 예: 삼엽충, 방추충(고생대), 암모나이트, 공룡(중생대), 화폐석, 매머드(신생대) 등
- 시상 화석의 예: 산호(수심이 얕고 따뜻한 바다), 고사리(온난하고 습윤한 육지) 등

ㄱ. A는 시상 화석, B는 표준 화석에 해당한다. 산호는 생존 기간이 길고 특정 환경에서 서식하는 생물로, 시상 화석인 A의 예이다.  
 ㄷ. 생물이 살았던 당시의 환경 연구에 이용하기 적합한 것은 표준 화석인 B보다 시상 화석인 A이다.  
**오답 피하기** ㄴ. 개체 수가 많고 넓은 지역에 분포하며, 생존 기간이 짧고 빠르게 진화한 생물일수록 표준 화석으로서 가치가 높다.

**05** 답 ⑤  
 ㄱ. A에서는 공룡 뼈 화석이 산출되므로 A는 중생대에 생성되었다.  
 ㄴ. ㉠은 A(중생대)보다 먼저 생성되었고 ㉡은 C(신생대)보다 나중에 생성되었으므로 ㉠은 ㉡보다 먼저 생성되었다.  
 ㄷ. B에서는 산호 화석이 산출되므로 B가 생성될 당시 환경은 수심이 얕고 수온이 높은 바다였다.

**06** 답 ③  
 ㄱ. 고생대는 기후가 대체로 온난했으나 후기에 한랭해졌다.  
 ㄷ. 신생대 전기에는 기후가 온난했으나 후기에 들어 점차 한랭해졌고 제4기에는 빙하기와 간빙기가 여러 차례 반복되었다.  
**오답 피하기** ㄴ. 중생대는 전 기간에 걸쳐 기후가 온난했고 빙하기가 없었으므로 평균 해수면 높이는 중생대가 고생대보다 높았다.

**07** 답 ③  
 ㄱ. 빙하 시추물에 포함된 기체의 성분비를 분석하면 과거 대기의 성분비를 추정할 수 있다.  
 ㄷ. 꽃가루 화석을 분석하면 과거 식생의 종류를 파악해 식생의 종류에 따라 기온, 강수량 등을 추정할 수 있다.  
**오답 피하기** ㄴ. 유공충 껍데기에 포함된 산소 동위원소비를 분석하면 과거 해수의 온도를 알 수 있다.

**개념 더하기** + 또 다른 고기후 연구 방법

- 암석에 남은 빙하의 흔적을 이용해 과거 빙하가 존재한 지역을 알아내어 이 지역이 과거 한랭한 기후였음을 알 수 있다.
- 동굴 생성물에 포함된 산소 동위원소비를 분석해 과거의 평균 기온 정보를 얻을 수 있다.



▲ 빙하의 흔적



▲ 동굴 생성물

**08** 답 ③

**자료 분석** ● 선캄브리아시대의 생물 변화

시간 →

40                      25                      5.39  
시간(억 년 전)

- 시생누대는 약 40억 년 전~약 25억 년 전의 시기이며, 이때 최초의 단세포 생물과 광합성을 하는 남세균이 출현했다.
- 원생누대는 약 25억 년 전~약 5.39억 년 전의 시기이며, 이때 에디아카라 생물군으로 불리는 다세포 생물이 출현했다.

7. A는 시생누대, B는 원생누대이다. 약 38억 년 전 해양에서 최초의 단세포 생물이 출현했으므로 최초의 생물은 A 시기에 출현했다.

8. 에디아카라 생물군은 원생누대(B) 말에 해양에서 출현한 단세포 생물이다.

**오답 피하기** 9. 약 35억 년 전 광합성을 하는 남세균이 출현했으므로, 광합성을 하는 최초의 생물은 A 시기에 출현했다.

**09** ②  
 ㄴ. 시생누대 전기에는 대기 중에 산소가 거의 존재하지 않아 오존층이 생성되지 않았으므로 태양의 강한 자외선이 그대로 지표에 도달했다.

**오답 피하기** 7. 선캄브리아시대 전기의 석회암층이 발견되는 것으로부터 전기는 기후가 온난했음을 추정할 수 있고, 중기와 후기에 생성된 빙하 퇴적물이 발견되는 것으로부터 중기 이후로 한랭해졌음을 추정할 수 있다.

8. 시생누대 전기의 대기 중에 산소가 거의 존재하지 않았던 것은 생물의 광합성이 활발하지 않아 산소의 발생이 많지 않았고, 남세균의 광합성으로 만들어진 산소는 해수 중의 철과 반응해 호상철광층을 형성했기 때문에 대기로 방출될 수 없었다.

**10** ①  
 7. (가)는 선캄브리아시대의 수륙 분포이고, (나)는 고생대의 수륙 분포이므로 (가) → (나)의 순으로 변했다.

**오답 피하기** ㄴ. 속씨식물은 (나) 시기 이후인 중생대에 등장했다.  
 8. 시생누대 전기에는 대기 중에 산소가 거의 존재하지 않았고 원생누대 전기에 들어 생물의 광합성으로 발생한 산소가 대기로 공급되어 산소의 농도가 증가했다. 고생대에는 대기 중 산소의 농도가 높아져 오존층이 생성되었으므로 대기 중 오존 농도는 (나) 시기가 (가) 시기보다 높았다.

**11** ⑤  
 ⑤ 판게아는 고생대 말에서 중생대 초에 존재했던 초대륙으로, 중생대에 분리되었다.

**오답 피하기** ① 캄브리아기는 고생대가 시작된 시기로, 이때는 삼엽충, 완족류 등의 다양한 해양 생물이 급격하게 증가했다.  
 ② 오르도비스기에는 최초의 척추동물인 어류가 출현했다.  
 ③ 실루리아기에는 해면류와 바다전갈이 번성했다.  
 ④ 석탄기에 육상에서는 양치식물이 번성해 삼림을 이루었다.

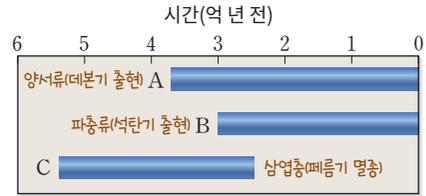
**12** ②  
 ㄷ. 양서류가 출현한 시기는 데본기이므로 오르도비스기인 A 이후이다.

**오답 피하기** 7. 최초의 육상식물이 출현한 시기인 A는 오르도비스기에 속한다.

ㄴ. 최초의 육상식물은 오르도비스기에 출현했고, 어류가 출현한 시기도 오르도비스기인 A이다.

**13** ④

**자료 분석** 지질시대의 생물 변화



- A와 B는 고생대에 출현해 현재까지 존재하는 양서류와 파충류이다.
- C는 고생대 전기에 출현해 고생대 말기에 사라진 삼엽충이다.

ㄴ. B는 고생대 후기에 출현해 현재까지 존재하는 파충류에 해당한다. 공룡을 포함한 파충류는 중생대에 번성했다.

ㄷ. C는 고생대 전기에 출현해 말기에 멸종한 삼엽충이다. 삼엽충은 페름기 말에 일어난 대멸종으로 사라졌다.

**오답 피하기** 7. A는 고생대 중기에 출현해 현재까지 존재하는 양서류에 해당한다.

**14** ②  
 ㄴ. 그림은 공룡을 포함한 파충류가 번성했던 중생대의 모습이니, 중생대에는 육지에서 겉씨식물이 번성했다.

**오답 피하기** 7. 중생대는 전 기간에 걸쳐 기후가 온난했고 빙하기가 없었다.

8. 해양에서 필석이 번성했고 삼엽충이 다양하게 진화했던 시기는 고생대이다.

**15** ⑤  
 7. (나)의 수륙 분포가 현재와 비슷하므로 (가)는 중생대, (나)는 신생대의 수륙 분포이다. 판게아는 중생대에 분리되기 시작했으므로 대륙의 개수는 (가)가 (나)보다 적었다.

ㄴ. (가)는 대서양이 형성되기 시작하는 시기이고, (나)는 대서양이 현재와 거의 비슷한 상태이므로 대서양의 면적은 (나)가 (가)보다 넓었다.

ㄷ. 중생대에 판게아가 분리되기 시작해 대륙들이 계속 이동했고 신생대에 들어 수륙 분포가 현재와 비슷해졌다.

**16** ③  
 7. 신생대 고진기 초에는 기후가 온난했으나 고진기 후기와 신진기를 지나면서 점차 한랭해졌고, 제4기에는 빙하기와 간빙기가 여러 차례 반복되었다.

ㄴ. 중생대에 분리된 인도 대륙이 북상해 신생대에 유라시아 대륙과 충돌했으며, 충돌한 경계에 히말라야산맥이 형성되는 등 대륙들이 이동해 신생대에는 수륙 분포가 현재와 비슷해졌다.

**오답 피하기** ㄷ. 포유류는 중생대 전기인 트라이아스기에 출현했고 신생대에 번성했다.

17 **답 ③**  
 ㄱ. (가)~(다)는 모두 해양 생물의 화석으로 바다에서 번성했다.  
 ㄴ. (나)는 신생대에 번성했으며, 이 시기에 육지에서는 속씨식물이 번성했다.

**오답 피하기** ㄷ. (가)는 고생대, (나)는 신생대, (다)는 중생대에 번성했던 생물의 화석이므로, 번성했던 시기는 (가) → (다) → (나) 순이다.

18  
 (1) 선캄브리아시대는 고생대의 시작인 캄브리아기보다 먼저 퇴적된 지층을 구분하기 위해 붙였던 이름으로, 명왕누대부터 원생누대까지를 이른다.

(2) **예시 답안** B 시기에는 생물종이 다양하게 존재하지 않았으나 C 시기가 시작되면서 다양한 해양 생물이 폭발적으로 증가했다.

채점 기준	배점(%)
B 시기와 비교해 C 시기의 생물 변화를 옳게 설명한 경우	100
C 시기에 생물이 증가했다는 정도만 설명한 경우	50

19  
 (1) 파충류인 공룡과 겉씨식물인 은행나무는 중생대에 번성했고, 포유류인 매머드와 속씨식물인 참나무는 신생대에 번성했다. 방추충은 고생대에 번성했다. 따라서 A는 중생대, B는 신생대, C는 고생대에 생성된 지층이다.

(2) **예시 답안** C에서는 고생대의 해양에서 번성했던 방추충 화석이 산출되었으므로 이때는 해양 환경이었으나, B와 A에서는 육지에서 번성했던 생물들의 화석이 산출되었으므로 중생대와 신생대에는 육지 환경으로 변했다.

채점 기준	배점(%)
퇴적 환경의 변화와 그 까닭을 모두 옳게 설명한 경우	100
퇴적 환경의 변화만 옳게 설명한 경우	50

20  
 약 35억 년 전 해양에서 광합성을 하는 남세균이 출현했고, 이후 생성된 지층에서는 남세균의 광합성으로 만들어진 산소가 해수 중의 철과 반응해 침전되어 형성된 호상철광층이 나타난다.

**예시 답안** 남세균의 광합성으로 만들어진 산소가 해수 중의 철과 반응해 퇴적되어 호상철광층이 형성되었다.

채점 기준	배점(%)
제시된 단어를 모두 이용해 호상철광층이 형성된 과정을 옳게 설명한 경우	100
제시된 단어를 모두 이용하지 않고 호상철광층이 형성된 과정을 설명한 경우	50

21  
 (1) 시생누대 전기의 대기는 주로 질소와 이산화 탄소로 이루어져 있었고, 현재와 달리 대기 중에 산소가 거의 존재하지 않아 오

존층이 생성되지 않았으므로 파장이 짧은 태양의 강한 자외선이 그대로 지표에 도달했다. 원생누대 전기부터 생물의 광합성으로 발생한 산소가 대기로 공급되어 대기 중 산소의 농도가 증가했다. 따라서 A는 오존층이 생성되기 이전인 시생누대이고, B는 오존층이 생성된 이후인 현재이다.

(2) **예시 답안** 고생대에는 대기 중 산소의 농도가 높아져 오존층이 생성되었고, 이에 따라 태양의 자외선이 차단되어 생물이 육상으로 진출하게 되었다.

채점 기준	배점(%)
A와 B 사이에 일어난 변화의 원인과 고생대 생물계의 변화를 모두 옳게 설명한 경우	100
A와 B 사이에 일어난 변화의 원인과 고생대 생물계의 변화 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

22  
 화석 속 고생물은 고생대에 번성했던 대표적인 생물인 삼엽충이다. 삼엽충은 고생대 전기부터 말기까지 서식했으며, 페름기 말의 대멸종 시기에 사라졌다. 고생대 말기에는 흩어져 있던 대륙들이 하나로 합쳐져 판게아가 형성되었다.

**예시 답안** 화석 속 고생물은 삼엽충으로, 페름기 말에 멸종했다. 이 시기에는 흩어져 있던 대륙들이 하나로 합쳐져 판게아가 형성되었다.

채점 기준	배점(%)
고생물의 이름과 멸종 시기, 당시 수륙 분포의 특징을 모두 옳게 설명한 경우	100
고생물이 멸종할 당시 수륙 분포의 특징만 옳게 설명한 경우	50
고생물의 이름과 멸종 시기만 옳게 쓴 경우	30

23  
**예시 답안** 신생대, 전기에는 기후가 온난했으나 후기에 들어 점차 한랭해졌고, 빙하기와 간빙기가 여러 차례 반복되었다.

채점 기준	배점(%)
지질시대의 이름과 기후 변화의 특징을 모두 옳게 설명한 경우	100
기후 변화의 특징만 옳게 설명한 경우	50
지질시대의 이름만 옳게 쓴 경우	30



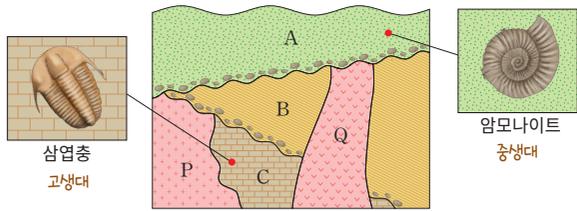
102~105쪽

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

**단답형·서술형 문제**

- 13 해설 참조
- 14 해설 참조
- 15 해설 참조
- 16 해설 참조
- 17 해설 참조
- 18 해설 참조
- 19 해설 참조

자료 분석 지층의 생성 순서



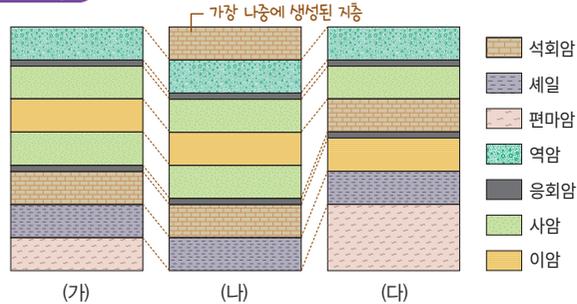
- 관입의 법칙에 따라 관입을 당한 암석은 관입암보다 먼저 생성되었다.
- 부정합의 법칙에 따라 A, B 사이의 부정합면, B, C 사이의 부정합면을 경계로 위아래 지층 사이에는 긴 시간 간격이 있다.
- 이 지역의 지층은 C → P → B → Q → A 순으로 생성되었다.

7. 지층의 생성 순서에 따라 P는 Q보다 먼저 생성되었다.

답 피하기 나. C에서는 고생대 화석인 삼엽충이 산출되고, A에서는 중생대 화석인 암모나이트가 산출되므로 B는 고생대 또는 중생대에 생성된 지층임을 알 수 있다. 따라서 B에서는 신생대의 표준 화석인 화폐석이 산출될 수 없다.

다. B와 C 사이의 부정합면이 A와 B 사이의 부정합면에 의해 절단되었으므로 A와 B 사이의 부정합면이 B와 C 사이의 부정합면보다 나중에 형성되었다.

자료 분석 암상에 의한 지층 대비



- 지층 대비의 기준이 되는 층인 건층으로 응회암이 적합하다.
- 암상에 의한 대비는 주로 퇴적 환경이 비슷한 가까운 지역의 지층 대비에 이용한다.

나. 건층은 짧은 시간 동안 비교적 넓은 지역에 생성되는 지층을 이용한다. 화산 활동으로 짧은 시간 동안 넓은 지역에 동시에 생성되는 응회암층이 건층으로 이용하기 적합하다.

답 피하기 7. 가장 나중에 생성된 지층은 (나)의 최상부에 있는 석회암층이다.

다. (가)의 이암은 최초의 화산 활동 이후에 생성되었고, (다)의 이암은 최초의 화산 활동 이전에 생성되었으므로 (다)의 이암이 먼저 생성되었다.

나. 세 지역에서 ● 화석이 공통적으로 산출되므로 이를 먼저 대비한 후 나머지 화석을 이용해 지층을 대비해 보면 가장 나중에 생성된 지층은 (나)에 있다.

다. 지층이 역전되지 않았으므로 아래쪽 지층이 위쪽 지층보다 먼저 생성된 것이다. 따라서 ●가 산출되는 지층은 ▲가 산출되는 지층보다 먼저 생성되었다.

답 피하기 7. A~C의 생성 순서는 A → C → B이다.

7, 나. X와 Y의 양으로 계산한 화성암 B의 절대연령은 같아야 한다. 화성암 B에 포함된 X의 양은 처음 양의  $\frac{1}{2}$ 이고, Y의 양은 처음 양의  $\frac{1}{4}$ 이므로 Y의 반감기는 X의  $\frac{1}{2}$ 배인 0.5억 년이다. 화성암 C에 포함된 Y의 양이 처음 양의  $\frac{1}{16}$ 이면 암석의 절대연령은 2억 년이고, X는 2회의 반감기가 지났으므로 X의 양은 처음 양의  $\frac{1}{4}$ 이다.

답 피하기 다. 지층은 A → C → B 순으로 생성되었고, C의 절대연령이 2억 년이므로 A의 절대연령은 2억 년보다 많다.

7. X의 반감기는 0.5억 년이다. X : Y = 1 : 7이면 X의 양은 처음 양의  $\frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^3$ 으로 3회의 반감기가 지났으므로 암석의 절대연령은 1.5억 년이다.

나. 암석의 절대연령이 2억 년이면 4회의 반감기가 지났으므로 X의 현재 양은 처음 양의  $\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16}$ 이고, 자원소 Y의 현재 양은  $\frac{15}{16}$ 이다. 따라서  $\frac{Y의 현재 양}{X의 처음 양}$ 은  $\frac{15}{16}$ 이다.

답 피하기 다. X의 양이 100% → 75%가 되는 데 걸리는 시간은 0.25억 년보다 짧고, 75% → 50%가 되는 데 걸리는 시간은 0.25억 년보다 길다.

7. 식물체가 쌓여 생성된 석탄은 유기적 퇴적암(A)이며, 석회질 생물체가 쌓이면 석회암이 생성된다.

나. 이산화 규소가 침전되어 생성된 처트는 화학적 퇴적암(B)이며, 염화 나트륨이 침전되면 암염이 생성된다.

답 피하기 다. A는 생물의 유해가 쌓여 생성되는 유기적 퇴적암, B는 화학적 침전물이나 증발 잔류물이 쌓여 생성되는 화학적 퇴적암이다.

다. 기존 암석이 풍화, 침식 작용을 받아 만들어진 자갈, 모래, 점토 같은 쇄설성 퇴적물이 쌓이면 쇄설성 퇴적암이 생성된다.

**오답 피하기** 7. 선상지는 좁은 계곡이 평지와 만나는 곳에서 퇴적물이 쌓여 형성된 지형으로, 육상 환경에 해당한다. 삼각주는 강 하구와 바다가 만나는 곳에서 유속이 느려져 형성된 지형으로, 연안 환경에 해당한다.

ㄴ. ㉠은 속성 작용으로, 속성 작용이 일어나면 퇴적물 입자 사이의 간격이 줄어들고 물이 빠져나가며 퇴적물의 밀도가 높아진다.

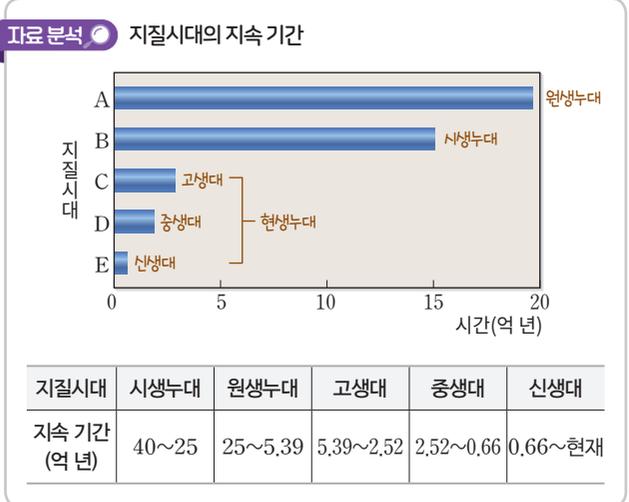
**08** 답 ⑤

7. A, B의 퇴적 구조는 수심이 얇은 환경에서 형성되는 건열, 연흔이고, C의 퇴적 구조는 수심이 깊은 물 밑에서 형성되는 점이층리이다. 퇴적 구조의 모양으로 이 지역의 지층은 역전되지 않았음을 알 수 있고, C → B → A 순으로 생성되었으므로 A~C가 생성되는 동안 해수면은 점차 낮아졌다.

ㄴ. A의 건열은 수심이 얇은 물 밑에 있던 점토질 퇴적물이 건조한 대기에 노출되어 형성된다.

ㄷ. B의 연흔은 수심이 얇은 환경에서 지속적으로 흐르는 물이나 파도의 물결 모양이 퇴적물 표면에 남은 구조이다.

**09** 답 ④



ㄴ. 현생누대는 고생대(C), 중생대(D), 신생대(E)로 세분한다.

ㄷ. 광합성을 하는 최초의 생물인 남세균은 시생누대(B)인 약 35억 년 전에 출현했다.

**오답 피하기** 7. 각 지질시대의 지속 기간은 원생누대 > 시생누대 > 고생대 > 중생대 > 신생대 순으로 길다. 따라서 A는 원생누대이다.

**10** 답 ②

ㄷ. 중생대는 기후가 전체적으로 온난해 빙하가 거의 분포하지 않았고, 신생대 후기에는 빙하와 간빙기가 여러 차례 반복됨에 따라 빙하 분포 범위의 변화가 더 심했다.

**오답 피하기** 7. 4.5억 년 전에는 빙하가 위도 60°N까지 분포했고, 2억 년 전에는 빙하가 분포하지 않았으므로 평균 기온은 2억 년 전이 4.5억 년 전보다 높았다.

ㄴ. 빙하의 분포 범위가 증가하면 해수면 높이가 낮아지므로 평균 해수면 높이는 3억 년 전이 1억 년 전보다 낮았다.

**11** 답 ①

7. A는 신생대 고진기와 신진기, B는 중생대 백악기, C는 고생대 석탄기이다. 속씨식물은 중생대 백악기에 출현해 신생대 고진기와 신진기에 번성했다.

**오답 피하기** ㄴ. 중생대 백악기 말에 일어난 대멸종으로 공룡과 암모나이트를 비롯한 수많은 생물이 멸종했다. 삼엽충은 고생대 페름기 말에 일어난 대멸종 시기에 멸종했다.

ㄷ. 고생대 말에는 판게아가 형성되었고, 판게아의 분리는 중생대에 시작되었다.

**12** 답 ⑤

7. (가)의 부정합은 고생대(필석)와 신생대(화폐석) 지층 사이에 형성되었고, (나)의 부정합은 중생대(암모나이트)와 신생대(매머드) 지층 사이에 형성되었으므로 퇴적이 중단된 시간은 (가)의 부정합이 (나)의 부정합보다 길다.

ㄴ. 스트로마톨라이트는 남세균에 의해 형성된 퇴적 구조이다. 따라서 (가)에서 스트로마톨라이트가 산출된 지층은 남세균이 서식하던 곳에서 생성되었다.

ㄷ. (나)에서 암모나이트는 해양 생물이고, 매머드와 참나무는 육상 생물이므로 (나)의 퇴적 환경은 바다에서 육지로 변했다.

**13**

A를 비롯한 부정합면 아래의 지층이 기울어진 것은 수평으로 퇴적된 이후 지각 변동을 받았기 때문이다. 부정합의 법칙에 따라 부정합 관계인 위아래 지층 사이에는 긴 시간 간격이 있다. A와 B는 부정합 관계이므로 A가 용기 → 침식 → 침강의 과정을 거치는 동안 퇴적이 중단되었다.

**예시 답안** 수평퇴적의 법칙에 따라 A가 생성될 때는 퇴적물이 수평으로 쌓였으나 이후 지각 변동을 받아 기울어졌다. 부정합의 법칙에 따라 A가 퇴적된 후 퇴적의 중단이 일어났고 B가 다시 퇴적되기까지 긴 시간 간격이 있다.

채점 기준	배점(%)
수평퇴적의 법칙, 부정합의 법칙과 관련지어 옳게 설명한 경우	100
두 가지 법칙 중 한 가지만 옳게 관련지어 설명한 경우	50

**14**

P에서는 X의 양이 처음 양의  $\frac{1}{4} = \left(\frac{1}{2}\right)^2$ 이므로, 2회의 반감기가 지났으며 암석의 절대연령은 3억 년이다. Q에서는 X의 양이 처음 양의  $\frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^3$ 이므로, 3회의 반감기가 지났으며 암석의 절대연령은 4.5억 년이다.

**예시 답안** 고생대, P에서 X는 2회의 반감기가 지났으므로 암석의 절대연령이 3억 년이고, Q에서 X는 3회의 반감기가 지났으므로 암석의 절대연령이 4.5억 년이다. 지층의 생성 순서는 Q → A → P이므로 A가 생성된 시기는 4.5억 년 전~3억 년 전이고, 이는 고생대에 해당한다.

채점 기준	배점(%)
지층 A가 생성된 시기의 지질시대와 그 까닭을 모두 옳게 설명한 경우	100
지층 A가 생성된 시기의 지질시대만 옳게 쓴 경우	30

### 15

퇴적물이 쌓이면 아래쪽 퇴적물은 압력을 받아 다짐 작용이 일어나며, 이때 퇴적물 입자 사이의 간격이 줄어들고 물이 빠져나가며 퇴적물의 밀도가 높아진다. 이후 지하수에 녹아 있던 석회질, 규질 물질 등의 교결 물질이 퇴적물 입자 사이를 메워 입자들이 서로 붙어 굳어지게 하는 교결 작용이 일어나면서 퇴적암이 생성된다.

**예시 답안** 퇴적물이 계속 쌓이면 다짐 작용이 일어나 위쪽의 퇴적물에 눌러 아래쪽 퇴적물 입자 사이의 간격이 줄어든다. 이후 교결 작용이 일어나 지하수에 녹아 있던 교결 물질이 퇴적물 입자 사이를 메워 입자가 서로 붙어 굳어지면서 퇴적암이 생성된다.

채점 기준	배점(%)
퇴적암이 생성되는 과정에서 일어나는 다짐 작용과 교결 작용에 대해 모두 옳게 설명한 경우	100
다짐 작용과 교결 작용 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

### 16

**예시 답안** B, 물이나 바람이 일정한 방향으로 흐르는 환경에서 물이 흐르거나 바람이 불어 가는 방향 쪽의 경사면에 퇴적물이 쌓이면 층리가 수평면에 비스듬히 나타나는 사층리가 형성된다.

채점 기준	배점(%)
물이나 바람의 방향을 옳게 고르고, 사층리의 형성 과정을 옳게 설명한 경우	100
사층리의 형성 과정만 옳게 설명한 경우	70
물이나 바람의 방향만 옳게 고른 경우	30

### 17

표준 화석은 특정 시기에 번성한 생물의 화석으로, 지질시대의 결정과 지층 대비에 이용한다. 시상 화석은 특정 환경에서 번성한 생물의 화석으로, 과거의 환경을 추정하는 데 이용한다.

**예시 답안** 개체 수가 많고 넓은 지역에 분포하며, 생존 기간이 짧고 빠르게 진화한 생물일수록 표준 화석으로 적합하다. 생존 기간이 길고 특정 환경에서만 서식하며, 환경 변화에 민감한 생물일수록 시상 화석으로 적합하다.

채점 기준	배점(%)
표준 화석과 시상 화석으로 이용되기 적합한 생물의 조건을 모두 옳게 설명한 경우	100
표준 화석과 시상 화석으로 이용되기 적합한 생물의 조건 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

### 18

**예시 답안** 선캄브리아시대에 최초의 생물이 탄생할 당시에는 대기 중에 산소가 거의 존재하지 않아 태양의 강한 자외선이 그대로 지표에 도달했기 때문에 육지에서는 생물이 출현할 수 없었다. 이후 광합성을 하는 남세균의 출현으로 대기 중 산소의 농도가 높아져 고생대에 오존층이 생성되었고, 이에 따라 태양의 자외선이 차단되어 생물이 육상으로 진출하게 되었다.

채점 기준	배점(%)
최초의 생물이 육지에서 출현할 수 없었던 까닭과 이후 생물이 육상으로 진출할 수 있게 된 까닭을 모두 대기 중 산소와 관련지어 옳게 설명한 경우	100
최초의 생물이 육지에서 출현할 수 없었던 까닭과 이후 생물이 육상으로 진출할 수 있게 된 까닭 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

### 19

삼엽충, 필석은 고생대의 바다에서 서식했던 생물이고, 양치식물은 고생대의 육지에서 번성했던 생물이므로 지층 A가 위치한 곳은 지층이 생성될 당시 고생대의 바다에서 육지로 변했을 것이다. 공룡은 중생대의 육지에서 서식했던 생물이므로 지층 B가 위치한 곳은 지층이 생성될 당시 중생대의 육지였을 것이다.

**예시 답안** A에서는 고생대 해양, 육상 생물의 화석이 산출되므로 A가 생성될 당시는 고생대의 해양 환경에서 육상 환경으로 변했다. B에서는 중생대 육상 생물의 화석이 산출되므로 B는 중생대의 육상 환경에서 생성되었다.

채점 기준	배점(%)
지층 A, B의 생성 시기와 생성 당시 퇴적 환경을 모두 옳게 설명한 경우	100
지층 A, B의 생성 시기와 생성 당시 퇴적 환경 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

## 2 한반도의 암석

### 10강 마그마와 화성암

#### 기본 탄탄 문제

110쪽

01 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×

02 A: 온도 상승, B: 압력 감소, C: 물의 유입

03 ㉠ 열곡대, ㉡ 현무암질, ㉢ 유문암질

04 ㉠ SiO<sub>2</sub>, ㉡ 세립질, ㉢ 조립질

05 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×

06 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

01 **답** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×

(1) 지구 내부로 갈수록 온도가 높아지지만 맨틀의 용융점도 함께 높아지므로 지하 약 100 km 깊이에 마그마가 항상 존재하는 것은 아니다.

(2) 용융점은 고체가 액체로 상태가 변할 때의 온도이므로 지각이나 맨틀 물질의 온도가 용융점보다 높아지면 마그마가 생성된다.

(3) 지하의 맨틀 물질이 상승함에 따라 압력이 낮아져 맨틀 물질의 온도보다 용융점이 낮아지면 마그마가 생성될 수 있다.

(4) 물이 포함된 맨틀의 용융점은 물이 포함되지 않은 맨틀의 용융점보다 낮으므로 맨틀 물질에 물이 공급되면 용융점이 낮아져 마그마가 생성될 수 있다.

02 **답** A: 온도 상승, B: 압력 감소, C: 물의 유입

A는 지하의 온도가 상승해 용융점보다 높아지는 경우이므로 대륙 지각의 가열로 인한 온도 상승에 해당한다. B는 지하 깊은 곳의 맨틀 물질이 상승함에 따라 압력이 낮아져 맨틀 물질의 온도보다 용융점이 낮아지는 경우이므로 압력 감소에 해당한다. C는 맨틀 물질에 물이 유입되어 용융점이 낮아지는 경우이므로 물의 유입에 해당한다.

03 **답** ㉠ 열곡대, ㉡ 현무암질, ㉢ 유문암질

판의 발산 경계인 해령이나 열곡대는 맨틀 대류의 상승부이므로 맨틀 물질이 지표 가까이 상승하면 압력이 크게 낮아지면서 맨틀 물질의 온도보다 용융점이 낮아져 현무암질 마그마가 생성된다. 섭입대에서 해양 지각과 해저 퇴적물이 섭입하면 지각과 퇴적물을 구성하는 함수 광물에서 빠져나온 물이 맨틀 물질에 유입되어 맨틀의 용융점이 낮아지면서 현무암질 마그마가 생성된다. 섭입대에서 생성된 현무암질 마그마가 상승해 대륙 지각의 하부에 도달하면 대륙 지각이 가열되면서 유문암질 마그마가 생성된다.

04 **답** ㉠ SiO<sub>2</sub>, ㉡ 세립질, ㉢ 조립질

화성암은 SiO<sub>2</sub> 함량에 따라 염기성암, 중성암, 산성암으로 분류한다. 화산암은 마그마가 빠르게 냉각되어 생성되므로 광물 결정의 크기가 작은 세립질 암석이다. 심성암은 마그마가 서서히 냉각되어 생성되므로 광물 결정의 크기가 큰 조립질 암석이다.

05 **답** (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×

(1) 현무암은 염기성암이고 유문암은 산성암이므로 현무암은 유문암보다 SiO<sub>2</sub> 함량이 적다.

(2) 반려암은 염기성암이고 안산암은 중성암이다.

(3) 석영과 정장석은 밝은색 광물이므로 이들 광물을 많이 포함한 화성암은 밝은색을 띤다.

(4) 섬록암은 중성암이면서 심성암으로, SiO<sub>2</sub> 함량이 52%~63%이고 지하 깊은 곳에서 생성된다.

(5) 화강암과 유문암은 산성암이므로 화학 조성(SiO<sub>2</sub> 함량)이 비슷하지만, 화강암은 심성암이고 유문암은 화산암으로 암석이 생성된 깊이가 다르다.

06 **답** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

(1) 판상 절리는 암석에 가해지는 압력이 줄어들어 형성되고, 심성암에서 잘 나타난다.

(2) 고온의 마그마가 관입하면 주변 암석에서는 열에 의한 변성 작용이 일어난다.

(3) 주상 절리는 용암이 빠르게 식으면서 부피가 수축해 형성된다.

(4) 포획은 마그마가 관입하는 과정에서 주변 암석에서 떨어져 나온 암석 조각이 마그마 속으로 유입되는 것이다.

(5) 마그마가 주변 암석의 틈을 따라 수직에 가깝게 관입한 뒤 식어 굳어진 화성암체는 암맥이고, 마그마가 주변 지층과 나란하게 관입한 뒤 식어 굳어진 화성암체는 암상이다.

#### 일격 똑똑 문제

111~113쪽

01 ① 02 ③ 03 ③ 04 ④ 05 ⑤ 06 ② 07 ①

08 ② 09 ③ 10 ④

#### 단답형·서술형 문제

11 해설 참조

12 해설 참조

13 (1) 화강암, 중생대 (2) 해설 참조

01 **답** ①

ㄱ. 지구 내부로 갈수록 지하의 온도는 높아진다.

**오답 피하기** ㄴ. 맨틀의 용융 곡선에서 깊이가 깊어질수록 맨틀의 용융점은 상승한다.

ㄷ. 깊이 50 km~100 km 구간에서 맨틀의 용융점은 지하의 온도보다 높으므로 맨틀 물질은 부분 용융되지 않고 고체 상태로 존재한다.

02 **답** ③

ㄱ. 맨틀에 물이 포함되면 용융점이 낮아지므로 ㉠은 물이 포함된 맨틀의 용융 곡선이고, ㉡은 물이 포함되지 않은 맨틀의 용융 곡선이다.

ㄴ. A는 대륙 지각이 가열되어 물이 포함된 화강암의 용융점보다 온도가 높아지면서 마그마가 생성되는 경우이다.

**오답 피하기** ㄷ. B는 맨틀 물질에 물이 공급되어 용융점이 낮아지면서 마그마가 생성되는 경우이다.

**03** **답 ③**  
 ㄱ. (가)는 해령, (나)는 열곡대로, A와 B는 판의 발산 경계에서 마그마가 생성되는 장소이다.

ㄴ. A와 B는 모두 고온의 맨틀 물질이 상승하는 곳으로, 맨틀 물질의 상승에 의한 압력 감소로 마그마가 생성된다.

**오답 피하기** ㄷ. A와 B에서는 모두 현무암질 마그마가 생성된다.

**04** **답 ④**

**자료 분석** **마그마의 종류와 생성 장소**

해양 지각, 맨틀, 지각에서 물 방출, 현무암질 마그마, 마그마 상승, 대륙 지각, 안산암질 마그마, 유문암질 마그마, A, B, C

- 섭입하는 해양 지각과 해저 퇴적물에서 빠져나온 물이 맨틀에 유입된다. → 맨틀의 용융점이 낮아지고 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마(A)가 생성된다.
- (가)에서 생성된 현무암질 마그마가 상승해 대륙 지각의 하부에 도달하면 대륙 지각이 가열된다. → 대륙 지각이 부분 용융되어 유문암질 마그마(B)가 생성된다.
- 현무암질 마그마가 냉각되는 과정에서 조성이 변하거나, 현무암질 마그마가 유문암질 마그마와 섞이면 안산암질 마그마(C)가 생성된다.

ㄴ. (가)에서는 맨틀에 물이 유입되어 용융점이 낮아지면서 현무암질 마그마(A)가 생성된다.

ㄷ. (나)에서는 상승한 현무암질 마그마가 대륙 지각의 하부에 도달해 대륙 지각이 부분 용융되어 유문암질 마그마(B)가 생성되고, 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 섞이거나 현무암질 마그마의 냉각 과정에서 먼저 생성된 광물이 분리되어 빠져나가면서 안산암질 마그마(C)가 생성된다.

**오답 피하기** ㄱ. 마그마의 SiO<sub>2</sub> 함량은 현무암질 마그마 → 안산암질 마그마 → 유문암질 마그마 순으로 증가하므로 A < C < B이다.

**05** **답 ⑤**  
 ㄱ. 중성암이고 심성암인 섬록암은 A에 속한다.

ㄴ. SiO<sub>2</sub> 함량이 적은 염기성암은 어두운색 광물을 많이 포함하고, SiO<sub>2</sub> 함량이 많은 산성암은 밝은색 광물을 많이 포함한다. 따라서 어두운색 광물의 함량은 B가 C보다 많다.

ㄷ. 마그마의 냉각 속도가 느릴수록 광물 결정이 충분히 성장해 조립질 암석이 된다. 따라서 암석이 생성될 때 마그마의 냉각 속도는 A가 C보다 느리다.

**06** **답 ②**  
 ㄴ. (가)와 (나)는 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 식어 생성된 심성암으로, 광물 결정이 충분히 성장해 결정의 크기가 큰 조립질 조직이 나타난다.

**오답 피하기** ㄱ. (가)는 SiO<sub>2</sub> 함량이 63 % 이상인 산성암, (나)는 SiO<sub>2</sub> 함량이 52 % 이하인 염기성암, (다)는 SiO<sub>2</sub> 함량이 52 %~63 %인 중성암이다. 따라서 SiO<sub>2</sub> 함량은 (나) < (다) < (가)이다.

ㄷ. 어두운색 광물의 함량은 산성암 < 중성암 < 염기성암 순이므로 (나)가 가장 많다.

**개념 더하기** **화성암의 분류**

SiO <sub>2</sub> 함량	적음. ← 52 % ————— 63 % → 많음.		
색	어두움. ←—————→ 밝음.		
구분	염기성암	중성암	산성암
화산암 (세립질)	현무암	안산암	유문암
심성암 (조립질)	반려암	섬록암	화강암

**07** **답 ①**  
 ㄱ. (가)에는 현무암이 분포하고 (나)에는 화강암이 분포하므로 암석의 색은 (가)가 (나)보다 어둡다.

**오답 피하기** ㄴ. 현무암은 화산암이고 화강암은 심성암으로, 암석이 생성된 깊이는 (가)가 (나)보다 얕다.

ㄷ. (가)는 신생대의 화산 활동으로 형성되었고, (나)는 중생대의 지각 변동으로 생성된 유문암질 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 식어 형성되었으므로 암석이 생성된 시기는 (가)가 (나)보다 나중이다.

**08** **답 ②**  
 ㄴ. A는 고온의 마그마가 B를 관입한 후 식어 굳은 것이므로 A 주변의 ㉠에는 변성 작용이 일어났다.

**오답 피하기** ㄱ. 관입을 당한 암석(B)은 관입암(A)보다 먼저 생성되었다.

ㄷ. 마그마가 관입한 후 주변 암석과 맞닿은 A의 가장자리 부분은 마그마가 비교적 빠르게 냉각되어 광물 결정의 크기가 중심부보다 작게 나타난다.

