기출 PICK

정답과 해설

지구과학

01 해수의 성질

빈출 자료 보기

5쪽

001 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

002 (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) ○

001 **바로알기 |** (1) 증발량은 위도 30° 부근 해역에서 가장 높게 나타나며, 강수량은 적도 해역에서 가장 높게 나타난다.
(3) 위도 30° 부근 해역은 고압대가 위치하여 증발량이 강수량보다 많으므로 표층 염분이 높다.
(5) 강수량이 증발량보다 많은 적도 해역은 저압대가 위치하여 표층 염분이 낮다.

002 (4) 하천수는 염분이 거의 없는 담수이므로 A에 하천수가 유입되면 염분이 낮아져 밀도가 작아질 것이다.
(5) 밀도는 B가 C보다 작으므로, 동일한 양의 B와 C 해수가 만날 경우 밀도가 작은 B가 위로 올라간다.
바로알기 | (1) 수온은 해수 A와 C가 같지만, 염분은 A가 C보다 낮으므로 밀도는 A가 C보다 작다. 따라서 수온이 같을 경우 염분이 높을수록 밀도가 커진다.
(2) A의 수온은 5 °C이고, B의 수온은 약 11.5 °C이므로 A는 B보다 수온이 낮다.
(3) B의 밀도는 1.0270 g/cm^{3}이고, C의 밀도는 1.0280 g/cm^{3}이므로 B는 C보다 밀도가 작다.

난이도별 필수 기출

6쪽~11쪽

003 ③, ⑤ 004 ⑤ 005 ② 006 ③ 007 ④
008 ③ 009 ② 010 해설 참조 011 해설 참조
012 ② 013 ② 014 ① 015 ②
016 A: 혼합층, B: 수온 약층, C: 심해층 017 해설 참조
018 해설 참조 019 ②, ⑥ 020 ② 021 ⑤
022 ④ 023 ③ 024 ③ 025 ③ 026 ①, ④, ⑥
027 ② 028 ①, ③ 029 ③

003 ⑥ 결빙이 일어나면 물 분자만 얼음이 되고 대부분의 염류는 주위로 빠져나가므로 해수의 결빙이 일어나는 해역에서는 표층 염분이 높게 나타난다.
⑦ 하천수는 염분이 거의 없는 담수이므로, 대규모 하천이 위치한 해역에서는 표층 염분이 낮게 나타난다.
바로알기 | ③ 염분은 해수 1 kg에 녹아 있는 염류의 총량을 g 수로 표시한 것이므로, 30 psu는 해수 1000 g에 30 g(=0.03 kg)의 염류가 녹아 있다는 뜻이다.
⑤ 증발량이 많을수록, 강수량이 적을수록 염분이 높게 나타난다. 따라서 (증발량−강수량) 값이 커질수록 염분은 높아진다.

004 ㄱ. 표층 해수 1 kg에 녹아 있는 염류의 총량이 35 g이므로, 이 해역의 염분은 35 psu이다.
ㄴ. 해수에 녹아 있는 염분의 양은 해양마다 서로 다르지만, 해수에 녹아 있는 주요 염류들의 비율은 거의 일정하다.
ㄷ. 하천수는 염분이 거의 없는 담수이므로, 이 해역에 하천수가 유입되면 표층 해수 1 kg에 녹아 있는 염류의 총량은 감소할 것이다.

005 ㄴ. 대륙 주변 연안 해역은 육지로부터 하천수가 유입되므로 대양 중앙부보다 표층 염분이 낮게 나타난다.
바로알기 | ㄱ. 표층 염분은 고압대가 위치하여 상대적으로 증발량이 강수량보다 많은 위도 30° 부근의 중위도 해역에서 가장 높게 나타난다.
ㄷ. 염분은 중위도 해역에서 가장 높지만, 해수 중에 녹아 있는 염류 중 염화 이온의 비율은 전 해양에서 거의 일정하다.

006 ㄱ. 적도 해역은 (증발량−강수량) 값이 (−)이므로 강수량이 증발량보다 많다.
ㄷ. 위도 20°N 부근 해역은 (증발량−강수량) 값이 (+)이므로 증발량이 강수량보다 많고, 위도 50°N 부근 해역은 (증발량−강수량) 값이 (−)이므로 강수량이 증발량보다 많다. 따라서 증발량이 많은 위도 20°N 부근 해역은 50°N 부근 해역보다 사막이 발달하기 유리하다.
바로알기 | ㄴ. 대서양 해역은 염분이 높은 지중해수 등의 유입으로 인해 태평양 해역보다 평균 표층 염분이 높게 나타난다.

007 ㄱ. 위도 30° 부근 해역은 고압대가 위치하여 증발량이 강수량보다 많으므로 표층 염분이 높게 나타난다.
ㄷ. 해수의 결빙이 일어나면 물 분자만 얼음이 되고 대부분의 염류는 주위로 빠져나가므로 표층 염분이 높아진다.
바로알기 | ㄴ. 표층 염분은 하천수의 유입이 적고, 해수의 결빙이 더 잘 일어나는 남반구가 북반구보다 더 높게 나타난다.

008 ㄱ. 적도 해역은 저압대가 위치하여 강수량이 증발량보다 많고, 위도 30° 부근 해역은 고압대가 위치하여 증발량이 강수량보다 많다.
ㄴ. 증발량이 많을수록, 강수량이 적을수록 표층 염분이 높게 나타난다.
바로알기 | ㄷ. 고위도에서는 (증발량−강수량) 값의 분포보다 해수의 결빙과 해빙의 영향을 크게 받는다.

009 ㄴ. 우리나라와 중국의 하천수 대부분이 황해로 유입되므로, 표층 염분은 2월과 8월 모두 동해보다 황해가 낮다.
바로알기 | ㄱ. 우리나라는 여름철에 하천수의 유입이 증가하여 염분이 낮으므로 (가)는 2월, (나)는 8월의 표층 염분 분포이다.
ㄷ. 육지 부근의 연안 해역은 육지로부터 하천수가 유입되므로 표층 염분이 낮다. 따라서 표층 염분은 육지에서 멀어질수록 대체로 높아진다.

010 **모범 답안** 해양 식물과 식물성 플랑크톤의 광합성 작용으로 이산화 탄소가 사용되기 때문이다.

해설 이산화 탄소는 대기에서 해수면으로 용해되지만, 해수의 표층에서는 식물성 플랑크톤 등 해양 생물이 광합성을 할 때 사용되기 때문에 이산화 탄소의 농도가 낮다. 이산화 탄소의 농도는 수심이 깊어질수록 증가하는데, 이는 광합성량이 줄어들고, 낮은 수온과 높은 수압으로 기체의 용해도가 증가하므로 생명 활동으로 생성된 이산화 탄소가 그대로 녹기 때문이다.

채점 기준	배점
광합성 작용으로 이산화 탄소가 사용되기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %

011 **모범 답안** 수심 약 1000 m 이상의 심층 해수에서는 산소가 풍부하게 녹아 있는 극 해역의 표층 해수가 심해로 공급되기 때문이다.

해설 대기로부터 유입되는 산소와 식물성 플랑크톤의 광합성 작용으로 산소가 공급되어 표층에는 용존산소량이 많다. 이후 용존산소량은 수심이 깊어질수록 적어지다가 수심 약 1000 m 이상의 심층 해수에서 산소가 풍부하게 녹아 있는 극 해역의 표층 해수가 심해로 공급되어 용존산소량이 증가한다.

채점 기준	배점
산소가 녹아 있는 극 해역의 표층 해수가 공급되기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %

012 ㄴ. 용존산소량은 수온이 높을수록 감소한다. 따라서 표층 수온은 동일 위도에서 용존산소량이 적은 C 해역이 D 해역보다 높게 나타날 것이다.

바로알기 | ㄱ. 용존산소량은 기체의 용해도와 관련이 있으며, 기체의 용해도는 수온이 낮을수록 증가하므로 수온 변화가 큰 지역에서는 용존산소량 변화도 크게 나타난다. 따라서 위도에 따른 표층 수온 변화는 용존산소량의 변화가 큰 A 해역이 B 해역보다 크게 나타난다.

ㄷ. 용존산소량이 많을수록 해양 생물이 생존하기 더 유리한 환경이 조성되므로, 용존산소량이 더 많은 D 해역이 C 해역보다 더 풍부한 어장이 형성될 것이다.

013 ㄴ. 심층으로 갈수록 수온의 감소로 기체의 용해도가 증가하므로 생명 활동으로 생성된 이산화 탄소가 그대로 녹아 용존 이산화 탄소(B)가 증가한다.

바로알기 | ㄱ. 표층에 많은 A는 용존산소, 적은 B는 용존 이산화 탄소이다.

ㄷ. 이산화 탄소는 산소보다 물에 잘 녹으므로, 용존 이산화 탄소(B)는 용존산소(A)보다 용해도가 크다.

014 ㄱ. 기체의 용해도는 수온이 낮을수록 증가하므로 용존산소량은 수온이 낮은 B 해역이 A 해역보다 많다.

바로알기 | ㄴ. 동일 위도상에서 대양의 동쪽은 한류의 영향을 받고, 서쪽은 난류의 영향을 받으므로 표층 수온은 대양의 동쪽이 서쪽보다 낮다.

ㄷ. 태양 복사 에너지가 지표면에 입사하는 각도가 수직에 가까울수록 단위 넓이당 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지량이 많아지므로, 표층 수온이 높아진다.

015 ㄴ. 지구는 구형이므로 지표면이 받는 단위 넓이당 태양 복사 에너지량은 고위도로 갈수록 적어진다. 따라서 표층 수온은 고위도로 갈수록 대체로 낮아진다.

바로알기 | ㄱ, ㄷ. 표층 수온 분포에 가장 큰 영향을 미치는 것은 태양 복사 에너지량이므로, 등수온선의 분포는 대체로 위도와 나란하게 나타난다.

016 A는 바람에 의한 혼합 작용으로 인해 깊이에 관계없이 수온이 거의 일정한 혼합층, B는 깊이가 깊어질수록 수온이 급격하게 감소하는 수온 약층, C는 위도와 계절에 관계없이 수온이 거의 일정한 심해층이다.

017 **모범 답안** 혼합층(A)은 태양 복사 에너지에 의해 가열된 표층 해수가 바람에 의해 혼합되어 깊이에 관계없이 수온이 높고 거의 일정한 층이므로, 혼합층(A)의 형성에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 태양 복사 에너지와 바람의 세기이다.

해설 혼합층(A)은 태양 복사 에너지에 의한 가열로 수온이 높고, 바람이 세게 불수록 두껍게 형성된다.

채점 기준	배점
A층의 형성에 가장 큰 영향을 미치는 요인 두 가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A층의 형성에 가장 큰 영향을 미치는 요인 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

018 **모범 답안** B, 수온 약층, 위쪽에는 따뜻하고 가벼운 해수, 아래쪽에는 차고 무거운 해수가 존재하여 매우 안정하다.

해설 수온 약층(B)은 위쪽에는 따뜻하고 가벼운 해수, 아래쪽에는 차고 무거운 해수가 존재하여 매우 안정하므로, 혼합층(A)과 심해층(C) 사이에서 물질과 에너지 전달을 차단하는 역할을 한다.

채점 기준	배점
안정하여 물질과 에너지 전달을 차단하는 역할을 하는 층의 기호와 이름, 안정한 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
안정하여 물질과 에너지 전달을 차단하는 역할을 하는 층의 기호와 이름만 옳게 쓴 경우	40 %

019 ① 혼합층(A)은 바람에 의한 혼합 작용으로 형성된 층이므로, 수온 약층(B)이나 심해층(C)보다 해수의 혼합 작용이 활발하게 일어난다.

③ 수온 약층(B)은 깊이가 깊어짐에 따라 수온이 급격하게 감소하는 층으로, 저위도 해역은 표층 수온이 높아 수온 약층(B)이 잘 발달한다.

④ 수온 약층(B)은 깊이가 깊어질수록 수온이 급격히 낮아지므로 깊이에 따른 수온 변화가 가장 크다.

⑤ 수온 약층(B)은 위쪽에는 따뜻하고 가벼운 해수, 아래쪽에는 차고 무거운 해수가 존재하여 매우 안정하므로, 혼합층(A)과 심해층(C) 사이에서 물질과 에너지 전달을 차단하는 역할을 한다.

바로알기 | ② 혼합층(A)은 바람이 약한 저위도 해역에서는 두께가 얇고, 바람이 강한 중위도 해역에서는 두께가 두껍다.

⑥ 심해층(C)은 수심이 깊어 태양 복사 에너지의 영향을 받지 않으므로 계절이나 깊이에 따른 수온 변화가 거의 없는 층이다.

020 ② 수온 약층(B)은 깊이가 깊어질수록 수온이 급격하게 감소하는 층으로, B 해역은 표층과 심층의 수온 차가 크므로 수온 약층이 가장 뚜렷하게 나타난다.

바로알기 | ① A 해역은 표층과 심층의 수온 차가 거의 없어 수온에 따른 층상 구조가 발달하지 않고, 연중 평균 기온이 가장 낮은 고위도 해역이다.

③, ④ 위도가 높을수록 지표면에 입사된 태양 복사 에너지량이 적어 표층 수온이 낮으므로, 단위 넓이당 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지량이 가장 적은 해역은 표층 수온이 가장 낮은 A 해역이며, A 해역은 C 해역보다 고위도에 있다.

⑤ 혼합층은 해양 표층에서 깊이에 따라 수온이 거의 일정한 층으로, 바람이 세게 불수록 두껍게 형성된다. 따라서 바람의 세기는 혼합층이 두껍게 형성된 C 해역이 B 해역보다 강하다.

021 ㄱ. 깊이에 관계없이 수온이 거의 일정한 혼합층은 바람이 세게 불수록 두껍게 형성된다. 따라서 월평균 풍속은 혼합층의 두께가 더 두꺼운 11월이 7월보다 빠르다.

ㄴ. 수온 약층은 깊이가 깊어질수록 수온이 급격하게 감소하는 층으로, 표층과 심층 사이의 수온 차가 큰 8월이 5월보다 잘 발달한다.

ㄷ. 표층과 심층 사이의 수온 차는 1월이 9월보다 작으므로 해수의 밀도 차도 작아져 표층 해수의 연직 운동이 활발하다.

022 ㄱ. 전등을 비추어 가열하는 것은 태양 복사 에너지가 수면을 가열하는 현상에 비유되므로, (나)에서 소금물의 온도는 깊이가 깊어질수록 감소할 것이다.

ㄴ. 부채질을 하는 것은 바람이 부는 현상에 비유되므로, (다)에서 부채질을 강하게 하면 온도가 일정하게 나타나는 구간의 깊이가 깊어질 것이다.

바로알기 | ㄷ. 이 실험은 태양 복사 에너지와 바람에 의한 해수의 연직 수온 분포를 알아보기 위한 실험으로, 극지방은 바람은 강하지만 지표면이 받는 태양 복사 에너지량이 적어 이 실험의 내용으로 적합하지 않다.

023 ㄱ. 표층에서 수온이 가장 높은 시기의 표층 수온은 26 °C~27 °C이고, 가장 낮은 시기의 표층 수온은 15 °C~16 °C이므로 표층에서 수온의 연교차는 6 °C보다 크다.

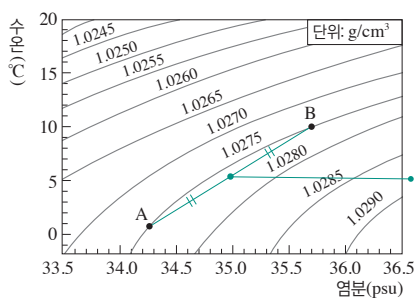
ㄴ. 혼합층은 해양 표층에서 수심에 따라 수온이 거의 일정한 층으로, 바람이 세게 불수록 두껍게 형성된다. 따라서 혼합층의 두께는 5월이 8월보다 두껍다.

바로알기 | ㄷ. 수온만을 고려할 때, 해수의 밀도는 수온이 낮을수록 크다. 50 m 지점과 100 m 지점의 수온 차는 7월이 2월보다 크므로 밀도 차는 7월이 2월보다 크다.

024 ㄱ. 일반적으로 해수의 표층 밀도는 순수한 물보다 약간 큰 1.022 g/cm^3~1.027 g/cm^{3}이다.

바로알기 | ㄴ. 수심 0 m~1000 m 구간은 깊이에 따라 밀도가 급격하게 증가하는 밀도 약층 구간에 해당한다. 밀도 약층 내에서 위쪽에는 밀도가 작은 해수, 아래쪽에는 밀도가 큰 해수가 위치하여 매우 안정하므로 해수의 연직 방향 혼합이 거의 나타나지 않는다.

025



해수 A와 B의 밀도는 같지만, 같은 양의 A와 B를 혼합한 해수의 밀도는 해수 A와 B의 밀도인 1.0275 g/cm^{3}보다 크다.

ㄱ. 해수 A와 B의 밀도는 1.0275 g/cm^{3}로 같다.

ㄷ. 해수 A와 B의 중점은 1.0275 g/cm^{3}의 등밀도선 아래에 위치하므로, 해수 A와 B를 1 : 1의 질량비로 섞었을 때 이 해수의 밀도는 1.0275 g/cm^{3}보다 크다.

바로알기 | ㄴ. 해수의 결빙이 일어나면 물 분자만 얼음이 되고 대부분의 염류는 주위로 빠져나가므로 염분이 높아져 밀도가 커진다.

026 ① A와 D는 염분이 거의 같지만 수온은 D가 A보다 낮다. 밀도는 수온과 염분에 영향을 받으므로, A보다 D에서 밀도가 큰 까닭은 A보다 D의 수온이 낮기 때문이다.

④ B−C 구간에서 수온은 거의 일정하지만, 염분이 증가함에 따라 밀도가 커진다. 따라서 B−C 구간에서 밀도 변화는 수온보다 염분의 영향이 크다.

⑥ A−B 구간에서는 수심에 따라 밀도가 약 0.0004 g/cm^3 증가했고, C−D 구간에서는 밀도가 거의 변하지 않았다. 따라서 수심에 따른 밀도 변화는 A−B 구간이 C−D 구간보다 크다.

바로알기 | ② A−B 구간은 깊이가 깊어질수록 수온이 급격하게 감소하는 수온 약층에 해당하며, 수온 약층은 매우 안정하기 때문에 해수의 상하 운동이 거의 일어나지 않는다.

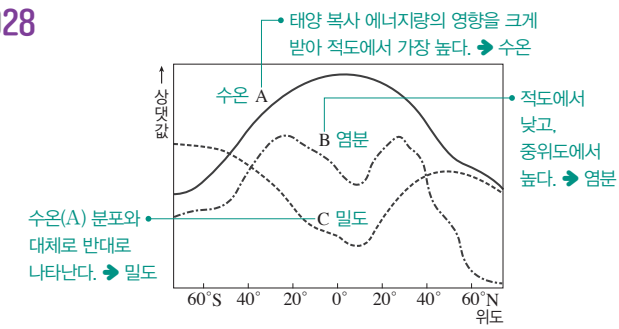
⑤ 수온 약층은 깊이가 깊어질수록 수온이 급격하게 감소하는 층이므로, 이 해역에서 수온 약층은 수온 변화가 큰 A−B 구간에 형성되었을 것이다.

027 ㄷ. 해수면에서 A 해역의 밀도는 약 1.0248 g/cm^{3}이고 B 해역의 밀도는 약 1.0255 g/cm^{3}이지만, 수심이 깊어질수록 밀도 차가 점점 작아져 수심 400 m에서는 A 해역과 B 해역 모두 밀도가 약 1.028 g/cm^{3}로 비슷하다. 따라서 수심이 깊어질수록 A 해역과 B 해역의 밀도 차는 작아진다.

바로알기 | ㄱ. 해수면에서 A 해역의 밀도는 약 1.0248 g/cm^{3}이고, 수심 100 m에서는 약 1.027 g/cm^{3}이다. 따라서 A 해역은 수심 100 m 이내에서 수심이 깊어질수록 밀도가 커진다.

ㄴ. 연직 방향의 밀도 차가 작을수록 해수의 혼합이 활발하게 일어나므로, 수심 50 m 이내에서 해수의 혼합은 연직 방향의 밀도 차가 작은 B 해역이 A 해역보다 활발하다.

028



② 수온(A)은 태양 복사 에너지량의 영향을 가장 크게 받으므로 저위도에서 고위도로 갈수록 낮아진다.

④ 밀도(C)는 수온(A)이 낮을수록, 염분(B)이 높을수록 커진다.

⑤ 남반구에서 고위도로 갈수록 수온(A)은 점점 낮아지고, 밀도(C)는 점점 커져 수온(A)과 밀도(C)는 반비례하는 경향을 보인다.

바로알기 | ① A는 태양 복사 에너지량의 영향을 가장 크게 받아 적도에서 가장 높고, 저위도에서 고위도로 갈수록 낮아지므로 수온이다.

③ 염분(B)의 분포는 대체로 (증발량−강수량) 값의 분포와 일치한다.

029 표층 수온은 태양 복사 에너지량의 영향을 가장 크게 받으므로 수심이 깊어질수록 낮아지고, 염분은 강수량이나 하천수 유입 등으로 표층이 심층보다 낮게 나타난다. 따라서 (가)는 수온, (나)는 염분 분포이다.

ㄱ. 혼합층은 깊이에 관계없이 수온이 거의 일정한 층으로, 여름철에는 수온(가)이 감소하는 경향을 보이고, 겨울철에는 수온(가)이 거의 일정하므로 혼합층은 여름철보다 겨울철에 더 잘 발달한다.

ㄷ. 수심 약 300 m 정도까지는 수심에 따라 염분(나)이 변하지만, 이보다 깊은 곳에서는 염분(나)의 변화가 거의 나타나지 않는다. 따라서 염분 변화의 정도는 수심이 깊어질수록 작아진다.

바로알기 | ㄴ. 수온 약층은 수심에 따라 수온이 급격하게 감소하는 층으로, 수심에 따른 수온 변화가 더 클수록 뚜렷하게 나타난다. 따라서 수온 약층은 겨울철보다 수심에 따른 수온 변화가 큰 여름철에 더 뚜렷하게 나타난다.

02 해수의 순환

빈출 자료 보기 14쪽

030 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○

031 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○

030 (2), (3) A는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류인 쿠로시오 해류, B는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류인 캘리포니아 해류이다. 따라서 평균 수온은 난류인 쿠로시오 해류(A)가 한류인 캘리포니아 해류(B)보다 높다.

(6) 무역풍과 편서풍에 의해 형성된 아열대 순환은 북반구에서는 시계 방향, 남반구에서는 시계 반대 방향이다.

바로알기 | (1) 표층 순환은 대기 대순환으로 부는 바람에 의해 발생한다.

(4) C는 무역풍의 영향으로 형성된 북적도 해류이다.

(5) ㉠ 해역에서는 한류와 난류가 만나고, ㉡ 해역에서는 북태평양 해류가 남북으로 나뉜다. 따라서 위도에 따른 수온 변화는 ㉠ 해역이 ㉡ 해역보다 크다.

031 (2) A에서 침강한 해수는 수온이 낮으므로 용존산소량이 많다. 따라서 심층에 산소를 공급하는 역할을 한다.

(3) A에서 침강한 해수는 남쪽으로 흐르다가 웨들해(B)에서 침강한 더 차가운 남극 저층수와 혼합되어 인도양과 태평양으로 퍼져 나간다.

(4) A에서 침강한 해수는 남쪽으로 흐르다가 인도양과 태평양으로 퍼져 나간 후 C에서 상승하여 표층 순환과 연결된다.

(6) 전 세계 해수의 순환을 통해 저위도의 남는 열에너지를 고위도로 수송하여 위도별 에너지 불균형을 해소시킨다.

바로알기 | (5) 표층 순환과 심층 순환은 서로 연결되어 있으므로 심층 순환이 약해지면 표층 순환도 약해진다.

난이도별 필수 기출 15쪽~21쪽

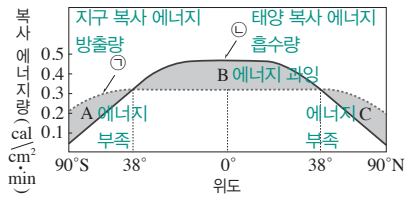
032 ⑤ 033 해설 참조 034 ①, ⑤ 035 ②
036 A: 쿠로시오 해류, B: 북태평양 해류, C: 캘리포니아 해류, D: 북적도 해류 037 해설 참조 038 ⑤ 039 ③ 040 ⑤
041 ④ 042 ⑤ 043 ② 044 ② 045 ② 046 ③
047 쿠로시오 해류 048 ③ 049 ⑤
050 ㉠ 밀도, ㉡ 낮, ㉢ 높 051 ③ 052 ③
053 해설 참조 054 ① 055 ③, ④ 056 ⑤
057 ④ 058 ⑤ 059 ④, ⑦ 060 ① 061 ⑤
062 ①

032 ㄱ. A 지점은 B 지점에 비해 태양의 고도가 높으므로 지표면이 받는 단위 넓이당 태양 복사 에너지량은 A 지점이 B 지점보다 많다. 따라서 연평균 기온은 A 지점이 B 지점보다 높다.

ㄴ. 열에너지는 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다. A 지점은 B 지점에 비해 지표면이 받는 단위 넓이당 태양 복사 에너지량이 많아 온도가 높으므로, 열에너지는 A 지점에서 B 지점으로 이동한다.

ㄷ. 대기 대순환은 위도에 따른 태양 복사 에너지량과 지구 복사 에너지량 차이인 에너지 불균형을 해소시킨다.

033



모범 답안 ㉠ 지구 복사 에너지 방출량, ㉡ 태양 복사 에너지 흡수량, 지구는 구형이므로 태양 복사 에너지 흡수량은 위도에 따라 달라지지만, 지구 복사 에너지 방출량은 위도에 따른 차이가 크지 않다. 따라서 ㉠은 지구 복사 에너지 방출량, ㉡은 태양 복사 에너지 흡수량이다.

해설 지구는 구형이므로 위도에 따라 지표면이 받는 단위 넓이당 태양 복사 에너지량이 달라진다. 저위도 지역은 태양의 고도가 높으므로 지표면이 받는 단위 넓이당 태양 복사 에너지량이 많고, 고위도 지역은 태양의 고도가 낮으므로 지표면이 받는 단위 넓이당 태양 복사 에너지량이 적다.

채점 기준	배점
㉠과 ㉡, 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
㉠과 ㉡만 옳게 쓴 경우	40 %

034 ① A와 C는 부족한 에너지량이고, B는 남는 에너지량이다. 지구는 복사 평형을 이루기 때문에 부족한 에너지량과 남는 에너지량이 같으므로 A+C=B이다.