**09** **답 ③**  
 ㄱ. A는 관입한 마그마가 굳어져 생성된 관입암이다.

ㄴ. B는 마그마가 관입하는 과정에서 주변 암석에서 떨어져 나온 암석 조각이 마그마 속으로 유입된 포획암이다.

**오답 피하기** **ㄷ.** 관입암(A) 속에 포함된 포획암(B)은 관입암보다 먼저 생성된 암석이다.

**10** **답** ④

**ㄴ.** (나)는 심성암에서 잘 나타나는 판상 절리로, 암석에 가해지는 압력이 감소하면서 암석의 부피가 팽창해 형성된다.

**ㄷ.** (가)는 화산암에서 잘 나타나는 주상 절리로, (가)와 (나)는 모두 화성암에서 볼 수 있는 지질 구조이다.

**오답 피하기** **ㄱ.** 주상 절리는 지표에 분출한 용암이 빠르게 식으면서 부피가 수축해 형성되므로, 세립질 암석인 화산암에서 잘 나타난다.

**11**

**예시 답안** 해령에서는 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 크게 낮아져 맨틀 물질의 온도보다 용융점이 낮아지면 현무암질 마그마가 생성된다. 섭입대에서는 섭입하는 해양 지각에서 빠져나온 물이 맨틀 물질에 유입되어 용융점이 깊이 H의 지하 온도보다 낮아지면 현무암질 마그마가 생성된다.

채점 기준	배점(%)
해령과 섭입대에서 마그마가 생성되는 과정을 모두 옳게 설명한 경우	100
해령과 섭입대에서 마그마가 생성되는 과정 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

**12**

⑦은 화강암으로부터 현무암과 섬록암을 분류하는 과정이므로 SiO<sub>2</sub> 함량과 관련된 분류 기준이다. ①은 현무암과 섬록암을 분류하는 과정이므로 마그마의 냉각 속도와 관련된 분류 기준이다.

**예시 답안** ① SiO<sub>2</sub> 함량이 63% 이상인가?, ② 마그마가 상대적으로 빠르게 냉각되어 생성되었는가?

채점 기준	배점(%)
①과 ②를 모두 옳게 설명한 경우	100
①과 ② 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

**13**

(1) 북한산은 우리나라의 대표적인 화강암 지형으로, 중생대의 지각 변동으로 생성된 유문암질 마그마가 서서히 식어서 화강암이 되어 지표에 드러난 것이다.

(2) **예시 답안** 지하 깊은 곳에서 화강암이 생성된 후 암석이 융기하거나 암석을 덮고 있던 지층이 제거되어 압력이 감소함에 따라 암석의 부피가 팽창해 판상 절리가 형성되었다.

채점 기준	배점(%)
판상 절리의 형성 과정을 압력과 부피 변화의 관점에서 모두 옳게 설명한 경우	100
판상 절리의 형성 과정을 압력과 부피 변화 중 한 가지만 언급해 옳게 설명한 경우	50

**11강 변성 작용과 변성암**

**기본 탄탄 문제**

116쪽

- 01** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × **02** (1) ㉠ (2) ㉢ (3) ㉡  
**03** ㉠ 엽리, ㉡ 점판암, ㉢ 편마암 **04** A: 배사, B: 향사  
**05** (가) 정단층, (나) 주향 이동 단층, (다) 역단층  
**06** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × **07** ㉠ 화성, ㉡ 퇴적, ㉢ 변성

**01**

(1) 암석이 생성된 환경보다 온도나 압력이 높은 조건에서 광물 조성이나 조직이 변하는 작용이 변성 작용이다.

(2) 접촉 변성 작용은 마그마가 관입하는 곳에서 주로 열에 의해 일어난다.

(3) 광역 변성 작용은 넓은 지역에 걸쳐 일어나며, 비교적 넓은 온도와 압력 범위에서 발생하기 때문에 조건에 따라 여러 종류의 변성암이 생성될 수 있다.

(4) 접촉 변성 작용을 받은 암석에서는 혼펠스 조직이나 입상 변정질 조직이 나타난다.

(5) 접촉 변성 작용은 마그마가 관입하는 곳에서 일어나고, 광역 변성 작용은 조산 운동 같은 대규모 지각 변동이 발생하는 곳에서 일어난다.

**02**

기존 암석이 접촉 변성 작용을 받으면 사람은 규암으로, 셰일은 혼펠스로, 석회암은 대리암으로 변한다.

**03**

광역 변성 작용을 받은 변성암에서는 광물이 압력 방향에 수직으로 배열되어 형성되는 구조인 엽리가 발달한다. 셰일이 광역 변성 작용을 받으면 변성 정도가 커짐에 따라 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암 순으로 변한다.

**04**

습곡은 지층이 횡압력을 받아 휘어진 지질 구조이다. A는 습곡에서 지층이 위로 볼록하게 휘어진 부분인 배사이고, B는 지층이 아래로 오목하게 내려간 부분인 향사이다.

**05**

단층면을 따라 하반에 대해 상반이 아래로 이동한 단층은 정단층이며, 단층면을 경계로 두 지층이 수평 방향으로만 이동한 단층은 주향 이동 단층이다. 하반에 대해 상반이 위로 이동한 단층은 역단층이다.

**06**

(1) 습곡은 비교적 온도와 압력이 높은 지하 깊은 곳에서 형성된다. (2) 두 판이 가까워지는 수렴 경계에서 지층에 횡압력이 작용하면 지층이 휘어져 습곡이 형성되거나 지층이 끊어져 역단층이 형성된다.

(3) 두 판이 멀어지는 발산 경계에서는 장력이 작용하므로 주로 정단층이 형성된다.

(4) 두 판이 서로 스쳐 지나가는 보존 경계에서는 힘이 수평 방향으로 어긋나게 작용하므로 주향 이동 단층이 형성된다.

**07** 답 ㉠ 화성, ㉡ 퇴적, ㉢ 변성  
 지권을 이루는 암석이 지하 깊은 곳에서 용융되면 마그마가 생성되고, 마그마가 식어 생성된 화성암이 지각 변동으로 지표에 드러나면 풍화, 침식 작용을 받아 잘게 부서진다. 이렇게 생성된 쇄설물이 운반되어 퇴적되고, 다짐 작용과 교결 작용을 거쳐 퇴적암이 된다. 퇴적암이 지하 깊은 곳에 매몰되어 변성 작용을 받으면 변성암이 되고, 변성암이 더 높은 열을 받으면 용융되어 다시 마그마가 생성된다.

**실력** **목표** **문제**

117~119쪽

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

**단답형·서술형 문제**

- 11 (1) A: 셰일, B: 사암 (2) 해설 참조  
 12 해설 참조                      13 해설 참조

**01** 답 ③  
 ③ 암석이 생성된 환경보다 온도나 압력이 높은 조건에서는 광물 조성하고 조직이 변할 수 있는데, 이러한 작용을 변성 작용이라고 한다.

**오답 피하기** ①, ⑤ 기존 암석이 변성 작용을 받아 생성된 암석이 변성암이며, 변성 작용이 일어나는 과정에서 광물 내부의 결합 구조가 달라져 다른 광물로 변하는 현상인 재결정 작용이 일어난다.

- ② 변성 작용은 주로 온도와 압력의 변화로 일어난다.  
 ④ 변성 작용이 일어나는 온도와 압력 범위를 기준으로 변성 작용을 일으키는 주된 요인에 따라 접촉 변성 작용과 광역 변성 작용으로 구분한다.

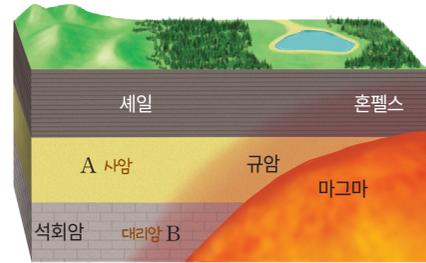
**02** 답 ③  
 ㄱ. A는 주로 열에 의해 일어나는 접촉 변성 작용의 온도와 압력 범위이다.

ㄴ. B는 열과 압력에 의해 일어나는 광역 변성 작용의 온도와 압력 범위로, 지하 깊은 곳으로 갈수록 온도와 압력이 높아지므로 변성 정도가 커진다.

**오답 피하기** ㄷ. 접촉 변성 작용은 마그마의 접촉부를 따라 기존 암석의 비교적 좁은 영역에서 일어나고, 광역 변성 작용은 넓은 지역에 걸쳐 일어나므로 변성 작용이 일어나는 공간적 규모는 B가 A보다 크다.

**03** 답 ③

**자료 분석** ● 접촉 변성 작용으로 생성되는 변성암



기존 암석	변성암	조직
셰일	hornfels	hornfels 조직
사암	규암	입상 변정질 조직
석회암	대리암	

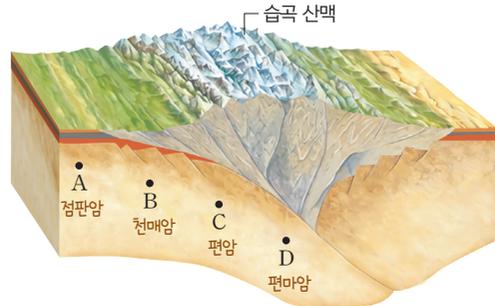
ㄱ. 접촉 변성 작용을 받으면 사암은 규암으로, 석회암은 대리암으로 변하므로 A는 사암, B는 대리암이다.

ㄴ. 셰일은 퇴적암이고 hornfels는 변성암이므로 hornfels는 셰일보다 고온의 환경에서 생성된다.

**오답 피하기** ㄷ. 마그마의 접촉부에서 생성되는 변성암의 종류가 다른 것은 기존 암석의 종류가 다르기 때문이다.

**04** 답 ⑤

**자료 분석** ● 광역 변성 작용으로 생성되는 변성암



- 지하 깊은 곳으로 갈수록 온도와 압력이 높아지므로 변성 정도가 크고 엽리가 뚜렷하게 발달한 변성암이 생성된다.
- 변성 정도가 커짐에 따라 광물 결정의 크기가 커진다.

ㄱ. 셰일이 광역 변성 작용을 받으면 변성 정도가 커짐에 따라 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암 순으로 변하므로 A는 점판암이다.

ㄴ. 지하 깊은 곳으로 갈수록 온도와 압력이 높아지므로 변성 정도가 크고 엽리가 뚜렷하게 발달한 변성암이 생성된다. 따라서 엽리가 가장 뚜렷하게 발달한 암석은 D이다.

ㄷ. 점판암, 천매암, 편암, 편마암은 모두 기존 암석이 셰일인 변성암이다.

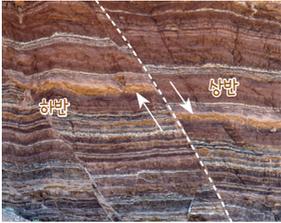
**05** 답 ④  
 나. (나)는 입자가 작은 광물들이 치밀하고 단단하게 짜인 혼펠스 조직이다. 셰일이 고온 저압의 환경에서 접촉 변성 작용을 받으면 혼펠스 조직이 나타나는 혼펠스로 변한다.  
 다. (가)는 재결정 작용으로 밝은색 광물과 어두운색 광물이 서로 분리되고 성장해 형성되는 편마 구조이고, 셰일이 고온 고압의 환경에서 광역 변성 작용을 받아 형성된다. 따라서 암석이 생성될 당시의 압력은 (가)가 (나)보다 높았다.  
**오답 피하기** ㄱ. (가)는 편마암에서 나타나는 편마 구조이다.

**06** 답 ⑤  
 ㄱ. 판이 섭입하는 지역의 관입한 마그마 주변에서는 접촉 변성 작용이 일어나고, 두 판 사이에서 압력을 받아 조산 운동이 일어나는 지역에서는 광역 변성 작용이 일어난다.  
 나. A에서 B로 갈수록 온도와 압력이 높아지므로 광역 변성 작용을 받아 생성된 변성암의 변성 정도가 커진다.  
 다. C는 마그마의 접촉부이므로 이곳에서 생성된 변성암에서는 혼펠스 조직이나 입상 변정질 조직이 나타난다.

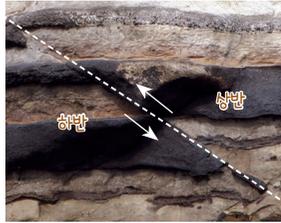
**07** 답 ②  
 나. 이 지질 구조는 지층이 양쪽에서 미는 횡압력을 받아 형성된 습곡이다.  
**오답 피하기** ㄱ. (가)는 지층이 위로 볼록하게 휘어진 배사이고, (나)는 지층이 아래로 오목하게 내려간 향사이다.  
 다. 같은 깊이에서 배사의 중심부로 갈수록 오래된 암석이 분포하고, 향사의 중심부로 갈수록 새로운 암석이 분포한다.

**08** 답 ①

**자료 분석** 단층의 종류



(가) 정단층



(나) 역단층

- (가): 두 판이 멀어지는 발산 경계에서는 장력이 작용해 정단층이 형성된다.
- (나): 두 판이 가까워지는 수렴 경계에서는 횡압력이 작용해 역단층이 형성된다.

ㄱ. (가)는 지층이 장력을 받아 하반에 대해 상반이 아래로 이동한 정단층이다.  
**오답 피하기** 나. (나)는 지층이 횡압력을 받아 하반에 대해 상반이 위로 이동한 역단층이다.  
 다. 발산 경계에서는 장력이 작용해 주로 정단층이 형성된다.

**09** 답 ⑤  
 ㄱ. (가)는 습곡, (나)는 역단층으로, 모두 지층에 횡압력이 작용해 형성된다.  
 나. (나)는 하반에 대해 상반이 위로 이동한 단층이다.  
 다. 단층은 습곡 작용이 일어나는 곳보다 온도와 압력이 상대적으로 낮은 지각 상부에서 형성된다.

**10** 답 ③  
 ㄱ. A는 퇴적물이 다짐 작용과 교결 작용을 받아 퇴적암이 되는 과정이다.  
 다. B는 암석이 풍화와 침식 작용을 받아 잘게 부서져 퇴적물이 되는 과정이다. C는 온도나 압력이 높은 조건에서 기존 암석이 변성되어 변성암이 생성되는 과정이다. 따라서 암석이 높은 압력과 열을 받는 과정은 C이다.  
**오답 피하기** 나. 재결정 작용은 변성 작용이 일어나는 과정에서 광물 내부의 결합 구조가 달라져 다른 광물로 변하는 현상으로, C 과정에서 일어난다.

**11**  
 (1) A는 변성 작용을 받아 혼펠스, 편암, 편마암이 되므로 셰일이다. B는 변성 작용을 받아 규암이 되므로 사암이다.  
 (2) A가 편암으로 변하고, 편암이 편마암으로 변하는 것은 셰일이 광역 변성 작용을 받아 일어난다. 따라서 이 과정에서 변성 작용을 일으키는 주된 요인은 높은 압력과 열이다. 편암이 편마암으로 변하는 ㉠ 과정을 거치면 변성 정도가 커지므로 엽리가 더 뚜렷하게 발달한다.  
**예시 답안** 편암이 편마암으로 변성되는 것은 높은 압력과 열에 의한 것이며, 이때 편마암에는 편암보다 엽리가 뚜렷하게 발달한다.

채점 기준	배점(%)
광역 변성 작용의 주된 요인과 변성 조직의 변화를 모두 옳게 설명한 경우	100
광역 변성 작용의 주된 요인과 변성 조직의 변화 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

**12**  
 A와 B는 지층이 장력을 받아 하반에 대해 상반이 아래로 이동한 정단층이다. C는 지층에 힘이 수평 방향으로 어긋나게 작용해 단층면을 경계로 두 지층이 수평 방향으로만 이동한 주향 이동 단층이다.  
**예시 답안** A와 B는 발산 경계에서 장력이 작용해 형성된다. C는 보존 경계에서 힘이 수평 방향으로 어긋나게 작용해 형성된다.

채점 기준	배점(%)
지질 구조 형성에 작용하는 힘과 형성 장소를 판의 경계와 관련지어 모두 옳게 설명한 경우	100
지질 구조의 형성 장소만 판의 경계와 관련지어 옳게 설명한 경우	60
지질 구조의 형성에 작용하는 힘만 옳게 설명한 경우	40

13

암석이 지하 깊은 곳에서 용융된 마그마가 지하나 지표 부근에서 식으면 화성암이 생성된다. 화성암이 지각 변동으로 지표에 드러나면 잘게 부서지고, 이렇게 생성된 쇄설물이 낮은 곳으로 운반되어 퇴적되면 퇴적암이 된다.

**예시 답안** 화성암이 지표에 드러나면 기권, 수권, 생물권과 영향을 주고 받으며 풍화와 침식 작용을 받아 부서지고, 이 쇄설물이 기권과 수권의 영향을 받아 운반되어 퇴적되면 속성 작용을 거쳐 퇴적암이 된다.

채점 기준	배점(%)
화성암이 퇴적암으로 되는 과정을 지구시스템 권역 간의 상호작용과 관련지어 윤택게 설명한 경우	100
지구시스템 권역 간의 상호작용과는 관련짓지 못했지만 화성암이 퇴적암으로 되는 과정을 윤택게 설명한 경우	50

12강 국가지질공원

특급 확인문제

122쪽

01 (1)×(2)○(3)○

02 ③

- 01 **답** (1)×(2)○(3)○  
 (1) 국가지질공원을 답사하기 전 방문할 국가지질공원을 정하고 답사할 지질 명소를 구체적으로 정해 계획을 세워야 한다.  
 (2) 국가지질공원 누리집에서 국가지질공원에 있는 지질 명소의 이름과 지질 구조를 미리 확인할 수 있다.  
 (3) 지질 명소 답사 시 화석이나 암석 등을 다른 장소로 옮기거나 훼손하지 않도록 해야 한다.

- 02 **답** ③  
 ㄱ. 만장굴은 용암이 분출한 후 흐르는 과정에서 표면과 내부의 냉각 속도 차이에 의해 형성된 용암 동굴이다.  
 ㄴ. 중문-대포 주상 절리대는 신생대에 일어난 화산 활동으로 형성되었다.  
**오답 피하기** ㄷ. 중문-대포 주상 절리대는 분출한 마그마가 빠르게 식으며 부피가 수축해 형성되었다.

기본 탄탄 문제

123쪽

01 ㉠ 변성, ㉡ 화성      02 (1)○(2)×(3)×(4)○  
 03 (가) 제주도 국가지질공원, (나) 전북 서해안권 국가지질공원  
 04 주상 절리      05 ㉠ 돌개구멍, ㉡ 화강암  
 06 (1)○(2)×(3)○

- 01 **답** ㉠ 변성, ㉡ 화성  
 선캄브리아시대부터 중생대 사이에 생성된 변성암이 한반도의 기반을 이루며, 오랜 세월에 걸쳐 생성된 퇴적암이 분포해 있다. 중생대와 신생대에 마그마의 관입, 분출로 생성된 화성암이 전국에 분포하고 있다.

02

**답** (1)○(2)×(3)×(4)○

- (1) 2024년 기준 우리나라에는 총 16곳의 국가지질공원이 있다.  
 (2) 국가지질공원은 유치에서 운영까지 지역 단체와 주민이 주도하고 있다.  
 (3) 국가지질공원의 지질 명소들은 희귀한 자연적 특성을 지니고 있어 지구과학적으로 중요하므로, 이를 보전하고 교육과 관광 등에 활용할 수 있는 곳을 국가지질공원으로 지정한다.  
 (4) 국가지질공원은 지구과학적으로 중요하며 경관이 수려한 지역을 보전하고 교육과 관광 등에 활용하기 위해 지정된 곳이다.

- 03 **답** (가) 제주도 국가지질공원, (나) 전북 서해안권 국가지질공원  
 제주도 국가지질공원에는 신생대에 해수면 아래에서 일어난 화산 활동으로 형성되었으며 꼭대기에 커다란 분화구가 있는 성산 일출봉이 있다. 전북 서해안권 국가지질공원에는 중생대에 형성되었으며 여러 개의 층이 보이는 퇴적 지형인 채석강이 있다.

- 04 **답** 주상 절리  
 무등산 국가지질공원에 있는 서석대는 화산 활동으로 생성된 암석이 식으면서 부피가 줄어들어 형성된 주상 절리이다.

- 05 **답** ㉠ 돌개구멍, ㉡ 화강암  
 청송의 백석탄에는 하천 바닥에 생긴 작은 흠에 들어간 자갈들이 회전하면서 형성된 돌개구멍이 발달해 있고, 한탄강의 화적연에는 중생대에 생성된 화강암 위를 덮은 신생대의 현무암이 침식 작용을 받아 생긴 지형이 있다.

- 06 **답** (1)○(2)×(3)○  
 (1) 국가지질공원은 지역의 자연, 문화, 역사 자원이 결합된 관광 상품 개발 등으로 지역 경제 활성화에 기여하기도 한다.  
 (2) 국가지질공원은 유치에서 운영까지 지역 단체와 주민이 주도하고 있으므로 지역 사회와의 조화가 강조된다. 따라서 국가지질공원의 발전 방안에도 이를 고려해야 한다.  
 (3) 국가지질공원의 지질 유산을 보전하기 위해서는 자연 훼손을 최소화하면서 탐방객의 교육과 관광이 이루어지도록 운영해야 한다.

일찍 꼭꼭 문제

124~125쪽

01 ②      02 ④      03 ③      04 ②      05 ⑤      06 ⑤  
**단답형·서술형 문제**  
 07 해설 참조      08 해설 참조      09 해설 참조

- 01 **답** ②  
 ② 한반도의 전국에 분포하고 있는 화성암은 중생대와 신생대에 생성되었다.  
**오답 피하기** ①, ④ 선캄브리아시대부터 중생대 사이에 생성된 변성암이 한반도의 기반을 이루고 있으며, 오랜 세월에 걸쳐 생성된 퇴적암이 분포해 있다.

③ 중생대와 신생대에 생성된 마그마가 암석을 관입하거나 지표로 분출된 뒤 화성암이 생성되었다.

⑤ 한반도에는 선캄브리아시대부터 신생대에 걸쳐 형성된 다양한 암석과 화석, 지질 구조가 분포해 있다.

**02** 답 ④

ㄴ. 지역 주민으로 구성된 지질공원 해설사는 국가지질공원을 찾는 탐방객에게 지질공원에 대한 지식을 전달하고 지질공원의 해설, 홍보, 탐방 안내 등을 담당한다.

ㄷ. 국가지질공원은 유치에서 운영까지 지역 단체와 주민이 주도하고 있으므로 지역 사회와의 조화가 강조된다.

**오답 피하기** ㄱ. 2024년 기준 우리나라에는 총 16곳의 국가지질공원이 있다.

**03** 답 ③

ㄱ, ㄷ. A는 한탄강, B는 울릉도·독도, C는 제주도 국가지질공원으로, 모두 화산 활동으로 형성된 지질 명소가 있는 국가지질공원이다.

**오답 피하기** ㄴ. 성산 일출봉은 제주도 국가지질공원(C)에 있는 지질 명소이다.

**04** 답 ②

ㄷ. 심성암인 화강암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 굳어져 생성된다. 화적연 화강암이 지표로 드러난 것은 지하에서 마그마가 굳어져 화강암이 생성된 후 상부의 암석이 침식되어 제거되었기 때문이다. 따라서 이곳의 화강암은 마그마가 굳어진 이후에 지표로 드러났다.

**오답 피하기** ㄱ. 주상 절리는 용암이 빠르게 식으면서 부피가 수축해 형성되므로 서석대는 암석의 부피 수축으로 형성되었다.

ㄴ. 암모나이트는 중생대의 해양 생물이므로 중생대의 육지 환경에서 퇴적된 채석강의 지층에서는 산출될 수 없다.

**05** 답 ⑤

**자료 분석** ● 국가지질공원의 주요 암석

	육지에서 퇴적	바다에서 퇴적
A	역암, 석탄, 석회암 등	
B	㉠ 편마암, 편암, 변성암 ㉡ 역암 등 퇴적암	

- A는 주로 고생대의 지층이 분포하는 강원고생대 국가지질공원이다.
- B는 변성 작용으로 생성된 편마암, 편암과 중생대의 퇴적 작용으로 생성된 역암 등이 분포하는 진안·무주 국가지질공원이다.

ㄱ. A는 주로 고생대의 지층과 화석이 분포하는 강원고생대 국가지질공원이다.

ㄴ. A에는 주로 육지에서 생성되는 석탄과 바다에서 생성되는 석회암이 모두 분포하므로 A는 육상 환경과 해양 환경이었던 적이 있다.

ㄷ. ㉠은 변성암이고 ㉡은 퇴적암이다. 변성 작용이 일어나 ㉠이 생성되는 동안 ㉡은 생성되지 않았을 것이므로 암석의 생성 시기는 ㉠이 ㉡보다 빠르다.

**06** 답 ⑤

ㄱ, ㄴ, ㄷ. 중문-대포 주상 절리대는 신생대의 화산 활동으로 분출한 현무암질 마그마가 빠르게 식으며 부피가 수축해 형성되었다.

**07**

**예시 답안** 우리나라에서 지구과학적으로 중요하며 경관이 수려한 지역을 보존하고 교육과 관광 등에 활용하기 위해 지정한 곳이다.

채점 기준	배점(%)
제시된 단어를 모두 이용해 국가지질공원의 정의를 옳게 설명한 경우	100
제시된 단어를 모두 이용하지 않고 국가지질공원의 정의를 설명한 경우	50

**08**

용암 동굴은 분출한 용암이 완만한 지형을 따라 흐르는 동안 표면이 먼저 냉각되고 내부의 용암은 흐르면서 빠져나가 빈 공간이 형성된 것이다. 석회암은 이산화 탄소를 방출하면서 물에 녹으므로 석회암 동굴은 석회암 지대에 지하수가 흘러 석회암이 녹으면서 빈 공간이 형성된 것이다.

**예시 답안** 만장굴은 용암이 완만한 지형을 따라 흐르는 동안 표면이 먼저 굳고, 그 아래로 용암이 계속 흐르며 빠져나가 빈 공간이 형성된 것이고, 고수동굴은 석회암 지대의 지하를 흐르는 물이 석회암을 녹여 빈 공간이 형성된 것이다.

채점 기준	배점(%)
용암 동굴과 석회암 동굴의 형성 과정을 모두 옳게 설명한 경우	100
용암 동굴과 석회암 동굴의 형성 과정 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

**09**

**예시 답안** 지질 유산이 훼손되지 않도록 캠페인 활동을 하거나 지속적으로 감시 활동을 한다. 지질공원 해설사 교육을 받아 탐방객 안내 프로그램에 참여한다.

채점 기준	배점(%)
지역 사회 구성원이 국가지질공원 운영에 참여하는 방안을 자연 보전과 지질 교육의 관점에서 모두 옳게 설명한 경우	100
지역 사회 구성원이 국가지질공원 운영에 참여하는 방안을 자연 보전과 지질 교육의 관점 중 한 가지에서만 옳게 설명한 경우	50



06 답 ③

7. A는 고온 저압의 상태에서 변성 작용이 일어났으므로 접촉 변성 작용을 받았다. 셰일이 접촉 변성 작용을 받으면 혼펠스로 변하므로 A에는 입자가 작은 광물들이 치밀하고 단단하게 짜인 혼펠스 조직이 나타난다.

8. B와 C는 저온 저압~고온 고압의 상태에서 변성 작용이 일어났으므로 광역 변성 작용을 받았다. 온도와 압력이 높을수록 변성 정도가 커지므로 변성 정도는 B보다 C가 크다. 광역 변성암은 변성 정도가 클수록 엽리가 뚜렷하게 발달하므로 엽리는 B보다 C에서 뚜렷하게 나타난다.

**오답 피하기** 9. 셰일이 광역 변성 작용을 받으면 변성 정도가 커짐에 따라 점판암, 천매암, 편암, 편마암 순으로 변하므로, B가 편암이면 C는 편마암이다.

07 답 ⑤

7. A는 열에 의해 일어나는 접촉 변성 작용을 받아 혼펠스로 변하므로 셰일이다.

8. B는 셰일이 열과 압력에 의해 일어나는 광역 변성 작용을 받아 생성되는 변성암이므로 점판암, 천매암, 편암, 편마암이 이에 속한다.

9. 접촉 변성 작용은 열에 의해 일어나고, 광역 변성 작용은 열과 압력에 의해 일어난다. 석회암은 접촉 변성 작용이나 광역 변성 작용을 받으면 대리암으로 변하므로 ㉠에는 ‘열’ 또는 ‘열과 압력’이 모두 해당될 수 있다.

**개념 더하기** 변성암의 종류

기존 암석	변성암	조직	변성 작용
사암	규암	입상 변정질 조직	접촉 변성 작용
석회암	대리암		
셰일	혼펠스	혼펠스 조직	광역 변성 작용
	점판암	쪼개짐	
	천매암		
	편암	편리	
	편마암	편마 구조	

08 답 ③

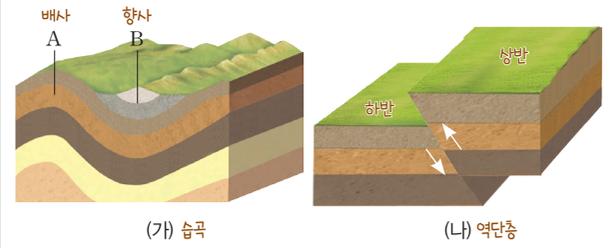
7. (가)는 표면에 줄무늬가 없으므로 입상 변정질 조직을 띤 규암이다. 규암은 사암이 접촉 변성 작용이나 광역 변성 작용을 받아 생성된다.

8. 규암에서는 입상 변정질 조직이 나타나고, 편마암에서는 엽리(편마 구조)가 나타난다.

**오답 피하기** 9. (나)는 표면에 줄무늬가 나타나므로 엽리가 뚜렷하게 발달한 편마암이다. 편마암은 셰일이 광역 변성 작용을 받아 생성된다.

09 답 ①

**자료 분석** 습곡과 단층



지질 구조	특징	형성 장소
습곡	지층이 양쪽에서 미는 횡압력을 받아 휘어진 지질 구조	수렴 경계
정단층	양쪽에서 잡아당기는 장력을 받아 하반에 대해 상반이 아래로 이동한 단층	발산 경계
역단층	양쪽에서 미는 횡압력을 받아 하반에 대해 상반이 위로 이동한 단층	수렴 경계
주향 이동 단층	지층에 힘이 수평 방향으로 어긋나게 작용해 두 지층이 수평 방향으로만 이동한 단층	보존 경계

7. (가)는 습곡으로, A는 위로 볼록하게 휘어진 부분인 배사이고 B는 아래로 오목하게 내려간 부분인 향사이다.

**오답 피하기** 8. ㉠. (가)의 습곡과 (나)의 역단층은 모두 횡압력이 작용하는 수렴 경계에서 잘 형성된다. 보존 경계에서는 주향이동 단층이 형성된다.

10 답 ⑤

7. A는 온도나 압력이 높은 조건에서 기존 암석이 변성 작용을 받아 생성되는 암석이므로, 변성암인 규암은 A에 해당한다. C는 퇴적물이 속성 작용을 받아 생성되는 암석이므로, 퇴적암인 이암은 C에 해당한다.

8. 기존 암석이 풍화와 침식 작용을 받아 잘게 부서져 쇄설물이 되고, 이 쇄설물이 물이나 바람 등에 의해 운반되어 쌓이면 속성 작용이 일어나 퇴적암이 되므로 ㉠은 풍화, 침식, 운반 작용을 포함한다.

9. 습곡 산맥의 지하에서는 열과 압력에 의해 변성 작용이 일어나므로 ㉡의 과정이 일어난다.

11 답 ④

7. 국가지질공원은 유치에서 운영까지 지역 단체와 주민이 주도하고 있으므로 지역 사회와의 조화가 중요하다.

8. 국가지질공원은 우리나라에서 지구과학적으로 중요하며 경관이 수려한 지역을 보전하고 교육과 관광 등에 활용하기 위해 지정한 곳이다.

**오답 피하기** 9. 국가지질공원을 이루는 지질 명소들은 학술적 가치가 높을 뿐만 아니라 교육적, 생태적, 문화적으로도 가치가 우수하다.

12

답 ⑤

7. 돌개구멍은 하천 바닥에 생긴 작은 흠에 들어간 자갈들이 유수의 영향으로 회전하면서 암석의 표면을 깎아내어 만든 구멍이다. 따라서 ㉠은 침식 작용으로 형성되었다.

㉡, ㉢. 주상 절리는 용암이 빠르게 식으면서 부피가 수축해 형성되므로, ㉣은 화산 활동으로 생성된 암석이 식으면서 형성되었다.

13

섭입하는 해양 지각과 해저 퇴적물에서 빠져나온 물이 맨틀에 유입되면 C와 같이 용융점이 낮아지면서 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다. 이 마그마가 상승해 대륙 지각의 하부에 도달하면 대륙 지각이 가열되며, 대륙 지각의 온도가 물이 포함된 화강암의 용융점보다 높아지면 부분 용융이 일어나 유문암질 마그마가 생성된다.

예시 답안 C, 섭입대에서 생성된 현무암질 마그마가 상승해 대륙 지각의 하부에 도달하면 대륙 지각이 가열되며 부분 용융이 일어나 유문암질 마그마가 생성된다.

채점 기준	배점(%)
현무암질 마그마의 생성 과정을 옳게 고르고, 유문암질 마그마의 생성 과정을 옳게 설명한 경우	100
유문암질 마그마의 생성 과정만 옳게 설명한 경우	80
현무암질 마그마의 생성 과정만 옳게 고른 경우	20

14

(1) 현무암은 SiO<sub>2</sub> 함량이 52 % 이하인 염기성암이며 세립질 암석이다. 화강암은 SiO<sub>2</sub> 함량이 63 % 이상인 산성암이며 조립질 암석이다. 따라서 A는 현무암이고, B는 화강암이다.

(2) 염기성암은 산성암보다 어두운색 광물의 함량이 많고, 조립질 암석은 세립질 암석보다 더 지하 깊은 곳에서 생성되므로 A는 B보다 어두운색 광물의 함량이 많고, 암석이 생성된 깊이가 얕다.

예시 답안 A는 어두운색 광물을 많이 포함해 색이 어둡고, 지표 가까운 곳에서 빠르게 식어서 생성된다. B는 밝은색 광물을 많이 포함해 색이 밝고, 지하 깊은 곳에서 서서히 식어서 생성된다.

채점 기준	배점(%)
A, B의 차이점을 어두운색 광물의 함량, 암석이 생성된 깊이와 관련지어 모두 옳게 설명한 경우	100
A, B의 차이점을 어두운색 광물의 함량, 암석이 생성된 깊이 중 한 가지만 관련지어 옳게 설명한 경우	50

15

(1) (가)의 한탄강 현무암은 신생대에 일어난 화산 활동으로 생성되었고, (나)의 북한산 화강암은 중생대의 지각 변동으로 생성된 유문암질 마그마가 식어 생성되었다.

(2) 예시 답안 지하 깊은 곳에서 화강암이 생성된 후 융기해 화강암을 덮고 있던 암석이 제거되면서 압력이 감소함에 따라 화강암의 부피가 팽창했기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
화강암이 생성된 후 이를 덮고 있던 암석이 제거되어 압력이 감소하고 화강암의 부피가 팽창했기 때문이라고 옳게 설명한 경우	100
화강암이 생성된 후 화강암에 가해지는 압력이 감소했기 때문이라고만 설명한 경우	50

16

고온의 마그마가 관입하면 마그마와 접촉한 주변 암석에서는 열에 의한 변성 작용이 일어나므로 A에서는 접촉 변성암이 나타난다. 관입한 마그마에서 주변 암석과 맞닿은 가장자리 부분은 빠르게 냉각되어 광물 결정의 크기가 중심부보다 작게 나타나므로, B에서는 A와 맞닿은 가장자리 부분에서 중심부로 갈수록 광물 결정의 크기가 커진다.

예시 답안 A에는 B와의 접촉부에 접촉 변성 작용이 일어나 변성암이 나타난다. B에는 A와 맞닿은 가장자리 부분의 광물 결정 크기가 상대적으로 작고 중심부로 갈수록 커진다.

채점 기준	배점(%)
A와 B에 나타나는 특징을 모두 옳게 설명한 경우	100
A와 B에 나타나는 특징 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

17

㉠은 세 종류의 변성암을 접촉 변성암과 광역 변성암으로 분류하는 과정이다. ㉡은 두 광역 변성암을 변성 작용의 요인과 관련지어 분류하는 과정이다.

예시 답안 ㉠ 엽리가 발달했는가?, ㉡ 상대적으로 더 높은 압력과 열을 받아 생성되었는가?

채점 기준	배점(%)
㉠과 ㉡에 들어갈 질문을 모두 옳게 설명한 경우	100
㉠과 ㉡에 들어갈 질문 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

18

(1) 지표에 드러난 암석은 풍화와 침식 작용을 받아 잘게 부서져 쇄설물이 되며, 이 쇄설물이 운반되고 퇴적되어 퇴적암이 된다. 이때 암석의 풍화와 침식을 일으키는 에너지의 근원은 태양 복사 에너지이다.

(2) 예시 답안 섭입대에서 생성된 마그마가 상승해 관입한 마그마 주변에서는 열에 의한 접촉 변성 작용이 일어난다. 두 판 사이에서 압력을 받아 조산 운동이 일어나는 곳에서는 열과 압력에 의한 광역 변성 작용이 일어난다.

채점 기준	배점(%)
섭입대에서 일어나는 변성 작용을 변성 작용의 요인과 관련지어 모두 옳게 설명한 경우	100
섭입대에서 일어나는 변성 작용 중 한 가지만 변성 작용의 요인과 관련지어 옳게 설명한 경우	50



7. 에디아카라 생물군은 원생누대에 나타났으므로 출현 시기는 A와 B 사이이다.

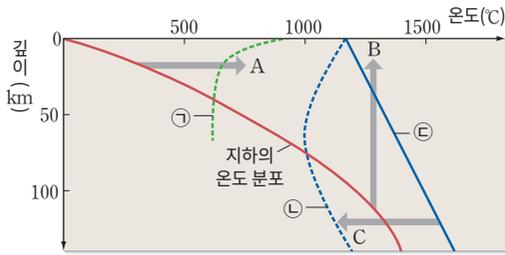
ㄷ. 양서류는 고생대 데본기에 출현했고, 파충류는 고생대 석탄기에 출현했으므로 파충류가 출현한 시기는 C 이후이다.

**오답 피하기** ㄴ. 남세군의 출현 이후 광합성으로 산소가 발생해 대기 중 산소의 농도가 증가했고, 고생대에 최초의 육상식물이 출현했으므로 이 사이에 오존층이 생성되었다. 따라서 지표에 도달하는 자외선의 평균적인 세기는 B와 C 사이가 A와 B 사이보다 약했다.

08

답 ④

자료 분석 ● 마그마의 생성 조건



구분	마그마의 생성 과정
A (온도 상승)	대륙 지각이 가열되어 물이 포함된 화강암의 용융 점보다 온도가 높아지면 마그마가 생성된다.
B (압력 감소)	맨틀 물질이 상승해 압력이 낮아져 맨틀 물질의 온도보다 용융점이 낮아지면 마그마가 생성된다.
C (물의 유입)	맨틀 물질에 물이 공급되어 용융점이 낮아지면 마그마가 생성된다.

ㄴ. B는 맨틀 물질이 상승함에 따라 압력이 낮아져 맨틀 물질의 온도보다 용융점이 낮아지면 마그마가 생성되는 경우이다.

ㄷ. C는 섭입대에서 해양 지각과 해저 퇴적물이 섭입함에 따라 함수 광물에서 빠져나온 물이 맨틀 물질에 공급되어 용융점이 낮아지면 현무암질 마그마가 생성되는 경우이다.

**오답 피하기** ㄱ. ㉠은 물이 포함된 화강암의 용융 곡선, ㉡은 물이 포함된 맨틀의 용융 곡선, ㉢은 물이 포함되지 않은 맨틀의 용융 곡선이다.

09

답 ①

자료 분석 ● 화성암의 분류

구분	A 산성암	B 화산암
C 염기성암	반려암	현무암
D 산성암	화강암	㉠

- 반려암과 화강암은 조립질 암석이고, 현무암은 세립질 암석이므로 A와 B는 암석을 이루는 광물 결정의 크기로 분류한 것이다.
- 반려암과 현무암은 SiO<sub>2</sub> 함량이 52 % 이하이고, 화강암은 SiO<sub>2</sub> 함량이 63 % 이상이므로 C와 D는 SiO<sub>2</sub> 함량으로 분류한 것이다.

7. ㉠은 산성암이면서 화산암이므로 유문암이다.

**오답 피하기** ㄴ, ㄷ. 반려암은 염기성암이고 조립질 암석이며, 현무암은 염기성암이고 세립질 암석이다. 화강암은 산성암이고 조립질 암석이다. 따라서 A와 B는 마그마가 식어서 굳은 환경에 따른 광물 결정의 크기를 기준으로 분류한 것이고, C와 D는 SiO<sub>2</sub> 함량을 기준으로 분류한 것이다.

10

답 ③

7. 규암은 사암이 접촉 변성 작용이나 광역 변성 작용을 받아 생성되므로 A와 B에서 모두 생성될 수 있다.

ㄴ. A는 고온 저압의 환경에서 접촉 변성 작용이 일어나는 범위이므로 혼펠스 조직이 형성되는 범위이다.

**오답 피하기** ㄷ. 일반적으로 지하 깊은 곳으로 갈수록 온도와 압력이 높아져 변성암의 변성 정도가 커지고 엽리가 뚜렷하게 발달한다. 따라서 ㉠보다 ㉡에서 생성된 변성암에 엽리가 뚜렷하게 나타난다.

11

답 ③

7. (가)는 두 대륙판이 멀어지면서 형성되는 열곡대이므로 장력이 작용해 정단층이 형성될 수 있다.

ㄴ. (나)는 두 대륙판이 충돌하면서 형성되는 습곡 산맥이므로 횡압력이 작용해 습곡이나 역단층이 형성될 수 있다.

**오답 피하기** ㄷ. 주향 이동 단층은 힘이 수평 방향으로 어긋나게 작용하는 보존 경계에서 형성되므로 (가)와 (나)에서는 형성되기 어렵다.

12

답 ④

ㄴ. A는 마그마의 냉각, 결정 작용으로 생성되는 화성암이다. 화성암은 마그마가 지표로 분출하거나 지표 가까운 곳에서 빠르게 식어서 생성되기도 하고, 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 식어서 생성되기도 한다.

ㄷ. B는 기존 암석이 변성 작용을 받아 생성되는 변성암이다. 변성 작용을 일으키는 주된 요인은 암석에 가해지는 열과 압력이다.

**오답 피하기** ㄱ. ㉠은 퇴적물이 쌓인 후 다져지고 굳어지면서 퇴적암이 되는 전제 과정인 속성 작용이다. 속성 작용은 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암이 생성되는 과정에서 모두 일어난다.

13

(1) A에 포함된 방사성 동위원소 X의 양은 처음 양의  $\frac{1}{16}$  =  $(\frac{1}{2})^4$ 이므로 4회의 반감기가 지났고, B에 포함된 X의 양은 처음 양의  $\frac{1}{8}$  =  $(\frac{1}{2})^3$ 이므로 3회의 반감기가 지났다. X의 반감기가 0.6억 년이므로 A의 절대연령은 2.4억 년이며, B의 절대연령은 1.8억 년이다. 지층 A~C는 A → C → B의 순으로 생성되었다. 따라서 지층 C를 이루는 퇴적암의 절대연령은 1.8억 년 ~ 2.4억 년이다.

**예시 답안** A에서 X는 4회의 반감기가 지났으므로 A의 절대연령은 2.4억 년이고, B에서는 3회의 반감기가 지났으므로 B의 절대연령은 1.8억 년이다. 지층은 A → C → B 순으로 생성되었으므로 C를 이루는 퇴적암의 절대연령은 1.8억 년~2.4억 년이다.

채점 기준	배점(%)
지층 C를 이루는 퇴적암의 절대연령 범위를 계산 과정과 함께 옳게 설명한 경우	100
지층 C를 이루는 퇴적암의 절대연령 범위의 계산 과정만 옳게 설명한 경우	70
지층 C를 이루는 퇴적암의 절대연령 범위만 옳게 쓴 경우	30

(2) 중생대는 약 2.52억 년 전~0.66억 년 전까지의 시기이므로 C는 중생대에 생성되었다. 중생대의 대표적인 육상 생물의 표준 화석으로는 공룡이 있다.

**14**

사층리는 물이나 바람이 일정한 방향으로 흐르는 환경에서 층리가 수평면에 비스듬히 나타나는 퇴적 구조이다. 이때 물이나 바람의 방향이 바뀌면 사층리의 방향이 엇갈려 나타나기도 한다.

**예시 답안** 사층리, A~C 모두 아래로 갈수록 층리의 경사가 완만해지므로 지층이 역전되지 않았다. 따라서 C → B → A 순으로 생성되었다.

채점 기준	배점(%)
퇴적 구조의 이름을 옳게 쓰고, 지층의 생성 순서와 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
지층의 생성 순서와 그 까닭을 옳게 설명한 경우	70
퇴적 구조의 이름만 옳게 쓴 경우	30

**15**

선캄브리아시대는 지질시대의 대부분을 차지하며, 고생대, 중생대, 신생대 순으로 지속된 기간이 길다. 삼엽충은 고생대에 번성했던 해양 무척추동물로, 이때는 기후가 대체로 온난했으나 후기에는 한랭해졌다.

**예시 답안** 삼엽충, B, 삼엽충이 번성했던 고생대는 기후가 대체로 온난했으나 후기에는 한랭해졌다.

채점 기준	배점(%)
생물의 이름과 생물이 번성했던 지질시대를 옳게 쓰고, 이때의 기후를 옳게 설명한 경우	100
지질시대의 기후만 옳게 설명한 경우	70
생물의 이름과 생물이 번성했던 지질시대만 옳게 쓴 경우	30

**16**

**예시 답안** 섭입하는 해양 지각과 해저 퇴적물에서 빠져나온 물이 맨틀에 유입되면 용융점이 낮아지면서 현무암질 마그마가 생성된다. 이 마그마가 상승해 대륙 지각의 하부에 도달하면 대륙 지각이 가열되며 유문암질 마그마가 생성되고, 섭입대에서 상승한 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되면 안산암질 마그마가 생성된다.

채점 기준	배점(%)
제시된 순서대로 안산암질 마그마의 생성 과정을 모두 옳게 설명한 경우	100
현무암질 마그마와 유문암질 마그마의 생성 과정만 옳게 설명한 경우	70
현무암질 마그마와 유문암질 마그마의 혼합으로 안산암질 마그마가 생성된다는 정도로만 설명한 경우	30

**17**

(1) 사람이 접촉 변성 작용이나 광역 변성 작용을 받으면 규암이 된다. 셰일은 접촉 변성 작용을 받으면 혼펠스가 되고, 광역 변성 작용을 받으면 편마암이 된다.

(2) 혼펠스 조직은 열에 의한 접촉 변성 작용을 받은 변성암에서 나타나며, 입자가 작은 광물들이 치밀하고 단단하게 짜인 조직이다. 편마 구조는 열과 압력에 의한 광역 변성 작용을 받은 변성암에서 나타나며, 재결정 작용으로 밝은색 광물과 어두운색 광물이 서로 분리되고 성장해 줄무늬가 나타나는 조직이다.

**예시 답안** ㉠은 암석이 열에 의한 접촉 변성 작용을 받아서 나타나는 조직이고, ㉡은 암석이 열과 압력에 의한 광역 변성 작용을 받아서 나타나는 조직이기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
두 조직의 차이가 생기는 까닭을 변성 작용의 요인과 관련 지어 옳게 설명한 경우	100
두 조직의 차이가 생기는 까닭을 변성 작용의 요인이 다르기 때문이라는 정도로만 설명한 경우	20

**18**

**예시 답안** 탐방로와 같이 지질공원의 훼손을 최소화하면서 탐방객을 위한 편의 시설을 설치한다. 지역 사회 구성원의 적극적인 참여를 유도해 지질 명소의 상태를 감시한다.

채점 기준	배점(%)
지역 관광, 자연 보전의 측면에서 국가지질공원을 발전시킬 수 있는 방안을 옳게 설명한 경우	100
지역 관광, 자연 보전 중 한 가지 측면에 대한 방안을 설명한 경우	50

# III 태양계 천체와 별과 우주의 진화

## 1 태양계 천체와 별

### 13강 태양계 천체의 운동

탐구 확인문제

142~143쪽

- 01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×    02 ②  
03 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○    04 ③

- 01 답 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×  
(1) 일식이 시작할 때는 달이 태양 앞을 서에서 동으로 지나가므로 태양의 서쪽(북반구 기준 오른쪽)부터 가려진다.  
(2) 우리나라(북반구 중위도)에서 관측되는 월식은 달이 지구의 그림자 안으로 서에서 동으로 지나가므로 달의 동쪽(북반구 기준 왼쪽)부터 가려지기 시작한다.  
(3) 달에 드리우는 지구의 본그림자 크기가 지구에 드리우는 달의 본그림자 크기보다 매우 크기 때문에 개기월식의 진행 시간이 개기일식의 진행 시간보다 길다.  
(4) 지구의 크기가 달의 크기보다 훨씬 크기 때문에 지구에 드리우는 달의 본그림자 크기는 달에 드리우는 지구의 본그림자 크기보다 매우 작다.

- 02 답 ②  
② 북반구 중위도와 고위도 지역에서는 태양과 달이 남쪽 하늘을 지나가므로 태양과 달의 왼쪽이 동쪽이고 오른쪽이 서쪽이며, 남반구 중위도와 고위도 지역에서는 태양과 달이 북쪽 하늘을 지나가므로 동쪽과 서쪽이 북반구와 반대이다.

- 오답 피하기 ① 개기일식이 관측된 지역에서는 개기일식 전후로 부분일식을 관측할 수 있다.  
③ 월식이 진행되는 동안 달이 떠 있는 모든 지역(지구에서 밤이 되는 지역)에서 월식을 관측할 수 있다.  
④ 혼성일식은 일식이 진행되는 동안 서로 다른 지역에서 개기일식과 금환일식이 관측되는 현상이다.  
⑤ 개기일식과 마찬가지로 금환일식을 관측할 수 있는 지역은 부분일식을 관측할 수 있는 지역보다 좁다.

- 03 답 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○  
(1) 행성이 배경이 되는 별자리에 대해 서쪽에서 동쪽으로 움직이는 것을 순행이라고 하고, 동쪽에서 서쪽으로 움직이는 것을 역행이라고 한다.  
(2) 외행성인 화성은 충 부근에서 역행하고, 그 외의 위치에서는 순행한다.  
(3) 내행성인 금성은 내합 부근에서 역행하고, 그 외의 위치에서는 순행한다.  
(4) 탐구에서 행성의 역행이 일어나는 기간은 화성이 약 82일, 금성이 약 45일이다.

- 04 답 ③  
행성의 역행이 한 달 이상 지속되는 경우가 있으므로 천체 관측 프로그램에서 행성의 순행과 역행을 관찰하기 위해서는 수개월 동안 1일 단위로 시간을 바꾸며 관찰해야 한다.

기본 탄탄 문제

144쪽

- 01 (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) ○  
02 ㉠ 일부만 어둡게, ㉡ 부분월식    03 공전 궤도면  
04 (1) ㉢ (2) ㉣ (3) ㉠    05 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×  
06 ㉠ 합, ㉡ 충, ㉢ 동구    07 내합 부근, 충 부근

- 01 답 (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) ○  
(1) 일식은 달이 지구 주위를 공전하는 동안 태양-달-지구의 순서로 일직선상에 놓이면 일어날 수 있다.  
(2) 달의 반그림자가 위치한 지역에서는 부분일식이 관측될 수 있다.  
(3) 달의 시직경이 태양의 시직경보다 작으면 달이 태양을 완전히 가리지 못해 태양이 고리 모양으로 보이는 금환일식이 관측될 수 있다.  
(4) 일식이 일어날 때 지구에 드리우는 달그림자는 지구 표면을 따라 달의 공전 방향과 같은 방향인 서에서 동으로 이동한다.  
(5) 지구의 모양이 구형이기 때문에 어느 지역에서는 달의 시직경이 태양의 시직경보다 미세하게 작게 관측된다. 따라서 일식이 진행되는 동안 지구와 달 사이의 거리가 가까운 지역에서는 개기일식이, 지구와 달 사이의 거리가 먼 지역에서는 금환일식이 관측되는 혼성일식이 일어난다.

- 02 답 ㉠ 일부만 어둡게, ㉡ 부분월식  
달이 지구의 본그림자와 반그림자 경계에 위치할 때 지구의 본그림자에 가려진 달의 일부만 어둡게 보이는 부분월식이 관측된다.

- 03 답 공전 궤도면  
달의 공전 궤도면은 지구의 공전 궤도면에 대해 약 5° 기울어져 있어 달의 위상이 삭 또는 망일 때마다 일식이나 월식이 일어나지 않는다. 지구, 달, 태양이 일직선상에 놓이면 달의 위상이 삭일 때 일식이 일어나고, 망일 때 월식이 일어난다.

- 04 답 (1) ㉢ (2) ㉣ (3) ㉠  
행성이 배경이 되는 별자리에 대해 서쪽에서 동쪽으로 움직이는 것을 순행이라고 하고, 행성이 배경이 되는 별자리에 대해 동쪽에서 서쪽으로 움직이는 것을 역행이라고 한다. 순행과 역행이 서로 바뀌면서 행성이 정지한 것처럼 보이는 것을 유라고 한다.

- 05 답 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×  
(1) 수성의 최대 이각은 약 18°~28°이고, 금성의 최대 이각은 약 48°이다.

- (2) 내행성이 동방 최대 이각에 위치할 때는 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측할 수 있고, 내행성이 서방 최대 이각에 위치할 때는 새벽에 동쪽 하늘에서 관측할 수 있다.
- (3) 내행성이 동방 최대 이각에 위치할 때는 상현의 위상으로 관측되고, 내행성이 서방 최대 이각에 위치할 때는 하현의 위상으로 관측된다.
- (4) 행성의 겉보기 크기(시직경)는 지구와의 거리가 가까울수록 크다.
- (5) 행성의 이각이 클수록 태양과의 각거리가 커서 관측 가능 시간이 길어지므로 내행성은 최대 이각에 위치할 때 관측 가능 시간이 가장 길다. 따라서 내행성의 관측 가능 시간은 서방 최대 이각에 위치할 때가 외합에 위치할 때보다 길다.

**06** 답 ㉠ 합, ㉡ 충, ㉢ 동구  
 외행성은 지구보다 공전 속도가 느리기 때문에 지구와의 위치 관계가 합 → 서구 → 충 → 동구 → 합의 순서로 변하며, 외행성의 이각이 90°일 때의 위치를 구라고 한다. 따라서 외행성이 충에서 합으로 이동하는 동안 외행성의 이각이 90°일 때의 위치를 동구라고 한다.

**07** 답 내합 부근, 충 부근  
 내행성은 지구보다 공전 속도가 빠르므로 내합 부근에서 역행하고, 외행성은 지구보다 공전 속도가 느리므로 충 부근에서 역행한다.

**실력 꼭꼭 문제**

145~147쪽

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

**단답형·서술형 문제**

- 12 B: 일식, D: 월식  
 13 (1) A: 외합, B: 동방 최대 이각, C: 내합, D: 서방 최대 이각  
 (2) D, 동쪽 (3) 해설 참조

**01** 답 ③  
 ㄱ. 일식이 일어날 때 달의 위상은 삭이다.  
 ㄴ. 금환일식이 관측되기 전후로 부분일식이 관측되므로 이날 이 지역에서는 달의 반그림자가 통과했다.

**오답 피하기** ㄷ. 금환일식이 일어날 때 태양의 광구가 완전히 가려지지 않으므로 광구보다 상대적으로 어두운 태양의 대기를 관측할 수 없다. 태양의 대기는 태양의 광구가 완전히 가려지는 개기일식이 일어날 때 관측할 수 있다.

**02** 답 ⑤  
 ㄱ. (가)는 개기일식이며, 달의 본그림자가 위치한 지역에서 개기일식을 관측할 수 있다.

ㄴ. 일식이 시작할 때는 태양의 서쪽(북반구 기준 오른쪽)부터 가려지고, 일식이 끝날 때는 태양의 서쪽부터 드러난다. 따라서 일식은 (나) → (가) → (다)의 순서로 일어났다.  
 ㄷ. 일식은 달의 위상이 삭일 때 일어나므로 일식이 일어나고 약 15일 뒤에는 망(보름달)이 뜬다.

**03** 답 ③  
 ㄱ, ㄷ. 일식이 진행되는 동안 지구 표면에서 달까지의 거리는 A에서보다 B에서 가까우므로 달의 시직경은 A에서보다 B에서 크게 관측된다. 따라서 A에서는 금환일식이, B에서는 개기일식이 관측되므로 이날 혼성일식이 일어났다.

**오답 피하기** ㄴ. 일식이 일어날 때 달그림자는 지구 표면을 따라 달의 공전 방향과 같은 방향인 서에서 동으로 이동하므로 식 현상은 B에서보다 A에서 먼저 관측된다.

**04** 답 ④  
 ㄴ. 달이 지구의 본그림자와 반그림자 경계에 위치해 있으므로 부분월식이 일어난다.  
 ㄷ. 지구의 공전 궤도면과 달의 공전 궤도면이 만나는 교선에서 지구, 달, 태양이 일직선상에 놓이면 달의 위상이 망일 때 월식이 일어난다.

**오답 피하기** ㄱ. 월식이 일어날 때 달의 위상은 망이다.

**05** 답 ①

**자료 분석** 월식의 진행 과정



- 북반구 중위도에서 달은 저녁에 동쪽 지평선에서 떠서 자정 무렵에 남쪽 하늘을 통과하고 새벽에 서쪽 지평선으로 진다.
- 달이 남쪽 하늘을 지나 서쪽 지평선을 향해 일주 운동을 하고 있으므로 A가 B보다 먼저 관측된다.
- 달이 지는 과정에서 월식이 관측되었으므로 이 월식은 새벽에 일어났다.

ㄱ. 월식이 일어날 때 달의 동쪽(북반구 기준 왼쪽)부터 가려지기 시작하므로 월식은 부분월식인 A에서 개기월식인 B 방향으로 일어났다.

**오답 피하기** ㄴ. 부분월식(A)일 때 달은 지구의 본그림자와 반그림자 경계에 위치하며, 지구의 본그림자에 가려진 부분이 어둡게 보인다.

ㄷ. 개기월식(B)일 때 평소의 보름달보다 전체적으로 붉게 보인다. 평소보다 전체적으로 약간 어둡게 보이는 달은 반영식이다.

**06** **답 ⑤**  
 ㄱ. (가)는 금성이 내합과 서방 최대 이각 사이에 위치할 때의 위상이고, (나)는 금성이 동방 최대 이각에 위치할 때의 위상이다.  
 ㄴ. 금성이 동방 최대 이각에 위치할 때인 (나)는 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측할 수 있다.  
 ㄷ. 행성의 시직경은 지구와의 거리가 가까울수록 크므로 금성의 시직경은 내합에 더 가까운 (가)일 때가 (나)일 때보다 크다.

**07** **답 ③**  
 ㄱ. 1~2 사이에서 금성은 내합 부근 외에 위치하므로 순행하며, 배경 별에 대해 서쪽에서 동쪽으로 움직인다.  
 ㄴ. 3~5 사이에서 금성은 내합 부근에 위치하므로 역행하며, 배경 별에 대해 동쪽에서 서쪽으로 움직인다.  
**오답 피하기** ㄷ. 6의 위치는 서방 최대 이각이고, 7의 위치는 서방 최대 이각과 외합 사이이다. 금성은 최대 이각에 위치할 때 이각이 가장 크므로 6~7 사이에서 금성의 이각이 감소한다.

**08** **답 ④**  
 외행성은 지구보다 공전 속도가 느리기 때문에 지구와의 위치 관계가 합 → 서구 → 충 → 동구 → 합의 순서로 변한다.

**09** **답 ②**  
 ㄴ. A는 합이고, C는 충이다. 외행성이 합(A)과 충(C)에 위치할 때 태양의 빛을 모두 반사하여 망의 위상으로 관측된다.  
**오답 피하기** ㄱ. B는 동구이다. 외행성이 동구(B)에 위치할 때는 초저녁~자정에 관측할 수 있고, 새벽에는 관측하기 어렵다.  
 ㄷ. D는 서구이다. 외행성이 충(C)에 위치할 때 이각이 가장 크므로 이각의 크기는 C일 때가 D일 때보다 크다.

**10** **답 ②**  
 행성의 역행이 일어나는 기간은 순행이 일어나는 기간보다 짧으므로 화성은 B와 D 사이에서 배경 별자리에 대해 동쪽에서 서쪽으로 움직이는 역행이 일어났고, 나머지 기간에는 배경 별자리에 대해 서쪽에서 동쪽으로 움직이는 순행이 일어났다. 따라서 화성은 E → D → C → B → A의 순서로 관측된다.  
 ㄷ. C는 역행 기간 중 중앙에 위치하므로 충이고, D에서는 화성이 순행에서 역행으로 바뀌는 유가 일어났으므로 D는 화성이 서구와 충 사이에 위치할 때이다.  
**오답 피하기** ㄱ. 화성을 관측한 날짜는 A가 E보다 나중이다.  
 ㄴ. 외행성이 충(C)에 위치할 때 이각이 가장 크므로 화성의 이각은 B일 때가 C일 때보다 작다.

**11** **답 ①**  
 ㄱ. 목성은 6월 25일에 합에 위치했으므로 순행이 일어났으며, 2월 4일에 역행에서 순행으로 바뀌는 유가 일어났다. 따라서 2월 1일에 목성은 역행했다.  
**오답 피하기** ㄴ. 수성은 3월 8일에 동방 최대 이각에 위치했으므로 3월 초에는 초저녁에 수성을 관측할 수 있다.

ㄷ. 수성은 4월 22일에 서방 최대 이각에 위치했고, 5월 30일에 외합에 위치했으므로 해당 기간 동안 순행이 일어났다. 따라서 5월 초에 수성은 배경 별에 대해 서쪽에서 동쪽으로 움직였다.

**12** **답 B: 일식, D: 월식**  
 지구의 공전 궤도면과 달의 공전 궤도면이 만나는 교선에서 지구, 달, 태양이 일직선상에 놓이면 달의 위상이 삭일 때 일식이 일어나고, 망일 때 월식이 일어난다. 따라서 B와 D에서 식 현상이 일어나며, B일 때 달의 위상이 삭이므로 일식이 일어나고 D일 때 달의 위상이 망이므로 월식이 일어난다.

**13**  
 (1) 지구-내행성-태양의 순서로 일직선을 이룰 때의 위치는 내합(C)이고, 지구-태양-내행성의 순서로 일직선을 이룰 때의 위치는 외합(A)이다. 태양에서 동쪽으로 가장 멀리 떨어진 위치는 동방 최대 이각(B)이고, 태양에서 서쪽으로 가장 멀리 떨어진 위치는 서방 최대 이각(D)이다.  
 (2) 내행성은 서방 최대 이각(D)에 위치할 때 새벽에 동쪽 하늘에서 관측할 수 있다.  
 (3) **예시 답안** A: 망, B: 상현, C: 삭, D: 하현, (가)에서 (나)가 관측되는 위치는 B와 C 사이이다.

채점 기준	배점(%)
A~D에서 관측되는 행성의 위상을 옳게 쓰고, (가)에서 (나)가 관측되는 위치를 옳게 설명한 경우	100
A~D에서 관측되는 행성의 위상만 옳게 쓴 경우	50
(가)에서 (나)가 관측되는 위치만 옳게 설명한 경우	50

**14강 별의 물리량**

**기본 탄탄 문제** 150쪽

**01** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×    **02** O, B, A, F, G, K, M  
**03** (1) ○ (2) × (3) ×    **04** ㉠ 플랑크, ㉡ 높  
**05** ㉠ 빈의 변위, ㉡ 네제곱    **06** (1) × (2) ○ (3) ○  
**07** ㉠ 비례, ㉡ 반비례

**01** **답** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×  
 (1) 파란색 별은 붉은색 별보다 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 짧아 표면 온도가 높다.  
 (2) 별의 스펙트럼을 분석하면 별의 구성 성분이나 표면 온도 등을 알 수 있다.  
 (3) A형 별의 표면 온도는 7200 K~10000 K이고, 색은 백색이다.  
 (4) 태양의 표면 온도는 약 5800 K이고, 분광형은 G2형이다.  
 (5) 중성 수소(HI) 흡수선은 A형 별에서 가장 강하게 나타난다.

**02** **답** O, B, A, F, G, K, M  
 별의 표면 온도는 O형 별이 가장 높고 B, A, F, G, K, M형의 순서로 갈수록 낮아진다.

**03** 답 (1) ○ (2) × (3) ×  
 (1) 흑체는 입사하는 모든 에너지를 흡수하고 흡수한 에너지를 복사의 형태로 모두 방출하는 이상적인 물체이다.  
 (2) 흑체가 흡수한 에너지의 양과 방출한 에너지의 양은 같다.  
 (3) 흑체는 표면 온도가 높을수록 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 짧아진다.

**04** 답 ㉠ 플랑크, ㉡ 높  
 흑체가 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 파장별 에너지 분포를 나타낸 것을 플랑크 곡선이라고 하며, 흑체는 표면 온도가 높을수록 모든 파장에서 더 많은 에너지를 방출한다.

**05** 답 ㉠ 빈의 변위, ㉡ 네제곱  
 빈의 변위 법칙( $\lambda_{\max} = \frac{a}{T}$ )에 따르면 흑체의 표면 온도( $T$ )와 최대 복사 에너지를 방출하는 파장( $\lambda_{\max}$ )은 반비례한다. 슈테판·볼츠만 법칙( $E = \sigma T^4$ )에 따르면 흑체가 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지양( $E$ )은 표면 온도( $T$ )의 네제곱에 비례한다.

**06** 답 (1) × (2) ○ (3) ○  
 (1) 별이 전체 표면에서 단위 시간 동안 방출하는 총에너지의 양을 광도라고 한다.  
 (2) 별은 광도가 클수록 에너지를 더 많이 방출하므로 실제 밝기가 밝아져 절대 등급이 작아진다.  
 (3) 별의 광도는 지구에서 별까지의 거리에 관계없이 일정한 값을 가진다.

**07** 답 ㉠ 비례, ㉡ 반비례  
 별의 광도( $L$ ), 표면 온도( $T$ ), 반지름( $R$ )은  $R \propto \frac{\sqrt{L}}{T^2}$ 을 만족한다. 따라서 별의 반지름은 광도의 제곱근에 비례하고, 표면 온도의 제곱에 반비례한다.

**실력** 목표 **문제** 151~153쪽

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

**단답형·서술형 문제**

**12** (1) 해설 참조 (2) (나)   **13** 10000 K   **14** 해설 참조

**01** 답 ㉠ ④  
 나. (가)는 고온의 기체에서 방출한 빛이 프리즘을 통과하여 스펙트럼에 밝은 선(방출선)이 나타나는 방출 스펙트럼이고, (나)는 광원에서 나온 빛이 저온의 기체와 프리즘을 통과하여 연속 스펙트럼에 검은 선(흡수선)이 나타나는 흡수 스펙트럼이다.  
 다. 별의 스펙트럼에서 특정 파장의 흡수선을 통해 별의 구성 성분이나 표면 온도 등을 알 수 있다.

**오답 피하기** ㄱ. 별의 분광형을 분류할 때는 흡수 스펙트럼인 (나)를 이용한다.

**02** 답 ③  
 ㄱ. (나)의 분광형은 M3형이므로 적색(붉은색) 별이다.  
 나. 분광형이 F2형인 (가)는 분광형이 M3형인 (나)보다 별의 표면 온도가 높다.

**오답 피하기** ㄷ. HI(중성 수소) 흡수선은 A형 별에서 가장 강하게 나타나므로 HI 흡수선의 세기는 분광형이 A1형인 (다)가 F2형인 (가)보다 강하다.

**03** 답 ③  
 ㄱ. 별의 표면 온도에 따라 이온화되는 정도와 들뜬 상태의 원자 비율이 달라져 스펙트럼에서 흡수선의 종류와 세기가 달라진다.  
 나. 이온화되지 않은 중성 상태의 원자는 원소 기호 뒤에 로마자 I을 붙이고, 전자 1개가 떨어져 나간 이온은 로마자 II를 붙인다. B0형 별에서는 중성 헬륨(He I) 흡수선이 이온화된 헬륨(He II) 흡수선보다 강하게 나타난다.

**오답 피하기** ㄷ. 태양의 분광형은 G2형이므로 태양보다 표면 온도가 높은 별에서는 이온화된 칼슘(Ca II) 흡수선이 약하게 나타난다.

**04** 답 ③  
 ㄱ. 흑체는 입사하는 모든 에너지를 흡수하고 흡수한 에너지를 복사의 형태로 모두 방출하는 이상적인 물체이다.  
 나. 흑체 복사의 특징을 결정하는 것은 흑체의 표면 온도뿐이다.

**오답 피하기** ㄷ. 흑체는 흑체를 구성하는 물질의 종류, 모양 등에 상관없이 흑체의 표면 온도에 의해서만 복사의 성질이 결정된다.

**05** 답 ①  
 별은 흑체와 매우 유사한 성질을 가지고 있으며, 흑체처럼 에너지를 방출한다.

ㄱ. 흑체와 별은 표면 온도가 높을수록 모든 파장에서 많은 에너지를 방출한다.

**오답 피하기** ㄴ. 별의 복사에서는 별의 구성 성분이나 표면 온도에 따라 특정 파장의 에너지가 흡수되어 별의 스펙트럼에 고유한 흡수선이 나타나지만, 흑체는 표면 온도에 의해서만 복사의 성질이 결정되고 흑체의 스펙트럼에 흡수선이 나타나지 않는다.

ㄷ. 흑체와 별은 빈의 변위 법칙에 따라 표면 온도가 높을수록 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 짧아진다.

**06** 답 ⑤  
 별은 흑체처럼 빈의 변위 법칙과 슈테판·볼츠만 법칙을 적용할 수 있다.

ㄱ. 빈의 변위 법칙에 따라 별의 표면 온도와 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 반비례한다.

ㄴ. 빈의 변위 법칙에 따라 표면 온도가 높을수록 짧은 파장 영역에서 에너지를 많이 방출하고, 표면 온도가 낮은 별일수록 긴 파장 영역에서 에너지를 많이 방출한다.

ㄷ. 슈테판·볼츠만 법칙에 따라 별이 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 복사 에너지의 양은 표면 온도의 네제곱에 비례한다.

**07** **답 ①**  
 ㄱ. 빈의 변위 법칙에 따라 별의 표면 온도와 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 반비례한다. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 (가)는  $0.5 \mu\text{m}$ 이고, (나)는  $1.0 \mu\text{m}$ 이므로 별의 표면 온도는 (가)가 (나)의 2배이다.

**오답 피하기** ㄴ. 별의 표면 온도가 높을수록 모든 파장 영역에서 많은 에너지를 방출하므로  $1.0 \mu\text{m}$ 에서 방출하는 에너지의 세기는 표면 온도가 높은 (가)가 (나)보다 강하다.

ㄷ. 슈테판·볼츠만 법칙에 따라 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지의 양은 표면 온도의 네제곱에 비례한다. 표면 온도는 (가)가 (나)의 2배이므로 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지의 양은 (가)가 (나)의  $16(=2^4)$ 배이다.

**08** **답 ③**  
 ㄱ. 별은 절대 등급이 작을수록 광도가 커지며, 절대 등급이 5등급 차이가 나면 광도는 100배 차이가 난다.  
 ㄴ. 별의 광도는 별의 표면적( $=4\pi \times$  반지름의 제곱)과 표면 온도의 네제곱의 곱에 비례한다.

**오답 피하기** ㄷ. 별의 광도는 별의 전체 표면에서 단위 시간 동안 방출하는 총에너지의 양이다.

**09** **답 ①**  
 별의 광도는 반지름의 제곱과 표면 온도의 네제곱의 곱에 비례한다. 표면 온도가 태양과 같고 반지름이 태양의 100배이면 광도는 태양의  $10000(=100^2)$ 배이다. 광도가 100배 클수록 절대 등급이 5등급만큼 작아지므로 광도가 태양의 10000배인 별의 절대 등급은 태양의 절대 등급보다 10등급만큼 작다. 따라서 이 별의 절대 등급은  $-5.2(=4.8-10)$ 이다.

**10** **답 ④**  
 ㄴ. 복사 에너지를 최대 방출하는 파장은 표면 온도와 반비례한다. 따라서 표면 온도가 가장 낮은 (다)가 복사 에너지를 최대 방출하는 파장이 가장 길다.  
 ㄷ. (다)는 (가)보다 절대 등급이 5등급만큼 작으므로 광도는 (다)가 (가)의 100배이다. 별의 반지름은 광도의 제곱근에 비례하고, 표면 온도의 제곱에 반비례한다. 따라서 (다)는 (가)보다 표면 온도가 낮지만 광도가 더 크기 때문에 반지름은 (다)가 (가)보다 크다.

**오답 피하기** ㄱ. (나)는 (가)보다 표면 온도가 높고 반지름이 크므로 광도도 크다. 별은 광도가 클수록 절대 등급이 작아지므로 (나)의 절대 등급은 (가)의 절대 등급인  $+4.5$ 보다 작다.

**11** **답 ②**  
 ㄴ. 별은 광도가 클수록 절대 등급이 작아진다. 광도는 A가 C보다 작으므로 절대 등급은 A가 C보다 크다.

**오답 피하기** ㄱ. A와 B는 광도가 같고, 반지름은 A가 B보다 크다. 별의 광도는 반지름의 제곱과 표면 온도의 네제곱의 곱에 비례하므로 표면 온도는 반지름이 큰 A가 B보다 낮다.

ㄷ. 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지의 양은 표면 온도의 네제곱에 비례한다. B와 C는 반지름이 같고, 광도는 C가 B보다 크므로 표면 온도는 C가 B보다 높다. 따라서 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지의 양은 B가 C보다 적다.

**12**  
 (1) A형 별에서 HI(중성 수소) 흡수선이 가장 강하게 나타난다.  
**예시 답안** (가) G형, (나) A형, HI 흡수선이 (나)가 (가)보다 강하게 나타나기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)의 분광형을 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(가)와 (나)의 분광형만 옳게 쓴 경우	40

(2) 표면 온도는 A형 별이 G형 별보다 높다.

**13**  
 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 A가 B의  $\frac{3}{5}$ 배이므로 표면 온도는 A가 B의  $\frac{5}{3}$ 배이다. 따라서 A의 표면 온도는  $10000(=6000 \times \frac{5}{3})$  K이다.

**14**  
 별의 광도는 반지름의 제곱과 표면 온도의 네제곱의 곱에 비례하므로 (가)의 광도는 태양의  $100(=10^2 \times 1^4)$ 배이고, (나)의 광도는 태양의  $64(=2^2 \times 2^4)$ 배이다.  
**예시 답안** (가)의 광도는 태양의 100배이고, (나)의 광도는 태양의 64배이다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)의 광도를 태양과 모두 옳게 비교하여 설명한 경우	100
(가)와 (나)의 광도 중 1가지만 태양과 옳게 비교하여 설명한 경우	50

**15강 H-R도와 별의 진화**

**탐구 확인문제** 157쪽  
**01** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×    **02** (1) ㄴ, ㄷ, ㄹ (2) ㄱ

**01** **답** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×  
 (1) 집단 1에 속한 별은 백색왜성, 집단 2에 속한 별은 주계열성, 집단 3에 속한 별은 초거성이다.

(2) 백색왜성(집단 1)은 주계열성(집단 2)보다 질량에 비해 크기가 작아 평균 밀도가 크다.

(3) 백색왜성(집단 1)은 초거성(집단 3)보다 H-R도에서 아래쪽에 분포하므로 평균 광도가 작다.

(4) 주계열성(집단 2)은 초거성(집단 3)보다 H-R도에서 왼쪽 아래에 분포하므로 평균 반지름이 작다.

**02**  (1) L, D, R (2) ㄱ 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도와 반비례하고, 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량은 표면 온도의 네제곱에 비례하므로 H-R도에서 가로축의 분광형을 대신하여 표면 온도, 최대 복사 에너지를 방출하는 파장, 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량으로 나타낼 수 있다. 절대 등급을 통해 광도를 계산할 수 있으므로 H-R도에서 세로축의 절대 등급을 대신하여 광도로 나타낼 수 있다.

기본 탄탄 문제

158쪽

- 01 (1) L, B (2) ㄱ, D
- 02 (1) O (2) O (3) X (4) O
- 03 A: 초거성, B: 거성, C: 주계열성, D: 백색왜성
- 04 ㉠ 거성, ㉡ 주계열성
- 05 (1) X (2) O (3) X (4) X
- 06 ㉠ 초거성, ㉡ 거성
- 07 A: 대류, B: 복사

**01**  (1) L, B (2) ㄱ, D 별의 반지름과 평균 밀도는 H-R도에서 별의 위치를 통해 추정할 수 있지만 H-R도의 가로축과 세로축에 해당하는 물리량으로서는 적절하지 않다.

**02**  (1) O (2) O (3) X (4) O  
 (1) H-R도의 가로축에서 오른쪽으로 갈수록 표면 온도가 낮아지고, 색은 붉은색을 띤다.  
 (2) 전체 표면에서 단위 시간 동안 방출하는 총에너지의 양은 광도이며, H-R도의 세로축에서 위로 갈수록 광도가 커진다.  
 (3) H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 반지름이 커진다.  
 (4) H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 질량에 비해 반지름이 작아지므로 평균 밀도가 커진다.

**03**  A: 초거성, B: 거성, C: 주계열성, D: 백색왜성  
 주계열성(C)은 H-R도에서 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 좁은 띠처럼 이어진 영역에 분포한다. 거성(B)은 H-R도에서 주계열성인 태양의 오른쪽 위에 분포한다. 초거성(A)은 H-R도에서 거성보다 더 위쪽에 분포한다. 백색왜성(D)은 H-R도에서 주계열의 왼쪽 아래에 분포한다.

**04**  ㉠ 거성, ㉡ 주계열성  
 별의 광도 계급 I은 초거성, III은 거성, V는 주계열성, VII은 백색왜성이다.

**05**  (1) X (2) O (3) X (4) X  
 (1) 별은 밀도가 크고 온도가 낮은 성운에서 탄생한다.

(2) 성운이 중력 수축하면서 성운 내부의 밀도가 커지고 온도가 상승하여 빛을 내기 시작하는 원시별이 생성된다.

(3) 전주계열 단계에서는 별이 중력에 의해 계속 수축하므로 정역학 평형을 이루지 못한다.

(4) 원시별의 질량이 클수록 중력 수축이 빠르게 일어나 주계열 단계에 도달하는 시간이 짧아진다.

**06**  ㉠ 초거성, ㉡ 거성  
 질량이 태양보다 매우 큰 별은 주계열성 이후 초거성으로 진화하고 초신성 폭발을 거쳐 블랙홀 또는 중성자별이 된다. 질량이 태양과 비슷한 별은 주계열성 이후 거성으로 진화하고 행성상 성운을 거쳐 백색왜성이 된다.

**07**  A: 대류, B: 복사  
 A는 대류층, B는 복사층이다. 질량이 태양과 비슷한 주계열성은 핵에서 생성된 에너지가 복사로 전달되는 복사층(B)과 대류로 전달되는 대류층(A)으로 이루어져 있다.

실력 뚝딱 문제

159~163쪽

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

단답형·서술형 문제

- 21 (1) C (2) 해설 참조
- 22 (가) 백색왜성-VII, (나) 주계열성-V, (다) 초거성-I
- 23 ㉠ 4, ㉡ 헬륨, ㉢ 질량, ㉣ 에너지
- 24 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
- 25 (1) (가)<(나) (2) 해설 참조 (3) 해설 참조

**01**  ⑤  
 ⑤ 대부분 별은 H-R도에서 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 좁은 띠처럼 이어진 영역에 분포하며, 이 영역에 속한 별을 주계열성이라고 한다.

**오답 피하기** ① H-R도의 가로축은 별의 분광형 또는 표면 온도를 나타낸다.

- ② H-R도의 세로축은 별의 절대 등급 또는 광도를 나타낸다.
- ③ H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 별의 표면 온도가 낮아지고 광도가 커지므로 별의 반지름은 커진다.
- ④ H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 별의 질량에 비해 반지름이 작아지므로 별의 평균 밀도는 커진다.

**02**  ④  
 L. H-R도에서 거성은 오른쪽 위에 분포하므로 표면 온도가 낮으며, 백색왜성은 왼쪽 아래에 분포하므로 표면 온도가 높다.

ㄷ. H-R도에서 주계열성은 오른쪽 아래에서 왼쪽 위로 갈수록 표면 온도가 높고 광도가 크며, 반지름과 질량도 크다.