바로알기 | ② A는 태양 복사 에너지 흡수량(㉡)이 지구 복사 에너지 방출량(㉠)보다 적으므로 에너지 부족, B는 태양 복사 에너지 흡수량(㉡)이 지구 복사 에너지 방출량(㉠)보다 많으므로 에너지 과잉이다.

③ 위도 약 38°보다 고위도에서는 태양 복사 에너지 흡수량(㉡)이 지구 복사 에너지 방출량(㉠)보다 적다.

④ 지구 복사 에너지 방출량(㉠)과 태양 복사 에너지 흡수량(㉡)이 같은 위도 약 38°에서는 에너지 이동량이 가장 많다.

035 ㄴ. 남극 순환 해류는 편서풍에 의해 형성되며, 대륙에 막혀 있지 않아 지구를 한 바퀴 도는 해류이다.

바로알기 | ㄱ. 전 세계 표층 해류는 대기 대순환으로 일정하게 부는 바람에 따라 형성되고, 대륙의 분포에도 영향을 받는다. 북반구와 남반구에서 해류의 이동 방향은 대체로 적도를 경계로 대칭을 이루고 있다.

ㄷ. 쿠로시오 해류는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류, 캘리포니아 해류는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이므로 동일 위도에서 쿠로시오 해류는 캘리포니아 해류보다 용존산소량이 적다.

036 북태평양 아열대 순환을 이루는 해류는 쿠로시오 해류(A), 북태평양 해류(B), 캘리포니아 해류(C), 북적도 해류(D)이다.

037 **모범 답안** 북태평양 해류(B)는 편서풍에 의해 형성되어 서쪽에서 동쪽으로 흐르며, 북적도 해류(D)는 무역풍에 의해 형성되어 동쪽에서 서쪽으로 흐른다.

해설 편서풍 지대에서는 해류가 서쪽에서 동쪽으로 흐르고, 무역풍 지대에서는 해류가 동쪽에서 서쪽으로 흐른다.

채점 기준	배점
B 해류와 D 해류를 일으키는 대기 대순환의 바람을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
B 해류와 D 해류를 일으키는 대기 대순환의 바람 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

038 ㄱ. A는 북태평양 적도 부근에서 동쪽에서 서쪽으로 흐르는 북적도 해류이다.
ㄴ. 기체의 용해도는 수온이 낮을수록 증가하므로 용존산소량은 한류가 난류보다 많다. 쿠로시오 해류(B)는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류, 캘리포니아 해류(C)는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이므로 용존산소량은 캘리포니아 해류(C)가 쿠로시오 해류(B)보다 많다.
ㄷ. 북대서양에서 아열대 순환은 북태평양의 아열대 순환과 같은 시계 방향으로 일어난다.

039 ㄷ. A~D 해역은 위도 30°N 부근에 위치하므로 모두 아열대 순환의 영향을 받는다.
바로알기 | ㄱ. A 해역에는 저위도에서 고위도로 난류인 쿠로시오 해류가 흐르고, B 해역에는 고위도에서 저위도로 한류인 캘리포니아 해류가 흐른다.
ㄴ. C 해역에는 수온과 염분이 높은 난류인 멕시코 만류, D 해역에는 수온과 염분이 낮은 한류인 카나리아 해류가 흐른다.

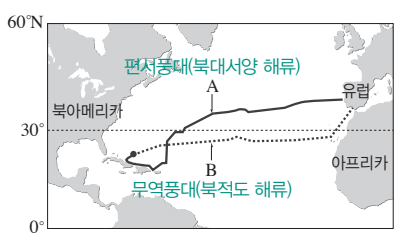
040 A는 남적도 해류, B는 동오스트레일리아 해류, C는 남극 순환 해류, D는 페루 해류이다.
ㄴ. 저위도의 남는 에너지가 고위도로 이동하므로 저위도에서 고위도 쪽으로 흐르는 표층 해류가 열에너지를 수송한다. 동오스트레일리아 해류(B)는 저위도에서 고위도로 흐르고, 페루 해류(D)는 고위도에서 저위도로 흐르므로 남북 방향의 열에너지 수송량은 동오스트레일리아 해류(B)가 페루 해류(D)보다 많다.
ㄷ. 남적도 해류(A), 동오스트레일리아 해류(B), 남극 순환 해류(C), 페루 해류(D)는 모두 남태평양의 아열대 순환을 구성하는 해류이다.
바로알기 | ㄱ. 남적도 해류(A)는 무역풍(동풍), 남극 순환 해류(C)는 편서풍(서풍)에 의해 형성된다.

041 ㄱ. A는 저위도에서 무역풍에 의해 생성된 북적도 해류가 대륙에 막히면 남북 방향으로 나누어져 저위도에서 고위도로 흐르는 해류이다.
ㄴ. A는 저위도에서 고위도로 흐르는 난류, B는 고위도에서 저위도로 흐르는 한류이므로 동일 위도에서 A 해류는 B 해류에 비해 수온과 염분이 높다.
바로알기 | ㄷ. 남극 순환 해류(C)는 편서풍에 의해 형성되며, 대륙에 막혀 있지 않아 지구를 한 바퀴 도는 해류이다.

042 ㄴ. A는 북태평양 해류로, 편서풍의 영향을 받아 형성되어 서쪽에서 동쪽으로 흐른다.
ㄷ. B는 대륙에 막혀 있지 않아 남극 대륙 주위를 순환하며 지구를 한 바퀴 도는 남극 순환 해류이다.
바로알기 | ㄱ. ㉠은 무역풍과 편서풍으로 형성된 표층 해류와 대륙에 막혀 남북 방향으로 흐르는 해류가 이루는 아열대 순환이다.

043 **바로알기** | ㄱ, ㄴ. A 해역에는 북쪽으로 난류인 멕시코만류가 흐르고, B 해역에는 남쪽으로 한류인 카나리아 해류가 흐른다. 난류는 한류에 비해 수온과 염분이 높고, 영양 염류와 용존산소량이 적다.

044



ㄴ. 북아메리카에서 유럽으로 항해할 때는 편서풍에 의해 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 북대서양 해류를 이용하였다.
바로알기 | ㄱ. 유럽에서 북아메리카로 항해할 때는 무역풍에 의해 동쪽에서 서쪽으로 흐르는 북적도 해류를 이용한 B 경로를 이용하였다.
ㄷ. 북반구의 아열대 순환은 시계 방향, 남반구의 아열대 순환은 시계 반대 방향으로 서로 대칭적인 분포를 보인다.

045 ㄴ. B는 대마 난류의 일부가 남해를 통과하여 동해로 흘러가면서 우리나라 동해안을 따라 흐르는 동한 난류이며, 한반도 주변 난류의 근원은 쿠로시오 해류이다.
바로알기 | ㄱ. A는 황해 중앙부에서 북쪽으로 흐르는 황해 난류이다.
ㄷ. B는 대마 난류의 일부가 남해를 통과하여 우리나라 동해안을 따라 흐르는 동한 난류, C는 북한 동쪽 연안을 따라 남쪽으로 흐르는 북한 한류이다. 용존산소량은 난류가 한류보다 적으므로 동한 난류(B)는 북한 한류(C)보다 용존산소량이 적다.

046 **바로알기** | ③ 난류는 저위도에서 고위도로 흐르고, 한류는 고위도에서 저위도로 흐른다.

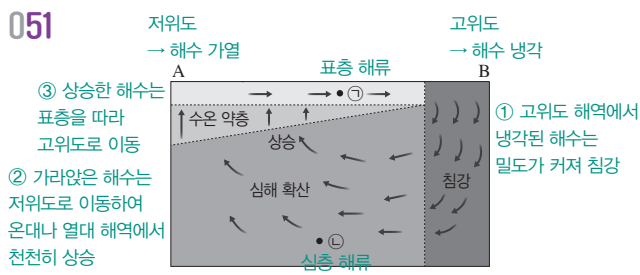
047 쿠로시오 해류는 북태평양의 서쪽을 따라 북상하는 해류로, 한반도 주변 난류의 근원이며 고온 고염의 해수로 구성된다.

048 ㄱ. A는 북태평양의 서쪽을 따라 북상하는 쿠로시오 해류로, 북태평양 아열대 순환을 이루는 해류는 북적도 해류, 쿠로시오 해류, 북태평양 해류, 캘리포니아 해류이다.
ㄷ. D는 우리나라 동해안을 따라 흐르는 동한 난류로, 난류는 저위도에서 고위도로 이동하면서 열에너지를 방출하여 주변 지역의 기후를 위도가 같은 다른 지역에 비해 상대적으로 온화하게 만든다.
바로알기 | ㄴ. B는 황해 중앙부에서 북쪽으로 흐르는 황해 난류, C는 북한 동쪽 연안을 따라 남쪽으로 흐르는 북한 한류이다. 영양 염류는 한류가 난류보다 많으므로 북한 한류(C)는 황해 난류(B)보다 영양 염류가 풍부하다.

049 ㄱ. (가)와 (나) 사이의 화살표 길이 차는 A 해역이 B 해역보다 크다. 화살표 길이는 표층 해류의 평균 속력을 의미하므로, (가)와 (나)의 평균 속력 차는 A 해역이 B 해역보다 크다.
ㄴ. A 해역에서 북쪽을 향하는 화살표 길이는 (가)가 (나)보다 짧다. 화살표 길이는 표층 해류의 평균 속력을 의미하므로, A 해역에서 해류의 흐름은 (가)가 (나)보다 약하다.
ㄷ. C 해역을 흐르는 해류는 북태평양의 서쪽을 따라 북상하며, 우리나라 주변 난류의 근원인 쿠로시오 해류이다.

050 심층 순환은 표층에서 밀도가 높아진 해수가 심해로 가라앉아 일어나는 해수의 순환이다. 수온이 낮아지거나 염분이 높아지면 해수의 밀도가 커지므로, 해수가 가라앉으면서 심층 순환이 발생하게 된다.

051



ㄷ. B 해역은 해수가 냉각되는 고위도의 해역으로, 밀도가 큰 해수가 침강한다. 따라서 B 해역의 염분이 높아지면 밀도가 더 커지므로 침강이 강화된다.

바로알기 | ㄱ. A는 심층 해수가 용승하는 곳이므로 해수가 가열되는 저위도의 해역, B는 표층 해수가 침강하는 곳이므로 해수가 냉각되는 고위도의 해역이다. 따라서 A 해역은 B 해역보다 저위도이다.

ㄴ. 표층 순환은 바람에 의해 발생하고, 심층 순환은 해수의 밀도 차에 의해 발생하므로 해류의 평균 속력은 표층 해류(㉠)가 심층 해류(㉡)보다 빠르다.

052 ㄱ. A와 B에서 흘러나온 물은 모두 수조의 물보다 온도가 낮고 염분이 높아 밀도가 크기 때문에 수조 바닥으로 침강한다.

ㄴ. A와 B의 물은 온도는 같지만 녹인 소금의 양은 A가 B보다 많으므로 염분은 A가 B보다 높다. 따라서 흘러나온 물의 침강 속도는 염분이 높아 밀도가 큰 A가 B보다 빠르다.

바로알기 | ㄷ. A는 B보다 염분이 높아 밀도가 크기 때문에 B의 아래쪽으로 이동한다.

053 모범 답안 A: 남극 중층수, B: 북대서양 심층수, C: 남극 저층수, 밀도가 큰 수괴일수록 아래쪽에 분포하므로 밀도는 남극 저층수(C)>북대서양 심층수(B)>남극 중층수(A)이다.

해설 A는 위도 60°S 부근에서 형성되어 수심 약 1000 m의 중층을 따라 20°N까지 이동하는 남극 중층수, B는 그린란드 남쪽의 래브라도해와 동쪽의 노르웨이해에서 해수가 수 km 깊이까지 가라앉아 형성되어 남대서양으로 흘러가는 북대서양 심층수, C는 밀도가 가장 커서 수심이 가장 깊은 곳을 흐르는 남극 저층수이다.

채점 기준	배점
수괴 A~C의 이름과 밀도를 비교하여 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
수괴 A~C의 이름만 옳게 쓴 경우	40 %

054 ㄱ. A와 B의 소금물은 모두 수돗물보다 온도가 낮아 밀도가 크기 때문에 수돗물 아래로 가라앉는다.

바로알기 | ㄴ. 실험 결과에서 A가 B 아래로 가라앉았으므로 밀도는 A가 B보다 크다.

ㄷ. 남극 저층수는 밀도가 가장 크므로 대서양에서 수심이 가장 깊은 곳을 흐르고, 북대서양 심층수는 남극 저층수보다 밀도가 작아 남극 저층수 위쪽으로 흐른다. 따라서 A는 남극 저층수, B는 북대서양 심층수에 해당한다.

055 A는 남극 저층수, B는 북대서양 심층수, C는 남극 중층수이다.

① 남극 저층수(A)는 웨들해에서 결빙이 일어나 염분이 높아지면서 해수가 심층으로 가라앉아 형성된다.

② 북대서양 심층수(B)는 그린란드 부근에서 침강하여 남쪽으로 확장하여 남대서양으로 흘러간다.

⑤ 밀도가 클수록 수심이 깊은 곳을 흐르므로, 해수의 밀도는 남극 저층수(A)가 남극 중층수(C)보다 크다.

⑥ 하천수가 유입되면 표층 해수의 염분이 낮아져 밀도가 작아지므로 표층 해수의 침강이 약해진다. 따라서 P에 하천수의 유입량이 증가하면 북대서양 심층수(B)의 흐름은 약해질 것이다.

바로알기 | ③ C는 위도 60°S 부근에서 형성되어 수심 약 1 km의 중층을 따라 이동하는 남극 중층수이다.

④ 밀도가 서로 다른 두 수괴는 혼합되기 어려우므로, 남극 저층수(A)와 북대서양 심층수(B)가 중위도에서 만나도 혼합되지 않는다.

056 A는 남극 중층수, B는 북대서양 심층수, C는 남극 저층수이다.

ㄱ, ㄴ. 밀도가 클수록 수심이 깊은 곳을 흐르고, 수온 염분도에서 등밀도선은 오른쪽 아래로 갈수록 값이 커진다. 따라서 A는 남극 중층수, B는 북대서양 심층수, C는 남극 저층수이다. 북대서양 심층수(B)의 염분은 약 34.9 psu, 남극 저층수(C)의 염분은 약 34.6 psu이므로 북대서양 심층수(B)는 남극 저층수(C)보다 염분이 높다.

ㄷ. 지구 온난화가 지속되면 고위도의 수온이 상승하고 빙하가 녹아 염분이 낮아지므로 해수의 밀도가 작아져 침강이 잘 일어나지 않는다. 따라서 지구 온난화가 지속되면 심층 순환이 약해질 수 있다.

057 ㄱ. 북대서양 심층수는 그린란드 주변 해역에서 냉각된 해수가 침강하여 형성된다.

ㄷ. 남극 중층수의 염분은 34.6 psu보다 낮고, 북대서양 심층수의 염분은 34.8 psu~35 psu이다. 따라서 남극 중층수는 북대서양 심층수보다 평균 염분이 낮다.

바로알기 | ㄴ. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크다. 남극 저층수는 북대서양 심층수보다 염분이 낮은데도 불구하고 북대서양 심층수보다 밀도가 커서 수심이 깊은 곳을 흐른다. 이는 남극 저층수의 수온이 더 낮기 때문이므로, 남극 저층수의 밀도는 염분보다 수온의 영향이 더 크다.

058 ①, ③ 심층 순환은 용존산소가 풍부한 표층 해수를 심해로 운반하여 산소를 공급하고, 심해의 영양 염류를 표층으로 운반하여 해양 생물이 살 수 있도록 해 준다.

② 심층 순환은 표층 순환과 연결되어 저위도의 남는 열에너지를 고위도로 수송하여 위도별 에너지 불균형을 해소시킨다.

④ 심층 순환이 약해지면 표층 순환도 약해지면서 저위도에서 고위도로 운반되는 에너지량이 적어지므로 지구 기후에 영향을 줄 수 있다.

바로알기 | ⑤ 심층 순환의 이동 속도는 매우 느리므로 직접 관측하기 어렵다.

059 ① 심층 순환은 표층 순환과 연결되어 저위도의 남는 열에너지를 고위도로 수송하여 위도별 에너지 불균형을 해소시킨다.

② 표층 순환은 바람에 의해 발생하고, 심층 순환은 해수의 밀도 차에 의해 발생하므로 표층 해류는 심층 해류보다 유속이 대체로 빠르다.

③ A 해역은 표층 수온이 낮아 기체의 용해도가 커서 표층 해수의 용존산소량이 많다. 따라서 A 해역에서 침강한 북대서양 심층수는 산소를 심해로 운반하여 심해에 산소를 공급한다.

⑤ B 해역에서는 심층 순환을 이루는 차갑고 염분이 높은 해수가 상승하여 표층 순환과 연결된다.

⑥ A 해역에서 침강한 해수가 북대서양 심층수를 이루고, B 해역에서는 심층 순환을 이루는 해수가 상승하여 표층 순환과 연결된다.

⑧ 북대서양 심층수는 대서양 서쪽을 따라 이동하여 남극 대륙 부근에 도달하면 남극 저층수와 만나며, 대륙 주위를 돌면서 인도양과 태평양으로 유입된다.

바로알기 | ④ 지구 온난화가 심해지면 해수의 수온이 상승하고 빙하가 녹아 염분이 낮아지므로 해수의 밀도가 작아져 침강이 약해질 것이다.

⑦ 북태평양에는 침강 해역이 없으며, 수온이 높아진 심층 해수가 용승하여 표층 해류와 연결된다.

060 ㄱ. A 해역과 B 해역은 그린란드 주변 해역으로, 북대서양 심층수가 만들어지는 곳이다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서 A 해역과 B 해역의 염분이 낮아졌으므로 밀도가 작아져 침강이 잘 일어나지 않아 북대서양의 심층 순환이 약해진다.
ㄷ. 빙하가 녹아 유입되면 염분이 낮아지므로 침강이 잘 일어나지 않아 심층 순환이 약해진다.

061 ㄱ. 북극 부근의 빙하가 녹아 북대서양으로 담수가 유입되면 북대서양의 염분이 낮아지면서 해수의 밀도가 작아져 침강이 약화된다.
ㄴ. 북대서양의 서안을 따라 북상하는 난류는 멕시코만류이다.
ㄷ. 해수의 표층 순환과 심층 순환은 서로 연결되어 전 지구를 순환하므로, 심층 순환이 약화되면 표층 순환도 약해진다.

062 ㄱ. 북극해의 얼음 면적이 감소하면 얼음이 녹은 물이 유입되어 염분이 낮아져 밀도가 작아지므로, P 해역에서 해수의 침강이 약해진다.
바로알기 | ㄴ. 북대서양 심층수는 그린란드 주변 해역에서 만들어진 심층수로 심해에 산소를 공급한다. 따라서 그린란드 주변의 P 해역에서 침강이 약해지면 북대서양 심해의 용존산소량이 감소한다.
ㄷ. 심층 순환은 표층 순환과 연결되어 저위도의 에너지를 고위도로 수송한다. 따라서 (나)와 같은 현상이 지속되면 심층 순환이 약해지고 표층 순환도 약해지면서 저위도에서 고위도로 운반되는 에너지량이 감소한다.

최고 수준 도전 기출 22쪽~23쪽

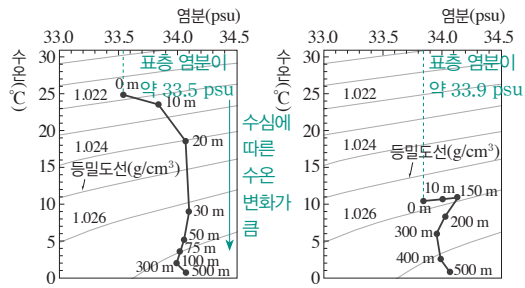
063 ⑤ 064 ① 065 ② 066 ④ 067 ① 068 ③
069 ③ 070 ④

063 ㄱ, ㄴ. 염분비 일정 법칙에 따라 24.88 g : 3.48 g = ㉠ : 4.35 g의 식이 성립하므로 ㉠은 31.1 g이다. 따라서 ㉡은 31.1(㉠) g + 4.35 g + 4.55 g = 40 g이다.
ㄷ. B 해역에서 표층 해수 1 kg에 포함된 염류의 총량이 40 g이므로 염분은 40 psu이다. 따라서 염분이 20 psu인 해수 1 kg에 포함된 염화 마그네슘의 양은 B 해역의 염화 마그네슘 양(4.35 g)의 절반인 2.175 g이므로 2 g보다 많다.

064 ㄱ. A는 위도 30° 부근 해역에서 B보다 많으므로 증발량이다.
바로알기 | ㄴ, ㄷ. 위도 30° 부근 해역은 고압대가 발달하여 증발량(A)이 강수량(B)보다 많고, 적도 해역은 저압대가 발달하여 강수량(B)이 증발량(A)보다 많다. 따라서 위도 30° 부근 해역은 적도 해역보다 표층 염분이 높다.

065 ㄷ. 표층 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 크므로, 1월이 9월보다 클 것이다.
바로알기 | ㄱ. 표층 수온은 태양 복사 에너지량의 영향을 가장 크게 받으며, 이 해역에서는 8월에 표층 수온이 가장 높게 나타나므로, 8월경 여름철인 북반구에 해당한다.
ㄴ. (강수량 − 증발량) 값이 클수록 표층 염분은 낮아진다. 이 해역에서는 8월이 2월보다 표층 염분이 낮으므로, 염분에 영향을 주는 다른 요인을 고려하지 않을 때, (강수량 − 증발량) 값은 8월이 2월보다 클 것이다.

066



(가) 8월 (나) 2월

(가)는 8월, (나)는 2월이다.
ㄴ. 수온 약층은 수심에 따라 수온이 급격하게 감소하는 층으로, 수심에 따른 수온 변화가 더 클수록 뚜렷하게 나타난다. 따라서 수온 약층은 (나)보다 (가)에서 더 뚜렷하게 나타난다.
ㄷ. 유입되는 하천수의 양이 많을수록 표층 염분이 감소한다. (가)의 표층 염분은 약 33.5 psu이고, (나)의 표층 염분은 약 33.9 psu이므로 표층으로 유입되는 하천수의 양은 (나)보다 표층 염분이 낮은 (가)에서 많다.
바로알기 | ㄱ. 계절에 따른 밀도 변화는 표층에서 약 1.0215 ~ 1.0255 g/cm^{3}로 계절에 따른 밀도 차이가 크지만, 수심 500 m 지점에서 밀도 변화는 거의 없으므로 수심이 깊어질수록 계절에 따른 밀도 변화가 작아진다.

067 ㄱ. A 해역에 흐르는 해류는 북태평양 해류로, 편서풍에 의해 형성되어 서쪽에서 동쪽으로 흐른다.
바로알기 | ㄴ, ㄷ. B 해역에는 저위도에서 고위도로 난류가 흐르고, C 해역에는 고위도에서 저위도로 한류가 흐른다. 한류는 난류에 비해 수온과 염분이 낮으므로 ㉠은 B, ㉡은 C에 해당한다.

068 ㄱ, ㄴ. 아열대 순환의 방향은 북반구는 시계 방향, 남반구는 시계 반대 방향으로 서로 대칭적인 분포를 보인다. 따라서 (가)는 남반구, (나)는 북반구의 아열대 순환이므로 A와 C에서는 모두 저위도에서 고위도로 난류가 흐른다.
바로알기 | ㄷ. B에서는 무역풍에 의해 동쪽에서 서쪽으로, D에서는 편서풍에 의해 서쪽에서 동쪽으로 해류가 흐른다.

069 ㄱ. A는 그린란드 남쪽의 래브라도해와 동쪽의 노르웨이해에서 해수가 수 km 깊이까지 가라앉아 형성되어 남대서양으로 흘러가는 북대서양 심층수로, 남극 중층수보다 밀도가 크고 남극 저층수보다 밀도가 작으므로 ㉠에 해당한다.
ㄴ. B는 웨들해에서 결빙이 일어나 밀도가 커진 해수가 침강하여 북쪽으로 이동하는 남극 저층수이다.
바로알기 | ㄷ. ㉡은 남극 저층수로, 웨들해에서 결빙이 일어나 침강하여 형성된 해수이며, 그린란드 주변 해역에서 형성된 해수는 북대서양 심층수(㉠)이다.

070 ㄱ. A 해역 부근에서 해수의 연령이 가장 적으므로 A 해역에서 침강이 활발하게 일어나 침강한 해수가 다른 해역으로 이동했다는 것을 알 수 있다.
ㄴ. 등연령선의 간격이 좁을수록 해수의 흐름이 느리므로, 수심 4000 m에서 해수의 흐름은 등연령선의 간격이 좁은 C가 D보다 느리다.
바로알기 | ㄷ. 해수의 연령은 대서양에서는 105년 ~ 655년 정도이고, 태평양에서는 대부분 1000년 이상이다. 따라서 해수의 평균 연령은 대서양이 태평양보다 적다.

03 고기압과 날씨

빈출 자료 보기

25쪽

071 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ×

071 (1), (3) (가) 시기는 북태평양 고기압이 확장하여 우리나라에 영향을 주므로 8월, (나) 시기는 시베리아 고기압이 확장하여 우리나라에 영향을 주므로 1월의 일기도이다.

바로알기 | (4) (나)의 북서쪽에 발달한 시베리아 고기압이 남쪽으로 세력을 확장하면 우리나라는 한랭 건조한 북풍 계열의 바람이 분다.

(5) 등압선의 간격이 넓을수록 바람의 세기가 약하므로 우리나라에서 풍속은 등압선의 간격이 넓은 (가) 시기가 (나) 시기보다 느리다.

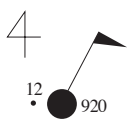
난이도별 필수 기출

26쪽~29쪽

072 (다) → (라) → (가) → (마) → (나) 073 해설 참조
074 ①, ③, ④ 075 ④ 076 ①, ④ 077 해설 참조
078 해설 참조 079 해설 참조 080 해설 참조
081 ① 082 ③ 083 ④ 084 ① 085 ③
086 ⑤, ⑥ 087 ⑤ 088 ⑤ 089 ②, ⑥ 090 ③

072 일기 예보는 일기도를 분석하여 시간에 따른 일기의 변화를 예측하여 알리는 일로, 관측(다) → 기상정보통신(라) → 수치 예측(가) → 예보(마) → 통보(나) 순으로 진행된다.

073

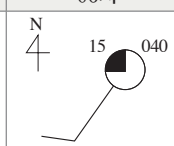
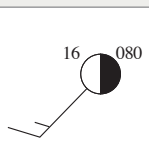
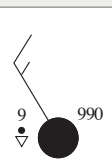


풍향	북동풍
풍속	25 m/s
운량	흐림
기압	992.0 hPa
기온	12 ℃
일기	비

모범 답안 기압은 십의 자리, 일의 자리, 소수점 첫째 자리인 세 자리 수로 나타내며, 일반적으로 세 자리 수 앞에 9 또는 10을 붙여서 실제 기압이 950 hPa~1050 hPa 범위에 오도록 읽으므로 이 지역의 기압은 992.0 hPa이고, 북동풍이 25 m/s로 불고 있다.

채점 기준	배점
기압, 풍향, 풍속을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
기압, 풍향, 풍속 중 두 가지만 옳게 서술한 경우	60 %
기압, 풍향, 풍속 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

074

구분	06시	12시	18시
일기 기호			
풍향	남서풍	서남서풍	북서풍
풍속	5 m/s	7 m/s	7 m/s

운량	구름 조금 (운량 약 25 %)	구름 조금 (운량 약 50 %)	흐림
기압	1004.0 hPa	1008.0 hPa	999.0 hPa
기온	15 ℃	16 ℃	9 ℃
일기	—	—	소나기

② 12시와 18시의 풍속은 7 m/s로 같다.

⑥ 06시에 남서풍, 12시에 서남서풍, 18시에 북서풍이 불고 있으므로 시간에 따라 풍향은 시계 방향으로 변했다.

바로알기 | ③ 기온은 06시에 15 ℃, 12시에 16 ℃, 18시에 9 ℃이므로 12시에 가장 높다.

④ 기압은 06시에 1004.0 hPa, 12시에 1008.0 hPa, 18시에 999.0 hPa이므로 18시에 가장 낮다.

075 ㄱ. 등압선은 4 hPa 간격으로 그리므로 ㉠은 1004이다.

ㄴ. A의 기압은 1012 hPa, C의 기압은 996 hPa이므로 기압은 A가 C보다 높다.

바로알기 | ㄷ. 바람은 고기압(A)에서 저기압(C)으로 분다. 따라서 B 지역에서는 서풍 계열의 바람이 불고 있다.

076 ① 가시 영상(가)은 태양 빛의 반사 강도를 나타내므로 낮에만 관측 가능하다.

④ 적외 영상(나)은 구름의 최상부 높이가 높을수록 적외선 방출량이 적어 밝게 보인다.

바로알기 | ②, ③ 가시 영상(가)은 두꺼운 구름일수록 태양 빛을 더 많이 반사하므로 밝게 보인다. 따라서 적운형 구름이 층운형 구름보다 밝게 보인다.

⑤, ⑥ 적외 영상(나)은 온도가 낮고 구름의 최상부 높이가 높을수록 적외선 방출량이 적어 밝게 보인다.

077 모범 답안 A, 가시 영상(가)은 구름의 두께가 두꺼울수록 태양 빛을 더 많이 반사하므로 밝게 보인다. 따라서 구름의 두께는 가시 영상(가)에서 B보다 밝게 보이는 A가 더 두껍다.

해설 가시 영상은 구름이나 지표면에서 반사된 태양 빛의 반사 강도를 나타낸 영상으로, 두꺼운 구름일수록 태양 빛을 더 많이 반사하므로 밝게 관측된다.

채점 기준	배점
구름의 두께가 더 두꺼운 곳과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
구름의 두께가 더 두꺼운 곳만 옳게 고른 경우	40 %

078 모범 답안 A, 적외 영상(나)은 구름의 최상부 높이가 높을수록 방출되는 적외선량이 적어 밝게 보인다. 따라서 구름의 최상부 높이는 적외 영상(나)에서 B보다 밝게 보이는 A가 더 높다.

해설 적외 영상은 물체가 온도에 따라 방출하는 적외선의 에너지량을 나타낸 영상으로, 온도가 낮고 구름의 최상부 높이가 높을수록 적외성 방출량이 적어 밝게 관측된다.

채점 기준	배점
구름의 최상부 높이가 더 높은 곳과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
구름의 최상부 높이가 더 높은 곳만 옳게 고른 경우	40 %

079 모범 답안 15시, 가시 영상(가)은 태양 빛이 있는 낮에만 관측 가능하며 (가)와 (나)는 같은 시각에 촬영한 영상이기 때문이다.

해설 가시 영상은 태양 빛의 반사 강도를 나타내므로 태양 빛이 없는 밤에는 관측할 수 없고, 적외 영상은 낮과 밤에 관계없이 24시간 관측 가능하다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)를 촬영한 시각과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)를 촬영한 시각만 옳게 쓴 경우	40 %

080 **모범 답안** 가시 영상이나 적외 영상은 반사하는 가시광선이나 방출하는 적외선을 측정하지만, 레이더 영상은 대기 중에 전파를 발사하여 구름이나 물방울에 부딪혀 되돌아오는 반사파를 수신하기 때문이다.

해설 레이더 영상은 레이더에서 대기 중으로 전파를 발사한 뒤 구름 속 강수 입자에 부딪혀 되돌아오는 반사파를 분석하여 나타낸 영상으로, 반사된 전파의 강도를 관측하여 영상으로 산출한다.

채점 기준	배점
대기 중에 전파를 발사해 구름이나 물방울에 부딪혀 되돌아오는 반사파를 수신하기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %

081 ㄱ. A 지역은 주변보다 기압이 낮으므로 저기압, B 지역은 주변보다 기압이 높으므로 고기압이다. 가시 영상(나)을 통해 A 지역은 B 지역보다 구름이 많은 것을 확인할 수 있다.

바로알기 | ㄴ. B 지역은 주변보다 기압이 높으므로 고기압이고, 고기압 중심에서는 하강 기류가 발달한다.

ㄷ. 우리나라의 동쪽에는 고기압이 분포하고, 북서쪽에는 저기압이 분포한다. 바람은 고기압에서 저기압으로 불기 때문에 이날 우리나라에는 동풍 계열의 바람이 분다.

082 ㄷ. A는 고기압 중심이므로 하강 기류가 발달하여 구름이 소멸되고, B는 저기압 중심이므로 상승 기류가 발달하여 구름이 형성된다. 따라서 중심부에 구름이 발달할 가능성은 A가 B보다 낮다.

바로알기 | ㄱ. 지상에서 바람은 등압선과 비스듬하게 불어 나가거나 들어온다.

ㄴ. A는 바람이 중심에서 주변 지역으로 시계 방향으로 휘어져 불어 나가므로 고기압 중심, B는 바람이 주변 지역에서 중심을 향해 시계 반대 방향으로 휘어져 불어 들어오므로 저기압 중심이다.

✓ 개념 보충

고기압과 저기압의 바람(북반구)
- **고기압:** 중심에서 주변 지역으로 시계 방향으로 휘어져 불어 나간다.
- **저기압:** 주변 지역에서 중심을 향해 시계 반대 방향으로 휘어져 불어 들어온다.

고기압과 저기압에서의 날씨(북반구)
- **고기압:** 하강 기류 발달 → 단열 압축 → 기온 상승 → 구름 소멸 → 맑음
- **저기압:** 상승 기류 발달 → 단열 팽창 → 기온 하강 → 구름 형성 → 흐림, 비

083 ㄴ, ㄷ. (가) 지역은 하강 기류가 발달하여 단열 압축되므로 기온이 상승하고 상대 습도가 감소하여 구름이 소멸하기 때문에 날씨가 맑고, (나) 지역은 상승 기류가 발달하여 단열 팽창되므로 기온이 하강하고 구름이 형성되기 때문에 흐리거나 비가 온다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 하강 기류가 발달하는 고기압, (나)는 상승 기류가 발달하는 저기압 지역이므로 (가) 지역은 (나) 지역보다 기압이 높게 나타난다.

✓ 개념 보충

단열 압축과 단열 팽창
- **단열 압축:** 하강하는 공기 덩어리는 주변 기압의 증가로 부피가 압축되면서 온도가 높아진다.
- **단열 팽창:** 상승하는 공기 덩어리는 주변 기압의 감소로 부피가 팽창하면서 온도가 낮아진다.

084 ㄱ. (가)는 바람이 주변 지역에서 중심을 향해 시계 반대 방향으로 불어 들어오므로 저기압이다. 따라서 (가)의 중심 기압은 1000 hPa보다 낮다.

바로알기 | ㄴ. (나)는 바람이 중심에서 주변 지역으로 시계 방향으로 휘어져 불어 나가므로 고기압이다. 따라서 (나)의 중심에서는 하강 기류가 발달하며 날씨가 맑다.

ㄷ. 바람의 세기는 등압선의 간격이 좁을수록 강하므로, ㉠보다 ㉡에서 강하다.

085 북태평양 기단(A)은 여름에 영향을 미치는 해양성 기단으로 고온 다습하고, 양쯔강 기단(B)은 봄·가을에 영향을 미치는 대륙성 기단으로 온난 건조하다. 시베리아 기단(C)은 겨울에 영향을 미치는 대륙성 기단으로 한랭 건조하다.

086 A는 시베리아 기단, B는 양쯔강 기단, C는 오호츠크해 기단, D는 북태평양 기단이다.

① 시베리아 기단(A)은 한랭 건조한 성질을 가지므로 우리나라 겨울철에 영향을 준다.

② 시베리아 기단(A)과 북태평양 기단(D)은 고기압 중심부가 거의 이동하지 않고 한자리에 머무르며 세력을 확장해 주변 지역의 날씨에 영향을 주는 정체성 고기압이다.

③ 양쯔강 기단(B)은 저위도의 대륙에서 생성되어 온난 건조한 성질을 갖는다.

④ 우리나라에서 황사는 주로 봄철에 발생하며, 우리나라 봄철에는 온난 건조한 양쯔강 기단(B)의 영향을 받는다.

⑦ 시베리아 기단(A)은 한랭 건조, 북태평양 기단(D)은 고온 다습한 성질을 가지므로 시베리아 기단(A)은 북태평양 기단(D)에 비해 온도가 낮다.

⑧ 오호츠크해 기단(C)은 한랭 다습, 북태평양 기단(D)은 고온 다습한 성질을 갖는다.

바로알기 | ⑤ C는 한랭 다습한 성질을 갖는 오호츠크해 기단이다.

⑥ 북태평양 기단(D)의 영향으로 우리나라에는 고온 다습한 남풍 계열의 바람이 분다.

087 ㄱ. 우리나라의 북서쪽에 위치한 시베리아 고기압(A)의 세력이 크게 나타나는 겨울철 지상 일기도이다.

ㄴ. 시베리아 고기압(A)의 영향으로 우리나라에는 한랭 건조한 북풍 계열의 바람이 분다.

ㄷ. 우리나라는 겨울철에 시베리아 고기압(A)이 따뜻한 황해를 통과하면서 변질되어 서해안에 폭설이 내릴 수 있다.

088 ㄱ. 우리나라 북서쪽에 발달한 A는 정체성 고기압인 시베리아 고기압, 우리나라 동쪽에 위치한 B는 이동성 고기압이다.

ㄴ. 고기압의 규모는 정체성 고기압인 A가 이동성 고기압인 B보다 크다.

ㄷ. (가)는 시베리아 고기압(A)의 영향을 받는 겨울철 일기도이고, (나)는 이동성 고기압(B)의 영향을 받는 봄철이나 가을철 일기도이다. 봄철이나 가을철에는 양쯔강 유역에서 발달한 이동성 고기압(B)과 저기압이 교대로 지나가므로 날씨 변화가 심하다.

✔ 개념 보충

정체성 고기압과 이동성 고기압

- **정체성 고기압:** 중심부가 거의 이동하지 않고 한자리에 머무르며 주변 지역의 날씨에 영향을 주는 규모가 큰 고기압
  예 시베리아 고기압, 북태평양 고기압, 오호츠크해 고기압 등
- **이동성 고기압:** 정체성 고기압에서 떨어져 나와 이동하면서 주변 지역의 날씨에 영향을 주는 상대적으로 규모가 작은 고기압
  예 양쯔강 유역에서 발달한 고기압 등

089 ② (가) 시기에는 우리나라의 남동쪽에 위치한 북태평양 고기압이 세력을 확장하여 우리나라에 영향을 준다.
⑥ (가)는 북태평양 고기압의 영향을 받는 우리나라의 여름철 일기도이고, (나)는 시베리아 고기압의 영향을 받는 우리나라의 겨울철 일기도이다. 정체성 고기압은 한자리에 머무르며 수축과 확장을 하여 주변 지역의 날씨에 영향을 주는 규모가 큰 고기압으로, 북태평양 고기압과 시베리아 고기압은 모두 정체성 고기압이다.
바로알기 | ① (가)는 우리나라의 남동쪽에 위치한 북태평양 고기압의 영향을 받는 여름철 일기도이다.
③ (나)는 우리나라의 겨울철 일기도이며, 양쯔강 기단의 영향으로 황사가 발생하는 계절은 봄철이다.
④ (가) 시기에는 북태평양 고기압이 세력을 확장하여 우리나라는 고온 다습한 남풍 계열의 바람이 불고, (나) 시기에는 시베리아 고기압이 세력을 확장하여 우리나라는 한랭 건조한 북풍 계열의 바람이 분다.
⑤ 풍속은 일기도에서 등압선의 간격이 좁을수록 빠르므로, 평균 풍속은 (나)가 (가)보다 빠르다.

090 ㄱ. 장마 전선은 남쪽의 따뜻한 기단과 북쪽의 찬 기단이 만나 형성되는 것으로, 장마 전선이 북쪽으로 이동했으므로 이 기간 동안 남쪽에 있는 북태평양 기단의 세력이 강해졌다.
ㄴ. (가)에서 나타난 장마 전선이 8일 후인 (나)에도 나타나므로 이 기간 동안 장마 전선이 우리나라에 영향을 주고 있다.
바로알기 | ㄷ. 이 기간 동안 우리나라는 장마 전선의 영향을 받아 덥고 습한 날씨가 지속되었을 것이다.

04 중위도 저기압과 날씨

빈출 자료 보기 31쪽

091 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ×

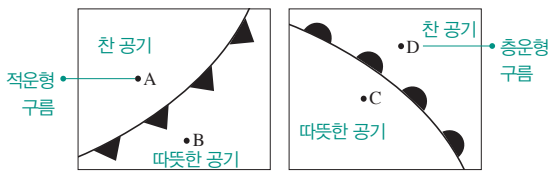
091 (1) 중위도 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 ㉡ 방향으로 이동할 것이다.
(2) A 지역은 한랭 전선 뒤쪽이므로 적운형 구름이 발달한다.
(4) C 지역은 온난 전선 앞쪽이므로 넓은 지역에 약한 비가 내린다.
(6) A~C 중 기온이 가장 높은 지역은 따뜻한 공기가 위치한 B이다.
바로알기 | (3) 북반구에서 바람은 저기압 중심을 향해 시계 반대 방향으로 불어 들어오므로 B 지역에는 현재 남서풍이 불고 있다.
(7) 풍속은 등압선의 간격이 좁을수록 빠르므로, A~C 중 풍속이 가장 빠른 지역은 등압선의 간격이 가장 좁은 B이다.

난이도별 필수 기출 32쪽~37쪽

092 ⑤, ⑦ 093 ③ 094 ④ 095 ② 096 ①
097 해설 참조 098 ③ 099 ④, ⑥ 100 해설 참조
101 ⑤ 102 ① 103 ① 104 ② 105 ④ 106 ⑤
107 ④ 108 ③ 109 ② 110 ④ 111 ⑤ 112 ③
113 ② 114 ② 115 ② 116 ④ 117 ⑤

092 ② 전선을 경계로 기온, 습도, 풍향 등이 달라지면서 구름이 생성되거나 강수 현상이 나타난다.
④ 상대적으로 무거운 찬 공기가 상대적으로 가벼운 따뜻한 공기를 미는 것(한랭 전선)은 상대적으로 가벼운 따뜻한 공기가 상대적으로 무거운 찬 공기를 미는 것(온난 전선)보다 더 쉬우므로, 한랭 전선은 온난 전선보다 이동 속도가 빠르다.
⑧ 세력이 비슷한 찬 공기와 따뜻한 공기가 만나 한곳에 오래 머무르며 형성되는 전선인 정체 전선의 예로는 장마 전선이 있다.
바로알기 | ⑤ 온난 전선이 접근하면 수평으로 발달하여 두께가 얇은 층운형 구름이 형성된다.
⑦ 이동 속도가 빠른 한랭 전선이 이동 속도가 느린 온난 전선을 쫓아가 만나 겹쳐져서 형성되는 전선은 폐색 전선이다.

093

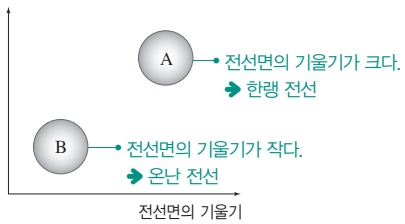


ㄱ. (가)는 찬 공기가 따뜻한 공기의 아래쪽으로 파고들면서 형성되는 한랭 전선, (나)는 따뜻한 공기가 찬 공기의 위쪽으로 올라가면서 형성되는 온난 전선이다. 상대적으로 무거운 찬 공기가 상대적으로 가벼운 따뜻한 공기를 미는 것(한랭 전선)은 상대적으로 가벼운 따뜻한 공기가 상대적으로 무거운 찬 공기를 미는 것(온난 전선)보다 더 쉬우므로, 전선의 이동 속도는 한랭 전선(가)이 온난 전선(나)보다 빠르다.
ㄴ. 한랭 전선(가)의 뒤쪽인 A는 찬 공기의 영향을 받고, 앞쪽인 B는 따뜻한 공기의 영향을 받으므로 A는 B보다 기온이 낮다.
바로알기 | ㄷ. 강수 현상이 나타나는 곳은 찬 공기가 있는 한랭 전선(가)의 뒤쪽인 A와 온난 전선(나)의 앞쪽인 D이다.

094 ㄷ. 한랭 전선은 찬 공기가 따뜻한 공기의 아래쪽으로 파고들면서 형성되므로 찬 공기 쪽에서 따뜻한 공기 쪽으로 이동한다. 따라서 시간이 지남에 따라 전선은 따뜻한 공기가 있는 B쪽으로 이동할 것이다.
바로알기 | ㄴ. 한랭 전선의 뒤쪽(A)에서는 적운형 구름이 형성되며 소나기나 뇌우 등의 기상 현상이 나타날 수 있다.

095 ㄷ. 온난 전선(나)의 뒤쪽인 C 지역은 따뜻한 공기의 영향을 받고, 앞쪽인 D 지역은 찬 공기의 영향을 받으므로 기온은 C 지역보다 D 지역에서 낮다.
바로알기 | ㄱ. 한랭 전선(가)은 전선면의 기울기가 급하므로 적운형 구름이 발달하고, 온난 전선(나)은 전선면의 기울기가 완만하므로 층운형 구름이 발달한다. 따라서 구름의 평균 두께는 온난 전선(나)보다 한랭 전선(가)에서 더 두껍다.
ㄴ. 한랭 전선(가)의 뒤쪽인 A 지역은 찬 공기의 영향을 받아 강수 현상이 나타나므로, 강수가 내릴 확률은 B 지역보다 A 지역에서 높다.

096



ㄱ. 전선면의 기울기가 급한 A는 한랭 전선, 전선면의 기울기가 완만한 B는 온난 전선이다.

바로알기 | ㄴ. (가)는 한랭 전선(A)이 온난 전선(B)보다 큰 값을 갖는 물리량이어야 한다. 강수 현상은 한랭 전선(A)의 뒤쪽 좁은 구역, 온난 전선(B)의 앞쪽 넓은 지역에 나타나므로, 강수 구역의 넓이는 (가)의 물리량으로 부적합하다.

ㄷ. 온난 전선(B)이 통과한 후에는 기온이 상승한다.

097 **모범 답안** 폐색 전선, 이동 속도가 빠른 뒤쪽의 한랭 전선이 이동 속도가 느린 앞쪽의 온난 전선을 따라잡아 겹쳐지면서 형성된다.

채점 기준	배점
전선의 이름과 형성되는 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
전선의 이름만 옳게 쓴 경우	30 %

098 ㄱ. A 지역은 따뜻한 공기, B 지역은 찬 공기의 영향을 받으며 따뜻한 공기가 전선면을 따라 B쪽으로 상승하므로 A 지역보다 B 지역에 구름이 형성되어 강수량이 많다.

ㄷ. A 지역에는 따뜻한 공기, B 지역에는 찬 공기가 분포하고 있고, (가)에서 따뜻한 공기는 남쪽, 찬 공기는 북쪽에 분포하고 있다. 따라서 A 지역에 영향을 주는 따뜻한 기단인 북태평양 기단의 세력이 커지면 전선은 북쪽으로 이동한다.

바로알기 | ㄴ. 우리나라 남부 지방에 동서 방향으로 정체 전선이 형성되어 있다.

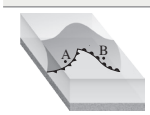
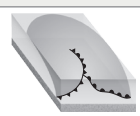
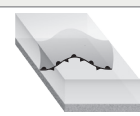
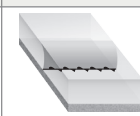
099 ①, ② 중위도 저기압은 중위도 지역에서 전선을 동반하여 발생한 종관 규모 저기압이다.

③ 중위도 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하다가 소멸한다.

바로알기 | ④ 중위도 저기압의 중심에서 남서쪽으로는 한랭 전선, 남동쪽으로는 온난 전선이 발달한다.

⑥ 중위도 저기압의 발생 초기에는 고위도의 찬 공기와 저위도의 따뜻한 공기가 만나 정체 전선이 형성된다.

100

(가)	(나)	(다)	(라)
			
❸ 한랭 전선과 온난 전선이 뚜렷한 중위도 저기압이 발달한다.	❹ 한랭 전선과 온난 전선이 겹쳐지면서 폐색 전선이 형성된다.	❷ 정체 전선에서 파동이 형성된다.	❶ 따뜻한 공기와 찬 공기가 만나 정체 전선이 형성된다.

모범 답안 (라) → (다) → (가) → (나), 찬 공기와 따뜻한 공기가 만나 정체 전선이 형성(라)되면 전선의 남쪽과 북쪽에서 바람이 불면서 파동이 형성(다)되고, 중위도 저기압이 발달(가)한다. 이후 한랭 전선과 온난 전선이 겹쳐지면서 폐색 전선이 발달(나)하고 중위도 저기압이 점차 소멸한다.

채점 기준	배점
(가)~(라)를 순서대로 옳게 나열하고, 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)~(라)만 순서대로 옳게 나열한 경우	50 %

101 ⑤ 중위도 저기압은 따뜻한 공기가 찬 공기 위로 올라가 안정한 상태가 되면서 소멸한다.

바로알기 | ① A는 한랭 전선의 뒤쪽으로 좁은 지역에 적운형 구름이 형성되고, B는 온난 전선의 앞쪽으로 넓은 지역에 층운형 구름이 형성된다. 따라서 구름 발생 지역은 A가 B보다 좁다.

④ 중위도 지역에서 고위도의 찬 공기와 저위도의 따뜻한 공기가 만나 정체 전선(라)을 형성한다.

102 ㄱ. (가)에서 중위도 저기압 중심의 남동쪽에는 온난 전선, 남서쪽에는 한랭 전선이 발달해 있고, (나)에는 한랭 전선과 온난 전선이 겹쳐진 폐색 전선이 발달해 있다. 따라서 중위도 저기압은 (가)에서 (나)로 발달한다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서 한랭 전선과 온난 전선이 겹쳐지면서 폐색 전선이 형성된 이후, 따뜻한 공기가 찬 공기 위로 올라가 안정한 상태가 되면서 중위도 저기압이 소멸한다.

ㄷ. 한랭 전선의 뒤쪽에는 소나기성 비가 내리고, 온난 전선의 앞쪽에는 지속적인 비가 내리므로 소나기성 비가 내릴 확률은 B보다 A에서 높다.

103 ㄱ. 전선면이 형성될 때 찬 공기는 따뜻한 공기 아래에 위치하므로, (가)와 (다)는 찬 공기, (나)는 따뜻한 공기이다.

ㄴ. 따뜻한 공기(나)는 전선면을 따라 찬 공기(가, 다) 위로 상승한다.

바로알기 | ㄷ. B는 온난 전선으로, 전선 앞쪽에 지속적인 비가 내린다.

ㄹ. 상대적으로 무거운 찬 공기가 상대적으로 가벼운 따뜻한 공기를 미는 것(한랭 전선)은 상대적으로 가벼운 따뜻한 공기가 상대적으로 무거운 찬 공기를 미는 것(온난 전선)보다 더 쉬우므로, 한랭 전선(A)은 온난 전선(B)보다 이동 속도가 빠르다.

104 ② 온난 전선과 한랭 전선 사이(B)는 구름이 없고 대체로 날씨가 맑다.

바로알기 | ① 한랭 전선 뒤쪽(A)은 두꺼운 적운형 구름이 발달한다.

③ 온난 전선 앞쪽(C)은 남동풍이 분다.

④ 한랭 전선 뒤쪽(A)과 온난 전선 앞쪽(C)은 찬 공기가 위치하며, 온난 전선과 한랭 전선 사이(B)에는 따뜻한 공기가 위치하므로 기온은 한랭 전선 뒤쪽(A)보다 온난 전선과 한랭 전선 사이(B)에서 높다.

⑤ 저기압 중심에 가까울수록 기압이 낮으므로, 기압은 C보다 B에서 낮다.

105 ㄱ. 중위도 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로, 중위도 저기압이 더 서쪽에 위치한 (나)가 먼저 작성된 일기도이다.

ㄷ. (나)에서 A 지역은 온난 전선 앞쪽에 위치하므로 남동풍이 불고, (가)에서 A 지역은 한랭 전선 뒤쪽에 위치하므로 북서풍이 분다. 따라서 이 기간 동안 A 지역의 풍향은 시계 방향으로 변했다.

바로알기 | ㄴ. 중위도 저기압이 (나)에서 (가)로 이동하는 동안 A 지역은 온난 전선과 한랭 전선이 차례로 통과하면서 따뜻한 공기의 영향을 받은 후 찬 공기의 영향을 받았으므로, 기온이 높아졌다가 낮아졌다.