**오답 피하기** ㄱ. H-R도에서 거성은 초거성보다 아래쪽에 분포하므로 대체로 광도가 작고, 절대 등급이 크다.

**03** **답 ①**  
ㄱ. A는 C보다 H-R도에서 위쪽에 분포하므로 절대 등급이 작아 광도가 크다.

**오답 피하기** ㄴ. B와 D는 분광형이 같지만 B는 D보다 절대 등급이 작다. 따라서 B와 D는 표면 온도가 같지만 B는 D보다 광도가 크므로 반지름이 크다. 또 H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 반지름이 커지므로 B는 D보다 반지름이 크다는 것을 확인할 수 있다.  
ㄷ. C는 D보다 질량에 비해 반지름이 작으므로 평균 밀도가 크다. 또 H-R도에서 왼쪽 아래로 갈수록 평균 밀도가 커지므로 C는 D보다 평균 밀도가 크다는 것을 확인할 수 있다.

**04** **답 ③**  
ㄱ. 광도 계급 VII은 H-R도에서 왼쪽 아래에 분포하는 백색왜성이다.

ㄴ. B5V인 별과 K5V인 별은 모두 주계열성이다. 표면 온도가 높은 B5V인 별은 H-R도에서 왼쪽 위에 분포하므로 K5V인 별보다 반지름, 광도, 질량이 모두 크다.

**오답 피하기** ㄷ. 분광형이 같을 때 광도 계급이 클수록 H-R도에서 아래쪽에 분포하므로 광도가 작다.

**05** **답 ②**  
별의 광도 계급 I은 초거성, III은 거성, V는 주계열성, VII은 백색왜성이다.

ㄴ. 별이 전체 표면에서 단위 시간 동안 방출하는 총에너지의 양은 광도이다. 초거성인 (나)는 표면 온도가 매우 높지 않은 A3형 주계열성인 (다)보다 광도가 크다.

**오답 피하기** ㄱ. 백색왜성인 (가)는 주계열성인 (다)보다 반지름이 작다.

ㄷ. F1형 초거성인 (나)는 G6형 거성인 (라)보다 표면 온도가 높고 광도가 크므로 H-R도에서 (나)는 (라)보다 왼쪽 위에 위치한다.

**06** **답 ④**  
ㄴ, ㄷ. 밀도가 크고 온도가 낮은 성운이 중력에 의해 수축하면서 성운 내부의 밀도가 커지고 온도가 상승하여 빛을 내기 시작하는 원시별이 생성된다.

**오답 피하기** ㄱ. 성운 내부의 밀도가 작으면 중력에 의한 수축이 크게 작용하기 어려우므로 원시별이 생성되기 어렵다.

**07** **답 ③**  
ㄱ. 원시별의 질량이 클수록 중력 수축이 빠르게 일어나 주계열에 도달하는 시간이 짧아지므로 진화 속도가 빠르다.

ㄴ. 원시별의 질량이 클수록 주계열로 진화하는 동안 표면 온도가 많이 높아져 표면 온도의 변화가 크다.

**오답 피하기** ㄷ. 질량이 태양의 0.5배인 원시별은 주계열로 진화하는 동안 H-R도에서 아래쪽으로 이동하므로 절대 등급이 대체로 커진다.

**08** **답 ①**  
원시별은 별의 중력이 내부 기체의 압력에 의한 힘보다 크게 작용하므로 중력 수축에 의해 에너지를 얻는다. 주계열성은 중심부에서 수소 핵융합 반응에 의해 에너지를 생성하여 내부 기체의 압력이 커지게 되고, 이 힘이 별의 중력과 평형을 이루어 더 이상 수축하지 않는 정역학 평형 상태가 유지된다.

**09** **답 ②**  
ㄷ. 수소 원자핵 4개의 질량은 헬륨 원자핵 1개의 질량보다 크며, 핵융합 반응 과정에서 손실된 질량만큼 에너지가 발생한다.

**오답 피하기** ㄱ. 수소 원자핵 4개가 융합해 헬륨 원자핵 1개를 생성하는 이 반응은 수소 핵융합 반응이다.

ㄴ. 거성의 중심핵에서는 수소가 소진되어 수소 핵융합 반응이 일어나지 않지만 중심핵을 둘러싼 수소층에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다. 따라서 거성의 내부에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다.

**10** **답 ⑤**  
ㄱ. 별의 중심부 온도가 약 1800만 K보다 낮으면 P-P 반응(양성자 양성자 연쇄반응)이 우세하게 일어나고, 약 1800만 K보다 높으면 CNO 순환 반응(탄소·질소·산소 순환 반응)이 우세하게 일어난다. 따라서 A는 P-P 반응이고, B는 CNO 순환 반응이다.

ㄴ. 태양의 중심부 온도는 약 1500만 K으로 P-P 반응인 A가 CNO 순환 반응인 B보다 우세하게 일어난다.

ㄷ. P-P 반응인 A와 CNO 순환 반응인 B는 모두 수소 핵융합 반응으로 수소 원자핵 4개가 융합해 헬륨 원자핵 1개를 생성하는 과정에서 에너지가 생성된다.

**11** **답 ③**  
이 수소 핵융합 반응은 CNO 순환 반응(탄소·질소·산소 순환 반응)이다.

ㄱ. 태양의 내부에서는 P-P 반응과 CNO 순환 반응이 모두 일어난다.

ㄴ. CNO 순환 반응에서 탄소, 질소, 산소는 반응물과 생성물이 아니며, 수소 핵융합 반응을 촉진시키는 촉매 역할을 한다.

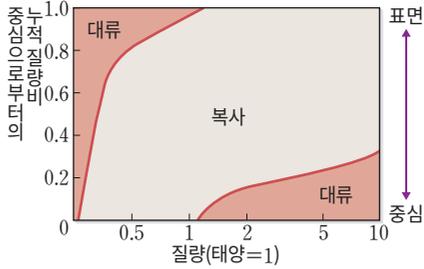
**오답 피하기** ㄷ. CNO 순환 반응은 수소 핵융합 반응의 한 종류로 주계열 단계에서의 주요 에너지원이다. 전주계열 단계에서는 수소 핵융합 반응이 일어나지 않는다.

**12** **답 ③**  
ㄱ. (가)는 대류핵-복사층으로 이루어져 있으므로 질량이 태양의 1.5배보다 큰 별의 내부 구조이다. (나)는 중심핵-복사층-대류층으로 이루어져 있으므로 질량이 태양과 비슷한 별의 내부 구조이다. 따라서 (가)가 (나)보다 질량이 크다.

ㄷ. 별의 질량이 클수록 중심핵의 온도가 높으므로 질량이 큰 (가)가 (나)보다 중심핵의 온도가 높다.

**오답 피하기** ㄴ. 별의 질량이 클수록 진화 속도가 빨라 별의 수명이 짧아지므로 질량이 큰 (가)가 (나)보다 수명이 짧다.

**개념 더하기** 질량에 따른 주계열성의 에너지 전달 방식



- 질량이 태양의 약 0.08배~0.26배인 주계열성: 내부 전체가 대류층이다.
- 질량이 태양의 약 0.26배~1.5배인 주계열성: 중심에서는 복사로, 외곽에서는 대류로 에너지를 전달한다.
- 질량이 태양의 1.5배보다 큰 주계열성: 중심에서는 대류로, 외곽에서는 복사로 에너지를 전달한다.

**13** ㄱ. A는 주계열성이고, B는 거성이다. 중심부의 온도는 주계열성인 A가 거성인 B보다 낮다.

**오답 피하기** ㄴ. C는 거성에서 백색왜성으로 진화해 가는 행성상 성운이다. 별은 일생의 대부분(약 90%)을 주계열성에 머무르므로 별의 전체 일생 중 주계열성인 A에 머무르는 기간은 행성상 성운인 C에 머무르는 기간보다 길다.

ㄷ. D는 백색왜성이다. 평균 밀도는 거성인 B가 백색왜성인 D보다 작다.

**14** ㄱ. 헬륨으로 이루어진 중심핵이 수축하고 중심핵을 둘러싼 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어나므로 주계열 단계가 끝난 이후인 주계열성에서 거성으로 진화할 때의 내부 구조이다.

ㄴ. 중심핵을 둘러싼 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어나 별의 외곽 부분이 팽창하면서 별의 크기와 광도가 커지지만 표면 온도는 낮아져 거성이 된다.

ㄷ. 헬륨으로 이루어진 중심핵이 수축하면서 온도가 약 1억 K에 도달하면 헬륨 핵융합 반응이 일어난다.

**15** ④ 헬륨으로 이루어진 중심핵이 수축해 온도가 상승하면서 중심핵을 둘러싼 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.

**오답 피하기** ① 거성은 주계열성보다 평균 밀도가 작다.  
② 거성은 행성상 성운을 거쳐 백색왜성으로 진화한다. 거성보다 크기와 광도가 큰 초거성이 초신성 폭발을 거쳐 중성자별 또는 블랙홀로 진화한다.

③ 거성은 중심부의 온도가 충분히 높지 않기 때문에 핵융합 반응으로 철이 생성될 수 없다. 철은 초거성의 중심부에서 연쇄적인 핵융합 반응으로 생성된다.

⑤ 주계열성에서 거성으로 진화할 때 별의 외곽이 팽창하면서 별의 크기와 광도가 커지지만 표면 온도는 낮아진다.

**16** ㄱ. 현재 주계열성인 태양이 진화하면 중심부에서 수소와 헬륨 핵융합 반응까지 일어날 수 있다. 이 별은 중심부에서 탄소와 산소 핵융합 반응도 일어나므로 질량이 태양보다 매우 큰 별이다.

ㄴ. 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 기간은 주계열 단계에 머무르는 기간과 같다. 별의 질량이 클수록 중심핵의 온도가 높아져 수소를 빠르게 소진하므로 이 별은 주계열 단계에 머무르는 기간이 태양보다 짧다.

ㄷ. 이 별은 진화 과정을 거칠수록 중심핵의 온도가 높아져 더 무거운 원소를 생성할 수 있다.

**17** ④ H-R도에서 오른쪽 위로 갈수록 반지름이 커지므로 반지름은 B일 때가 A일 때보다 크다.

**오답 피하기** ① 진화 경로의 시작점에서 표면 온도가 태양의 약 2배이고, 광도는 태양의 약 100배이므로 이 별의 질량은 태양보다 크다. 또 H-R도에서 진화 경로가 오른쪽으로 이동하므로 이 별의 질량은 태양보다 크다는 것을 확인할 수 있다.

② 이 별은 태양보다 질량이 크므로 진화 속도가 태양보다 빠르다.  
③ H-R도에서 주계열을 떠나 이동하는 진화 경로는 주계열 이후에 해당한다.

⑤ A는 주계열을 떠나 초거성으로 진화하는 과정이다. 중심핵에서 수소 핵융합 반응으로 수소가 소진되고 헬륨이 생성되면 주계열 단계를 벗어나 후주계열 단계로 진화한다. 따라서 A일 때 중심핵에서의 비율은 헬륨이 수소보다 높다.

**18** ① 별의 내부에서 일어나는 핵융합 반응으로는 헬륨, 탄소, 산소, 네온, 마그네슘, 규소, 철까지 생성될 수 있으며, 철보다 무거운 원소(금, 은, 우라늄 등)는 초신성이 폭발할 때 생성될 수 있다.

**19** ㄷ. 이 별은 중심핵이 철로 이루어져 있으므로 질량이 태양보다 매우 큰 별이 진화하여 형성된 초거성이다. 별의 질량이 클수록 진화하는 속도가 빠르므로 주계열 단계에 머무르는 기간이 태양보다 짧다.

**오답 피하기** ㄱ. 이 별은 초거성의 내부 구조이다. 거성의 중심핵은 탄소와 산소로 이루어져 있다.

ㄴ. 철로 이루어진 중심핵은 연쇄적인 핵융합 반응으로 생성된 것이며, 철은 매우 안정한 원자핵을 갖고 있는 원소로 핵융합 반응이 일어나지 않는다.

20

답 ②

이 별은 진화 과정 중 초신성 폭발을 거치므로 질량이 태양보다 매우 큰 별이다.

ㄴ. 별은 일생의 대부분(약 90%)을 주계열 단계에 머무르므로 진화 단계에 머무르는 기간은 주계열성인 (가)가 (나)보다 길다.

**오답 피하기** ㄱ. (나)는 질량이 태양보다 매우 큰 별이 초신성 폭발을 거치기 전의 단계이므로 초거성이며, 광도 계급은 I이다.

ㄷ. 행성상 성운은 질량이 태양과 비슷한 별이 주계열성에서 거성으로 진화한 이후의 단계이다.

21

(1) 태양은 주계열성인 C에 속한다.

(2) **예시 답안** 광도는 B가 D보다 크고, 반지름은 B가 D보다 크다. 평균 밀도는 B가 D보다 작고, 표면 온도는 B가 D보다 낮다.

채점 기준	배점(%)
물리량을 모두 옳게 비교하여 설명한 경우	100
물리량 중 3가지만 옳게 비교하여 설명한 경우	75
물리량 중 2가지만 옳게 비교하여 설명한 경우	50
물리량 중 1가지만 옳게 비교하여 설명한 경우	25

22

(가)는 표면 온도가 높고 반지름이 매우 작은 백색왜성이며, 광도 계급은 VII이다. (나)는 H-R도에서 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 좁은 띠처럼 이어진 영역에 대부분의 별들이 속해 있는 주계열성이며, 광도 계급은 V이다. (다)는 H-R도에서 거성보다 더 위쪽에 위치하고 광도가 가장 큰 초거성이며, 광도 계급은 I이다.

23

수소 핵융합 반응은 수소 원자핵 4개가 융합해 헬륨 원자핵 1개를 생성하는 반응으로, 이때 손실된 질량은 에너지로 변환된다.

24

(1) 원시별의 질량이 클수록 표면 온도가 높고 광도가 커서 H-R도에서 주계열의 왼쪽 위에 위치한다.

**예시 답안** A > B, H-R도에서 A와 B가 주계열에 도달했을 때 A가 B보다 주계열의 왼쪽 위에 위치하기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
A > B를 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
A > B만 쓴 경우	40

(2) **예시 답안** A가 B보다 질량이 커서 중력 수축이 빠르게 일어나기 때문에 주계열성으로 진화하는 속도는 A가 B보다 빠르다.

채점 기준	배점(%)
주계열성으로 진화하는 속도는 A가 B보다 빠르다는 내용과 그 까닭을 모두 옳게 설명한 경우	100
주계열성으로 진화하는 속도는 A가 B보다 빠르다는 내용만 옳게 설명한 경우	50

25

(1) 질량이 태양과 비슷한 별의 내부 구조는 중심핵-복사층-대류층으로 이루어져 있고, 질량이 태양의 1.5배보다 큰 별의 내부 구조는 대류핵-복사층으로 이루어져 있다.

(2) **예시 답안** (가), 질량이 태양과 비슷한 별은 핵에서 생성된 에너지가 복사로 전달되는 복사층과 대류로 전달되는 대류층으로 이루어져 있기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
(가)를 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(가)만 쓴 경우	40

(3) **예시 답안** (나), 질량이 태양의 1.5배보다 큰 별은 중심부의 온도가 약 1800만 K보다 높아 P-P 반응보다 CNO 순환 반응이 우세하게 일어나기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
(나)를 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(나)만 쓴 경우	40



164~167쪽

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

**단답형·서술형 문제**

13 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조      14 해설 참조

15 (1)  $\frac{1}{10000}$ 배 (2)  $\frac{4}{3}$ 배 (3)  $\frac{9}{1600}$ 배

16 (1) (가) → (나) → (다) (2) (나) → (가) → (다) (3) (다) → (가) → (나)

01

답 ④

ㄴ. (나)는 금환일식이고, (다)는 부분일식이다. 금환일식이 일어나기 전후로 부분일식이 일어나므로 금환일식인 (나)를 관측한 지역에서는 부분일식인 (다)도 관측할 수 있다.

ㄷ. 일식은 달의 위상이 삭일 때 일어난다. (가), (나), (다)는 모두 일식의 한 종류이므로 달의 위상이 삭일 때 일어날 수 있다.

**오답 피하기** ㄱ. (가)는 태양이 달에 의해 완전히 가려지는 개기일식이다. 개기일식이 일어나려면 태양의 시직경이 달의 시직경보다 크지 않아야 한다. 태양의 시직경이 달의 시직경보다 클 때는 달이 태양을 완전히 가리지 못해 태양이 고리 모양으로 보이는 금환일식인 (나)가 일어날 수 있다.

02

답 ②

ㄷ. 월식이 일어나는 동안 달이 떠 있는 모든 지역(지구에서 밤이 되는 지역)에서 월식을 관측할 수 있다.

**오답 피하기** 7. 그림은 부분월식의 모습이다. 부분월식은 달이 지구의 본그림자에 일부만 들어가 달의 일부가 가려지는 현상이며, 그림에서 달의 밝은 부분은 지구의 반그림자가 위치한 부분이다.  
 ㄴ. 월식이 시작할 때는 달의 동쪽(북반구 기준 왼쪽)부터 가려지고, 월식이 끝날 때는 달의 동쪽부터 드러난다. 그림에서 달의 동쪽 부분이 밝으므로 이 부분월식은 개기월식을 거쳐 월식이 끝나기 전에 관측한 달의 모습이다.

**03** **답** ③  
 내행성은 지구보다 공전 속도가 빠르므로 지구와의 위치 관계가 외합 → 동방 최대 이각 → 내합 → 서방 최대 이각 → 외합의 순서로 변한다.

7. (나)는 금성이 외합과 동방 최대 이각 사이에 위치할 때의 모습이다. 금성이 동방 이각에 위치할 때는 저녁에 서쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

ㄴ. (다)는 상현의 위상에 가까우므로 금성이 동방 최대 이각에 위치할 때의 모습이고, (라)는 금성이 동방 최대 이각과 내합 사이에 위치할 때의 모습이다. 따라서 이각의 크기는 금성이 동방 최대 이각에 위치할 때인 (다)일 때가 (라)일 때보다 크다.

**오답 피하기** ㄷ. 행성은 지구와의 거리가 가까울수록 겉보기 크기(시직경)가 커진다. (가)에서 (마)로 갈수록 금성의 겉보기 크기(시직경)가 커지므로 금성은 지구로부터의 거리가 가까워진다.

**04** **답** ③  
 외행성은 지구보다 공전 속도가 느리므로 지구와의 위치 관계가 합 → 서구 → 충 → 동구 → 합의 순서로 변한다.

7. 8월 26일과 10월 30일 사이에는 화성이 배경이 되는 별에 대해 동쪽에서 서쪽으로 움직이므로 역행한다. 9월 말은 천구상에서 역행 기간 중 중앙에 해당하므로 이 시기에 화성은 충 부근에 위치한다.

ㄷ. 외행성은 충에 위치할 때 가장 크고 밝게 보인다. 10월 말에는 화성의 역행이 끝나는 시기이고, 12월 말에는 화성이 순행하는 시기이므로 화성은 12월 말보다 충에 더 가까운 10월 말에 밝게 보인다.

**오답 피하기** ㄴ. 화성은 8월 말부터 역행하므로 6월 동안에는 화성이 서구 부근에 위치하여 충을 향해 이동하는 시기이다. 따라서 6월 동안 화성은 태양의 서쪽으로 위치한다.

**05** **답** ①  
 7. (가)는 황백색으로 분광형이 F형인 별이고, (나)는 청백색으로 분광형이 B형인 별이다. 표면 온도는 F형 별인 (가)가 B형 별인 (나)보다 낮다.

**오답 피하기** ㄴ. (다)는 주황색으로 분광형이 K형인 별이다. 빈의 변위 법칙에 따라 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도가 높을수록 짧아진다. 따라서 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도가 높은 B형 별인 (나)가 K형 별인 (다)보다 짧다.

ㄷ. 슈테판·볼츠만 법칙에 따라 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지의 양은 표면 온도가 높을수록 많아진다. 따라서 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지의 양은 표면 온도가 높은 F형 별인 (가)가 K형 별인 (다)보다 많다.

**06** **답** ⑤  
 7. 중성 수소(HI) 흡수선은 표면 온도가 10000 K인 A형 별에서 가장 강하게 나타나고, 표면 온도가 10000 K보다 높아지거나 낮아질수록 약하게 나타난다. (나)는 붉은색으로 M형 별이며, (다)는 표면 온도가 태양과 같은 약 5800 K이므로 G형 별이다. 세 별은 모두 A형 별보다 표면 온도가 낮지만 이 중 F형 별인 (가)의 표면 온도가 가장 높다. 따라서 (가)~(다) 중 중성 수소 흡수선은 F형 별인 (가)에서 가장 강하게 나타난다.

ㄴ. 별의 광도( $L$ ), 표면 온도( $T$ ), 반지름( $R$ )은  $R \propto \frac{\sqrt{L}}{T^2}$ 을 만족하므로  $\frac{R_{(가)}}{R_{(나)}} = \sqrt{\frac{L_{(가)}}{L_{(나)}}} \cdot \left(\frac{T_{(나)}}{T_{(가)}}\right)^2$ 이다. (나)는 (가)보다 표면 온도가 낮고 광도가 100배이므로  $\frac{R_{(가)}}{R_{(나)}} < \frac{1}{10}$ 이다. 따라서 반지름은 (가)가 (나)의  $\frac{1}{10}$  배보다 작다.

ㄷ.  $L \propto R^2 \cdot T^4$ 을 따르면 (다)의 반지름은 (나)와 같고, 표면 온도는 (나)보다 높으므로 광도는 (다)가 (나)보다 크다. 별의 절대 등급은 광도가 클수록 작아지므로 절대 등급은 광도가 작은 (나)가 (다)보다 크다.

**07** **답** ②  
 ㄴ. 절대 등급이 5등급 차이가 나면 광도는 100배 차이가 난다. (가)의 절대 등급은 (다)의 절대 등급보다 10등급만큼 작으므로 광도는 (가)가 (다)의 10000(=100<sup>2</sup>)배이다.

**오답 피하기** 7. (가)와 (나)는 절대 등급이 같으므로 광도가 같고, 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높다.  $R \propto \frac{\sqrt{L}}{T^2}$ 을 만족하므로 반지름은 (가)가 (나)보다 작다.

ㄷ. 전체 표면에서 단위 시간 동안 방출하는 총에너지의 양은 광도이다. (나)와 태양은 표면 온도가 같지만 (나)의 절대 등급은 태양의 절대 등급보다 10등급만큼 작으므로 (나)의 광도가 태양의 광도보다 10000(=100<sup>2</sup>)배 크다. 따라서 전체 표면에서 단위 시간 동안 방출하는 총에너지의 양은 (나)가 태양보다 많다.

**08** **답** ②  
 ㄴ. ㉠은 분광형이 M2형이므로 붉은색을 띠는 별 (가)이고, ㉡은 분광형이 B8형이므로 파란색을 띠는 별 (나)이다.

**오답 피하기** 7. (가)와 (나)는 모두 광도 계급이 I이므로 초거성이다. 현재 주계열성인 태양이 진화하면 거성이 되며, 태양은 질량이 상대적으로 작아 초거성으로 진화할 수 없다.

ㄷ. (가)는 (나)보다 절대 등급이 크고 표면 온도가 낮다. 따라서 H-R도에서 (가)는 (나)보다 오른쪽 아래에 위치한다.

09

답 ④

ㄴ. 원시별에서 주계열성으로 진화하는 과정에서는 중력(㉠)이 내부 기체의 압력에 의한 힘(㉡)보다 크게 작용하기 때문에 별이 수축한다.

ㄷ. 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 시기는 주계열 단계(주계열성)로, 내부 기체의 압력에 의한 힘(㉡)과 중력(㉠)이 평형을 이루어 더 이상 수축하지 않는 정역학 평형 상태가 유지된다.

**오답 피하기** ㄱ. 별 내부의 높은 온도로 인해 내부 기체의 압력에 의한 힘(㉡)의 방향은 별의 외부를 향하고, 중력(㉠)의 방향은 별의 중심을 향한다.

10

답 ③

(가)는 P-P 반응이고, (나)는 CNO 순환 반응이다.

ㄱ. (가)와 (나)는 모두 수소 핵융합 반응이며, 핵융합 반응 과정에서 수소의 질량이 줄어들고 손실된 질량만큼 에너지로 변환된다.

ㄴ. 주계열성의 중심부에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다.

**오답 피하기** ㄷ. 현재 주계열성인 태양은 중심부의 온도가 매우 높지 않으므로 중심부에서 P-P 반응인 (가)가 CNO 순환 반응인 (나)보다 우세하게 일어난다.

11

답 ⑤

ㄱ. 질량이 큰 원시별의 진화 경로는 H-R도에서 주계열의 왼쪽 위에 위치하고, 질량이 작은 원시별의 진화 경로는 H-R도에서 주계열의 오른쪽 아래에 위치한다. 따라서 H-R도에서 주계열성이 주계열의 왼쪽 위에 위치할수록 원시별의 질량이 크므로 원시별의 질량은 ㉠이 ㉡보다 크다.

ㄴ. 원시별의 질량이 클수록 주계열성으로 진화하는 속도가 빠르므로 원시별에서 주계열성까지의 진화 시간은 질량이 큰 ㉠이 ㉡보다 짧다.

ㄷ. ㉠과 ㉡의 광도 차이는 ㉠과 ㉡의 광도 차이보다 작다. 광도는 ㉠이 ㉡보다 크므로 절대 등급은 ㉠이 ㉡보다 작다. 따라서 (㉠의 절대 등급 - ㉡의 절대 등급)은 (㉠의 절대 등급 - ㉡의 절대 등급)보다 크다.

12

답 ①

질량이 태양과 비슷한 별은 원시별 → 주계열성 → 거성 → 행성상 성운 → 백색왜성의 순서로 진화한다.

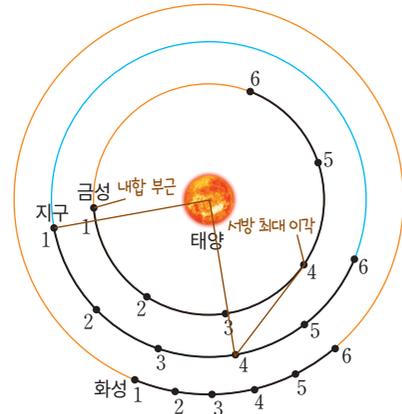
ㄱ. A는 전주계열 단계인 원시별이고, B는 주계열 단계인 주계열성이다. 원시별인 A가 중력에 의해 계속 수축하면서 중심부의 온도가 약 1000만 K에 도달하면 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 주계열성인 B가 된다.

**오답 피하기** ㄴ. B는 주계열 단계이고, D는 거성인 C에서 백색왜성인 E로 진화하는 과정이다.

ㄷ. 별은 광도가 클수록 절대 등급이 작아진다. 광도는 C가 E보다 크므로 절대 등급은 C가 E보다 작다.

13

**자료 분석** 금성의 위치 관계



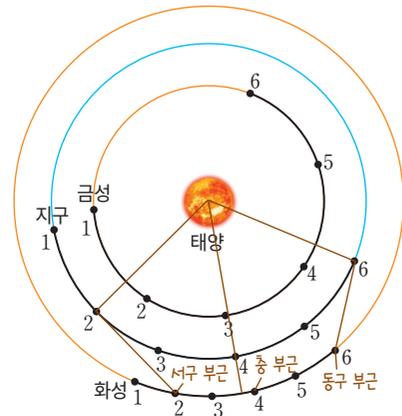
- 1월: 지구-금성-태양의 순서로 일직선상에 가까운 위치이므로 내합 부근이다.
- 4월: 태양의 서쪽(오른쪽)으로 가장 멀리 떨어진 위치이므로 서방 최대 이각이다.

(1) 내행성은 내합 부근에서 역행한다.

**예시 답안** 1월, 1월은 지구-금성-태양의 순서로 일직선상에 가까운 위치이므로 내합 부근에 해당하기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
1월을 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
1월만 쓴 경우	40

**자료 분석** 화성의 위치 관계



- 2월: 태양의 서쪽(오른쪽)으로 직각에 가까운 위치이므로 서구 부근이다.
- 4월: 화성-지구-태양의 순서로 일직선상에 가까운 위치이므로 충 부근이다.
- 6월: 태양의 동쪽(왼쪽)으로 직각에 가까운 위치이므로 동구 부근이다.

(2) 외행성은 총 부근에서 역행한다.

**예시 답안** 4월, 4월은 화성-지구-태양의 순서로 일직선상에 가까운 위치이므로 총 부근에 해당하기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
4월을 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
4월만 쓴 경우	40

**14**

**예시 답안** (가) A0형, (나) G2형, HI 흡수선은 A형 별에서 가장 강하게 나타나기 때문에 (가)가 A0형임을 알 수 있다. 또 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 (가)가 (나)보다 짧기 때문에 표면 온도가 높은 (가)가 A0형임을 알 수 있다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)의 분광형을 옳게 쓰고, 그 까닭을 2가지 모두 옳게 설명한 경우	100
(가)와 (나)의 분광형을 옳게 쓰고, 그 까닭을 1가지만 옳게 설명한 경우	70
(가)와 (나)의 분광형만 옳게 쓴 경우	40

**15**

(1) 별의 절대 등급이 작을수록 광도는 커지며, 절대 등급이 5등급 차이가 나면 광도는 100배 차이가 난다. (가)가 (나)보다 절대 등급이 10등급만큼 크므로 광도는 (가)가 (나)보다 100<sup>2</sup>배 작다.  
 (2) 빈의 변위 법칙에 따라 표면 온도와 최대 복사 에너지를 방출하는 파장( $\lambda_{max}$ )은 반비례한다.  $\lambda_{max}$ 는 (가)가 (나)의  $\frac{3}{4}$ 배이므로 표면 온도는 (가)가 (나)의  $\frac{4}{3}$ 배이다.

(3)  $R \propto \frac{\sqrt{L}}{T^2}$ 을 따르면 반지름은 광도의 제곱근에 비례하고, 표면 온도의 제곱에 반비례한다. 따라서 반지름은 (가)가 (나)의  $\sqrt{\frac{1}{10000}} \times \left(\frac{3}{4}\right)^2$ 배이다.

**16**

(1) 분광형을 표면 온도가 높은 순서대로 나열하면 B9형 → A7형 → K2형이다.  
 (2) 광도 계급이 V인 (가)는 주계열성, VII인 (나)는 백색왜성, I인 (다)는 초거성이다. 평균 밀도가 큰 순서대로 나열하면 백색왜성 → 주계열성 → 초거성이다.  
 (3) 반지름이 큰 순서대로 나열하면 초거성 → 주계열성 → 백색왜성이다.

**2 은하와 우주**

**16강 외부 은하**

171쪽

**탐구 확인문제**

**01** (1) × (2) ○ (3) × (4) × **02** ①

**01**

답 (1) × (2) ○ (3) × (4) ×

(1) 원에 가까운 모양의 은하부터 납작한 정도가 큰 타원 모양의 은하까지 모두 타원 은하이므로 원에 가까운 모양의 은하도 인공 지능을 학습시킨다.

(2) 중심부가 막대 모양이면서 나선팔이 있는 은하는 막대나선 은하이므로 나선 은하로 분류하여 인공지능을 학습시킨다.

(3) 규칙적인 형태가 없거나 구조가 명확하지 않은 불규칙 은하도 한 종류의 은하이다. 인공지능이 은하를 정확하게 분류하지 못했다면 사진에서 은하의 형태가 명확하지 않거나 학습이 충분히 이루어지지 않은 경우이다.

(4) 은하는 형태에 따라 한 종류의 은하로 분류한다. 인공지능이 은하를 완벽하게 분류하지 못한 경우에는 사람이 직접 개입하여 은하의 핵심 특징을 판단해야 한다.

**02**

답 ①

① 많은 은하 사진으로 인공지능을 학습시키면 은하 분류의 정확도를 높일 수 있다.

**오답 피하기**

② 한 종류의 은하 사진만으로 인공지능을 학습시키면 다른 종류의 은하를 분류하는데 정확도가 낮아질 수 있다.

③ 은하의 형태가 명확하지 않은 사진으로 인공지능 학습시키면 잘못된 정보를 학습하게 되어 은하 분류의 정확도가 낮아질 수 있다.

④ 가시광선 영역 외에 다른 파장 영역에서 관측한 은하 사진으로 인공지능을 학습시키면 잘못된 정보를 학습하게 되어 은하 분류의 정확도가 낮아질 수 있다.

⑤ 본 탐구에서 이용하는 인공지능 학습 플랫폼은 은하에 대한 지식이 학습되지 않은 상태이므로 잘못된 은하 분류 정보로 인공 지능을 학습시키면 은하 분류의 정확도가 낮아질 수 있다.

**기본 탄탄 문제**

172쪽

**01** (가) 타원 은하, (나) 정상나선 은하, (다) 막대나선 은하, (라) 불규칙 은하

**02** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○

**03** ㉠ 붉은색, ㉡ 성간 물질, ㉢ 파란색

**04** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○

**05** (가) 퀘이사, (나) 전파 은하, (다) 세이퍼트 은하

**06** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○

**01** (가) 타원 은하, (나) 정상나선 은하, (다) 막대나선 은하, (라) 불규칙 은하  
 허블의 은하 분류 기호가 E0부터 E7까지인 (가)는 타원 은하이다. Sa, Sb, Sc인 (나)는 정상나선 은하이며, SBa, SBb, SBc인 (다)는 막대나선 은하이다. Irr인 (라)는 불규칙 은하이다.

**02** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○  
 (1) 허블은 가시광선 영역에서 관측되는 은하의 형태를 기준으로 분류했다.  
 (2) 허블은 규칙적인 형태가 없거나 구조가 명확하지 않은 은하를 불규칙 은하로 분류했다.  
 (3) 타원 은하는 납작한 정도에 따라 원에 가까운 모양인 E0에서 납작한 타원 모양인 E7으로 세분한다.  
 (4) 나선 은하는 중심부에 막대 구조의 유무에 따라 정상나선 은하(S)와 막대나선 은하(SB)로 분류된다.  
 (5), (6) 나선 은하는 a에서 c로 갈수록 은하핵의 크기가 작아져 은하 전체에서 은하핵이 차지하는 비율이 낮아지고, 나선팔이 느슨해진다.

**03** ㉠ 붉은색, ㉡ 성간 물질, ㉢ 파란색  
 나선 은하의 중앙 팽대부에는 나이가 많은 붉은색 별이 주로 분포하고, 나선팔에는 성간 물질이 풍부하여 나이가 적은 파란색 별이 많이 분포한다.

**04** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○  
 (1) 우리은하는 중심부에 막대 구조가 있는 SBb형 막대나선 은하이다.  
 (2) 타원 은하는 성간 물질이 거의 없고, 불규칙 은하는 성간 물질이 풍부하다.  
 (3) 나선 은하의 나선팔에는 성간 물질이 풍부하여 새로운 별의 탄생을 활발하다.  
 (4) 나선 은하의 중앙 팽대부에는 붉은색 별이 주로 분포하고, 나선팔에는 파란색 별이 많이 분포한다. 불규칙 은하는 전체적으로 파란색 별이 많이 분포한다.

**05** (가) 퀘이사, (나) 전파 은하, (다) 세이퍼트 은하  
 퀘이사는 매우 먼 거리에 있어 가시광선 영역에서 관측하면 하나의 별처럼 보이며, 스펙트럼에서 적색 편이가 매우 크게 나타난다. 전파 은하를 전파 영역에서 관측하면 중심핵에서 양쪽으로 뻗어 나가는 제트와 제트로 연결된 둥근 로브가 대칭으로 나타난다. 세이퍼트 은하는 보통의 은하보다 중심핵의 광도가 매우 크며, 스펙트럼에서 폭이 넓은 강한 방출선이 나타난다.

**06** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○  
 (1) 전체 나선 은하의 약 2%가 세이퍼트 은하에 해당한다.  
 (2) 퀘이사는 보통의 은하보다 광도가 수백 배 이상 크다.  
 (3) 퀘이사는 아주 먼 과거에 형성되었으므로 초기 우주의 은하 형성과 진화 등을 연구하는 데 중요한 역할을 한다.

(4) 전파 은하의 제트와 로브는 가시광선 영역에서 관측되지 않고, 전파 영역에서 뚜렷하게 관측된다.  
 (5) 가시광선 영역에서 관측한 전파 은하는 허블의 은하 분류 체계에서 대부분 타원 은하로 분류된다.  
 (6) 특이 은하의 공통적인 특징으로는 거대 질량의 블랙홀이 존재하는 중심부에서 막대한 양의 에너지를 방출한다는 것이다.

**실력 꼭꼭 문제** 173~175쪽

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

**단답형·서술형 문제**

13 (1) (가) 타원 은하, (나) 타원 은하 (2) 해설 참조  
 14 해설 참조

**01** ㉡  
 나선 은하는 중심부가 둥근 모양이면 정상나선 은하로, 중심부가 막대 모양이면 막대나선 은하로 분류한다.

**오답 피하기** ㉠. 허블이 은하 분류 체계를 고안했을 당시에는 은하의 형태가 특정한 방향으로 진화한다고 생각했지만 은하의 형태와 진화 사이에는 상관관계가 없다는 것이 밝혀졌다.

㉢. 타원 은하는 납작한 정도에 따라 원에 가까운 모양인 E0에서 납작한 타원 모양인 E7으로 세분한다.

**02** ㉡  
 허블의 은하 분류 기호가 SBc인 (가)는 막대나선 은하이고, Irr인 (나)는 불규칙 은하이다. Sb인 (다)는 정상나선 은하이다.

**03** ㉢  
 ㉢은 막대나선 은하이며, 우리은하는 허블의 은하 분류 체계에서 SBb형 막대나선 은하에 해당한다. ㉠은 정상나선 은하, ㉡와 ㉤는 타원 은하, ㉣는 불규칙 은하이다.

**04** ㉢  
 ㉠. (가)는 중심부가 막대 모양인 막대나선 은하이고, (나)는 중심부가 둥근 모양인 정상나선 은하이다.  
 ㉡. ㉢에서 ㉤로 갈수록 나선팔이 느슨해지므로 ㉤의 나선팔이 가장 느슨하게 감겨 있다.

**오답 피하기** ㉢. 은하의 형태와 진화 사이에는 상관관계가 없다.

**05** ㉡  
 (가)는 불규칙 은하이고, (나)는 타원 은하이다.  
 ㉢. 불규칙 은하인 (가)는 나이가 적은 파란색 별이 많이 분포하고, 타원 은하인 (나)는 나이가 많은 붉은색 별이 많이 분포한다.  
 ㉣. 불규칙 은하인 (가)는 성간 물질이 풍부하고, 타원 은하인 (나)는 성간 물질이 거의 없다.

**오답 피하기** 7. 불규칙 은하는 성간 물질이 풍부하여 새로운 별의 탄생이 활발하고, 타원 은하는 성간 물질이 거의 없어 새로운 별이 거의 만들어지지 않는다. 따라서 은하를 구성하는 별의 평균 나이는 불규칙 은하인 (가)가 타원 은하인 (나)보다 적다.

**06** **답** ③  
 7. 이 은하는 둥근 모양의 중심부를 나선팔이 감싸고 있는 정상 나선 은하이다.

ㄷ. A는 중앙 팽대부이고, B는 나선팔이다. 나선 은하의 중앙 팽대부인 A에서는 성간 물질이 거의 없고, 나선팔인 B에서는 성간 물질이 풍부하다.

**오답 피하기** ㄴ. 나선 은하의 중앙 팽대부인 A에서는 성간 물질이 거의 없으므로 새로운 별의 탄생이 활발하지 않다. 나선 은하에서 새로운 별의 탄생이 활발한 곳은 성간 물질이 풍부한 나선팔인 B이다.

**07** **답** ⑤  
 7. (가)는 중심부의 구조가 막대 모양이므로 막대나선 은하이고, 은하 분류 기호는 SBb이다.

ㄴ, ㄷ (나)와 (다)는 정상나선 은하이다. 나선 은하는 나선팔이 감긴 정도와 은하핵의 크기에 따라 a, b, c로 세분한다. a에서 c로 갈수록 나선팔이 느슨해지므로 (나)의 은하 분류 기호는 Sa이고, (다)의 은하 분류 기호는 Sc이다. 또 a에서 c로 갈수록 은하핵의 크기가 작아져 은하 전체에서 은하핵이 차지하는 비율이 낮아진다. 따라서 (가)의 세부 분류 기호가 b이고, (다)의 세부 분류 기호가 c이므로  $\frac{\text{은하핵의 크기}}{\text{은하 전체의 크기}}$ 는 (가)가 (다)보다 크다.

**08** **답** ③  
 가시광선 영역에서 대부분 타원 은하로 관측되는 (가)는 전파 은하이며, 가시광선 영역에서 하나의 별처럼 관측되는 (나)는 퀘이사이다. 가시광선 영역에서 대부분 나선 은하로 관측되는 (다)는 세이퍼트 은하이다.

**09** **답** ①  
 7. 전파 은하는 전파 영역뿐만 아니라 X선 영역에서도 제트와 로브가 관측된다.

**오답 피하기** ㄴ. 퀘이사는 스펙트럼에서 적색 편이가 매우 크게 나타나므로 우리은하로부터 빠른 속도로 멀어지고 있는 은하이다.  
 ㄷ. 가시광선 영역에서 관측한 세이퍼트 은하는 허블의 은하 분류 체계에서 대부분 나선 은하에 해당한다.

**10** **답** ②  
 ㄷ. 퀘이사는 스펙트럼에서 적색 편이가 매우 크게 나타나며, 이를 통해 퀘이사가 매우 먼 거리에서 빠르게 멀어지고 있음을 알 수 있다.

**오답 피하기** 7. 퀘이사는 매우 먼 거리에 있어 가시광선 영역에서 관측하면 하나의 별처럼 보이며, 은하의 원반은 관측할 수 없다.

ㄴ. 퀘이사는 수많은 별로 구성된 은하이므로, 크기에 비해 엄청난 양의 에너지를 방출한다.

**11** **답** ④  
 ㄴ. (나)는 타원 은하로 보이므로 가시광선 영역에서 전파 은하를 관측한 모습이다.

ㄷ. 전파 은하는 제트와 로브에서 강한 전파가 많이 방출되므로 전파 영역에서 전파 은하를 관측하면 제트와 로브가 보인다.

**오답 피하기** 7. (가)는 제트와 로브가 보이므로 전파 영역에서 전파 은하를 관측한 모습이다. 가시광선 영역에서 전파 은하를 관측하면 (가)의 모습이 보이지 않으므로 (가)를 통해 허블의 은하 분류 체계에 따라 은하를 분류하기 어렵다. 즉, 가시광선 영역에서 전파 은하를 관측한 (나)를 통해 허블의 은하 분류 체계에서 타원 은하에 해당함을 알 수 있다.

**12** **답** ⑤  
 7. 가시광선 영역에서 세이퍼트 은하를 관측하면 대부분 나선 은하로 보인다.

ㄴ. 세이퍼트 은하는 보통의 은하와 달리 스펙트럼에서 폭이 넓고 뚜렷한 방출선이 나타난다.

ㄷ. 세이퍼트 은하는 중심핵 부근에 있는 성운이 은하 중심 주위를 빠른 속도로 회전하며, 이로부터 중심부에 거대 질량의 블랙홀이 존재할 것으로 추정하고 있다.

**13**  
 (1) (가)와 (나)는 모두 타원 모양으로 타원 은하이다.  
 (2) 타원 은하는 납작한 정도에 따라 원에 가까운 모양인 E0에서 납작한 타원 모양인 E7으로 세분한다.

**예시 답안** (가) E5, (나) E0, (가)는 (나)보다 납작한 타원 모양이기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)의 허블 은하 분류 기호를 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(가)와 (나)의 허블 은하 분류 기호만 옳게 쓴 경우	40

**14** **예시 답안** (나), 세이퍼트 은하의 스펙트럼에서 보통의 은하와 달리 폭이 넓고 뚜렷한 방출선이 나타난다.

채점 기준	배점(%)
(나)를 쓰고, 스펙트럼에서 나타나는 세이퍼트 은하의 특징을 보통의 은하와 옳게 비교하여 설명한 경우	100
(나)만 쓴 경우	40

**17장 허블-르메트르 법칙과 우주 팽창**

**탐구 확인문제** 177쪽

**01** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × **02** ④

01

답 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×

- (1) 갈슘 흡수선의 고유 파장은 395 nm로 모두 같지만 후퇴 속도가 서로 다른 세 은하의 갈슘 흡수선 관측 파장은 모두 다르다.
- (2) 외부 은하의 거리가 멀수록 적색 편이가 크게 나타난다. 적색 편이는  $\frac{\text{파장 변화량}}{\text{고유 파장}}$ 이므로 은하의 거리가 멀수록 갈슘 흡수선의 파장 변화량이 크게 나타난다.
- (3) 갈슘 흡수선의 파장 변화량이 클수록 적색 편이가 크게 나타나며, 적색 편이가 클수록 외부 은하의 후퇴 속도가 빠르다.
- (4) 적색 편이가 클수록 외부 은하의 후퇴 속도가 빠르므로 적색 편이와 후퇴 속도는 비례 관계이다.

02

답 ④

④ 한 은하의 스펙트럼에 나타난 흡수선의 종류에 따른 고유 파장이 다르더라도 적색 편이는 변하지 않으므로 (다)에서 수소 흡수선으로 구한 적색 편이는 갈슘 흡수선으로 구한 적색 편이인 약 0.111과 같다.

**오답 피하기** ① (가)에서 고유 파장이 395 nm인 갈슘 흡수선이 411 nm로 관측되었으므로 고유 파장이 656 nm인 수소 흡수선은 약 682.896(=0.041 × 656 + 656) nm로 관측된다. 따라서 (가)에서 수소 흡수선의 관측 파장은 411 nm보다 길다.

③ (나)에서 갈슘 흡수선으로 구한 적색 편이는 약 0.066이므로 고유 파장이 656 nm인 수소 흡수선의 파장 변화량은 약 43.296(=0.066 × 656) nm이다.

②, ⑤ 은하의 후퇴 속도는 스펙트럼에 나타난 흡수선의 종류와 상관없이 일정하다. 따라서 (가)의 후퇴 속도는 수소 흡수선으로 구한 값과 갈슘 흡수선으로 구한 값이 같다. 또 외부 은하의 거리에 대한 후퇴 속도의 비율도 흡수선의 종류와 상관없이 모두 같다.

기본 탄탄 문제

178쪽

- 01 (1) × (2) ○ (3) ○      02 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○
- 03 (1) 0.1 (2) 550 nm      04 2100 km/s
- 05 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○      06 적다

01

답 (1) × (2) ○ (3) ○

- (1) 프리드만은 우주가 팽창하거나 수축하여 우주의 모습이 변할 수 있으며, 현재 우주는 팽창하고 있다고 주장했다.
- (2) 아인슈타인은 우주가 정적인 상태를 유지하기 위해 중력에 반대되는 우주 상수라는 개념을 도입했다.
- (3) 아인슈타인은 우주가 팽창하거나 수축하지 않는 정적인 상태를 유지한다고 주장했다.

02

답 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○

(1) 르메트르는 우주 팽창을 나타내는 공식을 유도하여 이론적으로 연구했으며, 허블이 외부 은하 관측을 통해 우주가 팽창하고 있음을 발견했다.

- (2) 허블-르메트르 법칙은 멀리 있는 외부 은하일수록 빠르게 멀어진다는 것을 의미하는 팽창 우주를 설명하는 법칙이다.
- (3) 허블-르메트르 법칙에 따라 외부 은하까지의 거리가 멀수록 은하의 후퇴 속도가 빠르다.
- (4) 외부 은하의 후퇴 속도는 허블 상수와 은하까지 거리의 곱에 비례하므로 허블 상수가 클수록 같은 거리에 위치한 외부 은하의 후퇴 속도는 빠르다.
- (5) 우주가 일정한 속도로 계속 팽창했다고 가정하면 허블 상수의 역수는 우주의 나이에 해당한다.

03

답 (1) 0.1 (2) 550 nm

- (1) 적색 편이( $z$ )는  $z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$  ( $\lambda_0$ : 고유 파장,  $\lambda$ : 관측 파장)이므로  $z = \frac{495 - 450}{450} = \frac{45}{450} = 0.1$ 이다.
- (2) 한 은하의 스펙트럼에 나타난 흡수선의 고유 파장이 다르더라도 적색 편이는 변하지 않으므로 고유 파장이 500 nm인 흡수선의 적색 편이는  $z = 0.1 = \frac{\lambda - 500}{500}$ 을 만족한다. 따라서 고유 파장이 500 nm인 흡수선의 관측 파장은 550 nm이다.

04

답 2100 km/s

허블-르메트르 법칙은  $V = H \cdot r$  ( $V$ : 외부 은하의 후퇴 속도,  $H$ : 허블 상수,  $r$ : 외부 은하까지의 거리)이므로 외부 은하의 후퇴 속도는 2100(=70 × 30) km/s이다.

05

답 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○

- (1) 우주 팽창에는 특별한 중심이 없으므로 우리 은하가 우주의 중심에 있다고는 볼 수 없다.
- (2) 우주 팽창은 우주 공간 자체의 팽창을 의미한다.
- (3) 외부 은하의 후퇴 속도가 빠를수록 흡수선의 파장 변화량이 크므로 적색 편이가 크게 나타난다.
- (4) 우주가 팽창하더라도 가까운 거리에 위치한 은하들은 중력이 강하게 작용하여 서로 가까워진다.
- (5) 허블-르메트르 법칙에 따르면 외부 은하의 후퇴 속도는 외부 은하까지의 거리에 비례한다.

06

답 적다

허블 상수와 우주의 나이는 반비례 관계이므로 허블 상수가 클수록 우주의 나이는 적다.

실력 꼭꼭 문제

179~181쪽

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

단답형·서술형 문제

- 14 (1) ㉠ 477, ㉡ 672 (2) 72 km/s/Mpc (3) 500 Mpc
- 15 (1) (가) 60 km/s/Mpc, (나) 500 km/s/Mpc (2) 해설 참조

01 답 ②  
 d. 아인슈타인은 우주가 정적인 상태를 유지하기 위해 우주 상수라는 개념을 도입했다.

오답 피하기 ㄱ. 프리드만은 팽창 우주를 주장한 대표적인 학자이다.  
 ㄴ. 정적 우주는 우주가 팽창하거나 수축하지 않는 정적인 상태를 유지한다는 우주론이다.

02 답 ⑤  
 ⑤ 허블이 외부 은하를 관측하여 스펙트럼에서 적색 편이가 나타나는 것을 통해 외부 은하의 후퇴 속도를 구했으며, 이로부터 우주가 팽창한다는 사실을 확인했다.

오답 피하기 ① 허블의 외부 은하 발견만으로는 우주 팽창을 뒷받침할 수 없다.  
 ② 뉴턴은 우주가 팽창하거나 수축하지 않는 정적인 상태로 우주의 크기가 무한하다고 주장했다.  
 ③ 르메트르는 허블보다 앞서 우주 팽창을 나타내는 공식을 유도하고 우주 팽창을 주장했지만 당시에는 인정받지 못했다.  
 ④ 아인슈타인은 정적 우주를 뒷받침하기 위해 우주 상수를 도입하여 우주를 설명했다.

03 답 ③  
 우주가 팽창하더라도 가까운 거리에 위치한 은하들은 중력이 강하게 작용하여 서로 가까워진다.

04 답 ②  
 ㄴ. (가)와 (나)의 스펙트럼에서 비교 스펙트럼에 비해 흡수선의 위치가 파장이 긴 쪽으로 이동했으므로 (가)와 (나)의 스펙트럼에서 적색 편이가 나타난다.

오답 피하기 ㄱ. 비교 스펙트럼에 비해 흡수선이 (나)가 (가)보다 많이 이동했으므로 흡수선의 파장 변화량은 (나)가 (가)보다 크다.  
 d. 허블-르메트르 법칙에 따르면 외부 은하까지의 거리가 멀수록 적색 편이가 크게 나타난다. 따라서 허블-르메트르 법칙이 성립한다면 우리은하로부터의 거리는 적색 편이가 크게 나타나는 (나)가 (가)보다 멀다.

05 답 ④  
 ㄴ. 허블 상수는 외부 은하까지의 거리와 후퇴 속도의 관계를 나타낸다.  
 d. 은하의 적색 편이를 이용하여 후퇴 속도를 구할 수 있다.

오답 피하기 ㄱ. 은하의 크기는 허블 상수와 관련성이 없다.

06 답 ⑤  
 ㄱ. 허블 상수는 여러 외부 은하까지의 거리와 후퇴 속도를 측정하여 구한다. 외부 은하까지의 거리와 후퇴 속도는 관측 기술이 발달함에 따라 영향을 받으며, 이로 인해 허블 상수라는 개념이 등장한 이후 허블 상수는 현재까지 계속 변해 왔다.

ㄴ. 허블 상수는 외부 은하까지의 거리와 후퇴 속도의 관계를 나타내며, 외부 은하의 후퇴 속도는 스펙트럼에서 나타나는 적색 편이를 이용하여 구할 수 있다.

d. 허블 상수의 역수는 우주가 일정한 속도로 계속 팽창했다고 가정할 때 모든 은하가 한 점으로 모여드는 데 걸리는 시간이며 로 허블 상수를 통해 우주의 나이를 추정할 수 있다.

07 답 ④  
 허블-르메트르 법칙은  $V = H \cdot r$ 이므로 은하까지의 거리는 700 ( $= \frac{49000}{70}$ ) Mpc이다.

08 답 ⑤  
 ㄱ. 흡수선의 파장 변화량과 후퇴 속도는  $V = c \times \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$ 를 만족한다. 흡수선 ㉠에서  $V = 3 \times 10^5 \times \frac{25}{500}$ 이므로 X의 후퇴 속도는 15000 km/s이다.

ㄴ. 한 은하의 스펙트럼에 나타난 흡수선의 고유 파장이 다르더라도 적색 편이는 변하지 않는다. 흡수선 ㉡의 고유 파장을  $\lambda_{\odot}$ 이라고 하면  $\frac{25}{500} = \frac{35}{\lambda_{\odot}}$ 이므로  $\lambda_{\odot}$ 은 700 nm이다. 따라서 흡수선 ㉡의 고유 파장은 500 nm보다 길다.

d. 흡수선 ㉢의 파장 변화량을  $\Delta\lambda_{\odot}$ 이라고 하면  $\frac{25}{500} = \frac{\Delta\lambda_{\odot}}{600}$ 이므로  $\Delta\lambda_{\odot}$ 은 30 nm이다.

09 답 ②  
 d. 허블-르메트르 법칙에서 후퇴 속도가 같은 외부 은하까지의 거리는 허블 상수가 작을수록 크다. 외부 은하의 적색 편이는 은하의 후퇴 속도에 비례하므로 적색 편이가 같은 외부 은하까지의 거리는 허블 상수가 작은 B 방법보다 허블 상수가 큰 C 방법으로 구한 값이 작다.

오답 피하기 ㄱ. 허블-르메트르 법칙에 따라 A 방법으로 구한 20 Mpc 떨어진 외부 은하의 후퇴 속도는 1300( $= 65 \times 20$ ) km/s이다.

ㄴ. 우주의 나이는 허블 상수의 역수에 비례하므로 허블 상수로 구한 우주의 나이는 허블 상수가 작은 A 방법보다 허블 상수가 큰 B 방법으로 구한 값이 작다.

10 답 ②  
 d. 외부 은하의 후퇴 속도가 클수록 스펙트럼에서 흡수선의 파장 변화량은 크게 관측되므로 외부 은하까지의 거리가 멀어질수록 스펙트럼에서 흡수선의 파장 변화량도 크게 관측된다.

오답 피하기 ㄱ. 가로축이 외부 은하까지의 거리, 세로축이 외부 은하의 후퇴 속도인 그래프에서 기울기는 허블 상수이다.

ㄴ. 그래프에서 외부 은하까지의 거리가 500 Mpc일 때, 외부 은하의 후퇴 속도가 35000 km/s이므로 허블 상수는 70 ( $= \frac{35000}{500}$ ) km/s/Mpc이다. 따라서 외부 은하까지의 거리가 350 Mpc일 때, 외부 은하의 후퇴 속도는 24500( $= 70 \times 350$ ) km/s이므로 25000 km/s보다 느리다.

11 답 ④  
 나, 다. 풍선이 부풀어 오르면 풍선 표면에서 붙임딱지 사이의 거리가 멀어지므로 팽창의 중심을 정할 수 없다.

**오답 피하기** ㄱ. 붙임딱지는 은하를, 풍선 표면은 우주를 나타낸다.

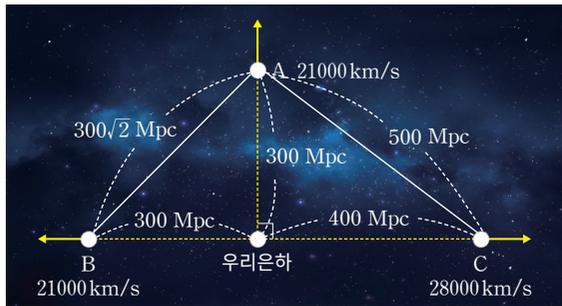
12 답 ④  
 나. 적색 편이가 클수록 외부 은하의 후퇴 속도는 빠르다. X에서 A와 B를 관측할 때, A와 B는 동일한 시선 방향에 위치하며 멀리 있는 A의 후퇴 속도가 가까이 있는 B의 후퇴 속도보다 빠르므로 A와 B는 서로 멀어지고 있다.

다. X에서 관측한 A의 적색 편이가 0.3이므로 A에서 관측한 X의 적색 편이도 0.3이다. X에서 관측한 B의 적색 편이는 0.1이고 C의 적색 편이는 0.2이며, B와 C의 시선 방향이 이루는 각은 180°보다 작으므로 B에서 관측한 C의 적색 편이는 0.3보다 작다. 따라서 A에서 관측한 X의 후퇴 속도는 B에서 관측한 C의 후퇴 속도보다 크다.

**오답 피하기** ㄱ. 팽창하는 우주에서 팽창의 중심은 정할 수 없다.

13 답 ⑤

**자료 분석** 허블-르메트르 법칙의 적용



- 허블 상수가 70 km/s/Mpc일 때 허블-르메트르 법칙  $V = H \cdot r$ 에 따라 우리은하에서 A, B, C까지의 거리는 각각 300 Mpc, 300 Mpc, 400 Mpc이며, A에서 B와 C까지의 거리는 삼각비에 따라 각각  $300\sqrt{2}$  Mpc, 500 Mpc이다.
- 외부 은하의 후퇴 속도는 외부 은하까지의 거리에 비례하므로 A에서 관측한 B와 C의 후퇴 속도는 각각  $21000\sqrt{2}$  km/s, 35000 km/s이고, B에서 관측한 C의 후퇴 속도는 49000 km/s이다.

ㄱ. 우리은하에서 관측한 A와 B의 후퇴 속도가 21000 km/s로 같으므로 적색 편이도 A와 B가 같다.

나. 허블-르메트르 법칙은  $V = H \cdot r$ 이므로 우리은하에서 A까지의 거리와 우리은하에서 B까지의 거리는  $300 \left( = \frac{21000}{70} \right)$  Mpc이다. 우리은하에서 A와 B의 시선 방향이 이루는 각은 90°이므로 A와 B의 거리는 우리은하에서 A 또는 B까지의 거리의  $\sqrt{2}$ 배이다. 허블-르메트르 법칙에 따라 A에서 관측한 B의 후퇴 속도는  $21000\sqrt{2} (= 70 \times 300\sqrt{2})$  km/s이다.

다. 우리은하에서 C까지의 거리는  $400 \left( = \frac{28000}{70} \right)$  Mpc이다. 우리은하에서 A와 C의 시선 방향이 이루는 각은 90°이므로 A에서 C까지의 거리는  $500 (= \sqrt{300^2 + 400^2})$  Mpc이다.

14  
 (1) 한 은하의 스펙트럼에 나타난 흡수선의 고유 파장이 다르더라도 적색 편이는 변하지 않으므로 외부 은하 A는  $\frac{\text{㉠} - 450}{450} = \frac{636 - 600}{600}$ 을 만족하고, 외부 은하 B는  $\frac{504 - 450}{450} = \frac{\text{㉡} - 600}{600}$ 을 만족한다.

(2)  $V = c \times \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = H \cdot r$ 을 만족하므로 외부 은하 A에서  $3 \times 10^5 \times \frac{636 - 600}{600} = H \times 250$ 이다.

(3)  $V = c \times \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = H \cdot r$ 을 만족하므로 외부 은하 B에서  $3 \times 10^5 \times \frac{672 - 600}{600} = 72 \times r_B$  ( $r_B$ : 우리은하에서 외부 은하 B까지의 거리)이다.

15  
 (1) 이 그래프에서 기울기는 허블 상수이다. (가)에서 거리가 500 Mpc인 외부 은하의 후퇴 속도는 30000 km/s이므로 허블 상수는  $60 \left( = \frac{30000}{500} \right)$  km/s/Mpc이고, (나)에서 거리가 2 Mpc인 외부 은하의 후퇴 속도는 1000 km/s이므로 허블 상수는  $500 \left( = \frac{1000}{2} \right)$  km/s/Mpc이다.

(2) 우주의 나이는 허블 상수의 역수에 비례한다.

**예시 답안** (가), 허블 상수가 (가)가 (나)보다 작기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
(가)를 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(가)만 쓴 경우	40

**18강 현대 우주론의 정립**

**기본 탄탄 문제** 186쪽

- 01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×    02 ㉠ 3 : 1, ㉡ 전자, ㉢ 3000  
 03 지평선 문제, 평탄성 문제    04 (1) × (2) × (3) ○  
 05 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ×    06 ㉠ 감소, ㉡ 감속, ㉢ 가속

01 답 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×  
 (1) 정상 우주론과 빅뱅 우주론은 모두 팽창하는 우주를 설명하므로 허블-르메트르 법칙을 적용할 수 있다.  
 (2) 정상 우주론은 우주가 계속 팽창하지만 새로운 물질이 만들어져 우주의 밀도가 일정한 상태를 유지한다는 이론이다.



ㄴ. 원자가 생성된 후인 (나)일 때 우주는 빛이 자유롭게 진행할 수 있는 투명한 상태가 되었다.

ㄷ. (나)는 우주의 나이가 약 38만 년이 되었을 때이므로 (가) 시기는 (나) 시기보다 먼저이다.

**06** **답 ③**  
 기존의 빅뱅 우주론으로 설명하기 어려운 문제에는 지평선 문제와 평탄성 문제가 있다. 지구 관측자를 기준으로 관측 가능한 우주 영역에서 반대편 양 끝 지점은 상호작용이 불가능하지만 현재 두 지점이 서로 상호작용 한 것처럼 우주 배경 복사의 온도가 거의 같다는 것을 지평선 문제라고 한다. 현재 관측되는 우주의 공간적인 곡률이 0에 가까울 정도로 우주가 완벽하게 평탄하다는 것을 평탄성 문제라고 한다. 우주의 대부분을 차지하는 수소와 헬륨의 질량비가 약 3 : 1이라는 것은 빅뱅 우주론의 관측적 증거이다.

**07** **답 ③**  
 ㄱ. 급팽창 시기에 우주는 빛보다 빠른 속도로 급격하게 팽창했다.  
 ㄷ. 급팽창으로 인해 현재 우주의 크기는 관측 가능한 우주의 크기인 우주의 지평선보다 훨씬 크므로 실제 우주의 크기를 정확하게 알 수 없다.

**오답 피하기** ㄴ. 급팽창 이전에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 작았으므로 우주 반대편 양 끝 지점에서 상호작용이 가능했었다.

**08** **답 ③**  
 ㄱ. 암흑 물질은 보통 물질과 마찬가지로 질량을 가지고 있다.  
 ㄷ. 우주 전체에서 차지하는 비율은 암흑 물질이 보통 물질보다 높다.

**오답 피하기** ㄴ. 암흑 물질은 질량을 가지고 있어 중력이 작용하므로 우주의 팽창 속도를 감소시키는 역할을 한다.

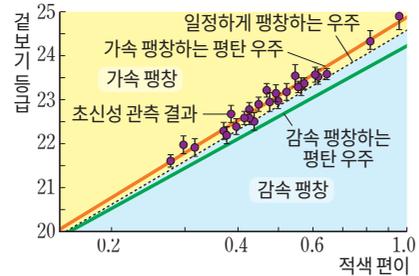
**09** **답 ⑤**  
 ㄱ. 은하의 회전 속도는 은하 내에서 질량을 가진 물질의 분포로 결정되므로 은하의 회전 속도를 통해 질량을 가진 물질의 분포를 확인할 수 있다.

ㄴ. 관측 가능한 물질인 보통 물질만 고려하면 은하의 질량은 대부분 중심부에 집중되어 있다.  
 ㄷ. 관측 가능한 물질만을 고려하여 은하 중심에서 멀어질수록 은하의 회전 속도가 느려질 것으로 예측했다. 실제 관측 결과, 은하 중심에서 멀어져도 회전 속도가 감소하지 않는 것으로 나타났다. 이는 은하 외곽에 관측되지 않으면서 질량을 가지고 있는 물질인 암흑 물질이 많이 분포하기 때문이다.

**10** **답 ④**  
 ㄴ. Ia형 초신성이 예측한 밝기보다 어둡게 관측된 까닭은 Ia형 초신성까지의 거리가 예측한 것보다 더 멀리 위치해 있기 때문이다.  
 ㄷ. Ia형 초신성은 최대 밝기일 때, 절대 등급이 거의 일정하다. 따라서 관측한 겉보기 등급과 절대 등급을 비교하면 우주에서 멀리 위치한 Ia형 초신성까지의 거리를 알 수 있다.

**오답 피하기** ㄱ. 천문학자들은 질량을 가진 물질에 작용하는 중력 때문에 우주의 팽창 속도가 점차 느려질 것으로 예측했다. 암흑 에너지는 척력이 작용하여 우주를 팽창시킨다.

**개념 더하기** **Ia형 초신성 관측과 가속 팽창 우주**



- 가장 밝을 때의 절대 등급이 일정한 Ia형 초신성은 적색 편이가 클수록 겉보기 등급이 크게 관측된다. → Ia형 초신성까지의 거리가 멀수록 겉보기 밝기가 어둡게 관측된다.
- 암흑 에너지가 존재하지 않는다면 물질의 중력에 의해 우주의 팽창 속도는 점점 느려질 것으로 예측했다. → 감속 팽창하는 평탄 우주
- Ia형 초신성의 밝기를 관측한 결과, 감속 팽창하는 평탄 우주에서 실제 겉보기 등급이 예측한 겉보기 등급보다 크게 관측되었다. Ia형 초신성이 감속 팽창하는 평탄 우주에서 예측한 거리보다 더 멀리 있다는 것을 의미하며, 이는 우주가 예측한 것보다 더 빠르게 팽창한다는 것이다. → 가속 팽창하는 평탄 우주

**11** **답 ②**  
 ㄴ. 가로축이 시간, 세로축이 우주의 크기인 그래프에서 그래프의 기울기는 우주의 팽창 속도를 의미한다. 그래프의 기울기는 B 시기가 현재보다 더 크므로 우주의 팽창 속도는 B 시기가 현재보다 빠르다.

**오답 피하기** ㄱ. 그래프의 기울기는 A 시기 이전보다 A 시기 이후에 더 커졌으므로 A 시기에 우주는 가속 팽창했다.

ㄷ. 우주에서 암흑 에너지가 차지하는 비율이 높을수록 우주를 팽창시키는 힘이 더 우세해지므로 우주는 가속 팽창한다. 그래프의 기울기는 B 시기가 A 시기보다 더 크므로 B 시기가 A 시기보다 더 빠르게 가속 팽창하고 있다. 따라서 우주에서 암흑 에너지가 차지하는 비율은 B 시기가 A 시기보다 높다.

**12**  
 (1) (가)는 우주가 계속 팽창하지만 새로운 물질이 만들어져 우주의 밀도가 일정한 상태를 유지한다는 정상 우주론이다. (나)는 우주가 고온 고밀도의 한 점으로부터 대폭발(빅뱅)해 생성되었고, 팽창하면서 우주의 온도와 밀도가 계속 낮아졌다는 빅뱅 우주론이다.

(2) **예시 답안** (가)에서는 시간이 지남에 따라 질량이 증가하고, 온도와 밀도는 일정하다. (나)에서는 시간이 지남에 따라 질량이 일정하고, 온도와 밀도는 낮아진다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)의 우주론에서 시간에 따른 물리량의 변화를 모두 옳게 설명한 경우	100
(가)와 (나)의 우주론 중 1가지만 시간에 따른 물리량의 변화를 모두 옳게 설명한 경우	50

13

(1) 은하 A의 중력에 의해 은하 B에서 방출된 빛이 굴절되어 렌즈를 통과하여 오는 것처럼 보인다.

(2) 암흑 물질은 전자기파 영역에서 직접 관측할 수 없지만 질량을 가지기 때문에 중력 렌즈 현상을 이용하여 간접적인 방법으로 존재를 확인할 수 있다.

**예시 답안** 중력 렌즈 효과를 일으키는 은하 A의 질량을 구하고, A에서 빛을 내는 물질의 양을 제외하면 A에 존재하는 암흑 물질의 양을 추정할 수 있다.

채점 기준	배점(%)
중력 렌즈 효과를 일으키는 은하 A의 질량을 구한다는 내용과 은하 A에서 빛을 내는 물질의 양을 제한한다는 내용을 모두 포함하여 옳게 설명한 경우	100
중력 렌즈 효과를 일으키는 은하 A의 질량을 구한다는 내용과 은하 A에서 빛을 내는 물질의 양을 구한다는 내용 중 1가지만 포함하여 옳게 설명한 경우	50

중단편  
일선 문제

190~193쪽

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

단답형·서술형 문제

- 13 해설 참조                      14 해설 참조  
15 (1) 65 km/s/Mpc (2) 500 Mpc (3) 6500 km/s  
16 (1) 약 38만 년 (2) 해설 참조 (3) 해설 참조  
17 (1) 지평선 문제 (2) 해설 참조

01

답 ②

ㄷ. C는 막대나선 은하이고, D는 불규칙 은하이다. 막대나선 은하와 불규칙 은하는 규칙적인 구조의 유무에 따라 분류할 수 있다.

**오답 피하기** ㄱ. A는 타원 은하이고, B는 정상나선 은하이다. 타원 은하와 정상나선 은하는 모두 중심부에 막대 구조가 존재하지 않으므로 막대 구조의 유무는 분류 기준으로 적절하지 않다.

ㄴ. 정상나선 은하인 B와 막대나선 은하인 C에서는 각각 나선팔이 감긴 정도에 따라 세분할 수 있다. 따라서 나선팔이 감긴 정도는 정상나선 은하와 막대나선 은하를 분류하는 기준으로 적절하지 않다.

02

답 ③

ㄱ. ㉠은 막대나선 은하이고, ㉡은 타원 은하이다. 은하를 구성하는 별의 평균 표면 온도는 막대나선 은하가 타원 은하보다 높으므로 ㉠은 A이고, ㉡은 B이다.

ㄷ. 막대나선 은하의 나선팔에는 성간 물질이 풍부하고, 타원 은하는 성간 물질이 거의 없으므로 은하 전체 질량에 대한 성간 물질의 비율은 막대나선 은하인 A가 타원 은하인 B보다 높다.

**오답 피하기** ㄴ. 은하를 구성하는 별의 평균 나이는 막대나선 은하가 타원 은하보다 적다. ㉠은 막대나선 은하인 A에서 큰 값을, 타원 은하인 B에서 작은 값을 가져야 하므로 은하를 구성하는 별의 평균 나이는 ㉠에 적절하지 않다.

03

답 ②

이 특이 은하는 전파 은하이며, (가)는 가시광선 영역에서, (나)는 전파 영역에서 관측한 모습이다.

ㄴ. 제트와 로브는 은하 중심핵에서 양쪽으로 뻗어 나가는 물질의 흐름과 전파 방출 영역으로 가시광선 영역에서 관측한 (가)보다 전파 영역에서 관측한 (나)에서 뚜렷하게 나타난다.

**오답 피하기** ㄱ. (나)에서 제트와 로브를 확인할 수 있으므로 (나)는 전파 영역에서 관측한 모습이다.

ㄷ. 전파 은하를 가시광선 영역에서 관측하면 대부분 타원 은하로 보이기 때문에 허블의 은하 분류 체계에서 타원 은하로 분류된다.

04

답 ②

ㄴ. 퀘이사의 광도는 보통의 은하보다 수백 배 이상 크므로 절대 등급이 보통의 은하보다 작다.

**오답 피하기** ㄱ. 퀘이사는 스펙트럼에서 적색 편이가 매우 크게 나타난다. (나)에서 퀘이사의 수소 흡수선이 비교 스펙트럼에 비해 오른쪽으로 이동했으므로 오른쪽 방향인 ㉠이 파장이 긴 쪽에 해당한다. 따라서 (나)에서 ㉠으로 갈수록 파장이 길어진다.

ㄷ. 퀘이사의 에너지원 크기는 태양계 정도로 작지만 엄청난 양의 에너지를 방출하고 있다.

05

답 ⑤

ㄱ. (가)~(다)는 모두 동일한 흡수선의 파장이 고유 파장보다 길어졌으므로 적색 편이가 나타난다.

ㄴ. 동일한 흡수선의 파장 변화량은 (가)가 (나)보다 크므로 후퇴 속도는 (가)가 (나)보다 빠르다.

ㄷ. 허블-르메트르 법칙에 따르면 외부 은하까지의 거리가 멀수록 후퇴 속도가 빠르다. (나)는 (다)보다 흡수선의 파장 변화량이 작으므로 후퇴 속도는 (나)가 (다)보다 느리고, 우리은하로부터의 거리는 (나)가 (다)보다 가깝다.

06

답 ③

ㄱ. 허블 상수로 구한 우주의 나이는 허블 상수의 역수에 비례한다. 따라서 우주의 나이는 허블 상수의 측정값이 큰 A 시기가 B 시기보다 적다.

ㄴ. 허블 상수는 외부 은하까지의 거리에 따른 외부 은하의 후퇴 속도이다. 허블 상수의 측정값이 큰 A 시기에는 가까운 거리에 위치한 외부 은하의 후퇴 속도가 크므로 후퇴 속도가 60000 km/s로 관측되는 외부 은하까지의 거리는 A 시기가 B 시기보다 가깝게 측정된다.

**오답 피하기** ㄷ. A 시기와 B 시기에 허블 상수의 측정값이 차이나는 까닭은 관측 기술의 발달 정도에 따른 차이 때문이다. 약 50년의 시간은 우주에서 극히 짧은 시간이므로 약 50년 동안 우주 팽창 속도는 의미가 있는 변화가 나타나지 않는다.

**07** **답 ③**

ㄱ. 가로축이 외부 은하까지의 거리, 세로축이 외부 은하의 후퇴 속도인 그래프에서 기울기는 허블 상수이다. 따라서 그래프의 기울기는  $\frac{300000 \text{ km/s}}{4000 \text{ Mpc}}$  이므로 허블 상수는 75 km/s/Mpc이다.

ㄴ.  $V = H \cdot r = c \times \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$  를 만족한다. 외부 은하 X의 방출선 A에서  $75 \times r_x = 3 \times 10^5 \times \frac{500 - 450}{450}$  이므로 외부 은하 X까지의 거리( $r_x$ )는 약 444.4 Mpc이다.

**오답 피하기** ㄷ. 후퇴하는 외부 은하의 적색 편이는 방출선의 파장에 관계없이 일정하다. 따라서 외부 은하 X의 적색 편이는  $\frac{500 - 450}{450} = \frac{650 - \lambda_B}{\lambda_B}$  를 만족하고, 정지 상태에서 방출선 B의 파장( $\lambda_B$ )은 585 nm이므로 600 nm보다 파장이 짧다.

**08** **답 ②**

ㄴ. 헬륨 원자핵이 생성된 이후 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 개수비는 약 12 : 1이 되었고, 질량비는 약 3 : 1이 되었다.

**오답 피하기** ㄱ. 우주의 나이가 약 3분이 되었을 때 양성자 2개와 중성자 2개가 결합하여 헬륨 원자핵이 생성된다.

ㄷ. 우주에서 관측되는 수소와 헬륨의 질량비는 빅뱅 우주론의 관측적 증거가 된다.

**09** **답 ③**

ㄱ. A는 시간이 지남에 따라 우주의 밀도가 낮아지므로 빅뱅 우주론이다. B는 시간이 지남에 따라 우주의 밀도가 일정하므로 정상 우주론이다.

ㄷ. 빅뱅 우주론인 A에서 시간이 지남에 따라 일정한 물리량과 정상 우주론인 B에서 시간이 지남에 따라 증가하는 물리량은 질량이 적절하다.

**오답 피하기** ㄴ. 정상 우주론인 B도 팽창하는 우주를 설명하므로 허블-르메트르 법칙이 적용된다.

**10** **답 ②**

(가)는 기존의 빅뱅 우주론이고, (나)는 급팽창 우주론이다.

ㄷ. 기존의 빅뱅 우주론으로 설명하기 어려운 우주의 지평선 문제는 급팽창 우주론인 (나)로 설명할 수 있다.

**오답 피하기** ㄱ. A 시기는 급팽창 우주론에서 우주 탄생 직후에 매우 짧은 시간 동안 우주가 급격하게 팽창한 시기이다. 우주 배경 복사는 우주의 나이가 약 38만 년이 되었을 때 형성되었으므로 우주 배경 복사는 A 시기 이후에 방출되었다.

ㄴ. 현재 우주의 공간적인 곡률이 거의 0에 가까운 것은 우주가 거의 완벽하게 평탄하다는 의미이며, 이는 우주의 평탄성 문제로 급팽창 우주론인 (나)로 설명할 수 있다.

**11** **답 ①**

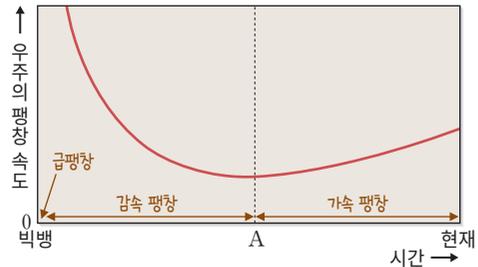
ㄱ. A는 은하의 회전 속도 관측값이고, B는 관측이 가능한 물질만 고려한 은하의 회전 속도 예측값이다.

**오답 피하기** ㄴ. 관측이 가능한 물질만 고려한 은하의 회전 속도 예측값인 B에서는 은하 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 느려지므로 관측이 가능한 물질은 은하 외곽보다 중심부에 집중되어 있다.

ㄷ. 은하의 회전 속도 관측값인 A로 은하(보통 물질 + 암흑 물질)의 질량 분포를 알 수 있으며, 관측이 가능한 물질만 고려한 은하의 회전 속도 예측값인 B로 관측이 가능한 물질(보통 물질)의 질량 분포를 알 수 있다. 따라서 A와 B의 회전 속도 차이가 큰 곳(은하 외곽)일수록 관측할 수 없는 물질인 암흑 물질이 차지하는 비율이 높다.

**12** **답 ④**

**자료 분석** 시간에 따른 우주의 팽창 속도 변화



- 빅뱅 이후 현재까지 우주의 팽창 속도가 0보다 크다. → 빅뱅 우주론에서 빅뱅 이후 현재까지 우주는 계속 팽창해 왔으며, 우주가 팽창을 멈추거나 수축한 시기는 없다.
- 빅뱅 직후: 매우 짧은 시간 동안 우주의 팽창 속도가 매우 컸다. → 급팽창
- A 시기 이전: 급팽창 이후 물질의 영향으로 우주의 팽창 속도가 느려졌다. → 감속 팽창
- A 시기 이후부터 현재까지: 우주가 팽창함에 따라 부피가 커지면서 물질의 밀도는 감소해 중력 효과가 줄어들고, 암흑 에너지의 밀도는 일정해 우주를 팽창시키는 힘이 더 우세해져 우주의 팽창 속도가 빨라지고 있다. → 가속 팽창

그래프의 가로축은 시간이고, 세로축은 우주의 팽창 속도이므로 그래프의 기울기는 시간에 따른 우주의 팽창 속도 변화율을 의미한다.

ㄴ. 현재 그래프의 기울기가 A 시기보다 더 크므로 현재 우주의 팽창 속도가 A 시기보다 빠르다. 따라서 우주를 팽창시키는 암흑 에너지의 영향은 A 시기가 현재보다 작다.

ㄷ. A 시기 이전에는 그래프의 기울기가 음(-)의 값을 가지므로 우주의 팽창 속도가 느려지는 감속 팽창이 일어났으며, A 시기 이후부터 현재까지는 그래프의 기울기가 양(+)의 값을 가지므로 우주의 팽창 속도가 빨라지는 가속 팽창이 일어났다.

**오답 피하기** ㄱ. A 시기에 우주의 팽창 속도가 0이 아니었으므로 우주는 계속 팽창하고 있었다.

**13**

허블의 은하 분류 체계에 따르면 E6는 타원 은하, SBa는 막대나선 은하, Sc는 정상나선 은하이다. (가)는 나선 은하의 특징과 관련된 질문이 적절하고, (나)는 정상나선 은하와 막대나선 은하를 분류할 수 있는 질문이 적절하다.

**예시 답안** (가) 나선팔이 있는가?, (나) 중심부에 막대 구조가 있는가?

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)에 해당하는 질문을 모두 옳게 설명한 경우	100
(가)와 (나)에 해당하는 질문 중 1가지만 옳게 설명한 경우	50

**14**

**예시 답안** 세이퍼트 은하는 보통의 은하와 달리 방출선의 폭이 넓고 뚜렷하게 나타난다. 퀘이사는 보통의 별과 달리 방출선이 강하게 나타나고, 방출선의 파장이 기준 파장보다 훨씬 길게 나타난다.

채점 기준	배점(%)
세이퍼트 은하와 퀘이사의 스펙트럼에서 나타나는 방출선의 특징을 보통의 천체와 모두 옳게 비교하여 설명한 경우	100
세이퍼트 은하와 퀘이사의 스펙트럼에서 나타나는 방출선의 특징 중 1가지만 보통의 천체와 옳게 비교하여 설명한 경우	50

**15**

(1)  $V = H \cdot r$ 을 만족한다. 외부 은하 C에서  $22750 = H \times 350$ 이므로 허블 상수(H)는 65 km/s/Mpc이다.