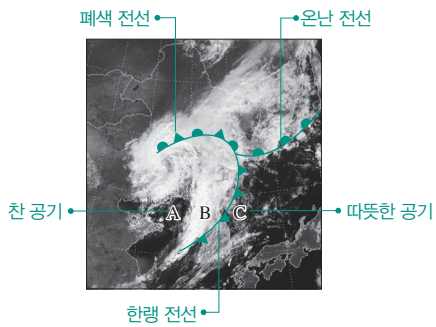
106 ㄴ. ㉡은 남동풍이 불고 있으므로 온난 전선 앞쪽(C)에서 관측한 기상 요소이다. 온난 전선과 한랭 전선 사이(B)는 따뜻한 공기가 위치하여 기온이 가장 높으므로 B 지역의 기온은 15 ℃보다 높다.
ㄷ. A 지역에서 관측한 기상 요소는 ㉠, C 지역에서 관측한 기상 요소는 ㉡이다. 풍속은 ㉠이 7 m/s, ㉡이 5 m/s이므로 A 지역이 C 지역보다 빠르다.
바로알기 | ㄱ. A 지역은 한랭 전선의 뒤쪽으로 북서풍이 불고, 적운형 구름이 형성되어 소나기가 발생할 수 있다. 따라서 A 지역에서 관측한 기상 요소는 ㉠이다.

107 A 지역은 북서풍이 불고, 적운형 구름에서 소나기가 내리고 있으므로 한랭 전선 뒤쪽, B 지역은 남동풍이 불고 층운형 구름에서 약한 비가 내리고 있으므로 온난 전선 앞쪽이다. C 지역은 남서풍이 불고, 날씨가 맑으므로 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치한다.
ㄱ. 한랭 전선 뒤쪽(A)과 온난 전선 앞쪽(B)은 찬 공기의 영향을 받고, 온난 전선과 한랭 전선 사이(C)는 따뜻한 공기의 영향을 받으므로 현재 기온은 A 지역이 C 지역보다 낮다.
ㄷ. C 지역은 현재 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하고 있으므로 이후 한랭 전선이 통과하면 기압은 높아지고, 기온은 낮아질 것이다.
바로알기 | ㄴ. 한랭 전선은 A와 C 지역 사이에 형성되어 있고, 온난 전선은 B와 C 지역 사이에 형성되어 있다.

108 ㄱ. 중위도 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로, 중위도 저기압이 더 서쪽에 위치한 (가)는 (나)보다 12시간 전의 일기도이다.
ㄷ. (가)에서 서울은 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하며, (나)에서 서울은 한랭 전선 뒤쪽에 위치한다. 따라서 이 기간 동안 한랭 전선이 서울을 통과하였다.
바로알기 | ㄴ. (가)에서 서울은 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하므로, 따뜻한 공기의 영향을 받아 구름이 없고 맑은 날씨가 나타난다.

109 ㄴ. 한랭 전선 뒤쪽(A)은 찬 공기의 영향을 받고, 한랭 전선 앞쪽(B)은 따뜻한 공기의 영향을 받으므로 기온은 한랭 전선 뒤쪽(A)보다 한랭 전선 앞쪽(B)에서 더 높게 나타난다.
바로알기 | ㄱ. (가)에서 나타난 저기압은 한랭 전선과 온난 전선을 동반하는 중위도 저기압이다.
ㄷ. 강수 현상은 한랭 전선의 뒤쪽 좁은 구역에서 나타난다.

110



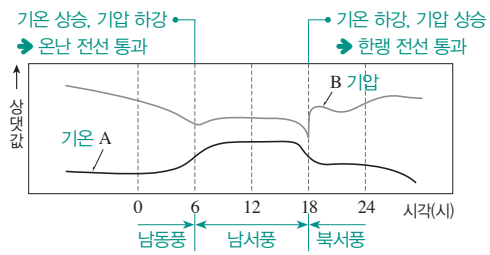
ㄱ. A 지역은 한랭 전선 뒤쪽이므로 찬 공기의 영향을 받고, C 지역은 한랭 전선의 앞쪽이므로 따뜻한 공기의 영향을 받는다. 따라서 A 지역은 C 지역보다 기온이 낮다.
ㄴ. 가시 영상은 구름의 두께가 두꺼울수록 태양 빛을 더 많이 반사하므로 밝게 보인다. 따라서 B 지역은 C 지역보다 구름의 두께가 두껍다.
바로알기 | ㄷ. C 지역은 한랭 전선의 앞쪽이므로 남서풍이 분다.

111 (나)에서 P 지점은 12시에 남동풍이 불고 있으므로 온난 전선 앞쪽, 15시에 남서풍이 불고 있으므로 온난 전선과 한랭 전선 사이, 18시에 북서풍이 불고 있으므로 한랭 전선 뒤쪽에 위치하였다.
ㄱ. 중위도 저기압의 중심이 어느 지역의 북쪽으로 지나면 이 지역은 온난 전선과 한랭 전선이 차례로 통과하면서 풍향이 시계 방향으로 변하고, 중위도 저기압의 중심이 어느 지역의 남쪽으로 지나면 이 지역은 전선이 통과하지 않으며 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다. (나)에서 P 지점의 풍향은 시계 방향으로 변했으므로, 중위도 저기압의 중심은 P 지점의 북쪽인 A 경로로 이동하였다.
ㄴ. 12시와 15시 사이에 P 지점에는 온난 전선이 통과했으므로 기온은 12시가 15시보다 낮았다.
ㄷ. 15시와 18시 사이에 P 지점에는 한랭 전선이 통과했으므로 소나기가 내렸다.

112 ㄷ. C 지역은 온난 전선 앞쪽에 위치하므로 현재 남동풍이 불고 있지만 온난 전선이 통과하면 남서풍, 한랭 전선이 통과하면 북서풍으로 풍향이 변한다. 따라서 중위도 저기압이 통과하는 동안 C 지역의 풍향은 시계 방향으로 변할 것이다.
바로알기 | ㄱ. A 지역 부근은 북풍 계열의 바람, B 지역 부근은 남풍 계열의 바람이 불고 있다. 따라서 A 지역과 B 지역 사이에는 한랭 전선이 발달해 있다.
ㄴ. B 지역은 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하므로, 구름이 거의 없고 날씨가 맑다.

113 ㄴ. ㉡일 때 관측소는 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치했으므로 관측소 부근은 날씨가 맑았다.
바로알기 | ㄱ. 이날 온난 전선과 한랭 전선이 모두 이 관측소를 통과하였으므로 관측소에서 부는 바람은 남동풍 → 남서풍 → 북서풍 순으로 변했을 것이다. 따라서 관측 순서는 ㉢ → ㉡ → ㉠이다.
ㄷ. 중위도 저기압의 중심이 관측소의 북쪽을 통과할 때 온난 전선과 한랭 전선이 차례로 관측소를 통과할 수 있다.

114



ㄷ. 18시경에 기온(A)이 하강하고, 기압(B)이 상승한 것으로 보아 한랭 전선이 통과하였다.
바로알기 | ㄱ. 6시경에 A는 증가, B는 감소하였고 18시경에 A는 감소, B는 증가하였다. 중위도 저기압은 온난 전선과 한랭 전선이 차례로 통과하고 온난 전선 통과 후에는 기압이 하강하고 기온이 상승하며, 한랭 전선 통과 후에는 기압이 상승하고 기온이 하강하므로 A는 기온, B는 기압이다.
ㄴ. 6시경에 기온(A)이 상승하고, 기압(B)이 하강한 것으로 보아 온난 전선이 통과하였으므로 6시경 전후로 서울의 풍향은 남동풍에서 남서풍으로 변했다.

115 ㄷ. 강수 구역이 북동–남서 방향으로 분포하므로 한랭 전선은 중위도 저기압의 중심에서 남서쪽으로 뻗어있다. 따라서 중위도 저기압 중심까지의 거리는 B 지역이 C 지역보다 멀기 때문에 해면 기압은 B 지역이 C 지역보다 높을 것이다.

바로알기 | ㄱ. 강수 구역의 분포로 보아 A 지역은 한랭 전선 뒤쪽이므로, 북서풍이 분다.
ㄴ. 현재 A 지역은 한랭 전선 뒤쪽, B 지역은 한랭 전선 앞쪽이므로 시간이 지날수록 한랭 전선이 동쪽으로 이동하면서 B 지역은 A 지역보다 강수 확률이 높을 것이다.

116 ㄴ. $T_1 \rightarrow T_2$ 동안 기온이 하강하였으므로 한랭 전선이 통과하였고, 한랭 전선 뒤쪽 좁은 구역에 소나기성 비가 내리므로 강수 확률은 한랭 전선 통과 후인 T_2 시점에서 더 높다.
ㄷ. T_1은 한랭 전선 통과 전이므로 남서풍이 불고, T_2는 한랭 전선 통과 후이므로 북서풍이 분다.
바로알기 | ㄱ. 기온이 하강하고 기압이 상승하였으므로, 한랭 전선이 통과하였다.

117 정체 전선은 북쪽의 찬 기단과 남쪽의 따뜻한 기단이 만나 형성되며 전선의 북쪽에 강수 구역이 나타난다.
ㄱ. (가)에서 강수 구역이 D_1일보다 D_2일에 더 북쪽까지 분포하는 것으로 보아 정체 전선은 D_1일보다 D_2일에 더 북쪽에 위치한다.
ㄴ. A 지점에서 D_2일에 풍향 빈도는 남서풍이 약 40 %(=4 %+6 %+14 %+16 %), 남동풍이 약 60 %(=4 %+16 %+40 %) 관측되었다. 따라서 A 지점에서 D_2일에 남서풍의 빈도는 남동풍의 빈도보다 작다.
ㄷ. 북태평양 기단의 영향이 강할수록 정체 전선의 위치가 북쪽으로 이동한다. 정체 전선이 D_1일보다 D_2일에 더 북쪽에 위치하는 것으로 보아 A 지점에서 북태평양 기단의 영향은 D_1일보다 D_2일에 더 크게 받았다.

05 태풍과 우리나라의 주요 악기상

빈출 자료 보기 40쪽

118 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ×
119 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○

118 (3) 태풍의 눈은 태풍의 중심에서 약한 하강 기류가 발생하여 날씨가 맑고 바람이 약한 구역이다.
바로알기 | (1) A는 태풍의 중심 주위에서 가장 강하고, 주변으로 갈수록 약해지는 것으로 보아 풍속이며, B는 중심으로 갈수록 낮아지고 중심에서 가장 낮은 것으로 보아 기압이다.
(4) 태풍이 북상하고 있으므로 태풍 중심의 오른쪽에 해당하는 동쪽 지역은 위험 반원에 해당한다.
(5) 태풍 중심의 서쪽 지역은 가항 반원에 해당하므로, 태풍이 이동함에 따라 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.

119 (5) 뇌우의 발달 과정은 적운 단계(다) → 성숙 단계(가) → 소멸 단계(나) 순이다.
바로알기 | (2) 소멸 단계(나)에서는 하강 기류만 남게 되어 비가 약해지고, 구름이 사라진다.
(3) (다)는 강한 상승 기류로 적운이 발달하고, 비는 거의 내리지 않는 적운 단계이다.

난이도별 필수 기출 41쪽~47쪽

120 ④, ⑤ **121** ② **122** ⑤ **123** 해설 참조 **124** ②
125 ② **126** 해설 참조 **127** ⑤ **128** ③, ⑦ **129** ⑤
130 ① **131** ③ **132** 해설 참조 **133** ① **134** ④
135 해설 참조 **136** ③ **137** ③ **138** ④
139 ①, ⑥, ⑦ **140** 해설 참조 **141** ④
142 ㉠ 우박, ㉡ 과냉각 물방울 **143** ④ **144** ⑤ **145** ④
146 ④ **147** ⑤, ⑥ **148** ⑤ **149** ③ **150** ④ **151** ③
152 ④ **153** ③

120 ①, ⑥ 태풍은 전선을 동반하지 않고 일기도 상에서 등압선이 조밀한 동심원의 형태를 보인다.
③ 태풍의 에너지원은 공기가 상승할 때 수증기가 물방울로 응결하면서 방출되는 숨은열이다.
바로알기 | ④ 위도 5°보다 저위도 해역에서는 지구 자전 효과가 약해 태풍이 발생하기 어려우므로, 태풍은 대부분 위도 5°~25°의 열대 해상에서 발생한다.
⑤ 태풍의 눈에서는 약한 하강 기류가 발생한다.

121 ㄴ. 열대 저기압의 지역별 연간 평균 발생 횟수가 대서양보다 태평양에서 더 많으므로 열대 저기압은 대서양보다 태평양에서 더 많이 발생한다.
바로알기 | ㄱ. 위도 5°보다 저위도 해역에서는 지구 자전 효과가 약해 열대 저기압이 발생하기 어려우므로, 열대 저기압은 대부분 위도 5°~25°의 열대 해상에서 발생한다.
ㄷ. A 지역에서 화살표가 서쪽을 향하고 있으므로 A 지역에서 발생한 열대 저기압은 주로 서쪽으로 이동한다.

122 중위도 저기압은 한랭 전선과 온난 전선을 동반하며, 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다. 태풍은 전선을 동반하지 않고 북태평양 고기압의 서쪽 가장자리를 따라 포물선 궤도를 그리며 이동한다.

123 모범 답안 태풍의 에너지원은 수증기가 응결하면서 방출되는 숨은열이며, 표층 해수의 수온이 증가할수록 해수에서 증발하는 수증기의 양이 증가하고, 그 수증기가 응결하면서 방출되는 숨은열의 총량도 증가하기 때문이다.

채점 기준	배점
태풍의 세기가 증가하는 까닭을 태풍의 에너지원과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
태풍의 에너지원만 옳게 서술한 경우	40 %

124 ② 태풍(A)은 육지에 상륙하면 중심 기압이 높아지면서 세력이 급격하게 약해진다.

바로알기 | ① P 지역은 고기압의 중심부에 위치하므로 하강 기류가 나타난다.
③ 중위도 저기압(B)은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.
④ 풍속은 등압선의 간격이 좁을수록 빠르므로, 최대 풍속은 등압선의 간격이 좁은 태풍(A)이 중위도 저기압(B)보다 빠르다.
⑤ 태풍(A)은 열대 해상에서 열과 수증기를 공급받아 발생한 것이다.

125 ㄴ. B는 태풍의 중심이므로 기압이 가장 낮다.

바로알기 | ㄱ. 약한 하강 기류가 나타나는 곳은 태풍의 중심(B)이며, 태풍의 중심(B) 주위인 A에서는 강한 상승 기류로 적란운이 발달하고 많은 비가 내린다.
ㄷ. A는 태풍 중심의 서쪽이므로 가항 반원, C는 태풍 중심의 동쪽이므로 위험 반원에 속한다. 위험 반원은 태풍 내 바람 방향이 태풍의 이동 방향과 같아 풍속이 상대적으로 강하므로, 풍속은 A보다 C에서 더 강하다.

126 **모범 답안** A는 가항 반원에 속하므로 태풍이 이동함에 따라 풍향이 시계 반대 방향으로 변하고, C는 위험 반원에 속하므로 풍향이 시계 방향으로 변한다.

해설 위험 반원은 태풍 이동 방향의 오른쪽 반원으로, 태풍 내 바람 방향이 태풍의 이동 방향과 같으므로 풍속이 상대적으로 강하고 풍향이 시계 방향으로 변한다. 가항 반원은 태풍 이동 방향의 왼쪽 반원으로, 태풍 내 바람 방향이 태풍의 이동 방향과 반대이므로 풍속이 상대적으로 약하고 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.

채점 기준	배점
A와 C에서 태풍의 풍향 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A와 C 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

127 ㄴ. 기압은 태풍의 눈(A)으로 갈수록 낮아지며, 태풍의 눈(A)에서 가장 낮다.
ㄷ. 바람은 태풍의 눈 주위(B)에서 가장 강하게 불고, 태풍의 눈(A)에서는 약해진다.

128 ① ㉠은 중심으로 갈수록 낮아지고 중심에서 가장 낮은 것으로 보아 기압이고, ㉡은 태풍의 중심 주위에서 가장 강하고, 주변으로 갈수록 약해지는 것으로 보아 풍속이다.
② A는 최대 풍속이 B보다 약한 것으로 보아 태풍 내 바람 방향이 태풍의 이동 방향과 반대이므로 풍속이 상대적으로 약한 가항 반원에 속한다.
④ 이 태풍의 중심부 기압(㉠)은 960 hPa보다 낮다.
⑤ B는 태풍 내 바람 방향이 태풍의 이동 방향과 같아 풍속이 상대적으로 강한 위험 반원에 속하며, 위험 반원에서 풍향은 시계 방향으로 변한다.
⑥ A는 풍속이 상대적으로 약한 가항 반원에 속하고, B는 풍속이 상대적으로 강한 위험 반원에 속하므로 강풍에 의한 피해는 A보다 풍속이 강한 B에서 더 클 것이다.

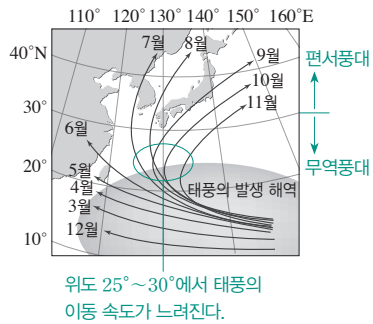
바로알기 | ③ 풍속(㉡)은 태풍의 눈 주위에서 가장 강하고, 태풍의 눈에서는 약해진다.
⑦ 지상 일기도에서 등압선의 간격이 좁을수록 풍속(㉡)이 강하므로, 등압선의 간격은 C보다 풍속(㉡)이 강한 B에서 더 좁을 것이다.

129 ㄱ, ㄴ. 태풍 이동 방향의 오른쪽은 태풍 내 바람 방향이 태풍의 이동 방향과 같아 풍속이 상대적으로 강하므로 위험 반원, 태풍 이동 방향의 왼쪽은 태풍 내 바람 방향이 태풍의 이동 방향과 반대이므로 풍속이 상대적으로 약한 가항 반원에 해당한다. A는 상대적으로 풍속이 약하고, B는 풍속이 상대적으로 강하며 태풍이 정북 방향으로 이동하고 있으므로 태풍 중심의 왼쪽인 A는 서쪽이며 가항 반원에 해당하고, 오른쪽인 B는 동쪽이며 위험 반원에 해당한다.
ㄷ. ㉠ 높이에서는 태풍의 중심 부근의 최대 풍속이 나타나는 영역을 지나 수평 방향으로 멀어질수록 풍속이 감소하므로, 수평 방향의 풍속이 느려지는 경향이 있다.

130 ㄱ. 태풍은 열대 해상에서 발생하여 무역풍의 영향을 받아 북서쪽으로 이동하다가 북위 25°~30° 부근을 지나면서 편서풍의 영향을 받아 북동쪽으로 이동한다. 따라서 태풍이 북반구 중위도에 위치한 우리나라를 통과할 때 북동쪽으로 이동하고 있으므로 태풍의 이동에 영향을 주는 바람은 편서풍이다.

바로알기 | ㄴ. 태풍 이동 방향의 왼쪽 지역은 태풍 내 바람 방향과 태풍의 이동 방향이 반대가 되어 상대적으로 풍속이 약한 가항 반원에 해당하고, 태풍 이동 방향의 오른쪽 지역은 태풍 내 바람 방향과 태풍의 이동 방향이 같아 상대적으로 풍속이 강한 위험 반원에 해당한다. 따라서 태풍이 통과할 때 태풍 이동 방향의 왼쪽에 있는 서울보다 오른쪽에 있는 부산에서 풍속이 강해 피해가 더 클 것이다.
ㄷ. 태풍이 육지에 상륙하면 수증기의 공급이 줄어들어 세력이 약해지므로, 태풍의 세력은 A보다 B에서 더 약하다.

131



ㄱ. 태풍은 열대 해상에서 발생하여 무역풍의 영향을 받아 북서쪽으로 이동하다가 북위 25°~30° 부근을 지나면서 편서풍의 영향을 받아 북동쪽으로 이동한다. 따라서 우리나라에 영향을 주는 태풍의 이동 경로는 무역풍과 편서풍의 영향을 모두 받는다.
ㄴ. 태풍은 북위 25°~30° 부근에서 이동 속도가 느려지다가 북위 25°~30° 부근을 지나면서 태풍의 이동 방향과 편서풍의 방향이 비슷하여 이동 속도가 대체로 빨라진다.

바로알기 | ㄷ. 북태평양 고기압의 세력이 약할수록 태풍의 이동 경로가 더 동쪽으로 치우친다. 따라서 북태평양 고기압의 세력은 10월이 7월보다 약할 것이다.

132 **모범 답안** 위도 25°보다 고위도 해역에서는 표층 수온이 낮아 수증기의 공급이 충분하지 않으므로 태풍의 에너지원을 얻기 어렵기 때문이다.

해설 태풍의 에너지원은 공기가 상승할 때 수증기가 물방울로 응결하면서 방출되는 숨은열이므로, 태풍은 수온이 높아 수증기의 공급이 충분히 이루어지는 열대 해상에서 잘 발생한다. 위도 5°보다 저위도 해역에서는 지구 자전 효과가 약하기 때문에 태풍은 대부분 위도 5°~25°의 열대 해상에서 발생한다.

채점 기준	배점
표층 수온이 낮아 수증기의 공급이 충분하지 않기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %

133 ㄱ. 이 태풍은 9일에 북서쪽으로 이동하고 있었으므로 무역풍의 영향을 받았다.

바로알기 | ㄴ. 태풍이 육지에 상륙하면 중심 기압이 높아지면서 세력이 약해진다. 따라서 12일 0시 이후 태풍이 육지에 상륙하면서 중심 기압은 높아졌을 것이다.

ㄷ. 북태평양 고기압은 우리나라의 남동쪽에 위치하며, 태풍은 북태평양 고기압의 가장자리를 따라 북상하므로 북태평양 고기압의 세력이 확장되면 태풍의 이동 경로는 더 서쪽으로 치우칠 것이다.

134 ㄱ. 풍속은 13시에 약 19 m/s, 16시에 25 m/s, 19시에 약 16 m/s이므로 19시에 가장 약하다.

ㄷ. 시간에 따라 풍향이 북동풍 → 남동풍 → 남서풍 순인 시계 방향으로 변하므로, 관측소는 태풍 이동 방향의 오른쪽인 위험 반원에 위치한다.

바로알기 | ㄴ. 풍속은 태풍의 눈 주위에서 가장 강하고, 태풍의 눈에서는 약해진다. 16시에는 풍속이 가장 강하므로 16시에 관측소는 태풍의 눈에 위치하지 않는다.

개념 보충

위험 반원과 가항 반원

- **위험 반원:** 태풍 이동 방향의 오른쪽 반원 ➔ 태풍 내 바람 방향이 태풍의 이동 방향과 같으므로 풍속이 상대적으로 강하고, 풍향이 시계 방향으로 변한다.
- **가항 반원:** 태풍 이동 방향의 왼쪽 반원 ➔ 태풍 내 바람 방향이 태풍의 이동 방향과 반대이므로 풍속이 상대적으로 약하고, 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.

135 **모범 답안** 태풍이 고위도 해상으로 북상하면 수온이 낮아져 수증기의 공급이 줄어들고, 태풍이 육지에 상륙하면 중심 기압이 높아지면서 수증기의 공급이 줄어들고 지표와의 마찰이 증가하여 세력이 급격히 약해지면서 소멸한다.

해설 태풍의 세력이 유지되려면 에너지원인 열과 수증기의 공급이 지속적으로 이루어져야 하지만, 태풍이 육지에 상륙하면 수증기의 공급이 줄어들고 지표와의 마찰이 작용하면서 태풍의 세력이 약해진다. 또한, 태풍이 수온이 낮은 해역을 통과할 때는 열과 수증기를 충분히 공급받기 어려우므로 세력이 약해진다.

채점 기준	배점
태풍이 소멸할 수 있는 조건 두 가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
태풍이 소멸할 수 있는 조건 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

136 ㄱ. (나)에서 ㉠ 지역의 풍향은 북동풍 → 남동풍 → 남서풍 순인 시계 방향으로 변했으므로 관측소는 태풍 이동 방향의 오른쪽에 위치한다. 따라서 (나)는 태풍 A의 영향을 받을 때 ㉠ 지역에서 관측한 자료이다.

ㄴ. ㉠ 지역의 풍속은 11시경에 가장 빨랐다. 따라서 11시경에 태풍은 ㉠ 지역에 가장 가까운 곳을 지나갔으므로, ㉠ 지역의 기압은 11시경이 00시경보다 낮았을 것이다.

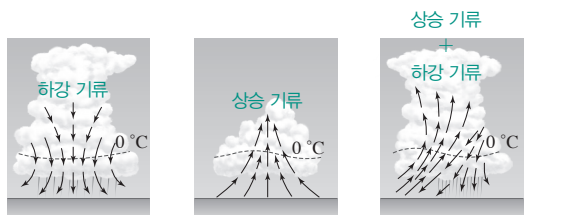
바로알기 | ㄷ. 태풍 B의 영향을 받을 때 ㉠ 지역은 태풍 이동 방향의 왼쪽인 가항 반원에 속한다.

137 ㄱ. 태풍의 눈은 태풍의 중심에서 약한 하강 기류가 발생하여 날씨가 맑고 바람이 약한 구역이므로, A는 태풍의 눈에 해당한다.

ㄴ. A는 태풍의 눈에 해당하므로 약한 하강 기류가 발생하고, B는 태풍의 눈 주위이므로 강한 상승 기류가 발생한다. 따라서 A와 B의 연직 순환 방향은 반대로 나타난다.

바로알기 | ㄷ. 태풍 내 바람 방향과 태풍의 이동 방향이 같아 풍속이 상대적으로 강한 위험 반원은 태풍 이동 방향의 오른쪽에 위치한다. 따라서 이 태풍의 위험 반원은 남동쪽에 위치하므로 태풍의 이동 방향은 북동쪽이다.

138



(가) ③ 소멸 단계 ➔ 비가 약해지고, 구름이 사라짐

(나) ① 적운 단계 ➔ 비는 거의 내리지 않음

(다) ② 성숙 단계 ➔ 천둥, 우박 등을 동반

뇌우의 발달 단계는 적운 단계(나) → 성숙 단계(다) → 소멸 단계(가) 순이다.

139 ① 소멸 단계(가)에서는 전체적으로 약한 하강 기류만 남게 되어 비가 약해지고, 구름이 사라진다.

⑥, ⑦ 적운 단계(나)에서는 비가 거의 내리지 않고, 성숙 단계(다)에서는 상승 기류와 하강 기류가 함께 발달하며 천둥, 번개, 소나기, 우박 등을 동반한다. 따라서 낙뢰나 집중 호우는 적운 단계(나)보다 성숙 단계(다)에서 발생할 가능성이 높다.

바로알기 | ② 소멸 단계(가)에서는 약한 하강 기류만 남게 되어 비가 약해지고, 적운 단계(나)에서는 비가 거의 내리지 않으며, 성숙 단계(다)에서는 상승 기류와 하강 기류가 함께 발달하며 소나기나 우박 등을 동반하므로 단위 시간당 강수량은 성숙 단계(다)일 때 가장 많다.