(2)  $V = H \cdot r$ 을 만족하므로 외부 은하 A에서  $32500 = 65 \times r_A$ 이고, 우리은하에서 외부 은하 A까지의 거리( $r_A$ )는 500 Mpc이다.

(3) 외부 은하 A~C는 모두 동일한 시선 방향에 위치하므로 외부 은하 A에서 외부 은하 B까지의 거리는 100 Mpc이다.  $V = H \cdot r$ 을 만족하므로 허블 상수와 외부 은하 A에서 외부 은하 B까지의 거리를 대입하면  $V = 65 \times 100$ 이고, 외부 은하 A에서 관측한 외부 은하 B의 후퇴 속도는 6500 km/s이다.

**16**

(1) 우주의 나이가 약 38만 년이 되었을 때 원자핵이 전자와 결합하여 원자가 생성되었고, 빛이 자유롭게 진행할 수 있게 되었다. 우주 공간을 매우 균일하게 채우고 있었던 이 빛이 우주 배경 복사이다.

(2) 시간이 지남에 따라 우주는 팽창하면서 온도가 낮아진다.

**예시 답안** 우주 배경 복사가 형성될 당시에 우주의 온도는 약 3000 K이고, 현재 우주의 온도는 약 2.7 K이다.

채점 기준	배점(%)
우주 배경 복사가 형성될 당시에 우주의 온도와 현재 우주의 온도를 모두 옳게 설명한 경우	100
우주 배경 복사가 형성될 당시에 우주의 온도와 현재 우주의 온도 중 1가지만 옳게 설명한 경우	50

(3) 플랑크 망원경으로 관측한 우주 배경 복사에서 붉은색 영역이 파란색 영역보다 온도가 미세하게 높은 곳이다.

**예시 답안** 우주는 전체적으로 온도가 거의 일정하지만 관측 기술이 발달함에 따라 우주 배경 복사를 정밀하게 관측할 수 있게 되었으며, 플랑크 망원경의 정밀한 관측으로 우주 배경 복사에서 미세한 온도 차이가 확인되었다.

채점 기준	배점(%)
관측 기술 발달의 내용과 미세한 온도 차이의 내용을 모두 포함하여 옳게 설명한 경우	100
정밀하게 관측했기 때문이라고만 설명한 경우	50

**17**

(1) 지구 관측자를 기준으로 관측 가능한 우주 영역에서 반대편 양 끝 지점은 상호작용이 불가능하지만 현재 두 지점이 서로 상호작용 한 것처럼 우주 배경 복사의 온도가 거의 같다는 것을 지평선 문제라고 한다.

(2) ㉠은 급팽창 이론이다. 급팽창 이론으로 기존 빅뱅 우주론의 지평선 문제와 평탄성 문제를 설명할 수 있다.

**예시 답안** 평탄성 문제, 우주의 급팽창으로 우주가 완벽하게 평탄하지 않더라도 현재 관측 가능한 우주 영역은 평탄하게 보일 수 있다.

채점 기준	배점(%)
평탄성 문제를 쓰고, 이 문제를 해결한 내용에 대해 옳게 설명한 경우	100
평탄성 문제만 쓴 경우	40

**대단원 평가 문제** 196~199쪽

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

**단답형·서술형 문제**

13 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조   14 (나) 4, (다) 32, (라)  $\frac{4}{5}$   
 15 (1) 정상 우주론 (2) 부피(또는 크기), 질량  
 16 (1) (가) SBc, (나) E0, (다) Irr, (라) E5 (2) 해설 참조  
 17 (1) 500 nm (2) 66 km/s/Mpc

**01** ㉔ ⑤  
 ㄱ. A에서는 태양이 달에 의해 완전히 가려져 개기일식이 일어나므로 태양의 대기인 코로나와 채층을 관측할 수 있다.  
 ㄴ. B에서는 태양이 달에 의해 일부만 가려져 부분일식이 일어나므로 이 지역에서는 달의 반그림자가 통과한다.  
 ㄷ. 일식이 일어날 때 달그림자는 지구 표면을 따라 서에서 동으로 이동한다. 따라서 일식은 C보다 서쪽에 위치한 A에서 먼저 일어난다.

**02** ㉔ ④  
 ㄴ. A 시기에 외행성의 시직경이 가장 크므로 지구와의 거리가 가장 가까운 층에 위치할 때이며, B 시기에 외행성의 시직경이 가장 작으므로 지구와의 거리가 가장 먼 층에 위치할 때이다.  
 ㄷ. 행성의 이각이 클수록 태양과의 각거리가 커서 관측할 수 있는 시간이 길어진다. 따라서 외행성이 층에 위치하는 A 시기에 행성의 이각이 가장 크므로 관측할 수 있는 시간이 가장 길며, 이때 초저녁부터 새벽까지 관측할 수 있다.  
**오답 피하기** ㄱ. 외행성은 합에 위치하는 B 시기에 순행하고, 층에 위치하는 A 시기에 역행한다.

**03** ㉔ ②  
 ㄴ. A가 단위 시간 동안  $1\text{ m}^2$ 에서 방출하는 복사 에너지의 양과 C가 단위 시간 동안  $25\text{ m}^2$ 에서 방출하는 복사 에너지의 양이 같으므로 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 복사 에너지의 양은 A가 C의 25배이다.  
**오답 피하기** ㄱ. 흑체가 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 복사 에너지의 양은 표면 온도의 네제곱에 비례한다. 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 복사 에너지의 양은 A가 B의 16(=2<sup>4</sup>)배이므로, 표면 온도는 A가 B의 2배이다.  
 ㄷ. 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 복사 에너지의 양은 B가 C의  $\frac{25}{16} (= (\frac{\sqrt{5}}{2})^4)$  배이므로, 표면 온도는 B가 C의  $\frac{\sqrt{5}}{2}$  배이다. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도와 반비례하므로 B가 C의  $\frac{2}{\sqrt{5}}$  배이다.

**04** ㉔ ⑤  
 ㄱ. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 A가 B보다 짧으므로 표면 온도는 A가 B보다 높다.  
 ㄴ.  $L \propto R^2 \cdot T^4$ 을 만족한다. ㉔은 ㉑보다 광도가 크고 반지름이 작으므로 표면 온도는 ㉔이 ㉑보다 높다. 따라서 표면 온도는 A가 B보다 높으므로 ㉔은 A이고, ㉑은 B이다.  
 ㄷ. 별 전체 표면에서 단위 시간 동안 방출하는 총에너지의 양은 광도이며, 광도는 ㉔이 ㉑의 10배이다.

**05** ㉔ ②

ㄴ. (나)는 중심핵이 수축하고 중심핵을 둘러싼 층에서 수소 핵융합 반응이 일어나고 있으므로 주계열성인 b에서 거성인 c로 진화할 때의 내부 구조이다.

**오답 피하기** ㄱ. a는 원시별로 중심부에서 핵융합 반응이 일어나지 않으므로 중심부의 온도가 높지 않다. c는 거성으로 중심부에서 핵융합 반응이 일어나므로 중심부의 온도가 높다. 원시별인 a와 거성인 c의 표면 온도는 차이가 크지 않으므로  $\frac{\text{표면 온도}}{\text{중심부 온도}}$ 는 a가 c보다 크다.

ㄷ. d는 백색왜성이고, (나)는 주계열성(b)에서 거성(c)으로 진화할 때이다. 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지의 양은 표면 온도의 네제곱에 비례한다. 따라서 표면 온도는 d가 (나)보다 높으므로 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지의 양은 d가 (나)보다 많다.

**06** ㉔ ④  
 ㄴ. (가)는 중심핵에서 철(Fe)까지 생성되었고, (나)는 중심핵에서 탄소(C)까지 생성되었으므로 별의 질량은 (가)가 (나)보다 크다. 별의 질량이 클수록 수명은 짧아지므로 별의 수명은 (가)가 (나)보다 짧다.

ㄷ. 중심부의 온도가 높을수록 수소 핵융합 반응(P-P 반응과 CNO 순환 반응)의 효율이 높아져 단위 시간 동안 생성하는 에너지의 양이 많아진다. 따라서 주계열 단계일 때, 질량이 큰 (가)가 (나)보다 중심부의 온도가 높으므로 수소 핵융합 반응으로 단위 시간 동안 생성하는 에너지의 양은 (가)가 (나)보다 많다.

**오답 피하기** ㄱ. 별의 질량이 클수록 중심핵에서 핵융합 반응으로 무거운 원소를 생성할 수 있으므로 별의 질량은 (가)가 (나)보다 크다.

**07** ㉔ ①  
 ㄱ. 주계열에서 왼쪽 위에 위치한 A가 B보다 질량이 크다.

**오답 피하기** ㄴ. A는 주계열 단계이고, B'는 주계열 단계 이후이다. 주계열 단계인 A는 중심부에서 수소 핵융합 반응까지 일어나고, 주계열 단계 이후인 B'는 중심부에서 헬륨 핵융합 반응이 일어나므로 중심부의 온도는 A가 B'보다 낮다.

ㄷ. 질량이 큰 A는 중심부에서 CNO 순환 반응에 의한 에너지 생성량이 P-P 반응에 의한 에너지 생성량보다 많고, 질량이 작은 B는 중심부에서 P-P 반응에 의한 에너지 생성량이 CNO 순환 반응에 의한 에너지 생성량보다 많다. 따라서 중심부에서  $\frac{\text{P-P 반응에 의한 에너지 생성량}}{\text{CNO 순환 반응에 의한 에너지 생성량}}$ 은 A가 B보다 작다.

**08** ㉔ ③  
 ㄱ. 허블의 은하 분류 기호가 Sa, Sb인 (가)는 정상나선 은하로 중앙 팽대부와 나선팔이 있는 납작한 원반으로 구성되어 있다.  
 ㄷ. 은하 분류 기호가 E0, E1인 (나)는 타원 은하이고, Irr인 (라)는 불규칙 은하이다. 은하를 구성하는 별의 평균 나이는 타원 은하인 (나)가 불규칙 은하인 (라)보다 많다.

**오답 피하기** 나. 은하 분류 기호가 SBa, SBb인 (다)는 막대나선은 하이고, 관측되는 은하 중 약 13%를 차지한다. 관측되는 외부 은하 중 정상나선 은하인 (가)의 비율은 약 51%를 차지한다. 따라서 막대나선 은하인 (다)는 정상나선 은하보다 관측되는 비율이 낮다.

**09** **답 ②**  
 다. 전파 은하와 세이퍼트 은하는 특이 은하이며, 특이 은하의 공통적인 특징으로 중심부에 거대 질량의 블랙홀이 존재할 것으로 추정하고 있다.

**오답 피하기** 가. 가시광선 영역에서 전파 은하를 관측하면 대부분 타원 은하로 보이므로 (가)는 전파 은하이다. 가시광선 영역에서 세이퍼트 은하를 관측하면 대부분 나선 은하로 보이므로 (나)는 세이퍼트 은하이다.

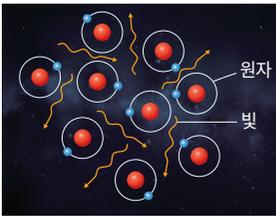
나. 세이퍼트 은하인 (나)의 중심핵은 보통의 은하 중심핵보다 광도가 매우 크므로 매우 밝게 보인다. 이처럼 유난히 밝은 중심핵은 특이 은하의 공통적인 특징 중 하나이다.

**10** **답 ③**  
 가, 나. (가)와 (나)는 스펙트럼에서 적색 편이가 나타나므로 우리 은하로부터 멀어지고 있으며, 갈색 흡수선의 파장 변화량은 (가)가 (나)보다 크므로 적색 편이는 (가)가 (나)보다 크다.

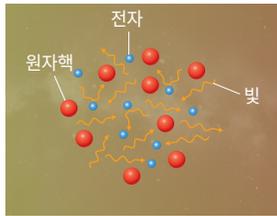
**오답 피하기** 다. 적색 편이가 클수록 외부 은하의 후퇴 속도가 빠르므로 후퇴 속도는 적색 편이가 큰 (가)가 (나)보다 빠르다. 허블-르메트르 법칙에 따르면 외부 은하까지의 거리가 멀수록 외부 은하의 후퇴 속도가 빠르므로 (나)까지의 거리는 (가)까지의 거리인 430 Mpc보다 가깝다.

**11** **답 ②**

**자료 분석** 원자의 생성과 우주배경 복사



(가)



(나)

- (가): 원자핵이 전자와 결합해 원자가 생성된 우주의 모습이다. → 빅뱅 이후 약 38만 년이 지났을 때 우주의 온도가 약 3000 K로 낮아져 원자가 생성되었고, 빛이 자유롭게 진행할 수 있는 투명한 상태가 되었다.(우주 배경 복사 형성)
- (나): 원자핵과 전자가 분리된 우주의 모습이다. → 빅뱅 직후 초기 우주는 온도와 밀도가 매우 높아 원자핵과 전자 등이 분리된 상태로 섞여 있었고, 빛이 자유롭게 움직일 수 없는 불투명한 상태였다.

(가)는 원자핵이 전자와 결합해 원자가 생성되어 있으므로 우주의 나이가 약 100만 년일 때이다. (나)는 원자핵과 전자가 분리되어 있으므로 우주의 나이가 약 10만 년일 때이다.

다. 시간이 지남에 따라 우주가 팽창하면서 밀도가 낮아지므로 우주의 밀도는 우주의 나이가 많은 (가) 시기가 (나) 시기보다 작다.

**오답 피하기** 가. 우주의 가속 팽창은 빅뱅 이후 약 85억 년이 지나 암흑 에너지에 의한 영향이 커지면서 시작되었다. 따라서 우주의 가속 팽창은 (가) 시기 이후에 시작되었다.

나. 퀘이사는 수많은 별이 모여 만들어진 은하로 최초의 별이 형성된 이후에 형성되었으며, 최초의 별은 빅뱅 이후 약 2억 년~4억 년이 지났을 때 형성되었다. 따라서 퀘이사는 (가) 시기 이후에 형성되었다.

**12** **답 ④**

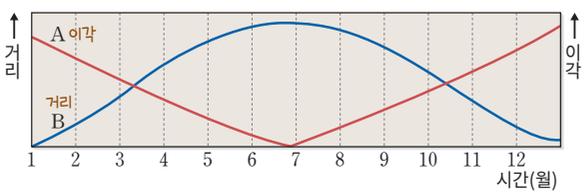
나. 가로축이 시간이고, 세로축이 우주의 크기인 그래프에서 기울기는 우주의 팽창 속도를 의미한다. 그래프의 기울기는 A 시기가 B 시기보다 크므로 우주의 팽창 속도는 A 시기가 B 시기보다 빠르다.

다. 그래프에서 기울기의 변화율은 우주의 팽창 속도 변화율을 의미한다. 그래프의 기울기 변화율은 B 시기 부근보다 C 시기 부근에서 크다. C 시기에 우주는 가속 팽창하고 있으므로 우주를 가속 팽창시키는 암흑 에너지의 영향은 C 시기가 B 시기보다 크다.

**오답 피하기** 가. 우주는 빅뱅 직후에 매우 짧은 시간 동안 빛의 속도보다 빠른 속도로 급격하게 팽창했으므로 우주의 급팽창은 A 시기 이전에 일어났다.

**13**

**자료 분석** 외행성의 위치 관계



- 이 외행성은 1월에 가장 큰 망의 위상으로 관측되었다. → 이 외행성은 1월에 충에 위치한다.
- 외행성은 충에 위치할 때 이각이 가장 크고, 지구와의 거리는 가장 가깝다. → 1월에 A의 값이 가장 크고, B의 값이 가장 작으므로 A는 이각이고, B는 거리이다.
- 이 외행성은 7월에 이각(A)이 가장 작고, 지구와의 거리(B)는 가장 멀다. → 이 외행성은 7월에 합에 위치한다.

(1) **예시 답안** A: 이각, B: 거리, 외행성이 가장 큰 망의 위상으로 관측하려면 충에 위치해야 하며, 외행성이 충에 위치할 때 이각이 가장 크고 지구와의 거리는 가장 가깝다. 따라서 1월에 A의 값이 가장 크고, B의 값이 가장 작기 때문에 A는 이각이고, B는 거리이다.

채점 기준	배점(%)
A와 B의 물리량을 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
A와 B의 물리량만 옳게 쓴 경우	40

(2) **예시 답안** 12월부터 1월까지, 외행성이 충 부근에 위치할 때 역행하기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
12월부터 1월까지를 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
12월부터 1월까지만 쓴 경우	40

#### 14

$R \propto \frac{\sqrt{L}}{T^2}$  을 만족하므로 (나)의 반지름은  $\frac{R_{(나)}}{R_{(가)}} = \sqrt{\frac{L_{(나)}}{L_{(가)}}} \cdot \left(\frac{T_{(가)}}{T_{(나)}}\right)^2$   
 $= \sqrt{\frac{25}{25}} \times \left(\frac{10000}{5000}\right)^2 = 4$ 이고, (다)의 반지름은  $\frac{R_{(다)}}{R_{(가)}} = \sqrt{\frac{L_{(다)}}{L_{(가)}}}$   
 $\cdot \left(\frac{T_{(가)}}{T_{(다)}}\right)^2 = \sqrt{\frac{1000000}{25}} \times \left(\frac{10000}{25000}\right)^2 = 32$ 이다. (라)의 반지름  
 은  $\frac{R_{(라)}}{R_{(가)}} = \sqrt{\frac{L_{(라)}}{L_{(가)}}} \cdot \left(\frac{T_{(가)}}{T_{(라)}}\right)^2 = \sqrt{\frac{1}{25}} \times \left(\frac{10000}{5000}\right)^2 = \frac{4}{5}$ 이다.

#### 15

(1) (가)는 우주가 계속 팽창하지만 새로운 물질이 만들어져 우주의 밀도가 일정한 상태를 유지하는 정상 우주론의 모형이다.

(2) 정상 우주론에서는 시간이 지남에 따라 우주가 팽창하여 우주의 부피(또는 크기)가 커지며, 질량은 증가하고, 온도와 밀도는 일정하다.

#### 16

(1) (나)와 (라)는 타원 은하이며, 원에 가까운 모양인 (나)는 E0이고 납작한 타원 모양인 (라)는 E5이다. (가)는 막대나선 은하이고, (다)는 불규칙 은하이다.

(2) **예시 답안** (다) → (가) → (나), 불규칙 은하는 은하 전체에 성간 물질이 풍부하여 파란색 별의 비율이 가장 높고, 나선 은하는 나선팔에 성간 물질이 풍부하여 상대적으로 파란색 별의 비율이 높다. 타원 은하는 성간 물질이 거의 없어 붉은색 별로 이루어져 있다.

채점 기준	배점(%)
(다) → (가) → (나)를 쓰고, 그 까닭을 성간 물질과 관련지어 옳게 설명한 경우	100
(다) → (가) → (나)만 쓴 경우	40

#### 17

(1) 허블-르메트르 법칙을 만족하는 외부 은하는 적색 편이가 외부 은하까지의 거리와 비례한다. A에서 B와 C까지의 거리는 각각 300 Mpc과 900 Mpc이므로 A에서 B와 C까지의 거리 비는 1 : 3이며,  $\frac{533 - \lambda_0}{\lambda_0} : \frac{599 - \lambda_0}{\lambda_0} = 1 : 3$ 을 만족한다. 따라서 고유 파장( $\lambda_0$ )은 500 nm이다.

(2)  $V = H \cdot r = c \times \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$ 를 만족한다. A에서 관측한 B의 후퇴 속도는  $V = H \times 300 = 3 \times 10^5 \times \frac{533 - 500}{500}$ 이므로 허블 상수(H)는 66 km/s/Mpc이다. 또는 A에서 관측한 C의 후퇴 속도가  $V = H \times 900 = 3 \times 10^5 \times \frac{599 - 500}{500}$ 이므로 허블 상수(H)가 66 km/s/Mpc임을 확인할 수 있다.



일력 점검하기

I 대기과 해양의 상호작용

1 해수의 성질과 순환

2~5쪽

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

단답형·서술형 문제

- 15 해설 참조   16 해설 참조  
 17 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조   18 해설 참조  
 19 해설 참조

01 답 ⑤

- ⑤ 고위도 해역은 깊이에 따라 수온 변화가 거의 없다.  
**오답 피하기** ① ㉠은 고위도, ㉡은 중위도, ㉢은 저위도이다.  
 ② 혼합층이 두꺼운 ㉡이 ㉢보다 바람의 세기가 강하다.  
 ③ 고위도 해역에서는 수온 약층이 거의 나타나지 않는다.  
 ④ 심해층은 위도와 상관없이 수온이 거의 같다.

02 답 ㉡

- ㉡. 수온의 연교차는 해수면에서 가장 크고, 수심이 깊어질수록 작아진다.  
**오답 피하기** ㉠. 7월에는 혼합층이 거의 형성되지 않았으며, 4월에는 약 25 m까지 형성되어 있다.  
 ㉢. 수온 약층은 수심에 따라 수온 변화가 가장 크게 나타나는 7월에 가장 강하게 발달해 있다.

03 답 ①, ④

- 해수의 염분은 증발량이 많고 강수량이 적을수록 높다. 또한 해수의 결빙이 일어나는 해역에서 높고, 빙하가 녹거나 하천수가 유입되는 해역에서 낮다.

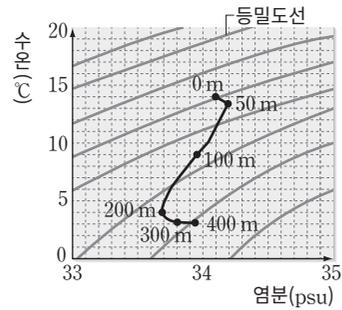
04 답 ②

- ② 표층 염분은 중위도에서 가장 높게 나타나므로, 표층 수온과 달리 등염분선이 위도에 나란하지 않다.

05 답 ⑤

- ㉠. (가)와 (나)에서 해수의 밀도는 수온에 거의 반비례한다는 것을 확인할 수 있다.  
 ㉡. (나)에서 표층 해수의 밀도가 최대인 곳은 남반구 고위도 해역이다.  
 ㉢. 수온이 급격하게 변하는 수온 약층은 밀도가 급격하게 변하는 밀도약층과 거의 비슷한 깊이에 분포한다.

자료 분석 수온 염분도



- 0 m~50 m: 수온이 거의 비슷하므로 바람에 의해 해수의 혼합이 잘 이루어진 층이다. → 혼합층
- 50 m~200 m: 깊이에 따른 수온 변화가 크다. → 수온 약층
- 200 m~400 m: 깊이에 따른 수온 변화가 거의 없다. → 심해층

㉠. 수온 염분도에서 해수의 밀도는 오른쪽 아래로 갈수록 커진다. 따라서 수심이 깊어질수록 밀도가 증가함을 알 수 있다.

㉢. 표층 해수(수심 0 m)의 염분은 약 34.1 psu이므로 1 kg에 포함된 염류의 양은 약 34.1 g이다.

**오답 피하기** ㉡. 수심 100 m에 위치한 해수는 수온 약층에 속한다.

07 답 ㉡

- ② 이산화 탄소는 물에 매우 잘 녹는 기체로, 해수에 녹아 있는 양이 산소보다 많다.

**오답 피하기** ① A는 산소이고, B는 이산화 탄소이다.

- ③ 용존 이산화 탄소의 농도는 수심이 깊어질수록 증가한다.  
 ④ 심해층에 녹아 있는 용존기체는 주로 극지방의 표층에서 침강한 해수에 의해 공급된다.  
 ⑤ 표층에서 용존산소(A)의 농도가 높은 까닭은 해양 생물의 광합성과 대기의 산소가 해수에 녹아 들어가기 때문이다.

08 답 ④

- ④ 해수의 표층 수온은 고위도에서 저위도로 갈수록 대체로 증가하는데, 이는 태양 복사 에너지 흡수량이 많을수록 수온이 높아지기 때문이다.

**오답 피하기** ① 염분은 (증발량-강수량)이 클수록 높다.

- ② 용존기체량은 수온이 낮을수록 증가한다.  
 ③ 수심이 깊어질수록 해수의 압력은 증가한다.  
 ⑤ 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커진다.

09 답 ③

- ③ 남극 순환 해류는 편서풍의 영향으로 동쪽으로 흐른다.

10 답 ②

- ㉢. 심층 순환은 해수의 밀도 차 때문에 발생하며 해수의 밀도는 수온과 염분의 영향을 받으므로, 심층 순환을 열염 순환이라고도 한다.

**오답 피하기** ㄱ. 해류의 평균 유속은 표층 해류가 흐르는 ㉠이 심층 해류가 흐르는 ㉡보다 빠르다.

ㄴ. A는 저위도 해역, B는 고위도 해역이다. 따라서 해수 순환을 통해 에너지가 수송되는 방향은 A → B이다.

**11** 답 ③

③ 심층 수괴는 성질이 다른 수괴와 쉽게 섞이지 않는다. 따라서 이동하는 동안 고유한 수온과 염분 값을 거의 일정하게 유지한다.

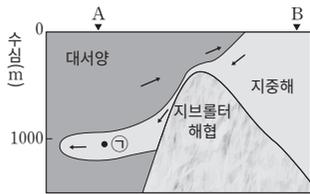
**오답 피하기** ① 해수의 밀도는 남극 중층수(A) < 북대서양 심층수(B) < 남극 저층수(C)이다.

② 심층 순환은 해수의 밀도 차 때문에 발생한다.

④ 심층 수괴 B와 C의 침강이 활발해지면 심층 순환과 연결된 표층 순환도 활발해지므로 표층수의 흐름도 강해진다.

**12** 답 ②

**자료 분석** 지중해 유출수



- 지중해 유출수가 지브롤터 해협을 빠져나와 수심 약 1000 m까지 가라앉는다. → 지중해 표층수는 대서양 표층수보다 밀도가 크다.
- 지중해 해수는 대서양 해수와 수온이 같으므로 염분이 더 높다.
- ① 해수는 해저면 부근에 있는 남극 저층수보다 밀도가 작다.

ㄴ. 지중해 표층 해수가 대서양 표층 해수 아래로 가라앉으므로 해수의 밀도는 A 해역보다 B 해역에서 크다. 해수의 표층 수온이 같다고 했으므로 표층 염분은 B 해역이 A 해역보다 크고, (증발량 - 강수량)도 B 해역이 A 해역보다 크다. 따라서 (강수량 - 증발량)은 A 해역이 A 해역보다 크다.

**오답 피하기** ㄱ. 지중해에서 대서양으로 빠져나오는 해수가 약 1000 m까지 가라앉는다. 따라서 지중해 표층수가 대서양 표층수보다 밀도가 크다.

ㄴ. 남극 저층수는 밀도가 매우 커서 대서양 바닥을 따라 흐른다. 따라서 ① 해수(지중해 유출수)의 밀도는 남극 저층수보다 작다.

**13** 답 ④

ㄱ. 종이컵에서 빠져나온 물로 수조의 물보다 밀도가 크므로 수조 바닥으로 가라앉는다.

ㄴ. 종이컵의 위치는 실제 대양에서 밀도가 큰 표층수가 가라앉는 침강 해역에 해당한다.

**오답 피하기** ㄴ. ㉠을 상온의 물로 바꾸면, 얼음물과 밀도 차이가 줄어들어 침강이 약해진다.

**14** 답 ④

A에서 북대서양 심층수, C에서 남극 저층수가 형성된다. B와 D에서는 심층수가 용승하여 표층 순환으로 연결된다.

**오답 피하기** ㄴ. 침강한 해수의 밀도는 C에서 형성되는 남극 저층수가 가장 크다.

**15**

해수의 압력은 수심이 깊을수록 크다.

**예시 답안** D > C > B > A, 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분과 수압이 높을수록 크기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
해수의 밀도를 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
해수의 밀도만 옳게 비교한 경우	40

**16**

수온 염분도에 표시된 등밀도선은 오른쪽 아래로 갈수록 커진다. 따라서 등밀도선을 기준으로 해수의 밀도를 확인할 수 있다.

**예시 답안** B 해역, 세 해역 모두 8월에 밀도가 가장 작고, 2월에 밀도가 가장 크다. 따라서 8월과 2월의 밀도 차가 가장 큰 B 해역이 밀도의 연변화가 가장 큰 해역이다.

채점 기준	배점(%)
밀도의 연변화가 가장 큰 해역을 옳게 찾고, 그렇게 판단한 까닭을 옳게 설명한 경우	100
밀도의 연변화가 가장 큰 해역만 옳게 찾은 경우	40

**17**

(1) 해수의 용존산소량은 수심이 깊어질수록 감소하다가 수심 1000 m 부근에서 최소로 나타난다. 이후 수심이 깊어질수록 다시 증가한다.

**예시 답안** 수심이 깊어질수록 광합성량이 계속 감소하여 수심 1000 m 부근에서는 광합성이 일어나지 않는다. 그러나 생물에 의한 산소 소비는 계속 일어나기 때문에 수심 1000 m 부근에서 용존산소량이 최소로 나타난다.

채점 기준	배점(%)
광합성과 생물의 산소 소비에 대해 옳게 설명한 경우	100
자세한 설명 없이 광합성 또는 생명 활동만 언급한 경우	50

(2) **예시 답안** 수심 1000 m보다 깊은 곳에서는 수심이 깊어질수록 수압이 커지고 고위도에서 침강한 해수가 유입되어 용존산소량은 다시 증가한다.

채점 기준	배점(%)
심층 순환을 통해 공급된다는 것을 옳게 설명한 경우	100
자세한 설명 없이 심층 순환만 언급한 경우	50

18

**예시 답안** 위도 20°S에서 연직 방향으로 분포하는 해수를 비교해 보면, A는 수심 약 2 km~4 km에 분포하는 북대서양 심층수이고, B는 수심 약 5 km 부근에 분포하는 남극 저층수이다. C는 수심 약 1 km 부근에 분포하는 남극 중층수이다. 따라서 세 해수의 밀도는 B>A>C이다.

채점 기준	배점(%)
제시한 자료에 근거하여 해수의 밀도를 옳게 비교한 경우	100
해수의 밀도만 옳게 비교한 경우	40

19

이 시기에 대량의 담수가 유입되어 심층 순환이 급격하게 약해지면서 영거 드라이아스가 나타났다.

**예시 답안** 북아메리카 대륙의 거대한 빙하가 녹아 북대서양으로 담수가 대량 유입되면서 북대서양의 표층 염분이 낮아져 해수의 침강이 중단되었다. 그에 따라 심층 순환이 약해져 고위도에 따뜻한 표층수 공급이 중단되었고, 한랭한 기후가 지속되었다.

채점 기준	배점(%)
담수의 유입이 심층 순환과 기후 변화에 미친 영향을 모두 옳게 설명한 경우	100
심층 순환과 기후 변화에 미친 영향 중 하나만 언급한 경우	50

2 날씨 변화와 악기상

6~9쪽

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

**단답형·서술형 문제**

14 해설 참조                      15 해설 참조  
16 (1) (나) → (다) → (가) (2) 해설 참조  
17 ㉠ 숨은열, ㉡ 높아진다   18 (가) 황사, (나) 폭설, (다) 우박  
19 (1) ㉠ 최대 풍속, ㉡ 이동 속도, ㉢ 중심 기압 (2) 해설 참조

01 **답 ⑤**  
⑤ 다음 날 B는 이날보다 동쪽으로 이동하여 우리나라의 날씨에 영향을 미치지 않는다.

**오답 피하기** ①, ② A는 고기압이므로 하강 기류가 우세하고, B는 저기압이므로 구름이 많고 흐린 날씨가 나타난다.

③, ④ 이날 우리나라는 시베리아 고기압의 영향을 받으며, 서울에서는 북서풍이 분다.

02 **답 ③**  
ㄱ. 적외 영상에서는 구름의 최상부 온도가 낮을수록 밝게 보인다. 따라서 구름의 최상부 온도는 A가 B보다 낮다.

ㄴ. A 부근에 분포하는 구름은 한랭 전선 뒤쪽에 나타나는 적운형 구름이다. 온난 전선 부근에는 층운형 구름이 분포한다.

**오답 피하기** ㄷ. 이날 우리나라 부근의 강수 구역은 중위도 저기압(전선)에 동반되어 나타났으며, 중위도 저기압이 동쪽으로 이동함에 따라 강수 구역도 동쪽으로 이동할 것이다.

03 **답 ④**  
④ 겨울철에는 서고 동서형, 여름철에는 남고 북저형의 기압 배치가 나타난다.

**오답 피하기** 우리나라의 날씨는 여름철에 북태평양 고기압의 영향으로 무덥고 습한 날씨가 나타나고, 겨울철에 시베리아 고기압의 영향으로 한랭 건조한 날씨가 나타난다. 봄철과 가을철에는 이동성 고기압이 통과하면서 날씨 변화가 자주 나타나고, 초여름에는 오호츠크해 고기압의 영향을 받는다.

04 **답 ②**  
ㄷ. 우리나라는 주로 봄, 가을에 이동성 고기압이 통과하면서 날씨 변화가 나타난다.

**오답 피하기** ㄱ. 이동성 고기압은 서쪽에서 동쪽으로 통과하므로 시간 순서는 (나) → (가)이다.

ㄴ. (가)일 때 우리나라는 남쪽에 위치한 고기압의 영향으로 남풍 계열의 바람이 분다.

05 **답 ④**  
④ (가)는 한랭 전선, (나)는 정체 전선, (다)는 온난 전선 주변에서 관측되는 날씨 특징이다.

06 **답 ①**  
① 북반구 저기압에서는 바람이 시계 반대 방향으로 불어 들어온다. 따라서 A에서는 북동풍이 분다.

**오답 피하기** ② B는 C보다 기온이 낮다.

③ C에서는 구름이 거의 없는 비교적 맑은 날씨가 나타난다.

④ A~D 중 기압은 저기압 중심에 가까운 A에서 가장 낮게 나타난다.

⑤ D에서는 온난 전선이 통과한 후 기압이 낮아진다.

07 **답 ①**  
ㄱ. 15시경에 전선이 통과한 뒤 기온이 낮아지고 기압이 높아졌으므로, 한랭 전선이 통과하였다.

**오답 피하기** ㄴ. 한랭 전선이 통과하기 전인 12시경에는 남서풍이 불었다.

ㄷ. 9시~15시 사이는 한랭 전선이 통과하기 전이므로 비가 내리지 않았을 것이다.

08 **답 ③**  
ㄱ. 적도에서는 지구 자전에 의한 회전 효과가 나타나지 않으므로 열대 저기압이 발생하지 않는다.

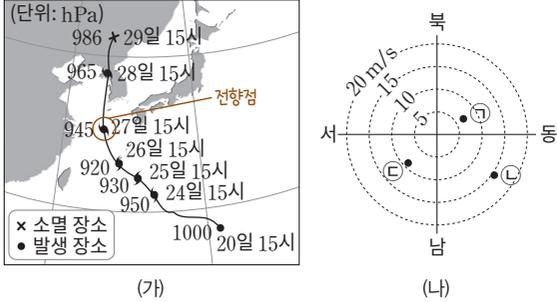
ㄷ. 열대 저기압은 열대 해상에서 발생한 다음 포물선 궤도를 따라 고위도로 이동한다.

**오답 피하기** 나. 열대 저기압은 수온이 높은 열대 해상에서만 발생한다.

09

답 ②

**자료 분석** 태풍의 이동과 풍향, 풍속의 변화



- 제주도를 비롯한 우리나라는 태풍 이동 경로의 위험 반원에 위치한다. → 풍향이 시계 방향으로 변화하였다.
- (나)에서 풍향 변화 순서는 시계 방향이어야 하므로 ㉠ → ㉡ → ㉢이다.
- 전향점에서 태풍의 중심 기압은 945 hPa이다.

나. 제주도에서 풍향은 태풍이 지나가는 동안 시계 방향으로 변하였고, 풍속은 태풍 중심에 가까울수록 빠르다. 따라서 (나)에서 관측한 순서는 ㉠ → ㉡ → ㉢이다.

**오답 피하기** 7. 우리나라는 태풍 이동 경로의 오른쪽인 위험 반원에 위치하였다.

다. 태풍의 중심 기압은 전향점 부근에서 약 945 hPa이다. 따라서 전향점에 위치하기 전에 중심 기압이 더 낮았다.

10

답 ⑤

나. 7월에서 10월로 갈수록 북태평양 고기압의 위치가 점차 동쪽으로 이동한다. 이에 따라 태풍의 평균 이동 경로도 동쪽으로 조금씩 치우친다.

다. 8월 평균 이동 경로를 기준으로 할 때, 우리나라는 태풍 이동 경로의 왼쪽에 있으므로 가항 반원에 위치한다.

**오답 피하기** 7. 6월에 태풍의 이동 경로는 무역풍의 영향으로 북서쪽이다.

11

답 ④

나. 표에서 태풍 중심의 기압이 낮을수록 최대 풍속이 크다는 것을 확인할 수 있다.

다. (가)~(라)는 모두 우리나라에 영향을 준 태풍이므로 이동하는 동안 무역풍과 편서풍의 영향을 받았다.

**오답 피하기** 7. (나)는 수명이 11일로 가장 길었지만 최저 중심 기압은 950 hPa로 (다)보다 높았다.

12

답 ⑤

⑤ 뇌우는 발생 규모가 작고 수명이 짧기 때문에 예측이 매우 어렵다.

**오답 피하기** 그림의 뇌우는 상승 기류와 하강 기류가 공존하는 성숙 단계에 해당한다. 성숙 단계에서는 강한 비와 함께 천둥, 번개, 우박 등이 발생하기도 한다. 우박은 구름 내부에서 상승과 하강을 반복하며 성장한다. 뇌우의 강수 구역은 주로 하강 기류 영역에서 나타난다.

13

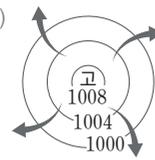
답 ④

(가)는 집중 호우, (나)는 뇌우의 모습이다. 중위도 저기압과 달리 규모가 작고 좁은 지역에 영향을 주는 중규모 저기압은 집중 호우와 함께 천둥, 번개 등을 동반하기도 한다.

14

북반구 고기압에서는 바람이 시계 방향으로 불어 나가고, 남반구 저기압에서는 바람이 시계 방향으로 불어 들어온다.

**예시 답안** (가)



(나)



15

(가)에는 한랭 전선, (나)에는 온난 전선이 나타난다. 한랭 전선의 뒤쪽에서 좁은 지역에 소나기가 내리고, 온난 전선의 앞쪽에서 넓은 지역에 약한 비가 내린다.

**예시 답안** (가)에서는 A 구역에 소나기가 내리고, (나)에서는 D 구역에 약한 비(이슬비)가 내린다.

채점 기준	배점(%)
(가)와 (나)의 강수 구역과 강수 형태를 모두 옳게 설명한 경우	100
(가)와 (나) 중 한 곳의 강수 구역과 강수 형태를 옳게 설명한 경우	50

16

(1) 우리나라 주변에서 중위도 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

(2) (다) 시기 전후로 한랭 전선이 제주도를 통과하였다.

**예시 답안** 이 기간 동안 한랭 전선이 제주도 지역을 통과했으므로 풍향은 남서풍에서 북서풍(시계 방향)으로 바뀌었다.

채점 기준	배점(%)
풍향 변화를 전선의 종류와 관련지어 옳게 설명한 경우	100
풍향 변화만 옳게 쓴 경우	50

17

답 ㉠ 숨은열, ㉡ 높아진다

태풍의 에너지원은 열대 해에서 증발한 수증기가 응결하면서 방출하는 숨은열이다. 따라서 태풍이 육지에 상륙하면 급격하게 중심 기압이 높아지면서 세력이 약해진다.



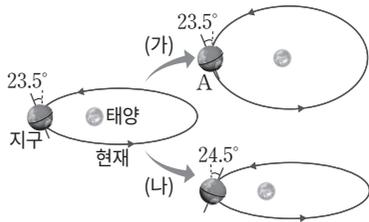
ㄴ. 태양 활동 변화, 공전 궤도 이심률 변화, 세차 운동은 모두 기후 변화를 일으키는 지구 외적 요인이다.

**오답 피하기** ㄷ. 지구의 공전 궤도 이심률이 작아지면 근일점 거리가 현재보다 멀어지므로 우리나라의 겨울철 기온은 하강한다.

09

답 ②

**자료 분석** 기후 변화의 지구 외적 요인



- 현재: 근일점일 때 북반구 계절은 겨울이다.
- (가): 이심률이 감소하여 공전 궤도가 원 궤도에 가까워졌다. → 북반구에서 근일점(겨울) 거리가 멀어졌다. → 기온의 연교차가 증가한다.
- (나): 세차 운동으로 자전축 경사 방향이 반대가 되었고, 자전축 기울기가 24.5°로 커졌다. → 북반구는 근일점일 때 여름이며, 태양의 남중 고도가 높아져 여름철 기온이 높아진다. → 기온의 연교차가 증가한다.

ㄴ. 공전 궤도 이심률은 궤도 모양이 원에 가까울수록 작으므로 (가)가 현재보다 작다.

**오답 피하기** ㄱ. A일 때 지구 자전축 방향이 태양의 반대쪽을 향하므로 우리나라의 계절은 겨울이다.

ㄷ. (나)일 때 지구가 근일점에서 여름이므로 원일점에서 여름인 현재보다 여름철 기온이 높다. 또한 자전축의 기울기도 (나)가 현재보다 크므로 여름철 기온이 더 높아진다.

10

답 ①

ㄱ. 기후 변화를 일으키는 자연적 요인 중에서 지구 내적 요인은 수륙 분포의 변화, 화산 활동, 지표면 상태 변화 등이 있다.

**오답 피하기** ㄴ. 태양의 평균 남중 고도는 지구 외적 요인에 해당한다.

ㄷ. 인간 활동으로 인한 대기의 온실 효과 증가는 인위적 요인에 해당한다.

11

답 ③

ㄱ, ㄴ. 대규모 화산 폭발은 태양 빛의 대기 투과율을 감소시켜 지구의 평균 기온을 낮추는 역할을 한다.

**오답 피하기** ㄷ. 대기 투과율을 감소시킨 원인 물질은 주로 화산재이다. 이산화 탄소는 온실 효과를 일으킨다.

12

답 ④

ㄴ. 대규모 화산 활동이 일어나면 지구의 반사율(☉)이 증가한다.

ㄷ. 대기 중 온실 기체의 농도가 증가하면 온실 효과가 강화되어 ㉠과 ㉡이 모두 증가한다.

**오답 피하기** ㄱ. 태양 복사는 주로 가시광선이고 지구 복사는 주로 적외선이므로, 평균 파장은 태양 복사가 지구 복사보다 짧다.

13

답 ⑤

⑤ 대기 중 이산화 탄소의 농도는 화석연료 사용량이 증가하면서 급격하게 증가하고 있는 추세이다.

**오답 피하기** ② 대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가하여 해양에 녹아드는 이산화 탄소의 양도 증가하고 있다. 이로 인해 해양 산성화 현상이 나타나고 있다.

14

답 ①

① 빙하 용해로 담수가 유입되면 표층 해수의 밀도가 감소하여 침강이 어려워져 심층 순환이 약해진다.

**오답 피하기** ④, ⑤ 인간 활동으로 인한 해수면 상승, 사막화 확대, 도시화 등은 기후 변화의 인위적 요인에 해당하며, 지표 반사율을 변화시키는 역할을 한다.

15

답 ④

**오답 피하기** B. 상층 대기에 존재하는 에어로졸은 햇빛을 반사시켜 지표로 유입되는 태양 복사 에너지를 감소시키는 역할을 한다.

16

A 구간에서는 남동 무역풍이 불고, B 구간에서는 북동 무역풍이 분다.

**예시 답안** A 구간과 B 구간에서 모두 동풍 계열의 바람이 불어야 남반구에서는 표층 해수가 남쪽으로 이동하고, 북반구에서는 표층 해수가 북쪽으로 이동한다.

채점 기준	배점(%)
A 구간(남반구)과 B 구간(북반구)에서의 바람의 방향을 모두 옳게 설명한 경우	100
A 구간(남반구)과 B 구간(북반구)에서의 바람의 방향 중 하나만 옳게 설명한 경우	50

17

무역풍의 약화로 표층 해수의 흐름에 변화가 생기면 열대 동태평양에서 나타나는 용승이 약해진다.

**예시 답안** 무역풍이 약해지면서 열대 태평양의 따뜻한 표층 해수가 서태평양으로 이동하는 흐름이 약해지면 동태평양에서 용승이 약해진다. 이로 인해 동태평양의 표층 수온이 높아지고 수개월 이상 지속되면 엘니뇨가 발생한다.

채점 기준	배점(%)
제시한 용어를 모두 사용하여 엘니뇨의 발생 과정을 옳게 설명한 경우	100
제시한 용어 중 일부만 사용하여 엘니뇨의 발생 과정을 옳게 설명한 경우	50

18

해수면 온도가 평상시보다 높아지면 해면 기압이 낮아져 해면 기압 편차는 (-)가 된다.

**예시 답안** A 시기에 동태평양은 해면 기압 편차가 (+)이므로 평상시보다 해면 기압이 높고, 서태평양은 해면 기압 편차가 (-)이므로 평상시보다 해면 기압이 낮다. 따라서 A 시기는 라니냐이다. B 시기에는 A와 반대의 해면 기압 편차가 나타나므로 엘니뇨에 해당한다.

채점 기준	배점(%)
엘니뇨 시기와 라니냐 시기만 옳게 제시하고, 그 까닭을 해면 기압 편차와 관련지어 옳게 설명한 경우	100
엘니뇨 시기와 라니냐 시기만 옳게 제시한 경우	40

19

태양 활동이 활발할수록 흑점 수가 많아지고 지구에 입사하는 태양 복사 에너지의 양도 증가한다.

**예시 답안** 태양 흑점 수 변화는 태양 활동 변화와 밀접한 관련이 있으며, 흑점 수가 변하면 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양도 달라지므로 기후 변화를 일으키는 천문학적 요인이 된다.

채점 기준	배점(%)
태양 활동이 기후 변화를 일으키는 천문학적 요인인 까닭을 자료에서 제시한 흑점 수 변화, 태양 복사 에너지 변화와 관련지어 옳게 설명한 경우	100
태양 활동이 기후 변화를 일으키는 천문학적 요인이라는 사실만 설명한 경우	40

20

(1) 최근의 지구 평균 기온 변화는 주로 인위적 요인에 의한 것으로 알려져 있다.

(2) **예시 답안** 지구의 평균 기온 변화는 인위적 요인(온실 기체)과 자연적 요인을 모두 고려한 예측 결과와 잘 일치한다. 특히 최근 급격하게 증가하는 지구의 평균 기온은 자연적 요인보다 온실 기체의 농도 증가와 관련이 있다.

채점 기준	배점(%)
지구 평균 기온 편차의 변화를 인위적 요인과 자연적 요인을 고려하여 옳게 설명한 경우	100
지구 평균 기온 편차의 변화를 인위적 요인과 자연적 요인을 고려하여 부분적으로 옳게 설명한 경우	50

21

대기 중 이산화 탄소 농도를 줄이고자 할 때, 배출량 자체를 줄이는 방법과 배출된 이산화 탄소의 농도를 줄이는 방법이 있다.

**예시 답안** 대기 중 이산화 탄소 농도를 줄이기 위한 방법으로 신재생 에너지 이용, 이산화 탄소 포집·저장 기술 개발, 조림 사업 등이 있다.

채점 기준	배점(%)
3가지를 모두 옳게 쓴 경우	100
3가지 중 2가지만 옳게 쓴 경우	60
3가지 중 1가지만 옳게 쓴 경우	30

II 지구의 역사와 한반도의 암석

1 지구의 역사

14~18쪽

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

단답형·서술형 문제

- 19 해설 참조 20 (1) 고생대 (2) 해설 참조  
 21 해설 참조 22 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조  
 23 해설 참조 24 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

01

답 ①

7. 퇴적물은 중력의 영향을 받아 수평으로 쌓이며 지층을 생성한다. 따라서 A와 B가 경사진 것은 지각 변동을 받았기 때문이며, 이는 수평퇴적의 법칙으로 설명된다.

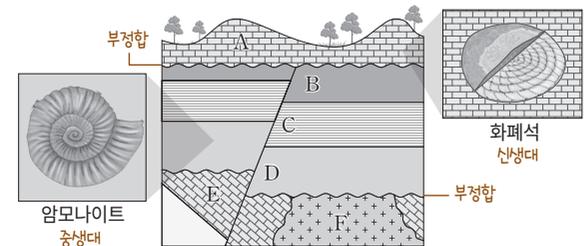
**오답 피하기** ㄴ. C에서 기저 역암이 나타나므로 C는 부정합면 위쪽에 위치한다. 따라서 용기와 침강이 일어났던 지층은 B이고, 이는 부정합의 법칙으로 설명된다.

ㄷ. 화석의 종류나 특징을 비교해 지층의 생성 순서를 알아내는 것은 동물군천이의 법칙을 적용한 것이다.

02

답 ②

자료 분석 지층의 생성 순서



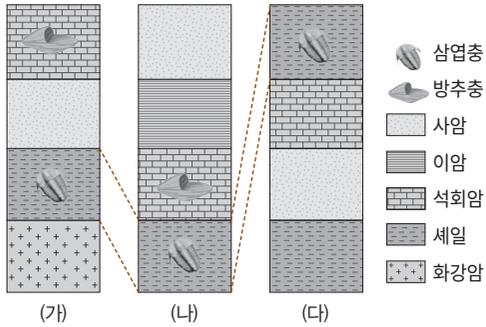
- A와 B, D와 E 사이에 부정합이 형성되어 있다.
- 화폐석은 신생대, 암모나이트는 중생대의 표준 화석이다. 따라서 A는 신생대에, D는 중생대에 생성된 지층임을 알 수 있다.
- 이 지역에서 일어났던 지질학적 사건의 순서는 E 퇴적 → 지각 변동으로 E 기울어짐 → F 관입 → 부정합 → D 퇴적 → C 퇴적 → B 퇴적 → 단층 → 부정합 → A 퇴적이다.

ㄷ. 부정합은 지층의 융기 → 침식 → 침강 → 퇴적의 과정을 거쳐 형성된다. A와 B, D와 E가 부정합 관계이므로 각각 1회씩 융기가 일어났고, A가 현재 지표에 드러나 있으므로 이 지역의 지층에는 최소한 3회의 융기가 일어났다.

**오답 피하기** ㄱ. 화폐석은 신생대의 화석이고, 암모나이트는 중생대의 화석이므로 C에서는 고생대의 화석인 필석이 산출될 수 없다.

ㄴ. B~E에 역단층이 형성되어 있으므로 E는 생성된 이후 횡암력을 받았다.

**자료 분석** 화석에 의한 지층 대비



- 고생대 표준 화석인 삼엽충과 방추충을 기준으로 지층을 대비한다.
- (가)~(다)에서 암상이 같더라도 생성 시기가 다른 지층이 있다.

7. 가장 나중에 생성된 지층은 (나)의 사암이다.  
 8. (나)의 석회암은 삼엽충이 산출되는 셰일보다 나중에 생성되었고, (다)의 석회암은 삼엽충이 산출되는 셰일보다 먼저 생성되었으므로 (나)의 석회암이 (다)의 석회암보다 나중에 생성되었다.  
**오답 피하기** 9. 삼엽충과 방추충은 고생대 화석이므로 (가)의 사암에서 중생대의 표준 화석인 암모나이트가 산출될 수 없다.

04

8. 화석에 의한 대비는 특정 시기에 생성된 지층에서만 발견되는 화석인 표준 화석을 이용해 지층의 선후 관계를 비교하는 것이다.

**오답 피하기** 7. 서로 가까이 있는 지역은 퇴적 환경이 비슷하므로 암상을 비교해 지층 대비를 할 수 있으나 멀리 떨어진 지역은 화석에 의한 대비가 더 적합하다.

9. 동일한 지역에서 반복적으로 퇴적된 지층은 퇴적 시기를 특정하기 어려우므로 건축으로 이용하기 어렵다.

05

② 방사성 동위원소의 반감기는 주변 환경이나 암석 속 방사성 동위원소의 양에 관계없이 항상 일정하다.

④ 퇴적암에 포함된 방사성 동위원소를 이용해 절대연령을 측정하면 퇴적이 일어나기 전의 암석에 대한 절대연령이 측정되므로 퇴적암의 생성 시기를 정확하게 알기 어렵다.

**오답 피하기** ① 방사성 동위원소의 붕괴로 생성된 원소를 자원소라고 하므로 시간이 지남에 따라 암석 속 자원소 함량은 증가한다.

③ 암석에 포함된 방사성 동위원소의 처음 양과 현재 양을 비교해 암석의 절대연령을 알아낸다.

⑤ 탄소의 방사성 동위원소는 반감기가 비교적 짧아 수만 년 이내에 생성된 젊은 암석의 절대연령을 측정하는 데 적합하다.

06

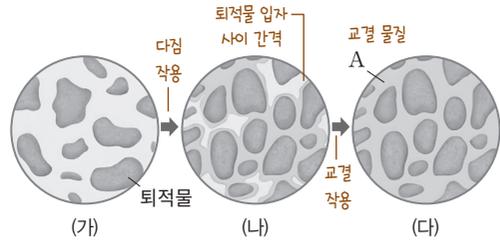
7. 시간이 지남에 따라 X의 양은 감소하고 Y의 양은 증가하므로 X는 모원소, Y는 자원소이다.

9. X의 현재 양이 처음 양의  $\frac{1}{4} = \left(\frac{1}{2}\right)^2$ 이고 2회의 반감기가 지났으므로 암석의 절대연령은 2억 년이다.

**오답 피하기** 8. 현재 이후 2억 년이 지나면 X의 양은 0.5, Y의 양은 7.5가 되므로 X와 Y의 비율은 1 : 15가 된다.

07

**자료 분석** 속성 작용



- 다짐 작용을 거치면 퇴적물 입자 사이의 간격이 줄어들고 퇴적물의 밀도가 높아진다.
- 교결 작용을 거치면 교결 물질이 퇴적물 입자 사이를 메워 입자가 서로 붙어 굳어진다.

7. A는 퇴적물 입자 사이를 메워 입자가 서로 붙어 굳어지도록 하는 교결 물질로, 지하수에 녹아 있던 석회질 물질이나 규질 물질이다.

8. (가) → (나)에서는 다짐 작용이 일어나고, (나) → (다)에서는 교결 작용이 일어나며 이 과정을 통틀어 속성 작용이라고 한다.

9. 쇠설성 퇴적암, 유기적 퇴적암, 화학적 퇴적암은 모두 속성 작용을 거쳐 생성된다.

08

9. 석회암은 석회질 생물체가 쌓여 생성되기도 하고, 물속에 녹아 있던 탄산 칼슘이 화학적 변화로 침전되어 생성되기도 한다.

**오답 피하기** 7. 응회암은 화산재가 쌓여 굳은 쇠설성 퇴적암이므로 ㉠은 화산재이다.

8. ㉡은 암염으로, 물이 증발함에 따라 물속에 녹아 있던 염화 나트륨이 침전되어 생성된 암석이다. 한랭한 기후보다 온난한 기후에서 물의 증발이 더 잘 일어나므로 암염은 온난한 기후에서 잘 생성된다.

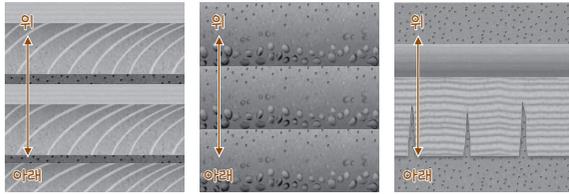
09

8. 물속에서 퇴적물이 가라앉을 때는 입자가 큰 것부터 가라앉으므로 A~C 중 작은 자갈의 질량비가 가장 큰 구간은 C이다.

**오답 피하기** 7. 이 탐구 활동은 퇴적물 입자의 크기에 따른 낙하 속도의 차이로 형성되는 점이 층리의 형성 원리를 알아보는 실험이다.

9. 점이 층리는 수심이 깊은 곳에서 다양한 크기의 퇴적물이 쌓일 때 크기가 큰 입자부터 퇴적되어 형성되므로 ㉠이 퇴적되는 실제 환경은 주로 수심이 깊은 물 밑이다.

**자료 분석** 퇴적 구조와 지층의 상하 판단



(가) 사층리  
아래로 갈수록 층리의 경사가 급해지므로 지층의 역전이 일어났고, 역전된 지층 크기가 작아진다. → 정상 지층

(나) 점이 층리  
아래로 갈수록 갈라진 틈이 넓어지므로 지층의 역전이 일어났다. 역전된 지층

(다) 건열  
아래로 갈수록 갈라진 틈이 넓어지므로 지층의 역전이 일어났다. 역전된 지층

• 퇴적 구조는 퇴적 당시의 환경과 퇴적 과정뿐만 아니라 지층의 상하 판단에도 이용된다.

7. (가)는 사층리, (나)는 점이 층리, (다)는 건열이다. (가)는 아래로 갈수록 층리의 경사가 급해지므로 지층의 역전이 일어났고, (다)는 아래로 갈수록 갈라진 틈이 넓어지므로 지층의 역전이 일어났다.

ㄷ. (다)의 건열은 퇴적물이 건조한 대기에 노출되어 표면이 갈라지면서 형성되므로 자갈이 많은 퇴적물보다 점토질 퇴적물에서 잘 형성된다.

**오답 피하기** ㄴ. 물이나 바람이 일정한 방향으로 흐른 흔적이 있는 퇴적 구조는 사층리인 (가)이다.

11

① 지질시대를 나누는 가장 큰 시간 단위는 누대이고, 명왕누대, 시생누대, 원생누대, 현생누대로 구분한다.

**오답 피하기** ② 지질시대 동안 지구의 환경은 끊임없이 변화했고, 다양한 생물이 나타났다가 사라졌다.

③ 지질시대는 지구가 탄생한 때부터 현재까지 지질학적 현상이 나타나는 시기를 말한다.

④ 고생대 캄브리아기 이전의 명왕누대, 시생누대, 원생누대를 통틀어 선캄브리아시대라고 한다.

⑤ 지질시대는 화석으로 나타나는 생물계의 큰 변화나 지각 변동의 기록 등을 기준으로 구분한다.

12

ㄱ. 시상 화석은 특정 환경에서 서식했던 생물의 화석으로, 과거의 환경을 추정하는 데 이용한다.

ㄴ. 표준 화석은 특정 시기에 번성했던 생물의 화석으로, 지질시대의 결정과 지층 대비에 이용한다.

**오답 피하기** ㄷ. 생존 기간이 길고 특정 환경에서만 서식하며, 환경 변화에 민감한 생물일수록 시상 화석으로서 가치가 높다. 생존 기간이 짧고 진화 속도가 빠른 생물일수록 표준 화석으로서 가치가 높다.

13

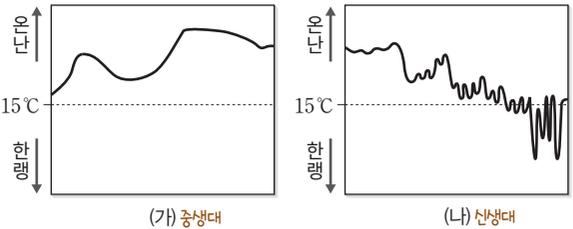
ㄱ. A는 원생누대, B는 시생누대로 지질시대의 대부분을 차지한다.

**오답 피하기** ㄴ. C는 고생대, D는 중생대, E는 신생대이다. 최초의 생명체가 출현했던 시기는 시생누대(B)이다.

ㄷ. 다양한 해양 생물이 급증하고 삼엽충과 완족류 등의 해양 무척추동물이 번성했던 시기는 고생대(C) 캄브리아기이다.

14

**자료 분석** 지질시대별 지구의 평균 기온 변화



- 중생대에는 기후가 전체적으로 온난했고 빙하가 없었다.
- 신생대 전기에는 기후가 온난했으나 후기로 갈수록 한랭해졌고, 제4기에는 빙하기와 간빙기가 여러 차례 반복되었다.

ㄴ. 기후가 온난할수록 빙하의 면적이 감소해 해수면의 높이가 높아지므로 평균 해수면 높이는 (가)가 (나)보다 높았다.

**오답 피하기** ㄱ. 현생누대가 시작된 이후 대멸종 시기를 제외하면 해양 생물종의 수는 계속 증가했으므로 (나)인 신생대가 (가)인 중생대보다 해양 생물종의 수가 많았다.

ㄷ. 중생대 말기는 온난했고 신생대 말기는 한랭했으므로 빙하의 총면적은 (가)의 말기가 (나)의 말기보다 좁았다.

15

ㄱ. 빙하가 낮은 곳으로 흐르는 동안 지반의 암석에는 굽힌 자국이 형성되므로 ㉠은 암석 표면의 굽힌 자국이다.

ㄴ. 빙하의 흔적을 연구하는 방법으로는 빙하가 흐른 시기를 정확히 결정하기 어렵다는 한계점이 있다.

ㄷ. 빙하 시추물에 포함된 기포는 과거 빙하가 생성되는 과정에서 당시의 공기가 그대로 포획된 것이다. 따라서 (나)의 방법을 이용하면 직접적으로 과거 기체의 정보를 얻을 수 있다.

16

ㄴ. 중생대에는 판게아가 분리되면서 대륙이 이동해 대서양이 형성되기 시작했다.

ㄷ. 신생대에는 인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌해 히말라야산맥이 형성되는 등 수륙 분포가 현재와 비슷해졌다.

**오답 피하기** ㄱ. 고생대 말기에는 흩어져 있던 대륙들이 하나로 합쳐져 판게아가 형성되었다.

17

① 선캄브리아시대에는 오존층이 생성되지 않았으므로 생물은 바다에서만 출현하고 서식했다.

⑤ 오존층은 고생대에 생성되었으므로 지표에 도달하는 태양의 자외선 세기는 선캄브리아시대가 현생누대보다 강했다.

**오답 피하기** ② 최초의 단세포 생물은 약 38억 년 전인 시생누대에 출현했다.

③ 에디아카라 생물군은 원생누대 말에 출현한 다세포 생물이다. 최초의 척추동물은 고생대 오르도비스기에 출현한 어류이다.

④ 남세균이 출현한 후 남세균의 광합성으로 발생한 산소가 해수 중의 철과 반응해 호상철광층이 형성되었다.

**18** **답** ③

ㄱ. (가)는 신생대, (나)는 고생대, (다)는 중생대이므로 시간에 따른 순서는 (나) → (다) → (가)이다.

ㄴ. 파충류는 양서류 출현 이후인 고생대 석탄기에 출현했으므로 (나) 이후에 출현했다.

**오답 피하기** ㄷ. 중생대 말기인 백악기 말에도 대멸종이 일어났으나, 지질시대 최대 규모의 대멸종은 고생대 말기인 페름기 말에 일어났다.

**19**

A와 B의 연속적인 퇴적이 일어난 후 지층이 융기해 퇴적이 중단되었고 침식 작용이 일어났다. 이후 지층이 침강해 C가 퇴적되어 B와 C 사이에 부정합이 형성되었다. 부정합면 위쪽에 기존의 지층이 풍화, 침식 작용을 받아 가져 역암이 생성되었다.

**예시 답안** A가 생성된 후 새로운 퇴적물이 쌓여 B가 생성되었으며, 각각 변동으로 지층이 융기해 퇴적이 중단되었고 침식 작용이 일어났다. 이후 지층이 침강해 다시 퇴적이 일어나 C가 생성되면서 부정합이 형성되었다.

채점 기준	배점(%)
지층의 융기, 침강 과정과 부정합의 형성 과정을 모두 옳게 설명한 경우	100
부정합이 형성되었다고만 쓴 경우	20

**20**

(1) 암석 속 방사성 동위원소 X와 자원소 X'의 비율이 1 : 15이면 X의 양은 처음 양의  $\frac{1}{16} = \left(\frac{1}{2}\right)^4$ 이고 4회의 반감기가 지났으므로 암석의 절대연령은 3.2억 년이다. 고생대는 5.39억 년 전 ~2.52억 년 전까지의 시기이므로 이 암석은 고생대에 생성되었다.

(2) **예시 답안** 1 : 3, 암석의 절대연령은 3.2억 년이고 방사성 동위원소 Y의 반감기는 1.6억 년이다. 따라서 Y는 2회의 반감기가 지났으므로 Y : Y' = 1 : 3이다.

채점 기준	배점(%)
(1)에서 계산한 암석의 절대연령을 바탕으로 하여 Y : Y'을 계산 과정과 함께 옳게 설명한 경우	100
Y : Y'만 옳게 쓴 경우	30

**21**  
**예시 답안** 연흔의 모양으로 지층은 역전되지 않았음을 알 수 있다. 퇴적물 입자의 크기가 작을수록 해안에서 멀리까지 운반되어 수심이 깊은 곳에 퇴적되는데, 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 작아지므로 해수면은 상승했다.

채점 기준	배점(%)
해수면의 높이 변화와 그 까닭을 모두 옳게 설명한 경우	100
해수면의 높이 변화만 옳게 쓴 경우	30

**22**  
(1) **예시 답안** 모래와 점토, 모래와 점토가 쌓인 후 다져지고 교결 물질에 의해 붙어 굳어지는 속성 작용이 일어나 사암이 된다.

채점 기준	배점(%)
퇴적물의 종류와 퇴적암의 생성 과정을 모두 옳게 설명한 경우	100
퇴적물의 종류와 퇴적암의 생성 과정 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

(2) 암염은 해수가 증발함에 따라 염화 나트륨이 침전되어 생성된다. 석회암은 석회질 생물체가 쌓여 생성되기도 하지만 물속에 녹아 있던 탄산 칼슘이 침전되어 생성되기도 한다. 따라서 (나)와 (다)가 공통으로 속하는 퇴적암의 종류는 화학적 퇴적암이다.

**예시 답안** 화학적 퇴적암, 물속에 녹아 있던 물질이 화학적 변화로 침전되거나 물이 증발함에 따라 침전되어 생성된다.

채점 기준	배점(%)
퇴적암의 종류와 퇴적암의 생성 과정을 모두 옳게 설명한 경우	100
퇴적암의 종류와 퇴적암의 생성 과정 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

**23**

시생누대 전기에는 대기 중에 산소가 거의 존재하지 않아 태양의 강한 자외선이 그대로 지표에 도달했기 때문에 생물은 해양에서만 출현하고 서식할 수 있었다. 시생누대에 광합성을 하는 남세균이 출현했고, 이후 대기 중 산소의 농도가 점점 높아져 고생대에는 오존층이 생성되었다. 이에 따라 태양의 자외선이 차단되어 생물이 육상으로 진출하게 되었다.

**예시 답안** 선캄브리아시대에는 대기 중 산소의 농도가 낮아 오존층이 생성될 수 없었고, 태양의 강한 자외선이 그대로 지표에 도달했기 때문에 생물은 바다에서만 출현할 수 있었다.

채점 기준	배점(%)
제시된 단어를 모두 이용해 고생대 이전에 육지에서 생물이 출현할 수 없었던 까닭을 옳게 설명한 경우	100
제시된 단어를 모두 이용하지 않고 고생대 이전에 육지에서 생물이 출현할 수 없었던 까닭을 옳게 설명한 경우	50

24

(1) (가)는 신생대의 화폐석, (나)는 고생대의 삼엽충, (다)는 중생대의 암모나이트 화석으로, 이들은 모두 해양 생물이다.

예시 답안 (나) → (다) → (가) 순으로 번성했고, 이들 모두 바다에서 서식했다.

채점 기준	배점(%)
생물이 번성했던 시기의 순서와 서식 환경의 공통점을 모두 옳게 설명한 경우	100
생물이 번성했던 시기의 순서와 서식 환경의 공통점 중 한 가지만 옳게 설명한 경우	50

(2) 예시 답안 중생대, 중생대는 기후가 전체적으로 온난했고 빙하기가 없었다.

채점 기준	배점(%)
지질시대를 옳게 쓰고 이때의 기후를 옳게 설명한 경우	100
지질시대만 옳게 쓴 경우	30

2 한반도의 암석

19~22쪽

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

단답형·서술형 문제

- 13 해설 참조   14 해설 참조   15 해설 참조  
 16 해설 참조   17 해설 참조   18 해설 참조

01

답 ②

ㄷ. B의 암석이 온도 변화 없이 깊이 h보다 얕아지면 용융점이 낮아져 암석의 온도가 용융점보다 높아지면서 마그마가 생성된다.

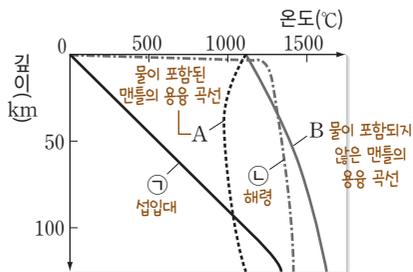
오답 피하기 ㄱ. A의 암석이 C의 상태가 되어도 암석의 온도는 용융점보다 낮으므로 고체 상태의 암석으로 존재한다.

ㄴ. A의 암석이 B의 깊이까지 하강하더라도 암석의 온도는 용융점보다 낮으므로 마그마가 생성되지 않는다.

02

답 ①

자료 분석 지하의 온도 분포와 맨틀의 용융 곡선



- 맨틀이 물을 포함하면 용융점이 낮아진다.
- 맨틀의 부분 용융이 일어나면 현무암질 마그마가 생성된다.

ㄱ. 동일한 깊이의 지하 온도를 비교하면 ㉠이 ㉡보다 높으므로 ㉠은 맨틀 대류의 상승부인 해령이고, ㉡은 섭입대이다. 해령과 섭입대에서 각각 맨틀 물질의 부분 용융이 일어나면 현무암질 마그마가 생성된다.

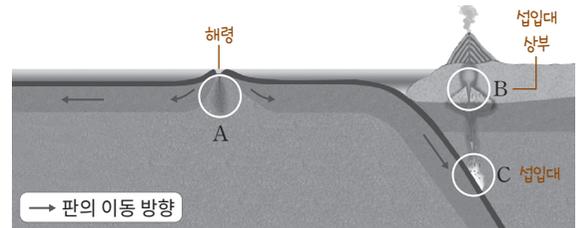
오답 피하기 ㄴ. 물이 포함된 맨틀의 용융점은 물이 포함되지 않은 맨틀의 용융점보다 낮으므로 A는 물이 포함된 맨틀의 용융 곡선이다.

ㄷ. 섭입대에서는 맨틀 물질에 물이 유입되어 용융점이 하강해 마그마가 생성된다.

03

답 ④

자료 분석 마그마의 생성 장소



- A(해령): 고온의 맨틀 물질이 상승하면 압력이 낮아지므로 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.
- B(섭입대 상부): 섭입대에서 생성되어 상승한 현무암질 마그마가 대륙 지각의 하부에 도달하면 대륙 지각이 가열되며 부분 용융이 일어나 유문암질 마그마가 생성되고, 현무암질 마그마와 유문암질 마그마의 혼합 또는 광물 정출로 현무암질 마그마의 조성이 변해 안산암질 마그마가 생성된다.
- C(섭입대): 해양 지각의 섭입으로 빠져나온 물이 맨틀 물질에 유입되어 용융점이 낮아지면 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.

ㄴ. B에서는 유문암질 마그마나 안산암질 마그마가 생성되고, C에서는 현무암질 마그마가 생성되므로 SiO<sub>2</sub> 함량은 B에서 생성되는 마그마가 C에서 생성되는 마그마보다 많다.

ㄷ. C에서는 섭입하는 해양 지각에서 빠져나온 물이 맨틀 물질에 유입되어 용융점이 낮아져 마그마가 생성된다.

오답 피하기 ㄱ. A에서는 맨틀 물질이 상승함에 따라 압력이 낮아져 맨틀 물질의 온도보다 용융점이 낮아지면서 마그마가 생성된다.

04

답 ③

ㄱ. A는 밝은색을 띠고 B는 어두운색을 띠므로 SiO<sub>2</sub> 함량은 A가 많고 B가 적다. A는 화산암이고 B는 심성암이므로 광물 결정의 크기는 A가 작고 B가 크다. 따라서 ㉠은 광물 결정의 크기고, ㉡은 SiO<sub>2</sub> 함량이다.

ㄷ. A는 밝은색을 띠고 B는 어두운색을 띠므로 밝은색 광물인 석영과 정장석의 함량은 A가 B보다 많다.

오답 피하기 ㄴ. 현무암은 어두운색을 띠는 화산암이므로 A일 수 없고, 화강암은 밝은색을 띠는 심성암이므로 B일 수 없다.

05 **답 ⑤**  
 7. (가)의 현무암은 신생대의 화산 활동으로 생성되었고, (나)의 화강암은 중생대의 지각 변동으로 생성된 유문암질 마그마가 식어 생성되었으므로 (가)의 암석은 (나)의 암석보다 나중에 생성되었다.

ㄴ. 주상 절리는 화산암에서, 판상 절리는 심성암에서 잘 나타난다. (가)의 현무암은 화산암이므로 주상 절리가, (나)의 화강암은 심성암이므로 판상 절리가 나타날 수 있다.

ㄷ. 화강암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 식어 생성된다. 화강암이 지표로 드러난 것은 지하에 있던 화강암이 용기해 화강암을 덮고 있던 암석이 제거되었기 때문이다.

06 **답 ④**  
 ㄴ. 마그마가 B를 관입할 때 B의 일부가 마그마 속으로 유입되어 화성암에 남아 있으므로 포획암은 B의 암석 조각을 포함한다.  
 ㄷ. 마그마가 C를 관입했으므로 C와 화성암의 접촉부에서는 열에 의해 접촉 변성암이 생성된다.

**오답 피하기** 7. A는 마그마가 주변 암석의 틈을 따라 수직에 가깝게 관입한 뒤 식어 굳은 암맥이다. 암상은 마그마가 주변 지층과 나란하게 관입한 뒤 식어 굳은 것이다.

07 **답 ④**  
 ④ 재결정 작용은 변성 작용이 일어나는 과정에서 광물 내부의 결합 구조가 달라져 다른 광물로 변하는 현상으로, 접촉 변성암 뿐만 아니라 광역 변성암이 생성될 때에도 작용하는 현상이다.

**오답 피하기** ①, ③ 접촉 변성 작용은 마그마가 관입하는 곳에서 주로 열에 의해 일어나는 변성 작용으로, 마그마의 접촉부를 따라 기존 암석의 비교적 좁은 영역에서 일어난다.

②, ⑤ 광역 변성 작용은 대규모 지각 변동이 일어나는 곳에서 암석이 높은 압력과 열을 받아 일어나는 변성 작용으로, 넓은 지역에 걸쳐 일어난다.

08 **답 ③**  
 7. A의 접촉 변성암이 규암이므로 A는 사암이다.  
 ㄴ. B는 셰일의 접촉 변성암인 혼펠스이다. 혼펠스에서는 입자가 작은 광물들이 치밀하고 단단하게 짜인 혼펠스 조직이 나타난다.

**오답 피하기** ㄷ. C는 석회암의 접촉 변성암인 대리암이다. 대리암에서는 크기가 거의 비슷한 조립질의 광물 입자들이 치밀하게 짜인 입상 변정질 조직이 나타난다.

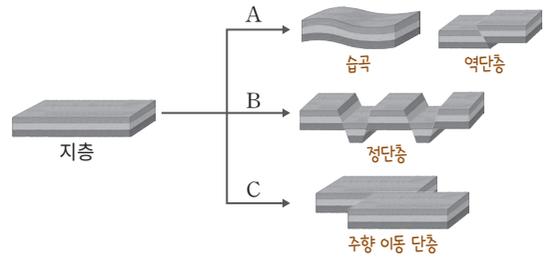
09 **답 ③**  
 7. (나)는 재결정 작용으로 밝은색 광물과 어두운색 광물이 서로 분리되고 성장해 줄무늬를 이룬 편마 구조로, 편마암(B)에서 잘 나타난다.

ㄷ. 지하 깊은 곳으로 갈수록 온도와 압력이 높아지므로 변성 정도가 커지고 광물 결정의 크기도 커진다. 편암은 점판암보다 변성 정도가 크므로 광물 결정의 크기가 크다.

**오답 피하기** ㄴ. 광역 변성 작용은 비교적 넓은 온도와 압력 범위에서 발생하기 때문에 조건에 따라 여러 종류의 변성암이 생성될 수 있다. A는 천매암이고 B는 편마암으로, 변성암이 생성되는 온도는 B가 A보다 높다.

10 **답 ⑤**

**자료 분석** 습곡과 단층



- 두 판이 가까워지는 수렴 경계에서는 횡압력이 작용해 습곡이나 역단층이 형성된다.
- 두 판이 멀어지는 발산 경계에서는 장력이 작용해 주로 정단층이 형성된다.
- 두 판이 서로 스쳐 지나가는 보존 경계에서는 힘이 수평 방향으로 어긋나게 작용해 주향 이동 단층이 형성된다.

7. A는 지층에 횡압력이 작용해 형성되는 습곡과 역단층이다.  
 ㄴ. B는 지층에 장력이 작용해 하반에 대해 상반이 아래로 이동한 정단층이다.  
 ㄷ. 보존 경계에서는 지층에 힘이 수평 방향으로 어긋나게 작용해 주향 이동 단층인 C가 주로 형성된다.

11 **답 ④**  
 7. 암석은 주변 환경 변화에 따라 끊임없이 다양한 경로로 순환한다.

ㄴ. 지권의 암석은 수권, 기권, 생물권 등 지구시스템의 다른 권역과 상호작용 하며 오랜 시간에 걸쳐 순환하고 있다.

**오답 피하기** ㄷ. 마그마를 생성하거나 암석의 변성 작용을 일으키는 에너지의 근원은 지구 내부 에너지이다.

**개념 더하기** 암석의 순환을 일으키는 에너지

- 지표에서 암석의 풍화와 침식을 일으키는 에너지의 근원은 태양 복사 에너지이다.
- 쇄설물을 낮은 지대로 운반하는 에너지는 중력 에너지이다.
- 지하 깊은 곳의 암석을 용융시켜 마그마를 생성하거나 지구 내부에서 암석의 변성 작용을 일으키는 에너지의 근원은 지구 내부 에너지이다.

12 **답 ⑤**  
 7. 국가지질공원은 지구과학적으로 중요하며 경관이 수려한 지역을 보전하고 교육과 관광 등에 활용하기 위해 지정한 곳으로, 국가지질공원을 이루는 지질 명소들은 희귀한 자연적 특성을 지

니고 있어 학술적, 교육적, 생태적, 문화적으로 가치가 우수하다.  
 나. (가)는 화산 활동으로 분출된 용암이 빠르게 식으면서 부피가 수축해 형성되는 다각형 기둥 모양의 절리이다.

ㄷ. 제주도 국가지질공원의 현무암 지형들은 신생대에 일어난 화산 활동으로 생성되었다. (나)는 꼭대기에 커다란 분화구가 있으며, 해수면 아래에서 마그마가 분출하며 일어난 화산 활동으로 형성되었다.

**13**

섭입대에서는 해양 지각과 해저 퇴적물이 섭입함에 따라 온도와 압력이 높아져 지각을 구성하는 함수 광물에서 물이 빠져나온다. 빠져나온 물이 맨틀에 유입되면 용융점이 낮아져 용융 곡선은 A에서 B로 변한다. 이에 따라 맨틀 물질의 온도가 용융점보다 높은 상태가 되면 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.

**예시 답안** 섭입대에서 해양 지각과 해저 퇴적물이 섭입함에 따라 함수 광물에서 빠져나온 물이 맨틀에 유입되면 용융점이 낮아지고, 맨틀 물질이 부분 용융되어 마그마가 생성된다.

채점 기준	배점(%)
물의 유입으로 마그마가 생성되는 과정을 생성 장소와 관련지어 옳게 설명한 경우	100
물의 유입으로 마그마가 생성되는 과정만 옳게 설명한 경우	80
마그마가 생성되는 장소만 옳게 쓴 경우	20

**14**

**예시 답안** (가)는 SiO<sub>2</sub> 함량이 52 % 이하이며 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 식어서 생성된다. (나)는 SiO<sub>2</sub> 함량이 63 % 이상이며 마그마가 지표로 분출하거나 지표 가까운 곳에서 빠르게 식어서 생성된다.

채점 기준	배점(%)
암석의 SiO <sub>2</sub> 함량과 마그마가 식어서 굳은 환경을 모두 옳게 비교해 설명한 경우	100
암석의 SiO <sub>2</sub> 함량과 마그마가 식어서 굳은 환경 중 한 가지만 옳게 비교해 설명한 경우	50

**15**

우리나라의 한탄강 일대에는 신생대에 일어난 화산 활동으로 형성된 현무암 지형이 있고, 설악산 일대에는 중생대에 생성된 마그마가 식어 형성된 화강암 지형이 있다.

**예시 답안** A는 주상 절리로, 용암이 빠르게 식으면서 부피가 수축해 형성된다. B는 판상 절리로, 지하 깊은 곳에 있던 암석이 융기하거나 암석을 덮고 있던 지층이 제거되어 압력이 감소함에 따라 부피가 팽창해 형성된다.