③, ④ 적운 단계(나)에서는 강한 상승 기류로 적운이 발달하고, 비는 거의 내리지 않는다.

⑤ (다)는 상승 기류와 하강 기류가 함께 발달하는 성숙 단계이다.

⑧ 뇌우는 중위도 저기압의 한랭 전선 뒤쪽에서 발생할 수 있다.

140 **모범 답안** 강한 태양 빛에 의해 국지적으로 가열된 공기가 활발하게 상승할 때, 한랭 전선에서 찬 공기 위로 따뜻한 공기가 빠르게 상승할 때, 태풍 등에 의해 강한 상승 기류가 발달할 때 뇌우가 발생할 수 있다.

해설 뇌우는 천둥, 번개와 함께 소나기가 내리는 현상으로 대기가 불안정할 때 수증기를 포함한 공기가 상승하여 발생한다.

채점 기준	배점
뇌우가 발생할 수 있는 조건 두 가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
뇌우가 발생할 수 있는 조건 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

141 ㄱ. (가)는 상승 기류가 우세하므로 적운 단계, (나)는 상승 기류와 하강 기류가 함께 발달하므로 성숙 단계, (다)는 하강 기류가 우세하므로 소멸 단계이다.

ㄴ. 적운 단계(가)에서는 강한 상승 기류로 적운이 발달하지만 구름의 두께가 상대적으로 얇고, 성숙 단계(나)에서는 상승 기류와 하강 기류가 함께 발달하여 매우 두꺼운 적란운이 발달한다. 따라서 구름의 두께는 적운 단계(가)보다 성숙 단계(나)에서 두껍다.

바로알기 | ㄷ. 뇌우의 세력은 상승 기류와 하강 기류가 함께 발달하며 천둥, 번개, 소나기, 우박 등을 동반하는 성숙 단계(나)에서 가장 강하게 나타난다.

142 우박(㉠)은 지름 5 mm 이상의 얼음덩어리가 지표면으로 비처럼 떨어지는 현상으로, 적란운 내에서 강한 상승 기류에 의해 얼음 결정이 상승과 하강을 반복하면서 주위에 과냉각 물방울(㉡)이 얼어붙어 성장한 후 무거워지거나 하강 기류를 만나면 지표면으로 떨어진다.

143 ㄴ. 우박(㉠)은 수직적으로 크게 발달한 적란운의 내부에서 잘 발생한다.
ㄷ. 뇌우의 성숙 단계에서는 상승 기류와 하강 기류가 함께 발달하며 천둥, 번개, 소나기, 우박(㉠) 등을 동반한다.
바로알기 | ㄱ. 한여름에는 기온이 높아 얼음 알갱이가 쉽게 녹기 때문에 우박(㉠)이 잘 발생하지 않는다.

144 ㄴ. 뇌우(나)의 성숙 단계에서는 상승 기류와 하강 기류가 함께 발달하여 천둥, 번개, 소나기, 우박 등을 동반한다.
바로알기 | ㄱ. 한겨울에는 우박이 생성될 수 있을 만큼의 강한 상승 기류를 동반하는 적란운이 잘 발달하지 않으므로, 우박이 잘 발생하지 않는다.

145 ㄱ. 우박은 수직적으로 크게 발달한 적란운의 내부에서 생성될 수 있다.
ㄷ. 구름 속에서 강한 상승 기류에 의해 얼음 결정이 상승하여 기온 0 °C 이하인 높이에서는 주위의 과냉각 물방울이 빨리 얼어 불투명한 얼음층이 형성되고, 얼음 결정이 하강하여 기온이 0 °C 이상인 높이에서는 주위의 과냉각 물방울이 서서히 얼어 투명한 얼음층이 형성된다. 우박의 단면에 불투명층과 투명층이 3개 이상 나타나므로, 구름 속에서 최소 3회 이상 상승과 하강을 반복하였다.
바로알기 | ㄴ. 우박은 강한 상승 기류에 의해 얼음 결정이 상승과 하강을 반복하면서 성장하므로, 상승 기류가 강할수록 더 크게 성장할 수 있다.

146 ㄱ. 태풍에 동반된 비구름은 짧은 시간 동안 많은 비를 내릴 수 있으므로 집중 호우가 발생할 수 있다.
ㄴ. 가시 영상(나)은 태양 빛이 있는 낮에만 관측 가능하고, 적외 영상(다)은 태양 빛이 없는 밤에도 관측 가능하다. (가)~(다)는 같은 시각에 촬영한 영상이므로, (가)~(다)는 모두 낮에 촬영한 것이다.
ㄷ. 레이더 영상(가)에서 A 지역에 집중 호우가 발생하고, 가시 영상(나)과 적외 영상(다)의 A 지역에 구름이 나타나므로 A 지역의 대기는 불안정하다.
바로알기 | ㄹ. 적외 영상(다)에서는 구름의 최상부 높이가 높을수록 적외선 방출량이 적어 밝게 보이므로 구름의 최상부 높이는 밝게 보이는 A 지역이 B 지역보다 높다.

개념 보충

위성 영상
- **가시 영상:** 태양 빛이 없는 밤에는 관측할 수 없고 두꺼운 구름일수록 태양 빛을 더 많이 반사하므로 밝게 보인다.
- **적외 영상:** 낮과 밤에 관계없이 24시간 관측 가능하며 온도가 낮고 구름의 최상부 높이가 높을수록 적외선 방출량이 적어 밝게 보인다.

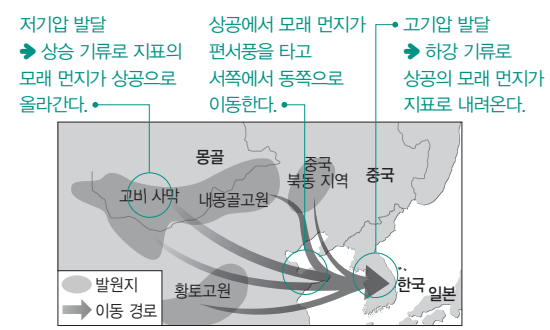
레이더 영상
레이더에서 대기 중으로 전파를 발사한 뒤 구름 속 강수 입자에 부딪혀 되돌아오는 반사파를 분석하여 나타낸 영상으로, 구름 속 강수 입자의 분포나 강수량, 강수대의 위치와 이동 방향을 파악할 수 있다.

147 ① 악기상은 예측이 어려우므로 피해를 최소화하기 위해 대처 방안을 미리 알아두는 것이 중요하다.
② 뇌우는 천둥, 번개와 함께 소나기가 내리는 현상이다.
③ 집중 호우는 시간당 30 mm 이상의 비가 내리거나 하루 동안 80 mm 이상 또는 연 강수량의 10 % 정도의 비가 내리는 것을 말한다.
⑦ 시베리아 고기압으로부터 확장해 온 차갑고 건조한 공기가 상대적으로 따뜻한 황해를 지나면서 열과 수증기를 공급받으면 우리나라 서해안에 폭설이 내릴 수 있다.
바로알기 | ⑤ 강풍은 겨울철 시베리아 고기압의 영향을 받을 때 주로 발생하며, 시베리아 고기압은 한자리에 머무르며 수축과 확장을 하여 주변 지역의 날씨에 영향을 주는 정체성 고기압이다.
⑥ 기온이 낮으면 대기 중에 수증기가 적지만, 기온이 높아지면 대기 중 수증기가 많아지므로 한기가 유입되었을 때 눈이 많이 만들어질 수 있다. 따라서 폭설은 기온이 낮은 12월~1월보다 날씨가 풀리는 2월~3월에 내릴 가능성이 높다.

148 ㄴ, ㄷ. 우리나라는 시베리아 고기압(A)이 확장하여 상대적으로 따뜻한 황해를 지나면서 열과 수증기를 공급받아 기단의 하층이 가열되어 점차 불안정해지고, 눈구름이 발달하여 서해안 지역에 많은 눈이 내릴 수 있다.
바로알기 | ㄱ. (가)에서 우리나라의 북서쪽에 시베리아 고기압(A)이 발달해 있으므로 우리나라의 겨울철에 해당한다.

149 ㄷ. 시베리아 기단이 확장하여 황해를 지나면서 열과 수증기를 공급받아 기단의 하층이 가열되어 점차 불안정해지고, 눈구름이 발달하여 폭설이 발생한다. B−C 구간에서 온도와 수증기압이 증가하므로, C 지점 이후 기단에서는 폭설이 발생할 수 있다.
바로알기 | ㄱ, ㄴ. 시베리아 기단이 상대적으로 따뜻한 황해를 지나면서 열과 수증기를 공급받아 기단의 하층이 가열되어 점차 불안정해진다. A−B 구간에서 기단 하층의 수증기압은 거의 증가하지 않으므로 기단은 해양 위를 이동하지 않았으며, B−C 구간에서 기단 하층의 온도와 수증기압이 증가하였으므로 대류 운동이 일어나 기단의 불안정도가 증가하였다.

150



ㄴ. 황사는 중국 북부나 몽골의 사막에서 강한 바람에 의해 상공으로 올라간 다량의 모래 먼지가 상층의 편서풍을 타고 이동하다가 서서히 내려오는 현상이다. 따라서 황사의 발원지인 중국과 몽골 지역의 사막화가 진행될수록 황사의 발생 빈도는 증가할 것이다.
ㄷ. 고비 사막에 저기압이 형성되면 모래 먼지가 상승 기류를 타고 상공으로 올라갔다가 편서풍을 타고 동쪽으로 이동한다. 이때 우리나라에 고기압이 위치하면 모래 먼지가 하강 기류를 타고 지표로 내려오기 때문에 황사가 잘 발생한다.

바로알기 | ㄱ. 황사는 편서풍을 타고 동쪽으로 이동해 우리나라에 영향을 준다.

151 ㄱ, ㄴ. 흙가루, 흙비 등의 표현으로 보아 황사에 대한 기록이며, 황사는 지권과 기권의 상호작용으로 발생한다.
바로알기 | ㄷ. 한랭 건조한 시베리아 기단은 겨울철에 발달하며, 황사는 주로 발원지에서 얼어 있던 토양이 녹는 봄철에 발생하여 관측된다. 봄철에는 온난 건조한 양쯔강 기단의 영향을 받는다.

152 ㄱ. 황사 발생 일수는 3월~5월인 봄철에 가장 많다.
ㄴ. 겨울철(12월~2월)의 황사 일수는 서울이 1.3일, 부산이 0.9일로 서울이 부산보다 많다.
바로알기 | ㄷ. 최근 10년 동안 연평균 황사 일수는 서울이 7.8일, 부산이 4.4일로 서울이 부산보다 많다.

153 ㄷ. 우리나라에 상승 기류가 형성되면 상공에 있던 모래 먼지가 지표로 내려오기 어렵다. 따라서 우리나라에 하강 기류가 나타나는 고기압이 형성될 때 황사(다)에 의한 피해가 더 클 것이다.
바로알기 | ㄴ. 뇌우(나)는 여름철 강한 태양 빛에 의해 국지적으로 가열된 공기가 활발하게 상승할 때 잘 발생한다.

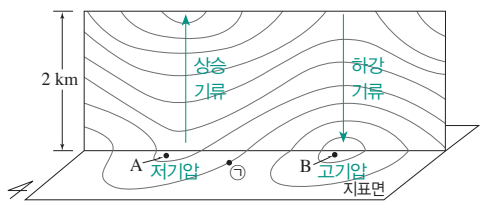
최고 수준 도전 기출

48쪽~49쪽

154 ③ 155 ④ 156 ② 157 ② 158 ③ 159 ⑤
160 ③ 161 ②

154 ㄱ, ㄴ. 기단이 A → B → C 지역으로 이동하는 동안 기온과 수증기압이 증가했으므로, 이 기간 동안 기단 하층부는 불안정해지고 상승 기류가 발생하여 C 지역 부근에는 적운형 구름이 형성될 것이다.
바로알기 | ㄷ. 기단이 우리나라로 이동하는 동안 기온이 높아졌으므로 발원지의 위도는 우리나라보다 고위도일 것이다.

155



ㄱ. 등압선은 기압이 같은 지점을 연결한 선으로 등압선의 모든 지점에서는 기압이 같고, 연직 기압 분포에서 고도가 높아질수록 기압이 낮아진다. 따라서 A는 주변보다 기압이 낮은 저기압, B는 주변보다 기압이 높은 고기압 지역에 해당한다.
ㄷ. 북반구에서 바람은 고기압 중심에서 시계 방향으로 휘어져 불어 나와 저기압 중심을 향해 시계 반대 방향으로 불어 들어간다. 따라서 ㉠에서는 동풍 계열의 바람이 나타난다.
바로알기 | ㄴ. 구름은 상승 기류가 나타나는 저기압인 A 지역에서 더 잘 형성된다.

156 ㄷ. B는 온난 전선의 뒤쪽, D는 한랭 전선의 앞쪽으로 따뜻한 공기가 분포하며, 모두 남서풍이 나타난다.
바로알기 | ㄱ. 한랭 전선은 밀도가 큰 찬 공기가 밀도가 작은 따뜻한 공기를 파고들면서 형성되기 때문에 온난 전선에 비해 온도 변화가 크게 나타난다.
ㄴ. A는 온난 전선의 앞쪽, C는 한랭 전선의 뒤쪽에 해당한다. 전선 주변에서 강수 현상은 찬 공기의 영향을 받는 온난 전선의 앞쪽과 한랭 전선의 뒤쪽에서 나타난다.

157 ㄷ. 한랭 전선이 통과한 후에는 기압이 점점 높아지므로, 지상의 평균 기압은 전선에서 멀리 떨어져 있는 A 지점이 B 지점보다 높다.
바로알기 | ㄱ. 전선은 성질이 다른 두 기단이 만나서 형성되고, 전선면을 경계로 기온, 기압, 풍향 등이 크게 변한다. 이 지역에 발달한 전선은 지표에서 높이가 높아짐에 따라 전선면이 서쪽으로 기울어져 있으며, 찬 공기가 따뜻한 공기 아래로 파고드는 형태이므로 이 지역에 발달한 전선은 한랭 전선이다.
ㄴ. B 지점에서는 높이가 높아질수록 기온이 감소하다가 전선면 부근에서 따뜻한 공기를 만나면 기온이 증가한 후 다시 감소한다.

158 ㄷ. A는 태풍의 중심으로 약한 하강 기류가 발생하여 날씨가 맑고 바람이 약하다.
바로알기 | ㄱ, ㄴ. 태풍이 이동할 때 태풍 이동 방향의 오른쪽 반원인 위험 반원은 왼쪽 반원인 가항 반원보다 풍속이 강하게 나타난다. 태풍의 중심을 기준으로 남동쪽이 북서쪽보다 풍속이 강하게 나타나므로 남동쪽이 위험 반원, 북서쪽이 가항 반원이다. 따라서 태풍은 편서풍의 영향을 받으면서 북동쪽으로 이동하고 있다.

159 ㄱ. 6월 29일부터 7월 1일까지 태풍의 중심 경도가 129.8°E → 127.4°E → 127.1°E로 변하고 있으므로 서쪽 방향으로 이동한 것이다. 따라서 이 태풍은 6월 30일 9시에 무역풍의 영향을 받으며 이동하였다.
ㄴ. 태풍의 세력은 중심 기압이 높을수록 약해지므로, 중심 기압이 975 hPa인 7월 1일 9시보다 중심 기압이 985 hPa인 6월 30일 9시에 태풍의 세력이 더 약했을 것이다.
ㄷ. 관측소의 위치는 태풍 이동 방향의 오른쪽에 위치하므로, 태풍이 이동함에 따라 관측소에서 측정한 풍향은 시계 방향으로 변했을 것이다.

160 ㄱ. 우박(가)은 한여름에는 기온이 높아서 얼음 알갱이가 쉽게 녹고, 한겨울에는 우박이 생성될 수 있을 만큼의 강한 상승 기류를 동반하는 적란운이 잘 발달하지 않기 때문에 봄, 가을철에 가장 많이 발생한다. 낙뢰(나)는 대기가 불안정하여 상승 기류가 활발한 여름철에 가장 많이 발생한다.
ㄷ. 우박(가)과 낙뢰(나)는 적란운 내에서 발생할 수 있으며, 적란운은 수직적으로 성장한 구름으로 대기가 불안정할 때 나타난다.
바로알기 | ㄴ. (가)에서 북태평양 고기압의 영향을 받는 여름철(6월~8월)에 비해 봄, 가을철에 우박의 발생이 많다는 것을 알 수 있다. 이는 기온이 높은 여름철에 생성되는 구름에는 대부분 우박을 성장시키는 얼음 입자들이 거의 없기 때문이다.

161 ㄷ. 지구 온난화로 인해 지표의 온도가 크게 상승하면 대기 상층과 하층 사이의 기온 차이는 더욱 커지므로 대기 불안정도가 증가하여 우박이 발생할 수 있는 확률은 더 높아질 것이다.
바로알기 | ㄱ. 우박은 상층에는 찬 공기, 하층에는 따뜻한 공기가 위치하여 대기가 불안정할 때 잘 발생한다.
ㄴ. 우박이 지상으로 떨어지기 위해서는 상승 기류에 의한 힘보다 중력에 의한 힘이 더 커야 한다.

06 대기와 해양의 상호작용

빈출 자료 보기

52쪽

162 (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ○

163 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ○ (7) ×

162 (6) 용승이 일어나면 심층의 영양 염류가 표층으로 공급되기 때문에 (나)에서는 연안에서 멀어질수록 표층 해수에 포함된 영양 염류가 적어진다.

(7) 바람이 강해지면 (나)에서 연안 해역에서는 표층 해수의 이동이 많아져 용승이 더 활발해지기 때문에 표층 수온이 현재보다 낮아진다.

바로알기 | (1), (5) 바람이 계속 한 방향으로 불면 북반구에서는 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 표층 해수가 이동한다. 따라서 (가)에서는 표층 해수가 먼바다에서 연안 쪽으로 이동하기 때문에 연안에서 침강이 일어나고, (나)에서는 표층 해수가 연안에서 먼바다 쪽으로 이동하기 때문에 연안에서 용승이 일어난다.

(2), (3) (가)에서는 연안 침강이 일어나므로 표층 수온은 먼바다보다 연안에서 높게 나타난다. (가)에서 연안에 표층 해수가 쌓이므로 해수면 높이는 연안에서 높고, 먼바다로 갈수록 낮아진다.

163 (2) 무역풍의 세기는 (가) 라니냐 시기가 (나) 엘니뇨 시기일 때보다 강하다.

(3) 열대 서태평양에서 상승한 공기가 열대 동태평양에서 하강하면서 만들어지는 동서 방향의 거대한 대기 순환을 워커 순환이라고 한다. (가) 라니냐 시기에는 무역풍이 강해지면서 평년보다 열대 서태평양과 열대 동태평양의 기압 차가 커지기 때문에 워커 순환이 강해진다. (나) 엘니뇨 시기에는 무역풍이 약해지면서 평년보다 열대 서태평양과 열대 동태평양의 기압 차가 작아지기 때문에 워커 순환이 약해진다.

(6) 열대 서태평양 해역에서의 강수량은 저기압이 형성되어 상승 기류가 발달하는 (가) 라니냐 시기가 (나) 엘니뇨 시기일 때보다 많다.

바로알기 | (1) (가)는 열대 서태평양에 저기압이, 열대 동태평양에 고기압이 형성되므로 라니냐 시기이다. (나)는 열대 서태평양에 고기압이, 열대 동태평양에 저기압이 형성되므로 엘니뇨 시기이다.

(4) 열대 동태평양 해역에서 따뜻한 해수층의 두께는 평년보다 용승이 약해져 표층 수온이 높아진 (나) 엘니뇨 시기일 때가 평년보다 용승이 강해져 표층 수온이 낮아진 (가) 라니냐 시기일 때보다 더 두껍다.

(7) (가) 라니냐 시기일 때, 열대 서태평양 해역의 해수면 수온은 평년보다 높아지기 때문에 해면 기압은 낮게 나타난다.

난이도별 필수 기출

53쪽~59쪽

164 ④ 165 ② 166 ⑤ 167 ④, ⑤, ⑦ 168 ①
169 ②, ⑤ 170 ⑤ 171 ① 172 ② 173 ③
174 해설 참조 175 ⑤ 176 ㉠ 용승, ㉡ 무역풍, ㉢ 엘니뇨
177 ① 178 ②, ⑥, ⑧ 179 ② 180 ③ 181 ③
182 ④ 183 ⑤ 184 ② 185 ⑤ 186 ②
187 해설 참조 188 해설 참조 189 해설 참조
190 해설 참조 191 ③ 192 ⑤ 193 ④ 194 ②
195 해설 참조 196 ②

164 ①, ②, ③ 표층 해수는 한 방향으로 지속적으로 부는 바람에 의해 수평 방향으로 이동하고, 바람이 강하게 불수록 표층 해수의 이동량은 많아진다.

⑤ 표층 해수의 평균적인 이동 방향은 북반구와 남반구가 서로 반대이다.

바로알기 | ④ 바람에 의한 표층 해수의 평균적인 이동 방향은 북반구에서는 바람 방향의 오른쪽 직각 방향이고, 남반구에서는 바람 방향의 왼쪽 직각 방향이다.

165 ② 심층의 해수가 표층으로 상승하는 현상을 용승이라 하고, 표층 해수가 심층으로 가라앉는 현상을 침강이라고 한다. 이러한 해수의 연직 이동은 해수의 수평 이동에 비해 상대적으로 천천히 일어난다.

166 ㄷ, ㄹ, ㅁ. 용승이 활발해지면 심층에 포함된 영양 염류가 표층으로 더 많이 상승하므로 표층 해수에 포함된 영양 염류의 양이 증가하여 플랑크톤의 농도가 증가한다. 또한 평상시보다 표층 수온이 낮아져 기체의 용해도가 증가해 산소가 많이 녹아 들어가므로 표층 해수의 용존산소량이 증가한다.

바로알기 | ㄱ, ㄴ. 용승이 활발해지면 심층의 찬 해수가 표층으로 더 많이 상승하므로 평상시보다 표층 수온이 낮아진다. 용승이 활발해지면 해수면 높이는 낮아진다.

167 북반구에서 바람이 지속적으로 불 때, 표층 해수는 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 이동한다.

⑤ (나)에서는 연안 용승이 일어나기 때문에 먼바다보다 해안 지역의 표층 수온이 낮아 기온이 낮다.

⑦ 연안 용승으로 표층 수온이 낮아지면 해수면 부근의 공기가 냉각되어 안개가 잘 발생한다. 따라서 해안에서 안개는 (가)보다 (나)에서 발생할 가능성이 높다.

바로알기 | ① (가)에서는 북풍이 불기 때문에 표층 해수가 먼바다에서 해안 쪽(서쪽)으로 이동하여 연안 침강이 일어나고, (나)에서는 남풍이 불기 때문에 표층 해수가 해안에서 먼바다 쪽(동쪽)으로 이동하여 연안 용승이 일어난다.

② (가)에서는 표층 해수가 먼바다에서 해안 쪽으로 이동하기 때문에 해안에서 먼바다로 갈수록 해수면 높이가 낮아진다.

③ 해안에서 표층 해수에 포함된 영양 염류가 증가하는 해역은 심층의 찬 해수가 용승하는 (나)이다.

⑥ (나)에서는 연안 용승이 일어나기 때문에 해안에서 표층 수온이 낮아져 표층 해수의 용존산소량이 증가한다.

168 ㄱ. (가)에서는 연안에서 먼바다로 갈수록 표층 수온이 높아지므로 연안 용승이 일어나고 있다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서는 연안이 먼바다보다 표층 수온이 높으므로 표층 해수가 먼바다에서 연안 쪽으로 이동하여 연안 침강이 일어났다는 것을 알 수 있다. 따라서 (나)에서는 연안 쪽에 표층 해수가 쌓이므로 해수면 높이는 연안이 먼바다보다 높다.

ㄷ. (가)에서는 남풍 계열의 바람에 의해 연안 용승이 일어나고, (나)에서는 북풍 계열의 바람에 의해 연안 침강이 일어난다.

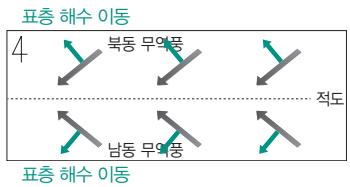
169 ② 북반구에서 대륙의 동해안을 따라 북풍이 불면 표층 해수가 서쪽(연안)으로 이동하여 침강이 일어난다.

⑤ 남반구에서 대륙의 서해안을 따라 북풍이 불면 표층 해수가 동쪽(연안)으로 이동하여 침강이 일어난다.

바로알기 | ① 5°N~5°S 해역에서는 동풍 계열의 무역풍이 불기 때문에 표층 해수가 발산하여 적도 용승이 일어난다.

③ 북반구에서 대륙의 서해안을 따라 북풍이 불면 표층 해수가 서쪽(먼바다)으로 이동하여 연안 용승이 일어난다.
④ 남반구에서 대륙의 동해안을 따라 북풍이 불면 표층 해수가 동쪽(먼바다)으로 이동하여 연안 용승이 일어난다.

170



ㄴ, ㄷ. 적도 부근 해역에서는 표층 해수가 발산하므로 심층의 해수가 표층으로 올라오는 용승이 일어난다. 이로 인해 적도 부근 해역의 해수면 수온은 주변 해역에 비해 낮게 나타난다.
바로알기 | ㄱ. 적도~30°N 해역에서 표층 해수의 평균 이동 방향은 바람 방향의 오른쪽 직각 방향이므로 북서쪽이다.

171 ㄱ. 적도 부근의 북반구에서는 북동 무역풍에 의해 표층 해수가 북서쪽으로 이동하고, 남반구에서는 남동 무역풍에 의해 표층 해수가 남서쪽으로 이동한다. 따라서 적도 부근인 A 해역에서는 표층 해수가 발산하므로 용승이 일어난다.
바로알기 | ㄴ. 북반구에서는 표층 해수가 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 이동하기 때문에 B 해역에서는 북풍 계열의 바람이 우세하여 연안 용승이 일어난다. 따라서 연안 해역이 주변 해역보다 해수면 수온이 낮다.
ㄷ. 남반구에서는 표층 해수가 바람 방향의 왼쪽 직각 방향으로 이동하기 때문에 C 해역에서 연안 용승이 일어나기 위해서는 남풍 계열의 바람이 불어야 한다.

172 ㄷ. 울산 앞바다에서 표층 수온이 낮게 나타나므로, 찬 해수에 의해 공기가 냉각되어 안개가 발생할 가능성이 높다.
바로알기 | ㄱ, ㄴ. 울산 앞바다는 먼바다에 비해 표층 수온이 낮으므로 연안 용승이 일어났다는 것을 알 수 있다. 울산 앞바다에서 연안 용승이 일어나려면 연안에서 먼바다 쪽(동쪽)으로 표층 해수가 이동해야 하기 때문에 남풍이 불어야 하며, 남풍 계열의 바람은 우리나라에서 여름철에 분다.