채점 기준	배점(%)
A와 B의 이름을 옳게 쓰고, 이들의 형성 과정을 암석의 부피 변화와 관련지어 모두 옳게 설명한 경우	100
A와 B의 이름만 옳게 쓴 경우	20

**16**

(가)와 (다)는 셰일이 광역 변성 작용을 받아 생성되는 변성암의 조직이다. (다)는 (가)보다 광물 결정의 크기가 크고 엽리가 뚜렷하다. 따라서 (다)는 (가)보다 고온 고압의 환경에서 생성되어 변성 정도가 크다. (나)는 크기가 거의 비슷한 조립질의 광물 입자들이 치밀하게 짜인 입상 변정질 조직으로, 사암이 접촉 변성 작용을 받아 생성되는 규암에서 나타난다.

**예시 답안** (가)와 (다), (다)의 암석은 (가)의 암석보다 더 높은 압력과 열을 받아 생성되어 광물 결정의 크기가 크고 엽리가 뚜렷하게 발달해 있다.

채점 기준	배점(%)
셰일의 광역 변성암 조직을 옳게 고르고 이들의 차이점을 옳게 설명한 경우	100
셰일의 광역 변성암 조직만 옳게 고른 경우	30

**17**

(가)와 (나)는 지층이 횡압력을 받아 형성된 습곡과 역단층이다. 습곡과 역단층의 형성 과정에서 작용한 힘의 종류는 같으나 서로 다른 지질 구조가 형성된 까닭은 형성된 환경이 다르기 때문이다.

**예시 답안** 암석이 지표 부근에서 압력을 받으면 부서지지만, 온도와 압력이 높은 환경에서는 휘어질 수 있다. 따라서 (가)는 온도와 압력이 상대적으로 높은 지하 깊은 곳에서 형성되었고, (나)는 온도와 압력이 상대적으로 낮은 지각 상부에서 형성되었다.

채점 기준	배점(%)
습곡과 역단층이 형성된 환경을 옳게 비교하고 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
습곡과 역단층이 형성된 환경만 옳게 설명한 경우	50

**18**

A는 지표에 드러난 암석이 풍화와 침식 작용을 받아 쇄설물이 되고, 이 쇄설물이 운반되어 쌓인 후 퇴적암이 되는 전체 과정에 해당한다. 이 과정은 지구시스템을 이루는 권역 간의 상호작용으로 일어난다.

**예시 답안** 지표에 드러난 암석이 기권, 수권, 생물권과 영향을 주고받으며 풍화와 침식 작용을 받아 잘게 부서진다. 이렇게 생성된 쇄설물은 물, 바람, 빙하 등 기권과 수권의 영향을 받아 운반되어 퇴적되고, 속성 작용을 거쳐 퇴적암이 된다.

채점 기준	배점(%)
암석의 순환 과정에서 퇴적암이 되는 과정을 지구시스템의 권역 간 상호작용과 관련지어 옳게 설명한 경우	100
암석의 순환 과정에서 퇴적암이 되는 과정을 옳게 서술했으나 지구시스템의 권역 간 상호작용과 관련짓지 못한 경우	50

### III 태양계 천체와 별과 우주의 진화

#### 1 태양계 천체와 별

23~27쪽

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

##### 단답형·서술형 문제

- 17 (1) A: 부분월식, B: 개기월식, C: 반영식 (2) 해설 참조  
 18 해설 참조 19 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조  
 20 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조 (3) 해설 참조

01

답 ③

ㄱ. 일식이 시작할 때는 태양의 서쪽(북반구 기준 오른쪽)부터 가려지고, 일식이 끝날 때는 서쪽부터 드러난다. A에서는 태양의 서쪽이 가려져 있고, B에서는 태양의 서쪽이 드러나 있으므로 A는 일식이 시작할 때이고, B는 일식이 끝날 때이다. 따라서 일식은 A에서 B 방향으로 일어났다.

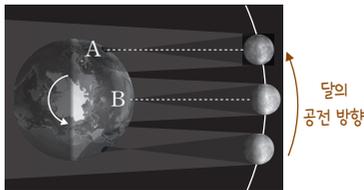
ㄴ. 태양은 오전에 동쪽에서 남쪽으로 이동하면서 고도가 높아지고, 오후에는 남쪽에서 서쪽으로 이동하면서 고도가 낮아진다. 그림에서 태양은 서쪽으로 이동하면서 고도가 낮아지므로 이날 일식을 관측한 시간은 오후이다.

오답 피하기 ㄷ. 이날 이 지역에서는 개기일식이 일어나지 않고, 부분일식만 일어났으므로 달의 반그림자가 통과했다.

02

답 ②

##### 자료 분석 혼성일식



- 일식이 일어날 때 달그림자는 지구 표면을 따라 지구의 자전 방향과 같은 방향인 서에서 동으로 이동한다. → 식 현상은 A 지점에서보다 B 지점에서 먼저 관측된다.
- 일식이 진행되는 동안 A 지점에서는 지구와 달 사이의 거리가 멀어져 금환일식이 관측된다. → 이때 달의 시직경이 태양의 시직경보다 작다.
- 일식이 진행되는 동안 B 지점에서는 지구와 달 사이의 거리가 가까워져 개기일식이 관측된다. → 이때 달의 시직경이 태양의 시직경보다 크다.
- 이처럼 일식이 진행되는 동안 지역에 따라 금환일식 또는 개기일식이 관측되는 현상을 혼성일식이라고 한다.

이날 A 지점에서는 금환일식이, B 지점에서는 개기일식이 관측되는 혼성일식이 일어난다.

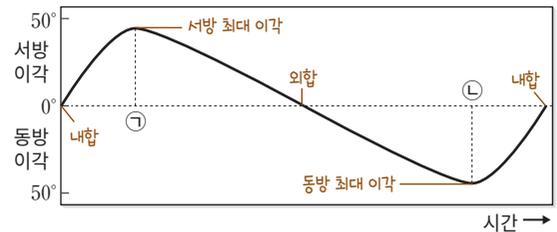
ㄷ. 혼성일식이 일어나기 위해서는 금환일식이 관측되는 지역에서 달의 시직경이 태양의 시직경보다 작아야 하고, 개기일식이 관측되는 지역에서 달의 시직경이 태양의 시직경보다 커야 한다. 따라서 이날 태양의 시직경은 0.529°보다 크고, 0.533°보다 작다.

오답 피하기 ㄱ. ㉠은 ㉡보다 달의 시직경이 크므로 ㉠은 개기일식이 관측되는 B 지점이고, ㉡은 금환일식이 관측되는 A 지점이다. ㄴ. 일식이 일어날 때 달그림자는 지구 표면을 따라 지구의 자전 방향과 같은 방향인 서에서 동으로 이동한다. A 지점이 B 지점보다 동쪽에 위치하므로 식 현상은 B 지점에서보다 A 지점에서 나중에 관측되었다. 따라서 A 지점인 ㉡의 관측 시각은 5시 30분보다 느리다.

03

답 ③

##### 자료 분석 금성의이각 변화



- 그림에서 최대 이각이 50°를 넘지 않으므로 이 행성은 내행성이다. → 수성의 최대 이각은 약 18°~28°이고, 금성의 최대 이각은 약 48°이므로 이 행성은 금성이다.
- 내행성과 지구와의 위치 관계는 외합 → 동방 최대 이각 → 내합 → 서방 최대 이각 → 외합의 순서로 변한다.
- 내행성과 지구와의 위치 관계가 동방 최대 이각에서 서방 최대 이각으로 변하는 시기에는 내합 부근에서 역행이 일어나며, 서방 최대 이각에서 동방 최대 이각으로 변하는 시기에는 순행이 일어난다.

ㄱ. 관측 기간 동안 행성의 이각이 50°를 넘지 않는 범위 내에서 변하고 있으므로 이 행성은 내행성이며, 최대 이각이 약 48°인 금성이다.

ㄴ. ㉠ 시기에 행성은 서방 최대 이각에 위치한다. 내행성이 서방 최대 이각에 위치할 때는 새벽에 동쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

오답 피하기 ㄷ. ㉠ 시기와 ㉡ 시기 사이에 내행성과 지구와의 위치 관계는 서방 최대 이각 → 외합 → 동방 최대 이각으로 변하므로 해당 시기에는 순행만 관측된다.

04

답 ⑤

ㄱ. 이각이 175°인 ㉠은 화성이 충 부근에 위치할 때이고, 이각이 92°인 ㉡은 화성이 동구 또는 서구 부근에 위치할 때이다. 화성의 겉보기 크기가 작고 상현보다 부분 위상인 (가)는 ㉡에 해당하고, 동구 부근에 위치할 때의 모습이다. 따라서 화성은 동구 부근에 위치할 때인 (가)일 때 저녁에 관측할 수 있다.

나. 화성의 겉보기 크기가 크고 망의 위상인 (나)는 ㉠에 해당하고, 충 부근에 위치할 때의 모습이다. 따라서 화성은 충 부근에 위치할 때인 (나)일 때 역행한다.

㉡. 지구로부터의 거리는 화성이 충에 위치할 때 가장 가까우므로 동구 부근에 위치할 때인 (가)일 때가 충 부근에 위치할 때인 (나)일 때보다 멀다.

**05** 답 ①

㉡. 금성은 관측이 시작되는 시기에 동방 최대 이각 부근에 위치하고, 관측이 끝나는 시기에 동방 최대 이각과 내합 사이에 위치한다. 따라서 이 기간 동안 금성의 이각은 감소했다.

**오답 피하기** 나. 수성은 관측이 시작되는 시기에 내합 부근에 위치하고, 관측이 끝나는 시기에 서방 최대 이각을 지나 외합으로 이동하고 있다. 따라서 이 기간 동안 수성은 동방 이각에 위치하지 않으므로 초저녁에 관측할 수 없으며, 수성이 서방 최대 이각에 위치할 때 새벽에 관측할 수 있다.

㉢. 화성은 관측이 시작되는 시기에 합 부근에 위치하고, 관측이 끝나는 시기에 합을 지나 서구로 이동하고 있다. 따라서 이 기간 동안 화성은 순행하고 있으므로 배경이 되는 별자리에 대해 서쪽에서 동쪽으로 움직였다.

**06** 답 ⑤

㉡. HI 흡수선은 CaII 흡수선보다 높은 표면 온도에서 흡수선의 세기가 강하게 나타나며, HI 흡수선은 표면 온도가 10000 K인 A0형 별에서 가장 강하게 나타나므로 ㉠은 10000 K보다 높다.

나. 태양의 스펙트럼에서는 CaII 흡수선이 가장 강하게 나타난다. 따라서 표면 온도가 ㉡인 별은 태양보다 표면 온도가 높고, 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 복사 에너지의 양도 태양보다 많다.

㉢. 중성 수소(HI) 흡수선은 표면 온도가 10000 K에서 가장 강하게 나타나고, 10000 K보다 온도가 높아지거나 낮아지면 약하게 나타난다. 따라서 별의 표면 온도가 달라도 중성 수소 흡수선의 세기는 같을 수 있다.

**07** 답 ②

㉡. 중성 수소 흡수선은 표면 온도가 10000 K인 A0형 별에서 가장 강하게 나타나며, 해당 별의 색은 백색이다. 따라서 중성 수소 흡수선은 별의 색이 백색인 (나)의 스펙트럼에서 가장 강하게 나타난다.

**오답 피하기** ㉡. 별의 광도가 클수록 절대 등급이 작으며, 광도가 100배 차이가 나면 절대 등급은 5등급 차이가 난다. (다)의 광도는 (가)의 광도의 5000배이다. 따라서 절대 등급은 (다)가 (가)보다 작으며, 절대 등급 차이는 10등급보다 작다.

나.  $R \propto \frac{\sqrt{L}}{T^2}$  을 만족한다. 황색 별인 (다)는 주황색 별인 (라)보다 표면 온도가 높고, (다)와 (라)의 광도가 같으므로 반지름은 표면 온도가 높은 (다)가 (라)보다 작다.

**08** 답 ④

나. 그래프에서 곡선과 가로축 사이의 면적은 별이 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지의 양에 해당하며, 이는 표면 온도의 네제곱에 비례한다. 표면 온도는 A가 B의 3배이므로 곡선과 가로축 사이의 면적은 A가 B의 81(=3<sup>4</sup>)배이다.

㉡.  $R \propto \frac{\sqrt{L}}{T^2}$  을 만족한다. 표면 온도는 A가 B의 3배이므로 A와 B의 광도가 같다면 반지름은 B가 A의 9배이다.

**오답 피하기** ㉡. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 A가 B의  $\frac{1}{3}$  배이므로 표면 온도는 A가 B의 3배이다.

**09** 답 ①

㉡.  $L \propto R^2 \cdot T^4$  을 만족한다. (가)의 표면 온도는 태양의  $\frac{5}{4}$  배이므로

$\frac{L_{(가)}}{L_{태양}} = 64^2 \times \left(\frac{5}{4}\right)^4$  이며, (가)의 광도는 태양의 10000배이고 (가)의 절대 등급은 태양보다 10등급만큼 작은 -5.2이다. 따라서 (가)는 (나)보다 절대 등급이 5등급만큼 작으므로 광도는 (가)가 (나)의 100배이다.

**오답 피하기** 나. (나)의 광도는 태양의 100배이다.  $T \propto \frac{\sqrt[4]{L}}{R}$  을 만족

하므로  $\frac{T_{(나)}}{T_{태양}} = \sqrt[4]{\frac{L_{(나)}}{L_{태양}}} \times \sqrt{\frac{R_{태양}}{R_{(나)}}} = \sqrt[4]{100} \times \sqrt{\frac{1}{2.5}} = 2$  이며,

(나)의 표면 온도는 태양의 2배이므로 (나)의 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 태양의  $\frac{1}{2}$  배인 250 nm이다. 따라서 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 (가)가 (나)보다 길기 때문에 표면 온도는 (가)가 (나)보다 낮다.

㉢. (나)의 표면 온도는 태양의 2배이고, 광도는 태양의 100배이므로 H-R도에서 태양의 왼쪽 위에 위치한다. (가)는 태양보다 표면 온도가 조금 높고 광도는 매우 크므로 H-R도에서 태양보다 위쪽에 위치하며, (가)는 (나)보다 표면 온도가 낮고 광도는 크므로 H-R도에서 (나)보다 오른쪽 위에 위치한다. H-R도에서 위치를 보면 주계열성에 해당하는 별은 (나)이며, (가)는 초거성에 해당한다. 따라서 평균 밀도는 초거성인 (가)가 주계열성인 (나)보다 작다.

**10** 답 ③

㉡. ㉡. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 (가)에서 약 450 nm~550 nm이고, (나)에서 약 350 nm이다. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도와 반비례하므로 표면 온도는 (가)가 (나)보다 낮다. 황색 별은 표면 온도가 낮은 (가)이며, (나)는 청색 별에 해당한다. 따라서 황색 별인 (가)의 분광형은 G형이다.

**오답 피하기** 나. (나)에서 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 약 350 nm이고, 가시광선의 파장 영역이 약 380 nm~780 nm이므로 (나)는 가시광선의 파장 영역보다 짧은 영역에서 최대 복사 에너지를 방출한다.

11 답 ③  
 (가)는 초거성, (나)는 거성, (다)는 주계열성, (라)는 백색왜성이다.  
 ㄱ. 초거성인 (가)는 거성인 (나)보다 H-R도의 위쪽에 분포하므로 평균 광도가 크다.  
 ㄴ. 거성인 (나)는 주계열성인 (다)보다 H-R도의 오른쪽 위에 분포하므로 평균 반지름이 크다.  
 오답 피하기 ㄷ. 주계열성인 (다)는 백색왜성인 (라)보다 H-R도의 오른쪽 위에 분포하므로 평균 밀도가 작다.

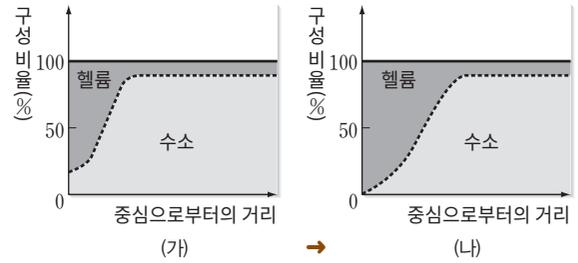
12 답 ④  
 광도 계급 I은 초거성, III은 거성, V는 주계열성이므로 (가)~(다)는 각각 초거성, 거성, 주계열성 중 하나이다.  
 ㄴ. 절대 등급이 가장 작은 (가)는 초거성이다. 절대 등급이 같은 (나)와 (다) 중에서 반지름이 큰 (다)가 거성이고, (나)는 주계열성이다. 따라서 질량은 초거성인 (가)가 거성인 (다)보다 크다.  
 ㄷ. (나)와 (다)는 절대 등급이 같으므로 광도가 같다. 광도가 같을 때 표면 온도는 반지름의 제곱근에 반비례한다. 따라서  $\frac{T_{(나)}}{T_{(다)}}$   
 $= \sqrt{\frac{R_{(다)}}{R_{(나)}}} = \sqrt{\frac{100}{3.5}} > 5$ 이므로 표면 온도는 (나)가 (다)의 5배보다 크다.

오답 피하기 ㄱ. 광도 계급은 초거성(I)인 (가)가 주계열성(V)인 (나)보다 작다.

13 답 ⑤  
 (가)는 주계열 단계(주계열성)의 내부 구조이고, (나)는 주계열 단계가 끝난 이후(주계열성에서 거성으로 진화할 때)의 내부 구조이다.  
 ㄱ. 주계열 단계가 끝난 이후에는 헬륨으로 이루어진 중심핵이 수축하고 중심핵을 둘러싼 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어나 별의 외곽 부분이 팽창하면서 별의 크기가 커진다. 따라서 별의 크기는 주계열 단계인 (가)가 주계열 단계가 끝난 이후인 (나)보다 작다.  
 ㄴ. (나)는 주계열 단계가 끝난 이후인 후주계열 단계의 내부 구조이다.  
 ㄷ. (가)는 핵에서 생성된 에너지가 복사로 전달되는 복사층과 대류로 전달되는 대류층으로 이루어져 있으므로 이 별의 질량은 태양의 질량과 비슷하다.

14 답 ③  
 ㄱ. a는 원시별이고, b는 주계열성이다. H-R도에서 a가 b보다 오른쪽 위에 위치하므로 반지름은 a가 b보다 크다.  
 ㄷ. 별의 광도가 100배 크면 절대 등급이 5등급만큼 작다. d와 c의 광도 차이는  $10^6$ 배 이상이므로 d와 c의 절대 등급 차이는  $15(=5 \times 3)$ 등급보다 크다.  
 오답 피하기 ㄴ. c는 거성이며, c의 중심핵에는 수소가 소진된 상태이므로 중심핵에서 수소가 차지하는 비율은 주계열성인 b가 c보다 높다.

15 답 ③  
**자료 분석** 별 내부의 구성 원소 비율 변화

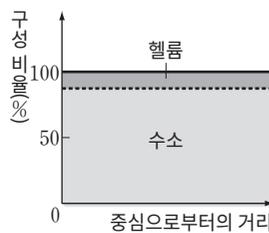


- (가): 주계열 단계인 별의 중심핵에서 수소 핵융합 반응에 의해 별의 중심부에서 수소의 비율이 낮아지고 헬륨의 비율이 높아진다.
- (나): 주계열 단계가 끝난 이후에는 별의 중심핵에서 수소가 소진되어 중심핵에는 헬륨만 남아 있다. 이후에 중심핵 주변에서 수소 핵융합 반응이 일어나 수소의 비율은 낮아지고 헬륨의 비율은 높아진다.
- (나) 이후: 중심핵의 온도가 더 높아져 헬륨 핵융합 반응이 일어나면 중심핵에서 탄소와 산소의 비율이 높아질 것이다.

ㄱ. (가)는 중심핵에 수소가 아직 남아 있어 수소 핵융합 반응이 일어나고 있으므로 주계열성에 해당하고, 정역학 평형 상태이다.  
 ㄷ. (가)와 (나)는 모두 중심 부근에 수소의 비율이 낮고 헬륨의 비율이 높으므로 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어났음을 알 수 있다. (가)는 중심핵에 수소가 아직 남아 있고, (나)는 중심핵에 수소의 비율이 0%이므로 별의 나이는 (가)일 때가 (나)일 때보다 적다.

오답 피하기 ㄴ. (나)는 중심핵에 수소가 소진되었지만 헬륨 핵융합 반응의 산물인 탄소와 산소가 존재하지 않으므로 헬륨 핵융합 반응이 일어나고 있지 않은 상태이다.

**개념 더하기** 전주계열 단계인 별 내부의 구성 원소 비율



전주계열 단계인 별의 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어나지 않으므로 별의 중심부에서 외곽까지 수소와 헬륨의 비율이 일정하다.

16 답 ⑤  
 ㄱ. 별의 중심부 온도가 약 1800만 K보다 낮은 경우 P-P 반응이 우세하게 일어나고, 약 1800만 K보다 높은 경우 CNO 순환 반응이 우세하게 일어난다. 따라서 A는 CNO 순환 반응이고, B는 P-P 반응이다. (나)는 양성자 양성자 연쇄반응(P-P 반응)이므로 B에 해당한다.  
 ㄴ. 태양의 중심부 온도는 약 1500만 K이므로 CNO 순환 반응인 A보다 P-P 반응인 B가 우세하게 일어나 에너지 생성 효율이 높다.

ㄷ. ㉠은 양성자 2개와 중성자 2개가 결합한 헬륨 원자핵이다. 헬륨 원자핵의 질량은 양성자 4개 질량의 합보다 작으며, 수소 핵융합 반응에서 손실된 질량만큼 에너지로 변환된다.

17

(1) 달이 지구의 본그림자와 반그림자 경계에 위치한 A에서는 지구의 본그림자에 위치한 영역이 어둡게 보이는 부분월식이 나타난다. 달이 지구의 본그림자 안에 위치한 B에서는 개기월식이 나타나며, 달이 지구의 반그림자 안에 위치한 C에서는 반영식이 나타난다.

(2) **예시답안** 월식이 일어날 때 달이 지구의 그림자 안으로 서에서 동으로 지나가므로 월식이 시작할 때는 달의 동쪽(북반구 기준 왼쪽)부터 가려지고, 월식이 끝날 때는 달의 동쪽부터 드러난다. 따라서 식 현상은 C → B → A의 순서로 진행된다.

채점 기준	배점(%)
식 현상의 진행 순서를 그 까닭과 함께 옳게 설명한 경우	100
식 현상의 진행 순서만 옳게 설명한 경우	50

18

빈의 변위 법칙에 따라 별의 표면 온도와 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 반비례한다. 표면 온도는 A가 B의 10배이므로 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 A가 B의  $\frac{1}{10}$ 배인 97 nm이다.  $R \propto \frac{\sqrt{T}}{T^2}$ 에 따라 광도가 같으면 반지름은 표면 온도의 제곱에 반비례하므로 반지름은 A가 B의  $\frac{1}{100}$ 배이다.

**예시답안** 97, 반지름은 A가 B의  $\frac{1}{100}$ 배이다.

채점 기준	배점(%)
㉠의 값을 옳게 쓰고, A와 B의 반지름 크기를 옳게 비교하여 설명한 경우	100
㉠의 값만 옳게 쓴 경우	40

19

(1) (가)는 주계열 단계가 끝난 이후의 내부 구조이고, (나)는 중심핵이 철로 이루어져 있는 초거성의 내부 구조이다. 이 별은 (가)에서 (나)로 진화한다.

**예시답안** (나), 철로 이루어진 중심핵은 핵융합 반응이 일어나지 않아 중심핵의 질량이 어느 한계에 도달하면 중력을 버티지 못하고 빠르게 수축하다가 초신성 폭발이 일어나기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
(나)를 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(나)만 쓴 경우	40

(2) 중심부로부터의 거리에 따른 온도 차이가 매우 큰 경우에는 복사보다 대류로 에너지가 잘 전달된다.

**예시답안** 이 별이 주계열성일 때 질량이 태양보다 매우 크므로 중심부에서는 대류로 에너지를 전달하고, 중심부 바깥층에서는 복사로 에너지를 전달한다.

채점 기준	배점(%)
주계열성일 때 내부에서 에너지가 전달되는 방식을 그 까닭과 함께 옳게 설명한 경우	100
주계열성일 때 내부에서 에너지가 전달되는 방식만 옳게 설명한 경우	50

20

(1) ㉠은 주계열 단계인 주계열성이며, 주계열 이후의 별의 진화 과정은 별의 질량에 따라 다르다.

**예시답안** (가) < (나), 질량이 태양보다 매우 큰 주계열성은 중심부의 온도가 매우 높아 내부에서 연쇄적인 핵융합 반응에 의해 초거성으로 진화할 수 있기 때문이다. 또는 질량이 태양과 비슷한 주계열성은 중심부의 온도가 충분히 높지 않아 내부에서 헬륨 핵융합 반응에 의해 거성으로 진화할 수 있기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
(가) < (나)를 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(가) < (나)만 쓴 경우	40

(2) **예시답안** (가) > (나), 별의 질량이 클수록 중심부의 온도가 높아 핵융합 반응에 의해 수소를 빠르게 소진하여 주계열 단계에 머무르는 시간이 짧아지기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
(가) > (나)를 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
(가) > (나)만 쓴 경우	40

(3) **예시답안** ㉠ 백색왜성, ㉡ 중성자별, 밀도는 백색왜성인 ㉢이 중성자별인 ㉡보다 작다.

채점 기준	배점(%)
㉠과 ㉡이 무엇인지 옳게 쓰고, 밀도 크기를 옳게 비교하여 설명한 경우	100
㉠과 ㉡이 무엇인지만 옳게 쓴 경우	40

2 은하와 우주

28~31쪽

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

단답형·서술형 문제

- 13 해설 참조   14 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조 (3) 해설 참조  
15 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조   16 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조

01

답 ⑤

ㄱ. 규칙적인 구조가 있고 나선팔이 없는 (가)는 타원 은하이다.  
 ㄴ. 규칙적인 구조가 없는 (나)는 불규칙 은하이다. 타원 은하는 성간 물질이 거의 없으며, 주로 나이가 많은 붉은색 별로 이루어져 있다. 따라서 은하 전체에서 붉은색 별의 비율은 타원 은하인 (가)가 불규칙 은하인 (나)보다 높다.  
 ㄷ. 규칙적인 구조가 있고 나선팔이 있는 (다)는 나선 은하이다. 불규칙 은하는 성간 물질이 풍부하여 새로운 별의 탄생을 활발하다. 따라서 은하를 구성하는 별의 평균 나이는 불규칙 은하인 (나)가 나선 은하인 (다)보다 적다.

02

답 ②

ㄴ. 허블의 은하 분류 체계에서 은하 분류 기호가 E0, ..., E7인 (가)는 타원 은하이다. 은하 분류 기호가 Sa, Sb, Sc인 (나)는 정상나선 은하이고, SBa, SBb, SBc인 (라)는 막대나선 은하이다. 은하 집단에서 관측된 정상나선 은하와 막대나선 은하(51%+13%)는 타원 은하(35%)보다 많이 관측된다.

**오답 피하기** ㄱ. 우리은하는 SBb형 막대나선 은하이므로 막대나선 은하인 (라)에 속한다.

ㄷ. 타원 은하는 납작한 정도에 따라 E0에서 E7으로 세분하며, E0는 원에 가까운 모양이고 E7은 납작한 타원 모양이다. 따라서 은하 모양이 납작한 정도는 E0인 ㉠이 E7인 ㉡보다 작다.

03

답 ⑤

ㄱ. ㉠은 나선 은하이고, ㉡은 타원 은하이다. 나선 은하는 중앙 팽대부에 표면 온도가 낮고 나이가 많은 붉은색 별이 주로 분포하고, 나선팔에는 표면 온도가 높고 나이가 적은 파란색 별이 많이 분포한다. 타원 은하는 전체적으로 표면 온도가 낮고 나이가 많은 붉은색 별로 이루어져 있다. 따라서 (가)에서 A가 B보다 표면 온도가 높은 별이 많이 분포하므로 A는 나선 은하인 ㉠이다.  
 ㄴ. 타원 은하는 전체적으로 성간 물질이 거의 없으며, 나선 은하는 나선팔에 성간 물질이 풍부하다. 따라서  $\frac{\text{성간 물질의 질량}}{\text{은하 전체의 질량}}$  은 나선 은하인 ㉠이 타원 은하인 ㉡보다 크다.

ㄷ. 은하를 구성하는 별의 평균 표면 온도는 F형 별이 더 많이 분포하는 A가 B보다 높다.

04

답 ③

ㄱ. 가시광선 영역에서 세이퍼트 은하를 관측하면 대부분 나선 은하로 보이며, 가시광선 영역에서 퀘이사를 관측하면 하나의 별처럼 보인다. 따라서 (가)는 세이퍼트 은하이고, (나)는 퀘이사이다.  
 ㄷ. 세이퍼트 은하인 (가)와 퀘이사인 (나)는 특이 은하이며, 특이 은하의 중심부에는 거대 질량의 블랙홀이 존재할 것으로 추정하고 있다.

**오답 피하기** ㄴ. 퀘이사는 스펙트럼에서 적색 편이가 매우 크게 나타나며, 이를 통해 퀘이사는 매우 먼 거리에서 빠르게 멀어지고 있음을 알 수 있다.

05

답 ④

ㄴ. ㉠과 ㉡은 방출선의 파장이 기준 파장보다 훨씬 길게 관측되었음을 의미하며, 이는 적색 편이가 매우 커 퀘이사가 매우 빠른 속도로 후퇴하고 있음을 알 수 있다.  
 ㄷ. 퀘이사는 매우 먼 거리에 있고 후퇴 속도가 매우 크므로 아주 먼 과거에 형성되었음을 의미한다. 따라서 퀘이사는 초기 우주의 은하 형성과 진화 등을 연구하는 데 중요한 역할을 한다.

**오답 피하기** ㄱ. 적색 편이( $z$ )는  $z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$  를 만족한다. ㉠의 고유 파장이 ㉡의 고유 파장보다 짧으므로 파장 변화량은 ㉠이 ㉡보다 작다.

06

답 ①

ㄱ. (가)는 프리드만이 우주가 팽창하거나 수축하여 우주의 모습이 변할 수 있으며, 현재 우주는 팽창하고 있다고 주장한 팽창 우주이다. 허블-르메트르 법칙은 멀리 있는 외부 은하일수록 빠르게 멀어진다는 것을 의미하는 팽창 우주를 설명하는 법칙으로 팽창 우주인 (가)에 적용할 수 있다.

**오답 피하기** ㄴ. 팽창 우주는 허블의 외부 은하 관측 결과인 외부 은하의 거리가 멀수록 후퇴 속도가 크다는 허블-르메트르 법칙이 관측적 증거가 된다. 외부 은하의 발견만으로는 우주가 팽창한다는 것을 뒷받침하지 못한다.

ㄷ. (나)는 아인슈타인이 우주가 팽창하거나 수축하지 않는 정적인 상태를 유지한다고 주장한 정적 우주이다.

07

답 ①

ㄱ. 고유 파장이 동일한 흡수선의 위치가 (가)가 (나)보다 짧은 파장 영역에 위치하므로 파장 변화량은 (가)가 (나)보다 작다. 따라서 적색 편이는 (가)가 (나)보다 작다.

**오답 피하기** ㄴ. 우리은하로부터의 거리는 적색 편이가 작은 (가)가 (나)보다 가깝다.

ㄷ. 적색 편이( $z$ )는  $z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$  를 만족한다. (가)와 (나)의 적색 편이를 각각  $z_{(가)}, z_{(나)}$  라고 하고, ㉠과 ㉡의 고유 파장을 각각  $\lambda_{(가)}, \lambda_{(나)}$  라고 하면  $z_{(가)} = \frac{\lambda_{(가)} - \lambda_{(가)0}}{\lambda_{(가)0}}, z_{(나)} = \frac{\lambda_{(나)} - \lambda_{(나)0}}{\lambda_{(나)0}}$   $= \frac{\lambda_{(가)'} - \lambda_{(가)0}}{\lambda_{(가)0}}$  를 만족하며,  $z_{(가)}$ 가  $z_{(나)}$ 보다 작으므로  $(\lambda_{(나)} - \lambda_{(나)0}) > (\lambda_{(가)} - \lambda_{(가)0})$ 보다 작다.

08

답 ③

ㄱ. 가로축이 외부 은하까지의 거리, 세로축이 외부 은하의 후퇴 속도인 그래프에서 기울기는 허블 상수이다. 그래프의 기울기는 A 시기가 B 시기보다 크므로 우주의 팽창 속도는 A 시기가 B 시기보다 빠르다.

ㄷ. 외부 은하의 후퇴 속도가 클수록 스펙트럼에서 적색 편이가 크게 관측되므로 우리은하로부터 거리가 같은 외부 은하의 적색 편이는 A 시기가 B 시기보다 크다.

**오답 피하기** ㄴ. 허블 상수로 구한 우주의 나이는 허블 상수의 역수에 비례한다. 허블 상수는 A 시기가 B 시기보다 크므로 허블 상수로 구한 우주의 나이는 A 시기가 B 시기보다 적다.

**09** **답 ①**  
 ㄱ. (가)는 1964년 펜지어스와 윌슨이 지상의 전파 망원경으로 관측한 우주 배경 복사이며, (나)는 2013년 플랑크(Planck) 망원경으로 관측한 우주 배경 복사이다.

**오답 피하기** ㄴ. 우주에 존재하는 수소와 헬륨의 질량비는 우주 전역의 스펙트럼을 분석하여 알아냈다.  
 ㄷ. 우주 배경 복사를 더 정밀하게 관측한 (나)에서 우주 배경 복사의 미세한 온도 차이를 붉은색 영역(그림에서 열은 영역)과 파란색 영역(그림에서 짙은 영역)으로 확인할 수 있다. 따라서 우주의 미세한 온도 차이는 (나)가 (가)보다 잘 드러난다.

**10** **답 ④**  
 ㄴ, ㄷ. 급팽창 이전에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 작았기 때문에 지구 관측자를 기준으로 관측 가능한 우주 영역에서 반대편 양 끝 지점은 서로 상호작용 할 수 있었다. 현재는 우주의 지평선 내부 영역이 매우 균질하여 우주 영역에서 반대편 양 끝 지점인 두 지점에서 우주 배경 복사의 온도가 거의 같다.

**오답 피하기** ㄱ. 급팽창 이전에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 작았다.

**11** **답 ④**  
 A는 우리은하의 실제 회전 속도를 이용하여 계산한 질량값이고, B는 관측 가능한 물질을 이용하여 계산한 질량값이다.

ㄴ. ㉠에서 A가 B보다 크므로 은하의 실제 회전 속도는 관측 가능한 물질로 예측한 회전 속도보다 빠르다.

ㄷ. A와 B의 차이는 직접 관측이 불가능한 암흑 물질의 질량을 의미한다. A와 B의 질량 차이는 ㉠에서보다 ㉡에서 크므로 전체 질량에서 암흑 물질의 비율은 ㉡에서보다 ㉠에서 낮다.

**오답 피하기** ㄱ. 관측 가능한 물질인 보통 물질을 이용하여 계산한 질량값은 B이다.

**12** **답 ⑤**

**자료 분석** **시간에 따른 물질과 암흑 에너지의 변화**

- 시간이 지남에 따라 우주가 팽창하여 부피는 커지고 물질의 양은 일정하므로 물질의 밀도는 감소한다.
- 암흑 에너지의 밀도는 우주 팽창에 관계없이 일정하므로 우주가 팽창함에 따라 우주에서 암흑 에너지가 차지하는 비율은 높아진다.

ㄱ. 시간이 지남에 따라 밀도가 감소하는 A는 물질이고, 밀도가 일정한 B는 암흑 에너지이다. 물질인 A는 질량을 가지고 있으므로 중력이 작용한다.

ㄴ. 암흑 에너지는 척력이 작용하므로 우주를 팽창시키는 역할을 한다. 우주에서 암흑 에너지가 차지하는 비율이 높을수록 우주를 팽창시키는 힘이 더 우세해지므로 우주는 빠르게 가속 팽창한다. 따라서 ㉠일 때 물질(A)의 밀도가 암흑 에너지(B)의 밀도보다 작아 우주에서 암흑 에너지가 차지하는 비율이 높으므로 우주는 가속 팽창한다.

ㄷ. ㉠일 때 물질(A)과 암흑 에너지(B)의 밀도가 같으며, ㉡일 때 물질(A)의 밀도가 암흑 에너지(B)의 밀도보다 작다. 따라서 우주에서 암흑 에너지가 차지하는 비율은 ㉠일 때가 ㉡일 때보다 낮다.

**개념 더하기** **시간에 따른 우주 구성 요소의 변화**

우주의 물질에는 보통 물질과 암흑 물질이 있으며, 암흑 물질이 보통 물질보다 우주에서 차지하는 비율이 높고 그 비율은 일정하다.

**13**  
 (가)는 불규칙 은하이고, (나)는 타원 은하이다.

**예시 답안** (가), 불규칙 은하인 (가)는 성간 물질이 풍부하여 새로운 별의 탄생을 활발하기 때문에 나이가 적은 별이 많이 분포한다.

채점 기준	배점(%)
(가)를 쓰고, 그 까닭을 성간 물질과 관련지어 옳게 설명한 경우	100
(가)만 쓴 경우	40

**14**  
 (1) 외부 은하의 후퇴 속도는 외부 은하까지의 거리에 비례한다.

**예시 답안** 120 Mpc, 우리은하에서 관측한 외부 은하의 후퇴 속도가 A가 B의  $\frac{1}{2}$ 이므로 우리은하에서의 거리도 A가 B의  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 우리은하에서 외부 은하 A까지의 거리는  $120 \left( = 240 \times \frac{1}{2} \right)$  Mpc이다.

채점 기준	배점(%)
풀이 과정과 답이 모두 옳은 경우	100
풀이 과정은 옳았으나 답이 틀린 경우	50

(2) **예시 답안** 70 km/s/Mpc,  $V = H \cdot r$  ( $V$ : 외부 은하의 후퇴 속도,  $H$ : 허블 상수,  $r$ : 외부 은하까지의 거리)을 만족한다. 외부 은하 B에서  $16800 = H \cdot 240$ 이므로 허블 상수( $H$ )는 70 km/s/Mpc이다.

채점 기준	배점(%)
풀이 과정과 답이 모두 옳은 경우	100
풀이 과정은 옳았으나 답이 틀린 경우	50

(3) **예시답안**  $8400\sqrt{3}$  km/s, 우리은하에서 외부 은하 A와 B까지의 거리 비가 1 : 2이므로  $\theta$ 는  $60^\circ$ 이며, 외부 은하 A에서 외부 은하 B까지의 거리는  $120\sqrt{3}$  Mpc이다. 허블-르메트르 법칙에 따라 외부 은하 A에서 관측한 외부 은하 B의 후퇴 속도는  $8400\sqrt{3}(=70 \times 120\sqrt{3})$  km/s이다.

채점 기준	배점(%)
풀이 과정과 답이 모두 옳은 경우	100
풀이 과정은 옳았으나 답이 틀린 경우	50

## 15

(1) 빅뱅 우주론과 정상 우주론은 모두 팽창 우주에 해당한다.

**예시답안** 시간에 따라 우주가 팽창하는가?, 허블-르메트르 법칙이 적용되는가?

채점 기준	배점(%)
2가지 질문을 모두 옳게 설명한 경우	100
1가지 질문만 옳게 설명한 경우	50

(2) **예시답안** 온도와 밀도, 시간에 따른 질량 변화는 빅뱅 우주론에서 일정하고, 정상 우주론에서는 증가한다.

채점 기준	배점(%)
온도와 밀도를 쓰고, 빅뱅 우주론과 정상 우주론에서 시간에 따른 질량 변화를 모두 옳게 설명한 경우	100
온도와 밀도만 쓴 경우	40

## 16

(1) **예시답안** A: 우주 배경 복사가 형성된 시기, B: 현재, 시간이 지남에 따라 우주의 온도가 낮아져 우주 배경 복사의 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 길어지기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
A와 B의 시기를 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 설명한 경우	100
A와 B의 시기만 옳게 쓴 경우	40

(2) 우주 배경 복사가 형성된 시기(A)는 빅뱅 이후 약 38만 년일 때이다. 우주는 시간이 지남에 따라 팽창하면서 우주의 크기는 커지고, 우주의 밀도는 감소한다.

**예시답안** 우주의 크기는 B일 때가 A일 때보다 크고, 우주의 밀도는 A일 때가 B일 때보다 크다.

채점 기준	배점(%)
A와 B일 때 우주의 크기와 밀도를 모두 옳게 비교하여 설명한 경우	100
A와 B일 때 우주의 크기와 밀도 중 1가지만 옳게 비교하여 설명한 경우	50