173 ㄷ. 영양 염류는 플랑크톤의 먹이가 되므로 영양 염류가 풍부할수록 식물성 플랑크톤의 농도가 높게 나타난다.
바로알기 | ㄱ. 연안을 따라 표층 수온이 낮게 나타나므로 연안 용승이 일어났다는 것을 알 수 있다. 심층 해수는 영양 염류가 풍부하므로 연안 용승이 일어나는 해역에서는 영양 염류와 식물성 플랑크톤의 농도가 높아진다.
ㄴ. 연안 용승이 일어나려면 연안에서 먼바다 쪽(서쪽)으로 표층 해수가 이동해야 하므로 북반구 서해안에서는 북풍 계열의 바람이 불었을 것이다.

174 모범 답안 용승이 일어나는 해역에서는 심층의 찬 해수가 상승하기 때문에 따뜻한 해수층의 두께가 얇아져 수온 약층이 시작되는 깊이가 얕고, 침강이 일어나는 해역에서는 따뜻한 표층 해수가 가라앉기 때문에 따뜻한 해수층의 두께가 두꺼워져 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊다.
해설 수온 약층은 따뜻한 표층 해수의 아래쪽에 분포하기 때문에 용승이 일어나 심층의 찬 해수가 상승하면 수온 약층이 시작되는 깊이가 얕아진다.

채점 기준	배점
용승 해역과 침강 해역에서의 수온 약층이 시작되는 깊이를 해수의 연직 이동과 관련지어 모두 옳게 서술한 경우	100 %
용승 해역과 침강 해역 중 한 가지만 수온 약층이 시작되는 깊이를 해수의 연직 이동과 관련지어 옳게 서술한 경우	50 %

175 ㄴ. 해수의 연직 운동은 용승에 의해 표층 수온이 급격하게 낮아지는 27일에 활발하게 일어났다.
ㄷ. 표층 해수의 수온이 낮을수록 용존산소량이 많으므로, 용존산소량은 24일보다 27일에 높았다.
바로알기 | ㄱ. A 해역에서는 27일에 표층 수온이 급격하게 낮아졌으므로 연안 용승이 일어났다는 것을 알 수 있다. 연안 용승이 일어나려면 표층 해수가 연안에서 먼바다 쪽(동쪽)으로 이동해야 하므로 남풍 계열의 바람이 불었을 것이다.

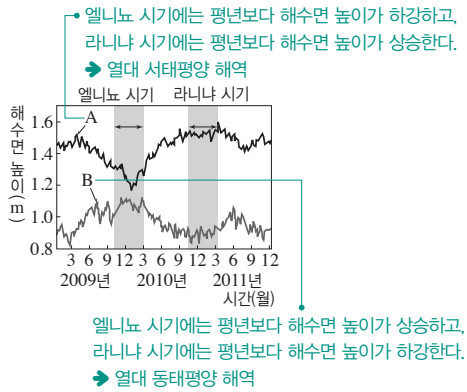
176 엘니뇨는 무역풍이 약해지면서 열대 동태평양 해역에서의 표층 수온이 평년보다 높은 상태로 수개월 이상 지속되는 현상이다. 남아메리카 페루 연안의 경우에는 평상시에 용승이 활발하지만 엘니뇨가 발생하면 용승이 약해지면서 평년보다 표층 수온이 높아진다.

177 ① (가)는 열대 동태평양 해역의 표층 수온이 열대 서태평양 해역보다 낮게 나타나는 평상시이고, (나)는 열대 동태평양 해역에서 평상시보다 용승이 약해져 표층 수온이 높아진 엘니뇨 시기이며, (다)는 열대 동태평양 해역에서 평상시보다 용승이 강해져 표층 수온이 낮아진 라니냐 시기이다.

178 ② 평상시에는 따뜻한 표층 해수가 서태평양(A 해역)으로 이동하므로 표층 수온은 열대 서태평양 해역이 열대 동태평양 해역보다 높다.
⑥ 무역풍이 약해지면 따뜻한 표층 해수가 평상시보다 서쪽으로 덜 이동하기 때문에 B 해역에서는 용승이 약해져 표층 수온이 높아진다.
⑧ 무역풍이 강해지면 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 많아져 A 해역은 평상시보다 표층 수온이 높아지고, B 해역은 평상시보다 용승이 강해져 표층 수온이 낮아지기 때문에 A 해역과 B 해역의 표층 수온 차이가 커진다.
바로알기 | ① 무역풍에 의해 따뜻한 표층 해수가 서쪽으로 이동하기 때문에 평상시에 열대 서태평양 해역은 열대 동태평양 해역보다 해수면 높이가 높다.
③, ④ 평상시에 A 해역은 해수면 수온이 높아 상승 기류가 발달하기 때문에 B 해역보다 강수량이 많다.
⑤ 무역풍이 약해지면 B 해역에서 용승이 약해진다.
⑦ 무역풍이 강해지면 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수의 양이 많아져 A 해역은 따뜻한 해수층의 두께가 평상시보다 두꺼워진다.
⑨ 무역풍이 강해지면 A 해역에서는 따뜻한 해수층의 두께가 두꺼워지고, B 해역에서는 따뜻한 해수층의 두께가 얇아지기 때문에 따뜻한 해수와 찬 해수의 경계면 기울기가 평상시보다 커진다.

179 ㄴ. 라니냐 시기에는 평상시보다 무역풍이 강하게 분다.
바로알기 | ㄱ. 그림에서 서쪽으로 따뜻한 표층 해수가 평상시보다 많이 이동하여 열대 서태평양 해역이 열대 동태평양 해역보다 해수면이 높으므로 라니냐 시기에 해당한다.
ㄷ. 라니냐 시기에는 페루 연안(열대 동태평양 해역)에서 평년보다 용승이 강해져 표층 수온이 낮아지므로 따뜻한 해수층의 두께가 얇아지고, 수온 약층이 시작되는 깊이가 얕아진다.

180



ㄷ. 라니냐 시기에는 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수가 많아져 평년보다 열대 서태평양 해역의 해수면 높이가 높아지고, 열대 동태평양 해역의 해수면 높이가 낮아진다. 라니냐 시기에는 동서 방향의 해수면 경사가 평년보다 커지고, 엘니뇨 시기에는 동서 방향의 해수면 경사가 평년보다 완만해진다. 따라서 태평양 적도 해역에서 동서 방향의 해수면 경사는 엘니뇨 시기인 2009년 12월보다 라니냐 시기인 2010년 12월에 크다.

바로알기 | ㄱ. 엘니뇨 시기에는 무역풍의 약화로 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수가 적어지기 때문에 열대 동태평양 해역의 해수면 높이가 평년보다 높아지고, 열대 서태평양 해역의 해수면 높이가 평년보다 낮아진다. 따라서 엘니뇨 시기에 해수면 높이가 평년보다 낮아진 A는 열대 서태평양 해역이다.

ㄴ. 편차는 (관측값－평년값)이다. 열대 동태평양 해역인 B에서 강수량 편차가 (+) 값을 가질 때는 저기압이 형성되어 상승 기류가 발달한 엘니뇨 시기이고, 강수량 편차가 (－) 값을 가질 때는 고기압이 형성되어 하강 기류가 발달한 라니냐 시기이다. 따라서 B에서 강수량 편차는 엘니뇨 시기인 2009년 12월보다 라니냐 시기인 2010년 12월에 작다.

181 ㄱ. A 기간 동안 열대 동태평양 해역에서 해수면 수온 편차가 (+) 값으로 나타나므로 열대 동태평양 해역의 해수면 수온이 평년보다 높아진 엘니뇨가 발생하였다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 엘니뇨 시기에는 열대 동태평양 해역에서 평년보다 해수면 수온이 높아 상승 기류가 발달하기 때문에 평년보다 구름의 양이 증가한다. 따라서 관측 해역에서 구름의 양은 해수면 수온이 낮게 나타나는 2009년 1월보다 해수면 수온이 높게 나타나는 2010년 1월에 많았다.

바로알기 | ㄴ. 해수면 수온 편차가 (+) 값으로 나타나는 엘니뇨 시기인 2010년 1월에는 열대 동태평양 해역에서의 용승이 평상시보다 약했을 것이다.

182 ④ 라니냐 시기(B)에는 열대 동태평양 해역에서 평년보다 해수면 수온이 낮아 고기압이 형성되기 때문에 하강 기류가 평년보다 강해진다.

바로알기 | ① 열대 동태평양 해역의 표층 수온 편차(관측값－평년값)가 A는 (+) 값이므로 엘니뇨 시기에 해당하고, B는 (－) 값이므로 라니냐 시기에 해당한다.

② 무역풍의 세기는 엘니뇨 시기인 A보다 라니냐 시기인 B일 때 강하다.

③ 바람이 강하게 불수록 표층 해수의 이동이 활발해진다. 따라서 적도 용승은 무역풍이 강할수록 우세하므로 A보다 B 시기일 때 강하다.

⑤ 인도네시아에서 가뭄은 열대 서태평양 해역에서 고기압이 형성되어 하강 기류가 발달하는 엘니뇨 시기(A)에 잘 발생한다.

183 ㄱ. A 해역에서는 평년보다 해수면 수온이 높으므로 해면 기압이 낮아져 상승 기류가 발달하기 때문에 평년보다 강수량이 많아진다. 따라서 A 해역에서 강수량 편차는 (+) 값을 갖는다.

ㄷ. A 해역에서는 평년보다 해수면 수온이 높아 따뜻한 해수층의 두께가 두꺼워지면서 수온 약층이 시작되는 깊이가 평년보다 깊어진다. 따라서 A 해역에서 수온 약층이 시작되는 깊이 편차는 (+) 값을 갖는다.

바로알기 | ㄴ. A 해역에서는 해면 기압이 평년보다 낮아지므로 해면 기압 편차는 (－) 값을 갖는다.

184 ①, ③ 열대 동태평양 해역에서 표층 수온은 (가) 시기가 (나) 시기보다 높고, 해수의 표층에서 식물성 플랑크톤의 농도는 (가) 시기가 (나) 시기보다 낮다. 따라서 (가)는 열대 동태평양 해역에서 평상시보다 용승이 약해진 엘니뇨 시기에 해당하며, 이 시기에는 상승 기류가 우세해져 강수량이 평상시보다 많다.

④ 좋은 어장은 용승이 활발하여 심층의 영양 염류가 표층에 공급된 시기에 형성되고, 영양 염류가 많을수록 식물성 플랑크톤의 농도가 높다. 따라서 평상시인 (나)일 때, 영양 염류가 풍부하고 식물성 플랑크톤의 농도가 높기 때문에 좋은 어장이 형성된다.

⑤ 열대 동태평양 해역에서는 엘니뇨 시기인 (가)일 때 온난 수역의 두께가 (나) 평상시보다 두꺼워져 수온 약층이 시작되는 깊이가 평상시보다 깊어진다.

바로알기 | ② 열대 동태평양 해역에서의 용승은 엘니뇨 시기인 (가)일 때가 (나) 평상시보다 약하다.

185 ⑤ 라니냐 시기에는 평년보다 A 해역은 표층 수온이 높아지고, B 해역은 표층 수온이 낮아진다. 따라서 A 해역과 B 해역의 표층 수온 차는 라니냐 시기가 평년보다 크다.

바로알기 | ①, ④ 관측 시기에 열대 서태평양 해역인 A 해역에서는 따뜻한 해수층의 두께가 두껍고, 열대 동태평양 해역인 B 해역에서는 따뜻한 해수층의 두께가 얇다. 따라서 이 시기는 따뜻한 표층 해수가 평년보다 서쪽으로 더 많이 이동하는 라니냐 시기에 해당하는 것을 알 수 있다.

②, ③ 라니냐 시기에 A 해역은 평년보다 해수면 수온이 높아져 상승 기류가 발달하기 때문에 강수량이 많아지고, B 해역은 평년보다 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수가 많아져 용승이 강해지기 때문에 표층 수온이 낮아진다.

186 ㄴ. 열대 동태평양 해역에서 용승은 무역풍이 강하게 부는 (나)일 때가 (가) 시기일 때보다 강하다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 열대 동태평양 해역에서 표층 수온이 평년보다 높게 나타나므로 엘니뇨 시기에 해당한다. (나)는 열대 동태평양 해역에서 표층 수온이 평년보다 낮게 나타나므로 라니냐 시기에 해당한다.

ㄷ. 서쪽으로 향하는 해류의 세기는 무역풍의 세기와 관련이 있다. 따라서 평상시보다 무역풍이 약할 때 발생하는 (가) 엘니뇨 시기보다 무역풍이 강할 때 발생하는 (나) 라니냐 시기에 서쪽으로 향하는 해류의 세기가 강하다.

187 모범 답안 (1) (가)는 열대 서태평양 해역에서 저기압이 형성되어 상승 기류가 발달하고, 열대 동태평양 해역에서 고기압이 형성되어 하강 기류가 발달하는 평상시의 워커 순환이다. (나)는 열대 서태평양 해역에서 고기압이 형성되어 하강 기류가 발달하고, 열대 동태평양 해역에서 저기압이 형성되어 상승 기류가 발달하는 엘니뇨 시기의 워커 순환이다.

(2) 평상시인 (가)일 때는 무역풍의 영향으로 따뜻한 표층 해수가 서쪽으로 이동하고, 엘니뇨 시기인 (나)일 때는 무역풍이 약해져 평상시보다 따뜻한 표층 해수가 서쪽으로 덜 이동한다.

해설 평상시에는 열대 서태평양 해역에서 상승 기류가, 열대 동태평양 해역에서 하강 기류가 우세하게 나타나면서 워커 순환이 일어난다. 무역풍이 약해진 엘니뇨 시기에는 상승 기류의 중심이 동쪽 해역으로 이동하면서 워커 순환이 평상시보다 약해진다.

채점 기준		배점
(1)	(가)와 (나) 시기를 워커 순환과 관련지어 모두 옳게 서술한 경우	50 %
(2)	따뜻한 표층 해수의 이동을 무역풍과 관련지어 (가), (나) 시기를 비교하여 옳게 서술한 경우	50 %

188 모범 답안 엘니뇨 시기, ㉠ 시기에 열대 서태평양의 해면 기압이 평년보다 높고 열대 동태평양의 해면 기압이 평년보다 낮으므로 ㉠ 시기는 엘니뇨 시기이다.

해설 엘니뇨 시기에는 열대 서태평양에서 평년보다 해면 기압이 높아 하강 기류가 발달하고, 열대 동태평양에서 평년보다 해면 기압이 낮아 상승 기류가 발달한다.

채점 기준	배점
엘니뇨 시기라고 옳게 쓰고, 까닭을 엘니뇨 시기와 해면 기압 편차를 관련지어 모두 옳게 서술한 경우	100 %
엘니뇨 시기만 옳게 쓴 경우	40 %

189 모범 답안 엘니뇨 시기에는 열대 동태평양 해역에서 평상시보다 해수면 수온이 상승하여 상승 기류가 발달하기 때문에 구름의 양이 많아진다. 따라서 구름의 양이 상대적으로 많은 A는 엘니뇨 시기이고, 상대적으로 적은 B는 평상시이다.

채점 기준	배점
A, B 시기를 옳게 쓰고, 그 근거를 구름의 양과 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
A, B 시기만 옳게 쓴 경우	40 %

190 모범 답안 이 시기는 열대 서태평양 해역에서 강수량이 평년보다 많고 열대 동태평양 해역에서 강수량이 평년보다 적으므로 라니냐 시기에 해당한다. 따라서 이 시기에는 평년보다 무역풍이 세게 불기 때문에 워커 순환이 평년보다 강하게 나타난다.

해설 그림에서 열대 서태평양 해역의 강수량 편차(관측값−평년값)는 대체로 (+) 값이고, 열대 동태평양 해역에서는 (−) 값이다. 강수량 편차는 저기압이 형성되어 상승 기류가 발달한 시기에 (+) 값으로 나타난다.

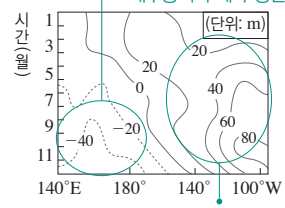
채점 기준	배점
워커 순환이 강해진다는 것을 라니냐 시기와 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
워커 순환이 강해진다는 것만 옳게 서술한 경우	50 %

191 ㄱ. 열대 동태평양 해역인 B 해역에서 (가) 시기일 때 고온 다습한 기후가 나타나므로 (가)는 엘니뇨 시기에 해당하고, (나) 시기일 때 저온 건조한 기후가 나타나므로 (나)는 라니냐 시기에 해당한다.

ㄷ. 열대 동태평양 해역은 엘니뇨 시기에 평년보다 따뜻한 해수층의 두께가 두꺼워져 수온 약층이 시작되는 깊이가 평년보다 깊어지고, 라니냐 시기에 평년보다 따뜻한 해수층의 두께가 얇아져 수온 약층이 시작되는 깊이가 평년보다 얕아진다. 따라서 B 해역에서 수온 약층이 시작되는 깊이 편차는 엘니뇨 시기에 (+) 값이고, 라니냐 시기에 (−) 값이다.

바로알기 | ㄴ. 라니냐 시기에는 무역풍의 강화로 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수가 많아져 열대 서태평양 해역에서 해수면 높이가 평년보다 높아지고, 엘니뇨 시기에는 무역풍의 약화로 서쪽으로 이동하는 따뜻한 표층 해수가 적어져 열대 서태평양 해역에서 해수면 높이가 평년보다 낮아진다. 따라서 A 해역에서 해수면 높이 편차는 엘니뇨 시기에 (−) 값이고, 라니냐 시기에 (+) 값이다.

192 20 °C 등수온선의 깊이 편차가 (−) 값이다. ➔ 따뜻한 해수층의 두께가 평년보다 얇아졌다.



20 °C 등수온선의 깊이 편차가 (+) 값이다. ➔ 따뜻한 해수층의 두께가 평년보다 두꺼워졌다. ➔ 엘니뇨 시기에 해당

ㄱ. 관측 기간 동안 열대 동태평양 해역에서 20 °C 등수온선의 깊이 편차가 (+) 값이므로 평년보다 따뜻한 해수층의 두께가 두꺼운 엘니뇨 시기라는 것을 알 수 있다.

ㄴ. 엘니뇨 시기에 열대 서태평양 해역은 평년보다 해수면 수온이 낮아져 고기압이 형성되기 때문에 건조하다.

ㄷ. (서태평양 해면 기압−동태평양 해면 기압) 값은 엘니뇨가 강할수록 크므로 3월보다 11월에 크다.

193 ㄴ. 동풍(무역풍)의 세기는 엘니뇨 시기인 A보다 라니냐 시기인 B일 때 강하다.

ㄷ. 열대 서태평양 해역에서 평년보다 해수면 수온이 상승하여 상승 기류가 발달하는 시기는 라니냐 시기이다. 따라서 열대 서태평양 해역에서 상승 기류는 엘니뇨 시기인 A보다 라니냐 시기인 B일 때가 강하다.

바로알기 | ㄱ. 무역풍은 동풍 계열의 바람이므로 서쪽으로 향하는 바람이고, 동쪽으로 향하는 바람은 서풍이다. 따라서 풍속 편차가 (+) 값인 경우에는 평년보다 서풍이 강할 때이므로 A는 무역풍이 약해진 엘니뇨 시기에 해당한다.

194 ㄴ. 태평양에서 서쪽에 위치한 인도네시아에서 가뭄이나 산불은 고기압이 형성되어 하강 기류가 발달하는 엘니뇨 시기인 A일 때가 라니냐 시기인 B일 때보다 빈번하다.

바로알기 | ㄱ. 무역풍은 동쪽에서 서쪽으로 부는 동풍이므로 풍속 편차가 (−) 값일수록 무역풍이 강한 시기이다. 따라서 무역풍의 평균 세기는 A가 B 시기보다 약하다.

ㄷ. 엘니뇨 시기에는 평년보다 동태평양의 해면 기압이 감소하고, 서태평양의 해면 기압이 증가한다. 따라서 $\left(\frac{\text{동태평양 해면 기압}}{\text{서태평양 해면 기압}}\right)$의 값은 엘니뇨 시기인 A일 때가 라니냐 시기인 B일 때보다 작다.

195 모범 답안 엘니뇨 시기, 이 시기는 열대 동태평양 해역에서 평소보다 구름이 많은 엘니뇨 시기이다. 따라서 A 해역에서 해면 기압은 평년보다 낮으므로 해면 기압 편차가 (−) 값이다.

해설 구름이 많을수록 기상 위성에서 관측되는 적외선 방출 복사 에너지의 세기가 약하다. 따라서 적외선 방출 복사 에너지의 편차(관측값−평년값)가 (−) 값인 시기에는 상승 기류가 평년보다 우세하다.

채점 기준	배점
엘니뇨 시기라고 옳게 쓰고, A 해역의 해면 기압 편차를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
엘니뇨 시기만 옳게 쓴 경우	50 %
A 해역의 해면 기압 편차만 옳게 서술한 경우	50 %

196 ② 엘니뇨 시기에 열대 동태평양의 강수량 편차는 (+) 값이고, 열대 서태평양의 해면 기압 편차는 (+) 값이며, 열대 동태평양의 해수면 높이 편차는 (+) 값이고, 워커 순환의 세기는 평상시보다 약해진다. 따라서 (가)~(다)는 서로 비례 관계가 있고, (라)는 다른 요소와 반비례 관계가 있다.

07 기후 변화

빈출 자료 보기

62쪽

197 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ×

198 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○ (7) ○

197 (3), (4) ㉡일 때 지구 자전축의 경사각은 현재보다 크므로 우리나라의 겨울철 태양의 남중 고도는 현재보다 낮고, 지구 자전축의 경사 방향이 현재와 반대 방향이므로 지구가 근일점에 위치할 때 우리나라는 여름이다.

(6) ㉡일 때 지구 자전축의 경사각은 현재보다 크고, 지구 자전축의 경사 방향은 현재와 반대 방향이다. 우리나라는 근일점에 위치할 때 여름이고, 여름에는 현재보다 태양의 남중 고도가 높아진다. 우리나라는 원일점에 위치할 때 겨울이고, 겨울에는 현재보다 태양의 남중 고도가 낮아진다. 따라서 우리나라에서 기온의 연교차는 ㉡일 때가 현재보다 크다.

바로알기 | (1) 세차 운동의 주기는 약 26000년이므로 ㉠에서 ㉡까지의 시간은 약 13000년이다.

(2) ㉠일 때 지구 자전축의 경사각이 현재(약 23.5°)보다 작으므로 우리나라의 여름철 태양의 남중 고도는 현재보다 낮다.

(5), (7) ㉠일 때 지구 자전축의 경사각은 현재보다 작고, 지구 자전축의 경사 방향은 현재와 같다. 북반구의 우리나라와 남반구 중위도 지역은 여름에는 현재보다 태양의 남중 고도가 낮아지고, 겨울에는 현재보다 태양의 남중 고도가 높아진다. 따라서 북반구의 우리나라와 남반구 중위도 지역은 모두 기온의 연교차가 ㉠일 때가 현재보다 작다.

198 (1) ㉡ 해수의 수온이 상승하면 빙하의 융해와 해수의 열팽창으로 지구의 평균 해수면이 상승(㉠)한다.

(2) 기체의 용해도는 온도가 낮을수록 증가한다. 따라서 ㉡ 해수의 수온이 상승하면 기체의 용해도가 감소한다.

(5) ㉤ 온실 기체에는 이산화 탄소, 메테인, 산화 이질소 등이 있다.

(6) ㉥ 화석 연료 대신 온실 기체를 배출하지 않는 신재생 에너지의 사용을 확대해야 한다.

(7) ㉦ 산림이 파괴되면 광합성량 감소로 대기 중 이산화 탄소의 흡수가 감소하여 기권의 이산화 탄소 농도가 증가한다.

바로알기 | (3) ㉢ 빙하의 면적이 감소하면 극지방에서 햇빛 반사율이 감소한다.

(4) ㉣ 지구 온난화의 주요 원인은 대기 중 온실 기체의 농도가 증가하여 온실 효과가 강해졌기 때문이다.

난이도별 필수 기출

63쪽~68쪽

199 ⑤	200 ⑤	201 ①	202 해설 참조	203 ④
204 ①, ④, ⑦		205 ②	206 ⑤	207 ③
208 해설 참조		209 ②	210 ③	211 ① 212 ⑤
213 ④, ⑦	214 ③	215 ④	216 ④	217 해설 참조
218 ⑤, ⑥	219 ③	220 ⑤	221 해설 참조	222 ④
223 ②	224 ①	225 ①	226 ②	227 해설 참조

199 ㄱ. 기후 변화를 일으키는 자연적 요인에는 크게 지구 외적 요인(천문학적 요인)과 지구 내적 요인이 있다.

ㄴ. 태양 활동의 변화, 화산 활동 등은 기후 변화를 일으키는 자연적 요인에 해당한다.

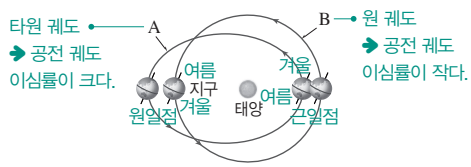
ㄷ. 인간 활동으로 인한 대기 중 온실 기체의 배출, 에어로졸 배출 등은 기후 변화를 일으키는 인위적 요인에 해당한다.

200 ㄱ. 지구 자전축의 경사각이 클수록 북반구와 남반구의 중위도, 고위도 지역은 여름철에 태양의 남중 고도가 현재보다 높아지고, 겨울철에 태양의 남중 고도가 현재보다 낮아진다. 따라서 우리나라에서 여름철에 태양의 남중 고도는 지구 자전축의 경사각이 큰 8000년 전이 현재보다 높았을 것이다.

ㄴ. 우리나라에서 겨울철 평균 기온은 지구 자전축의 경사각이 작은 8000년 후가 현재보다 높을 것이다.

ㄷ. 기온의 연교차는 지구 자전축의 경사각이 클수록 크므로 우리나라는 8000년 전이 8000년 후보다 클 것이다.

201



ㄱ. 지구 공전 궤도 이심률이 클수록 납작한 타원 궤도 모양이고, 작을수록 원 궤도에 가깝다. 따라서 지구 공전 궤도 이심률은 타원 궤도인 A 시기가 원 궤도인 B 시기보다 크다.

바로알기 | ㄴ. 원일점 거리는 지구 공전 궤도 이심률이 큰 A 시기가 B 시기보다 더 멀고, 근일점 거리는 A 시기가 B 시기보다 더 가깝다.

ㄷ. 북반구는 A와 B 시기 모두 지구가 근일점에 위치할 때 겨울이다.

202 모범 답안 B, B 시기에는 태양의 흑점 수가 많은 것으로 보아 태양의 활동이 활발하여 지구에 들어오는 태양 복사 에너지의 양이 많기 때문에 지구의 연평균 기온이 높아졌을 것이다.

해설 태양의 활동이 활발할 때 흑점 수가 많아진다.

채점 기준	배점
태양의 활동이 활발한 시기를 옳게 쓰고, 이때 지구의 연평균 기온 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
태양의 활동이 활발한 시기만 옳게 쓴 경우	50 %
이때 지구의 연평균 기온 변화만 옳게 서술한 경우	50 %

203



(가) 현재 (나) 약 13000년 후

④ (가)에서 남반구에서는 근일점에서 여름이고, 원일점에서 겨울이므로 지구와 태양 사이의 거리는 여름에 가깝고, 겨울에 멀다. (나)에서 남반구에서는 근일점에서 겨울이 되고, 원일점에서 여름이 되므로 지구와 태양 사이의 거리는 현재보다 여름에 더 멀어지고, 겨울에 더 가까워져 여름의 기온은 현재보다 낮아지고 겨울의 기온은 현재보다 높아져 현재보다 기온의 연교차가 작아진다.

바로알기 | ① (가)의 원일점에서 태양 빛을 정면으로 비추는 곳이 북반구이기 때문에 북반구에 위치한 우리나라는 여름이다.

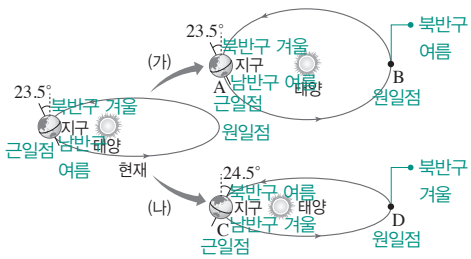
② (나)의 근일점에서 태양 빛을 정면으로 비추는 곳이 북반구이므로 북반구는 여름이고, 남반구는 겨울이다.

③ (가)에서 북반구에서는 원일점에서 여름이고, 근일점에서 겨울이므로 지구와 태양 사이의 거리는 여름에 멀고, 겨울에 가깝다. (나)에서

북반구에서는 원일점에서 겨울이 되고, 근일점에서 여름이 되므로 지구와 태양 사이의 거리는 현재보다 여름에 더 가까워지고, 겨울에 더 멀어져 여름의 기온은 현재보다 높아지고 겨울의 기온은 현재보다 낮아져 현재보다 기온의 연교차가 커진다.

⑤ 지구가 근일점에 위치할 때 지구와 태양 사이의 거리는 변하지 않으므로 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양은 현재와 약 13000년 후에도 같다.

204



① 지구의 공전 궤도 이심률은 공전 궤도의 모양이 더 납작한 타원 궤도인 현재가 (가)일 때보다 크다.

④ (가)에서 남반구는 근일점일 때 여름이고, 이때 태양까지의 거리가 현재보다 멀다. 또한 겨울에 태양까지의 거리가 현재보다 (가)일 때가 가까우므로 남반구 기온의 연교차는 (가)일 때가 현재보다 작다.

⑦ 지구 자전축의 경사각은 (가)보다 (나)일 때가 크므로 우리나라에서 겨울에 태양의 남중 고도는 (가)보다 (나)일 때가 낮다.

바로알기 | ② 현재 북반구는 근일점에서 겨울이고, 원일점에서 여름이지만 남반구는 근일점에서 여름이고, 원일점에서 겨울이다. 따라서 현재 기온의 연교차는 북반구가 남반구보다 작다.

③ 우리나라에서 여름 기온은 태양까지의 거리가 먼 현재가 (가)일 때보다 낮다.

⑤ (나)에서 근일점일 때 태양 빛을 정면으로 비추는 곳은 북반구이므로 우리나라의 계절은 여름이다.

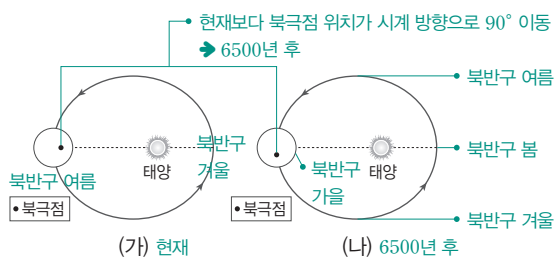
⑥ 근일점일 때 북반구는 (가)에서 겨울이고, (나)에서 여름이다. 또한 지구 자전축의 경사각이 현재보다 (나)일 때가 크므로 북반구에서 기온의 연교차는 (나)일 때가 현재보다 크다.

205 ㄴ. 지구 공전 궤도 이심률은 A 시기일 때가 현재보다 크므로 북반구에서 겨울(근일점 부근)에 태양까지의 거리는 A 시기일 때가 현재보다 가깝고, 여름(원일점 부근)에 태양까지의 거리는 A 시기일 때가 현재보다 멀다. 따라서 30°N에서 기온의 연교차는 A 시기일 때가 현재보다 작았을 것이다.

바로알기 | ㄱ. 현재 지구 자전축의 경사각은 약 23.5°이다. 따라서 실선은 지구 자전축 경사각의 변화이고, 점선은 지구 공전 궤도 이심률의 변화이다. 따라서 지구 자전축 경사각의 변화 주기가 지구 공전 궤도 이심률의 변화 주기보다 짧다.

ㄷ. B 시기에는 지구 자전축의 경사각이 현재보다 크므로 북반구, 남반구의 중위도, 고위도 지역의 태양의 남중 고도가 현재보다 여름에는 높아지고, 겨울에는 낮아지기 때문에 30°S에서 겨울 평균 기온이 현재보다 낮았을 것이다.

206

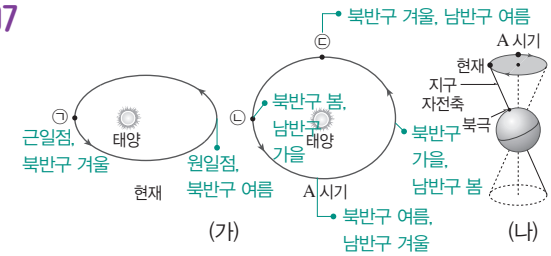


ㄱ. 지구 자전축의 세차 운동은 시계 방향으로 일어나고, 지구의 북극점이 (나)에서는 (가)보다 시계 방향으로 90° 이동한 곳에 위치하므로 (나)는 현재인 (가)로부터 6500년 후의 모습이다.

ㄷ. 30°N 지역은 (가)일 때 근일점에서 겨울이고, (나)에서는 원일점에서 근일점으로 가는 중간 지점에서 겨울이다. 따라서 30°N에서 겨울에 지구와 태양 사이의 거리가 더 가까운 (가)가 (나)보다 겨울 평균 기온이 더 높다.

바로알기 | ㄴ. (나)일 때 30°N의 계절은 원일점에서 근일점으로 가는 중간에 겨울이다. 따라서 근일점에서 계절은 봄이다.

207



ㄷ. A 시기에 남반구 중위도 지역은 ㉢에서 여름, ㉡에서 가을이므로 태양의 남중 고도는 여름인 ㉢이 가을인 ㉡보다 높다.

바로알기 | ㄱ. 현재 지구가 근일점(㉠)에 위치할 때 태양 빛이 정면으로 비추는 곳이 남반구이므로 우리나라의 계절은 겨울이다.

ㄴ. A 시기에는 북반구가 봄일 때 지구는 근일점에 위치하므로 지구와 태양 사이의 거리는 가을보다 봄에 가깝다.

208 모범 답안 ㉡, 그림에서 북반구와 남반구는 모두 기온의 연교차가 현재보다 증가하므로 이 시기는 지구 자전축의 경사각이 현재보다 크고, 지구 공전 궤도 이심률이 현재와 같은 ㉡에 해당한다.

해설 그림에서 이 시기에 북반구와 남반구는 모두 현재보다 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 여름(북반구는 6월~8월, 남반구는 12월~2월)에 많아지고, 겨울(북반구는 12월~2월, 남반구는 6월~8월)에 적어져 기온의 연교차가 커진다. 지구 자전축의 경사각이 현재보다 커지면 북반구와 남반구 중위도, 고위도 지역에서 모두 기온의 연교차가 증가한다. 지구 공전 궤도 이심률이 현재보다 커지면 북반구는 기온의 연교차가 감소하고, 남반구는 기온의 연교차가 증가한다. 따라서 이 시기에는 지구 자전축의 경사각이 현재보다 크고, 지구 공전 궤도 이심률은 현재와 같다는 것을 알 수 있다.

채점 기준	배점
㉡을 옳게 쓰고, 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
㉡만 옳게 쓴 경우	40 %

209 ㄴ, ㄹ. 대규모 화산 폭발, 대기 대순환 변화 등은 기후 변화의 지구 내적 요인에 해당한다.

바로알기 | ㄱ, ㄷ, ㅁ, ㅂ. 태양 활동 변화, 지구 자전축 기울기 변화는 기후 변화의 지구 외적 요인에 해당하고, 대규모 도시 개발과 화석 연료 사용량 증가는 기후 변화의 인위적 요인에 해당한다.

210 ㄱ. 판의 운동으로 수륙 분포가 변하면 표층 해류의 방향과 속력이 달라져 표층 해류의 변화가 나타난다.

ㄷ. (가)~(다)는 수륙 분포의 변화, 지표면의 상태 변화 등이므로 모두 기후 변화를 일으키는 지구 내적 요인에 해당한다.

바로알기 | ㄴ. 극지방과 고산 지방의 빙하가 녹으면 지표면의 반사율은 감소한다.

211 ㄱ. 극지역은 숲이 없고, 빙하가 주로 분포하므로 적도 지역보

다 지표면의 반사율이 높다.

바로알기 | ㄴ, ㄷ. 숲은 반사율이 매우 낮다. 따라서 숲의 면적이 증가하면 지표면의 반사율이 감소한다. 반대로 숲이 경작지로 바뀌거나 도시화되면 지표면의 반사율은 증가한다.

212 ㄴ. 기후 변화 요인 중 화산 활동은 지구 내적 요인에 속한다.

ㄷ. 대규모 화산 분출 시 성층권에 도달한 화산재는 비교적 오래 머물면서 햇빛을 차단하기 때문에 지구의 평균 기온을 낮추는 역할을 한다.

바로알기 | ㄱ. 지구의 평균 기온 편차는 A 시기보다 B 시기에 (+) 값이 더 크므로 지구 평균 기온의 상승률은 A 시기가 B 시기보다 작다.

213 ①, ② 화석 연료 사용과 과잉 경작 및 과잉 방목은 인간 활동에 해당하므로 기후 변화를 일으키는 인위적 요인이다.

③ 지구 온난화의 주요 원인은 화석 연료 사용으로 인한 대기 중 온실 기체의 농도 증가로 알려져 있다.

⑤ 인간 활동으로 배출되는 온실 기체의 예로는 이산화 탄소, 메테인, 산화 이질소 등이 있다.

⑥ 산림을 훼손하여 고층 건물 건설, 포장 도로 건설 등의 과도한 도시 개발을 하면 지표면의 반사율이 변하여 기후가 변한다.

바로알기 | ④ 인위적 요인에 의한 기후 변화는 산업 혁명 이후부터 나타나기 시작하였으므로 대략 150년 전부터 발생하였다.

⑦ 인위적 요인에 의한 기후 변화는 온실 효과와 지구의 열수지에 영향을 미치므로 대기와 해수의 순환에도 영향을 준다.

214 ㄱ. 숲은 반사율이 낮으므로 숲을 개간하면 지표면의 반사율이 증가한다.

ㄴ. 사막은 주로 반사율이 높은 모래로 이루어져 있으므로 과잉 경작으로 사막화 지역이 확대되면 지표면의 반사율이 증가한다.

바로알기 | ㄷ. 빙하는 반사율이 매우 높다. 따라서 온실 효과가 커져 대륙 빙하의 면적이 줄어들면 지표면의 반사율이 감소한다.

215 ㄱ. ㉠은 온실 기체 중 온실 효과에 가장 크게 기여를 하는 이산화 탄소이다.

ㄷ. 자료에 따르면, 자연적 요인은 지구의 기온 변화에 거의 영향을 주지 않는다.

바로알기 | ㄴ. ㉡은 에어로졸이다. 일부 에어로졸은 햇빛을 차단시켜 지구의 평균 기온을 낮추는 역할을 한다.

216 ㄴ. B는 인위적 요인인 대규모 도시 건설로, 숲을 감소시켜 대기 중 이산화 탄소의 농도를 증가시킨다.

ㄷ. 화산재는 햇빛을 차단시켜 지표에 도달하는 태양 복사 에너지의 양을 감소시킨다.

바로알기 | ㄱ. A는 지구 외적 요인에 해당하므로 지구 공전 궤도 이심률의 변화이다. B는 인위적 요인에 해당하므로 대규모 도시 건설이고, C는 다량의 화산재 분출이다.

217 **모범 답안** 지구의 대기는 온실 효과를 일으키므로 대기가 있을 때가 없을 때보다 지구의 복사 평형 온도가 더 높다.

해설 지구의 대기는 지표에서 방출되는 복사 에너지를 흡수한 후 일부를 지표로 재복사하기 때문에 지구가 더 높은 온도에서 복사 평형을 유지하도록 해 준다.

채점 기준	배점
대기의 온실 효과를 고려하여 지구의 복사 평형 온도를 비교하여 옳게 서술한 경우	100 %
복사 평형 온도만 비교하여 옳게 서술한 경우	40 %

218 ① 태양 복사 에너지 중 지구에서 반사되는 양은 대기와 구름에 의한 반사 23과 지표면 반사 7이므로 지구의 반사율은 30 %이다.

② 태양 복사 에너지는 주로 파장이 짧은 가시광선 영역이고, 지구 복사 에너지는 주로 파장이 긴 적외선 영역이다.

③ 태양 복사 에너지 중 대기와 구름이 흡수하는 양은 23이고, 지표면에서 흡수하는 양은 47이다.

④ 증발할 때 물의 상태가 액체에서 기체로 변하므로 물의 상태 변화로 이동한 에너지의 양은 24이다.

⑦ 대기에서 지표로 재복사되는 에너지의 양이 증가하면 지표면이 그 에너지를 흡수하므로 지표면 온도는 상승한다.

바로알기 | ⑤ 지구 복사 에너지 중 대기에서 우주로 방출하는 양은 58이고, 지표면에서 우주로 직접 방출하는 양은 12이다.

⑥ 대기 중 온실 기체의 농도가 증가하면 대기의 재복사와 지표면 복사가 모두 증가한다.

219 ㄱ. 이산화 탄소, 메테인, 산화 이질소는 온실 효과를 일으키는 온실 기체이다. 따라서 온실 기체의 농도는 1950년 이전에 비해 1950년 이후에 훨씬 급격하게 증가하였다.

ㄴ. 이산화 탄소의 농도 단위는 ppm이고, 메테인과 산화 이질소의 농도 단위는 ppb인데, 1 ppm은 1 ppb보다 농도가 크다. 따라서 현재 대기 중 온실 기체의 농도는 이산화 탄소>메테인>산화 이질소이다.

바로알기 | ㄷ. 대기 중 온실 기체의 농도는 대부분 인간 활동에 의해 증가하고 있으므로 온실 기체의 농도 변화는 기후 변화를 일으키는 인위적 요인에 해당한다.

220 ㄱ. 이 기간 동안 북반구와 남반구에서 모두 기온 편차가 커지므로 지구의 평균 기온이 상승하는 추세라는 것을 알 수 있다.

ㄴ. 이 기간 동안 남반구보다 북반구에서 기온 편차가 크므로 기온 변화도 크다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 이 기간 동안 지구의 평균 기온이 상승함에 따라 빙하의 융해와 해수의 열팽창으로 지구의 평균 해수면이 상승하였을 것이다.

221 **모범 답안** A는 북극해 얼음 면적이고, B는 지구의 평균 해수면 높이이다. A와 B의 변화가 일어난 주요 원인은 화석 연료의 사용량 증가로 온실 효과가 커져 지구의 평균 기온이 상승했기 때문이다.

해설 최근 지구 온난화 현상이 심해지면서 빙하의 융해와 해수의 열팽창으로 극지방의 얼음 면적은 감소하였고, 지구의 평균 해수면 높이는 상승하였다.

채점 기준	배점
A와 B를 옳게 쓰고, A와 B 변화의 주요 원인을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B만 옳게 쓴 경우	40 %
A와 B 변화의 주요 원인만 옳게 서술한 경우	60 %

222 ㄴ. 지구 온난화로 빙하의 융해와 해수의 열팽창이 일어나면 지구의 평균 해수면 높이(B)가 상승하여 저지대가 침수하기 때문에 육지의 면적(C)이 감소한다.

ㄷ. 대륙 빙하의 면적(D)이 감소하면 지표면의 반사율(E)이 감소하여 지표에서 흡수하는 태양 복사 에너지의 양이 증가한다. 따라서 D와 E의 변화는 지구 온난화를 가속화시킬 수 있다.

바로알기 | ㄱ. 기체의 용해도는 온도에 반비례하므로, 해수의 온도(A)가 상승하면 이산화 탄소의 용해도는 감소한다.

223 ㄴ. 수권의 물 중 담수가 차지하는 비율은 빙하가 가장 많다. 빙하는 지구 온난화로 감소하는 추세이므로 수권의 물 중 담수가 차지하는 비율도 감소하는 추세이다.

바로알기 | ㄱ. 그린란드 빙하의 융해량은 ㉡ 기간이 ㉠ 기간의 약 1.5배이다.

ㄷ. (나)에서 지구의 평균 해수면 높이 편차 변화는 빙하의 융해가 해수의 열팽창보다 크다. 따라서 지구의 평균 해수면 높이 변화에 미치는 영향은 해수의 열팽창이 빙하의 융해보다 작다는 것을 알 수 있다.

224 ㄱ. A는 기온 편차가 거의 나타나지 않으므로 자연적 요인에 따른 기온 변화 모델이고, B는 실제 기온 변화와 대체로 일치하므로 자연적 요인과 인위적 요인에 따른 기온 변화 모델이다.

바로알기 | ㄴ. 자연적 요인에 의해서는 기온 변화가 거의 나타나지 않으므로 기온 변화는 인위적 요인만 반영하면 실제 기온 변화보다 더 크게 나타날 것이다.

ㄷ. 실제 기온 변화는 자연적 요인과 인위적 요인을 모두 반영한 모델과 잘 부합한다.

225 ㄱ. 저위도 지역의 지표 기온 변화량은 약 2 °C~4 °C이고, 고위도 지역의 지표 기온 변화량은 4 °C~18 °C이다. 따라서 저위도보다 고위도의 지표 기온 변화량이 크다.

바로알기 | ㄴ. 극지방은 기온 상승으로 얼음 면적이 감소하여 반사율이 감소할 것이다.

ㄷ. 고위도 지방의 지표 기온 상승 폭이 저위도 지방보다 크므로 온실 효과가 커져 지구의 평균 기온이 상승하면 위도에 따른 지표 기온 차가 감소할 것이다.

226 ㄷ. 고효율 에너지 제품을 개발하면 화석 연료의 사용량을 줄일 수 있어 대기 중 온실 기체의 농도 증가를 억제할 수 있다.

바로알기 | ㄱ. 천연가스는 화석 연료에 해당하므로 천연가스의 사용량을 늘리면 대기 중 온실 기체의 농도가 증가하여 지구 온난화가 심해진다.

ㄴ. 해양 산성화는 대기 중 이산화 탄소의 농도 증가로 인한 지구 온난화로 발생하는 환경 변화 중 하나이다.

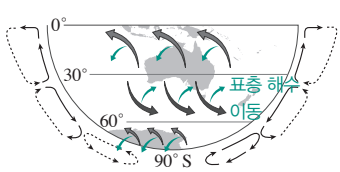
227 **모범 답안** 화석 연료의 사용 줄이기, 신재생 에너지 사용 확대, 산림 조성, 이산화 탄소 포집 및 저장 기술 개발, 해양 비옥화 등이 있다.

채점 기준	배점
세 가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
두 가지만 옳게 서술한 경우	60 %
한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

최고 수준 도전 기출 69쪽

228 ④ 229 ② 230 ① 231 ⑤

228



④ 남반구에서 표층 해수는 바람 방향의 왼쪽 직각 방향으로 이동한다. 따라서 적도~30°S에서 표층 해수는 남서쪽으로 이동하고, 30°S~60°S에서 표층 해수는 북동쪽으로 이동한다. 60°S~90°S에서 표층 해수는 남서쪽으로 이동한다. 따라서 적도와 60°S에서 표층 해수의 발산이 일어나고, 이를 채우기 위해 심층에서 찬 해수가 상승하면서 용승이 일어난다.

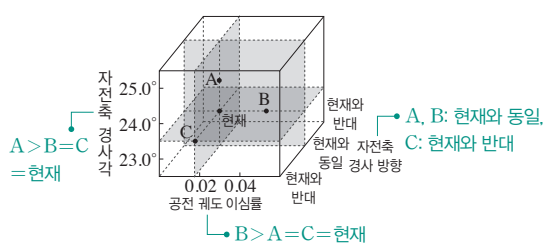
229 엘니뇨 시기에는 평년보다 열대 동태평양 해역에서 용승이 약해져 따뜻한 해수층의 두께가 두꺼워지기 때문에 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊어진다. 따라서 열대 동태평양 해역에서 수온 약층이 시작되는 깊이 편차가 (−) 값인 A 시기는 라니냐 시기에 해당하고, (+) 값인 B 시기는 엘니뇨 시기에 해당한다.

ㄴ. 열대 동태평양 해역에서의 용승은 라니냐 시기인 A가 엘니뇨 시기인 B일 때보다 강하다.

바로알기 | ㄱ. (나)에서는 열대 동태평양 해역의 강수량 편차가 (+) 값이므로 해수면 수온이 평년보다 상승하여 저기압이 형성되어 상승 기류가 발달하는 엘니뇨 시기(B)에 해당한다.

ㄷ. 라니냐 시기에는 동태평양 해면 기압이 평년보다 높아지고, 서태평양 해면 기압은 평년보다 낮아진다. 따라서 $\left(\frac{\text{동태평양 해면 기압}}{\text{서태평양 해면 기압}}\right)$은 라니냐 시기인 A가 엘니뇨 시기인 B일 때보다 크다.

230



ㄱ. 지구 자전축의 경사각이 클수록 북반구, 남반구 모두 기온의 연교차가 현재보다 커진다. 따라서 지구 자전축의 경사각은 현재(약 23.5°)보다 A 시기에 크므로 30°N에서 기온의 연교차는 A 시기가 현재보다 크다.

바로알기 | ㄴ. 현재 지구가 근일점에 위치할 때 30°S는 여름이다. C 시기에는 지구 자전축의 경사 방향이 현재와 반대이므로 지구가 근일점에 위치할 때 30°S는 겨울이다. 따라서 지구가 근일점에 위치할 때 30°S의 평균 기온은 C 시기가 현재보다 낮다.

ㄷ. 지구 공전 궤도 이심률은 B 시기가 C 시기보다 크므로 원일점 거리는 B 시기일 때가 C 시기일 때보다 멀다. 따라서 지구가 원일점에 위치할 때 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양은 B 시기가 C 시기보다 적다.

231 ㄱ. (가)에서 북극 빙하 면적은 시간이 지날수록 계속 감소하는 추세이며, 북극 빙하 면적의 감소량은 2000년 이전보다 이후에 급격하게 커지고 있다.

ㄴ. 북극 지역에서 빙하 면적이 감소하면 지구 반사(A)는 감소한다. 따라서 북극 지역에서 A는 1980년보다 2010년에 작았을 것이다.

ㄷ. 대기 중 온실 기체의 농도가 증가하면 대기가 흡수하는 지구 복사 에너지의 양이 증가하여 대기의 재복사(C)가 증가하게 되고, 이로 인해 지표면 온도가 상승하여 지표면이 방출하는 지표면 복사(B)가 증가하게 된다.

08 지층의 형성 순서와 나이

빈출 자료 보기 71쪽

232 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) × (7) ×

233 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) × (7) ○

232 (1) 화성암 E는 B층, C층, D층을 뚫고 지나가고, A층 아래에는 침식면(부정합면)과 기저 역암이 나타난다. 따라서 지층의 생성 순서는 D → C → B → E → A이다.

(2), (5) A층과 B층은 부정합 관계이므로 퇴적된 시기에는 긴 시간 차가 있다. 따라서 화성암 E가 생성된 이후에 침식이 일어나고, 그 이후에 침강하여 A층이 퇴적되었다.

(4) 관입의 법칙에 따르면, 화성암 E는 관입하는 암석이고 B층, C층, D층은 관입당한 암석이므로 E가 나중에 생성된 것이다.

바로알기 | (3) B층의 공룡 화석은 중생대의 표준 화석이고, C층의 삼엽충 화석은 고생대의 표준 화석이다. 따라서 두 화석은 같은 지층에서 산출될 수 없다.

(6) E가 D층, C층, B층을 관입한 이후에 부정합이 형성되었다.

(7) A층은 E가 관입한 이후에 생성되었으므로 마그마의 열에 의해 변성 작용을 받지 않았다. 마그마의 열에 의해 변성된 흔적이 발견되는 것은 화성암 E와 접해 있는 B층, C층, D층이다.

233 (2) A의 반감기는 0.5억 년, C의 반감기는 2억 년이므로 반감기는 C가 A의 4배이다.

(3) A가 처음 양의 25 %가 남았으면 반감기가 2번 지난 것이므로 암석의 절대연령은 0.5억 년×2번=1억 년이다.

(4) B의 반감기는 1억 년이므로 절대연령이 2억 년인 암석은 반감기를 2번 지났기 때문에 모원소와 자원소의 비율이 1 : 3이다.

(7) B가 처음 양의 25 %로 줄어드는 데 걸리는 시간은 반감기가 2번 지난 시간에 해당하므로 2억 년이다. C가 처음 양의 50 %로 줄어드는 데 걸리는 시간은 반감기이므로 2억 년이다.

바로알기 | (1) 반감기는 방사성 동위원소가 붕괴하여 처음 양의 절반(50 %)으로 줄어드는 데 걸리는 시간이다. 따라서 A의 반감기는 0.5억 년이다.

(5) 반감기는 C가 A의 4배이므로 C의 반감기가 2번 지나는 동안 A의 반감기는 2번×4배=8번 지날 것이다.

(6) 방사성 동위원소는 붕괴 속도가 빠를수록 남아 있는 모원소의 양이 적다. 따라서 A, B, C 중 붕괴 속도가 가장 빠른 것은 반감기가 가장 짧은 A이다.

난이도별 필수 기출 72쪽~75쪽

234 (가) 관입의 법칙 (나) 수평퇴적의 법칙 (다) 부정합의 법칙
235 ⑤ 236 ④ 237 ②, ⑦ 238 ③ 239 ④ 240 ①
241 해설 참조 242 ④ 243 ② 244 ⑤
245 ②, ④ 246 해설 참조 247 ② 248 ③, ⑦ 249 ②
250 ① 251 해설 참조 252 ⑤ 253 ④ 254 ④

234 (가)는 마그마의 관입으로 생성된 암석이 관입당한 암석보다 나중에 생성되었다는 관입의 법칙이다. (나)는 일반적으로 퇴적물은 중력의 영향으로 수평으로 쌓인다는 수평퇴적의 법칙이다. (다)는 부정합면을 경계로 상하 지층이 불연속적으로 쌓였다는 부정합의 법칙이다.

235 ㄱ. A는 아래쪽에 놓인 지층이 위쪽에 놓인 지층보다 먼저 쌓였다는 지층 누중의 법칙이다.

ㄴ. 퇴적층 ㉠~㉤에서 부정합면이 존재하지 않으므로 연속적으로 쌓였다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 퇴적층 ㉠~㉤은 수평면에 나란하게 퇴적되었으므로 퇴적된 후 지각 변동을 받지 않았다는 것을 알 수 있다.

236 ①, ② (가)에서 A와 C에 변성된 부분이 있으므로 B는 A와 C를 관입하였고, A는 C보다 아래쪽에 쌓였으므로 지층 누중의 법칙에 따라 가장 먼저 생성되었다.

③ (나)에서 D에서만 변성된 부분이 있으므로 E는 D를 관입하였다.

⑤ 부정합면이 존재하면 상하 지층 사이에 긴 시간 간격이 존재하므로 B와 E의 상대연령(나이)이 같다면 부정합면 위에 있는 F가 가장 나중에 생성된 것이다.

바로알기 | ④ (나)에서는 D에서만 변성된 부분이 있으므로 E가 생성된 이후에 침식이 일어나고 그 후에 F가 쌓였다. 따라서 E와 F 사이에서는 부정합의 법칙이 성립된다.

237 ②, ⑦ 이 지역에서 지층의 상대연령(생성 순서)은 B → D → E → C → F → G이다. A는 D가 생성된 이후에 관입했다는 것만 알 수 있으므로 A와 C의 상대연령을 비교할 수 없다.

바로알기 | ① A와 C는 B를 관입했으므로 가장 오래된 암석은 B이다.

③ 이 지역에는 부정합면이 D와 E 사이, E와 F 사이에 존재한다. 따라서 부정합면이 2개 존재하므로 퇴적이 중단된 시기가 최소 2회 있었다는 것을 알 수 있다.

④ B에 변성된 부분이 나타나므로 A가 B를 관입한 것이다. 따라서 A와 B의 상대연령을 비교할 때 관입의 법칙이 적용된다.

⑤ 지층의 상대연령은 E → C → F이므로 E와 F의 생성 시기 차는 C와 F의 생성 시기 차보다 크다.

⑥ G는 F를 관입한 화성암이므로 F와 G의 상대연령을 비교할 때 관입의 법칙이 적용된다.

238 ③ 셰일층의 하부로 갈수록 퇴적 시기가 오래되었고, 셰일층과 편마암은 부정합 관계이다. 가장 나중에 화강암이 관입하였으므로 생성 순서는 편마암 → 셰일층 → 화강암이다.

239 이 지역에서 지층과 암석의 상대연령(생성 순서)은 B → A → 부정합면 P−Q → C → D → 부정합면 X−Y → E → F이다.

ㄱ. A는 B를 관입하였으므로 관입의 법칙을 적용하여 상대연령을 정할 수 있다.

ㄷ. D와 E 사이에 부정합면 X−Y가 있으므로 두 퇴적층 사이에는 퇴적 시간 간격이 매우 크다.

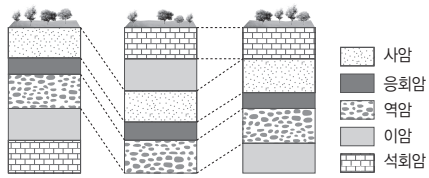
바로알기 | ㄴ. C는 화성암 A가 생성된 이후에 생성되었으므로 화성암에 의해 변성 작용을 받지 않았다.

240 ㄱ. 지층 대비는 서로 떨어져 있는 여러 지역에 분포하는 지층을 비교하여 상대적인 선후 관계를 밝히는 것이다.

바로알기 | ㄴ. 비교적 가까운 거리에 있는 지층은 주로 건층(열쇠층)을 이용하여 지층을 대비한다.
ㄷ. 화석을 이용한 지층 대비는 가까운 거리뿐만 아니라 먼 거리에 있는 지층의 비교에도 이용 가능하다. 인접한 지역의 지층은 암상에 의한 지층 대비를 이용한다.

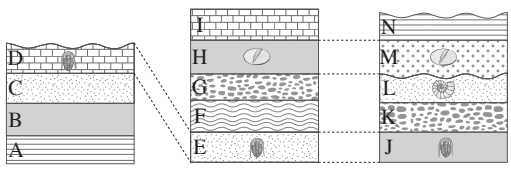
241 **모범 답안** 응회암층을 기준으로 세 지역의 지층을 연결하면, 가장 오래된 지층은 (가) 지역의 최하부에 있는 석회암층이고, 가장 최근에 쌓인 지층은 (나)와 (다) 지역의 최상부에 있는 석회암층이다.

해설 응회암층을 건층으로 이용하여 같은 시기에 생성된 암석을 연결하면 다음 그림과 같다.



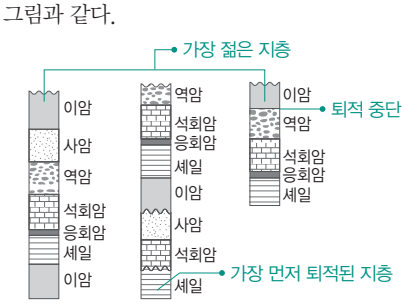
채점 기준	배점
지층을 비교하여 생성 순서를 알아 내는 방법과 가장 오래된 지층, 가장 최근에 쌓인 지층을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
지층을 비교하여 생성 순서를 알아 내는 방법만 옳게 서술한 경우	50 %
가장 오래된 지층, 가장 최근에 쌓인 지층만 옳게 쓴 경우	50 %

242 표준 화석을 이용하여 지층 대비를 하면 다음과 같다.



ㄱ. (가) 지역의 D층, (나) 지역의 E층, (다) 지역의 J층은 같은 시기에 생성되었다. 또한 (나) 지역의 H층과 (다) 지역의 M층도 같은 시기에 생성되었다. 따라서 (가)~(다) 지역 중 가장 오래된 지층은 A층이다.
ㄴ. D층에서는 바다 생물 화석인 삼엽충 화석이 발견되므로 D층의 최상부 지층은 바다에서 퇴적되었다.
바로알기 | ㄷ. (가) 지역에서는 고생대의 표준 화석인 삼엽충 화석이, (나) 지역에서는 삼엽충 화석과 신생대의 표준 화석인 화폐석 화석이, (다) 지역에서는 삼엽충 화석, 중생대의 표준 화석인 암모나이트 화석, 화폐석 화석이 발견된다. 따라서 (가)~(다) 지역에서는 모두 중생대 지층이 있는 것은 아니다.

243 응회암층을 건층으로 이용하여 같은 시기에 생성된 암석을 연결하면 다음 그림과 같다.



ㄱ. 응회암은 화산 분출 시 비교적 넓은 지역에 걸쳐 화산재가 동시에 쌓여 만들어진 암석이므로 응회암층은 지층을 대비할 때 건층(열쇠층)으로 이용하기에 적절하다. 따라서 (가)~(다) 지역에 모두 존재하는 응회암층을 건층으로 이용할 수 있다.
ㄹ. (가)와 (다) 지역의 지층을 대비하면, (다) 지역에서는 역암층과 이암층 사이에 사암층이 없으므로 퇴적이 중단된 시기가 있었다.
바로알기 | ㄴ, ㄷ. 가장 젊은 지층은 (가)와 (다) 지역의 최상부에 있는 이암층이다. 가장 먼저 퇴적된 지층은 (나) 지역의 최하부에 있는 셰일층이다. 셰일은 주로 점토가 쌓여서 만들어졌다.

244 ㄱ, ㄷ. 방사성 동위원소는 자연적으로 붕괴하여 안정한 원소가 된다. 방사성 동위원소는 반감기가 일정하므로 이를 이용하여 화성암의 절대연령(나이)을 측정할 수 있다.
바로알기 | ㄴ. 방사성 동위원소가 붕괴할 때, 붕괴 속도는 온도나 압력 등의 외부 조건에 영향을 받지 않는다.

245 ②, ④ 암석을 이루는 광물 속에 들어 있는 모원소와 자원소의 양을 비교하면, 방사성 동위원소의 반감기 원리를 이용하여 암석의 절대연령을 측정할 수 있다.
바로알기 | ① 퇴적암은 생성 시기가 다른 암석이 풍화·침식 작용을 받아 생성된 퇴적물이 쌓여서 만들어지므로 방사성 동위원소를 이용하면 퇴적암의 생성 시기가 아니라 퇴적물 근원암의 생성 시기를 나타내기 때문에 퇴적암의 절대연령을 알 수 없다. 방사성 동위원소는 화성암이 생성된 시기와 변성암이 변성 작용을 받은 시기를 알 수 있으므로 화성암과 변성암의 절대연령 측정에 이용된다.
③ 자원소는 안정한 원소이므로 다시 모원소로 되돌아가지 않는다.
⑤ 반감기가 매우 짧은 경우에는 지질 시대를 거치는 동안 암석이나 광물에 남아 있는 방사성 동위원소의 양이 극히 적으므로 암석의 절대연령 측정에 이용하기 어렵다.

246 **모범 답안** 탄소(^{14}C)의 반감기가 짧아 가까운 과거의 정확한 연대 측정에 유리하기 때문이다.

해설 탄소(^{14}C)의 반감기는 약 5730년이고, 우라늄(^{238}U)의 반감기는 약 45억 년으로 매우 길다. 고고학적 유물은 비교적 가까운 과거이므로 반감기가 짧은 탄소를 이용할 때 측정 오차가 적다.

채점 기준	배점
반감기에 따른 고고학적 유물의 연대 측정에 이용되는 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
반감기의 길이만 비교하여 옳게 서술한 경우	50 %

247 ㄴ. ^{238}U의 반감기는 45억 년이므로 모원소의 양이 처음 양의 절반으로 줄어드는 데 45억 년이 걸린다.
바로알기 | ㄱ. ^{238}U은 ^{14}C보다 반감기가 길기 때문에 더 천천히 붕괴된다.
ㄷ. ^{14}C는 주로 고고학적 유물의 연대 측정에 이용된다. 나이가 많은 암석의 연대 측정은 주로 반감기가 긴 방사성 동위원소를 이용한다.

248 ① 시간이 지날수록 붕괴하여 원소의 비율이 감소하는 A는 모원소이고, 증가하는 B는 자원소이다.
②, ④ 방사성 동위원소의 반감기는 모원소와 자원소의 비가 1 : 1(=50 % : 50 %)이 되는 2억 년이다. 시간이 지날수록 모원소의 양이 줄어들기 때문에 자원소의 양은 증가한다.
⑤ 어떤 암석에서 함량이 모원소(A) : 자원소(B)가 1 : 7이면 반감기가 3번 지났으므로 이 암석의 나이는 6억 년이다.
⑥ 절대연령이 4억 년인 암석은 모원소의 반감기가 2번 지났으므로, 남아 있는 모원소의 양은 처음 양의 25 %이다.

바로알기 | ③ 방사성 동위원소의 반감기는 항상 일정하다.
⑦ 방사성 동위원소는 온도와 압력 등의 외부 조건과 관계 없이 붕괴 속도가 일정하다.

249 ㄴ. 반감기가 3번($3T$) 지나면, 남아 있는 모원소 A의 비율은 처음 양의 12.5 %($=\frac{1}{8}$)이다. 따라서 ㉠은 $\frac{1}{8}$이다.

바로알기 | ㄱ. A는 모원소, B는 자원소이므로 A는 불안정한 방사성 동위원소이고, B는 안정한 원소이다.
ㄷ. 같은 시간 동안 생성되는 자원소의 양은 감소한 모원소의 양에 비례한다. 따라서 시간이 지날수록 감소하는 모원소의 양이 줄어들기 때문에 같은 시간 동안 생성되는 자원소의 양도 줄어든다.

250 ㄱ. 반감기는 남아 있는 모원소의 양이 처음 양의 50 %가 되는 데 걸린 시간이므로 방사성 동위원소 A의 반감기는 7억 년이고, B의 반감기는 0.5억 년이다.

바로알기 | ㄴ. 방사성 동위원소의 반감기는 A가 B보다 길다. 따라서 같은 시간이 지났을 때, $\frac{\text{자원소의 함량(\%)}}{\text{모원소의 함량(\%)}}$은 상대적으로 붕괴 속도가 느린 A가 B보다 작다.
ㄷ. A가 처음 양의 $\frac{3}{4}$(=75 %)이 남았을 때까지 걸린 시간은 그림에서 약 3억 년이고, B가 처음 양의 $\frac{1}{16}$(=6.25 %)이 남는 데 걸리는 시간은 0.5억 년×반감기 4번=2억 년이다. 따라서 A가 처음 양의 $\frac{3}{4}$이 남았을 때, B는 처음 양의 $\frac{1}{16}$보다 적게 남아 있다.

251 모범 답안 남아 있는 방사성 동위원소 X의 개수는 (가)에서 14개이고, (나)에서 7개이다. 따라서 2억 년 동안 X는 절반으로 감소했으며, X의 반감기는 2억 년이다.

해설 (가)에서 방사성 동위원소 X와 X의 자원소 비율은 14 : 6이고, (나)에서 방사성 동위원소 X와 X의 자원소 비율은 7 : 13이다. 따라서 암석의 절대연령이 (가)는 1억 년, (나)는 3억 년일 때이다.

채점 기준	배점
방사성 동위원소 X의 반감기를 구하는 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
방사성 동위원소 X의 반감기만 옳게 쓴 경우	30 %

252

구분	비율(%)
X의 자원소 함량	50
Y의 자원소 함량	75

→

구분	비율(%)
X의 함량	50
Y의 함량	25

- X는 반감기를 1번 지났고, Y는 반감기를 2번 지났다.
- X, Y는 동일한 화강암에 포함된 방사성 동위원소이므로 절대연령이 같다. ➔ 반감기는 X가 Y보다 2배 길다.
- 방사성 동위원소의 함량이 100 %에서 50 %가 되는 데 걸리는 시간은 100 %에서 75 %가 되는 데 걸리는 시간의 2배보다 길다.

ㄱ. 화강암에 포함된 방사성 동위원소 X의 자원소 함량이 50 %(=모원소의 함량 50 %)이므로 이 암석의 절대연령은 X의 반감기와 같다.
ㄴ. 방사성 동위원소의 함량이 100 %에서 50 %가 되는 데 걸리는 시간은 100 %에서 75 %가 되는 데 걸리는 시간의 2배보다 길므로 방사성 동위원소 Y의 함량이 처음 양의 50 %일 때까지 걸린 시간은 X의 함량이 100 %에서 75 %가 되는 데 걸리는 시간보다 길다. 따라서 Y의 함량이 처음 양의 50 %일 때 X의 함량은 75 %보다 적게 남아 있고, X의 자원소 함량은 25 %보다 많이 존재한다.
ㄷ. 반감기는 X가 Y의 2배이므로 X의 함량이 현재(=50 %)의 $\frac{1}{2}$이 될 때, Y의 함량은 현재(=25 %)의 $\frac{1}{4}$이 된다.

253 ㄱ. $\frac{\text{자원소 함량}}{\text{방사성 동위원소 함량}}$=1일 때까지 걸린 시간이 방사성 동위원소(모원소)의 반감기에 해당한다. 따라서 X의 반감기는 1억 년, Y의 반감기는 2억 년이다.
ㄷ. Y의 반감기가 3번 지났을 때, X의 반감기는 6번 지났으므로 X의 남아 있는 방사성 동위원소 함량은 처음 양의 $\frac{1}{2^6}$이고, 자원소 함량은 $1-\frac{1}{2^6}=\frac{2^6-1}{2^6}$이다. 따라서 $\frac{\text{자원소 함량}}{\text{방사성 동위원소 함량}}$은 $\frac{2^6-1}{2^6}\div\frac{1}{2^6}=2^6-1=63$이다.

바로알기 | ㄴ. 암석의 나이가 2억 년일 때, X는 반감기가 2번 지났고 Y는 반감기가 1번 지났다. 따라서 $\frac{\text{자원소 함량}}{\text{방사성 동위원소 함량}}$은 X가 3($=\frac{75\ \%}{25\ \%}$)이고, Y가 1($=\frac{50\ \%}{50\ \%}$)이다.

254 ㄱ. 관입의 법칙과 지층 누중의 법칙을 적용하면, 이 지역에서 암석의 생성 순서는 D 퇴적 → A 관입 → C 관입 → E 퇴적 → F 퇴적 → B 관입이다.
ㄴ. X가 80 %에서 40 %가 되는 데 걸리는 시간은 40 %에서 20 %가 되는 데 걸리는 시간과 같고, 절반으로 감소하는 데 걸리는 시간은 반감기에 해당한다. 따라서 A와 C의 절대연령 차는 X의 반감기에 해당하며, B와 C의 절대연령 차도 X의 반감기에 해당한다.

바로알기 | ㄷ. X의 반감기는 1억 년이므로 화성암 A, B, C에 포함된 X의 함량이 현재로부터 1억 년이 지나면 현재 남아 있는 양의 $\frac{1}{2}$이 되고, 2억 년이 지나면 X의 함량이 현재 남아 있는 양의 $\frac{1}{4}$이 된다. 따라서 현재로부터 1억 년 후에 $\frac{\text{A의 X 함량}}{\text{C의 X 함량}}=\frac{10\ \%}{20\ \%}=\frac{1}{2}$이고, 현재로부터 2억 년 후에 $\frac{\text{A의 X 함량}}{\text{C의 X 함량}}=\frac{5\ \%}{10\ \%}=\frac{1}{2}$이다.

09 퇴적암과 퇴적 구조

빈출 자료 보기 77쪽

255 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) × (7) ○
256 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) × (7) ○ (8) ×

255 (1), (2) A는 동식물의 유해가 퇴적되어 만들어진 유기적 퇴적암이고, B는 기존의 암석이 풍화·침식 작용으로 생성된 쇄설성 퇴적물이나 화산 분출물이 쌓여 만들어진 쇄설성 퇴적암이다.
(4) 해수가 증발하여 물속에 녹아 있던 물질이 침전되어 만들어진 암석은 암염(㉠)이다.
(7) 퇴적암은 퇴적물이 다져지고 굳어져서 만들어지므로 생성 과정에서 모두 속성 작용을 받았다.

바로알기 | (3) 응회암은 화산재가 쌓여 만들어진 쇄설성 퇴적암이므로 B에 속한다.

(5), (6) 석탄(㉡)은 식물체가 퇴적되어 생성되므로 육상 퇴적 환경에서 만들어진다. 사암(㉢)은 주로 모래가, 셰일(㉣)은 주로 점토가 쌓여서 만들어지므로 퇴적물 입자의 크기는 사암이 셰일보다 크다.

256 (가)는 퇴적물 표면이 갈라진 퇴적 구조인 건열이고, (나)는 퇴적물 표면에 물결 모양의 자국이 생긴 퇴적 구조인 연흔이며, (다)는 한 지층 내에서 퇴적물 입자의 크기가 점점 작아지는 퇴적 구조인 점이 층리이고, (라)는 층리가 수평면에 기울어진 상태로 나타나는 퇴적 구조인 사층리이다.

(5) 수심이 비교적 깊은 곳에서 다양한 크기의 퇴적물이 한꺼번에 쌓일 때 퇴적물 입자의 크기가 큰 것이 무거워 먼저 아래에 쌓이고, 크기가 작은 것이 위에 쌓이면서 점이 층리가 형성된다. 따라서 (다)의 점이 층리는 퇴적물 입자의 퇴적 속도 차이로 만들어진다.

(7) (라)의 사층리는 바람이 불거나 물이 흘러가는 방향 쪽의 비탈면에 퇴적물이 쌓일 때 형성되기 때문에 과거에 퇴적물이 공급된 방향을 알 수 있다.

바로알기 | (1), (2) (가)의 건열은 건조한 기후에서 점토 크기의 퇴적물층이 공기 중에 노출될 때 잘 만들어진다.

(4) (나)의 연흔은 수심이 비교적 얕은 곳에서 잘 만들어진다.

(6) 다양한 크기의 퇴적물이 한꺼번에 쌓일 때 만들어지는 퇴적 구조는 (다)의 점이 층리이다.

(8) (가)는 아래로 갈수록 벌어진 틈이 넓으므로 역전되었고, (나)는 뾰족한 쪽이 아래쪽을 향하므로 역전되었으며, (다)는 아래로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 작아지므로 역전되었고, (라)는 층리의 폭이 넓은 쪽이 위쪽이므로 역전되지 않았다.

난이도별 필수 기출 78쪽~81쪽

257 ④ 258 ④ 259 ③ 260 ④, ⑥ 261 ⑤
262 해설 참조 263 ① 264 ① 265 ② 266 ⑤
267 해설 참조 268 ③ 269 ④, ⑦ 270 ② 271 ③
272 ③ 273 ⑤ 274 해설 참조 275 ④

257 ①, ② 퇴적암은 지표의 암석이 풍화·침식 작용을 받아 생성된 쇄설성 퇴적물, 물에 녹아 있는 물질, 생물의 유해 등이 쌓여 다져지고 굳어져 만들어진 암석이다. 퇴적암은 퇴적물이 속성 작용을 받아 생성된다.

③ 퇴적암에서는 화석이나 층리가 발견되기도 한다. 화석은 생물의 유해나 흔적이 지층 속에 남아 있는 것이고, 층리는 퇴적암이 생성되는 과정에서 입자의 크기, 색, 모양 등이 서로 다른 퇴적물이 겹겹이 쌓여 만들어진 줄무늬이다.

⑤ 퇴적암은 퇴적물의 기원에 따라 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 구분된다.

바로알기 | ④ 퇴적물 입자의 크기는 퇴적 환경과 퇴적물의 종류에 따라 달라진다.

258 ㄴ. 교결 작용(B)은 퇴적물 속의 수분이나 지하수에 녹아 있던 석회질 물질, 규질 물질, 산화 철 등이 퇴적물 입자 사이에 침전되어 퇴적물 입자들을 단단히 붙게 하여 굳어지게 하는 작용이다.

ㄷ. 퇴적물이 쌓인 후 다져지고 굳어져 퇴적암이 생성되기까지의 전체 과정을 속성 작용이라고 한다. 따라서 다짐 작용(A)과 교결 작용(B)은 속성 작용에 포함된다.

바로알기 | ㄱ. A에서 퇴적물이 다져지면서 퇴적물 입자 사이의 간격이 좁아진다.

259 ㄱ. 화산 활동이 일어나(A 과정) 대기 중으로 분출된 화산재가 쌓여 속성 작용(D 과정)을 거쳐 응회암이 생성된다.

ㄷ. D 과정은 퇴적암이 만들어지는 속성 작용이며, 다짐 작용과 교결 작용이 여기에 포함된다.

바로알기 | ㄴ. 쇄설성 퇴적물은 기존의 암석이 풍화·침식 작용을 받아 생성된다.(B 과정) C 과정은 주로 화학적 퇴적암이 생성되는 과정에서 일어난다.

260 ① (가) 사암, (나) 역암, (라) 응회암은 쇄설성 퇴적암에 속한다.

② 물속에 녹아 있던 석회질 물질, 규질 물질, 산화 철, 염분 물질 등이 화학적으로 침전되거나 물이 증발함에 따라 만들어질 수 있는 퇴적암은 화학적 퇴적암이다. 화학적 퇴적암의 예로는 (다) 암염, (마) 석회암이 있다.

③ 생물의 유해나 골격이 퇴적되어 만들어질 수 있는 퇴적암은 유기적 퇴적암이다. 유기적 퇴적암의 예로는 (마) 석회암, (바) 석탄이 있다.

⑤ (가) 사암은 주로 모래가, (나) 역암은 주로 자갈이 퇴적되어 만들어지고, 쇄설성 퇴적물은 입자의 크기가 작을수록 수심이 깊은 곳까지 이동할 수 있다. 따라서 (가)는 (나)보다 수심이 깊은 곳에서 잘 만들어진다.

⑦ 화산 활동에 의해 대기 중으로 분출된 화산재가 쌓여 만들어진 퇴적암은 (라) 응회암이다.

바로알기 | ④ 사암은 주로 모래가, 역암은 주로 자갈이 퇴적되어 만들어지고, 쇄설성 퇴적물은 입자의 크기에 따라 점토, 모래, 자갈 등으로 구분한다. 따라서 퇴적암을 이루는 퇴적물 입자의 평균 크기는 (가) 사암이 (나) 역암보다 작다.

⑥ (다) 암염은 바닷물이 증발하여 만들어지고, (마) 석회암은 주로 바다 환경에서 석회질 물질이 화학적으로 침전되거나 석회질 생물의 껍데기가 쌓여 만들어진다.

261 ㄴ. B와 C는 모두 화학적 침전과 증발 과정을 거쳐 생성된 화학적 퇴적암이다. B는 석회암이고, C는 암염이다.

ㄷ. A, B, C는 모두 퇴적암이므로 속성 작용을 거쳐 만들어진다.

바로알기 | ㄱ. A는 식물체가 매몰되어 생성되므로 유기적 퇴적암인 석탄이다.

262 모범 답안 A는 석탄, B는 석회암, C는 사암이다. 석탄은 유기적 퇴적암이고, 석회암은 화학적 퇴적암 또는 유기적 퇴적암이며, 사암은 쇄설성 퇴적암이다.

해설 퇴적암은 퇴적물의 기원에 따라 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 구분한다.

채점 기준	배점
A, B, C의 이름을 옳게 쓰고, 퇴적물의 기원에 따라 A, B, C 퇴적암의 종류를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A, B, C의 이름만 옳게 쓴 경우	50 %
퇴적물의 기원에 따라 A, B, C 퇴적암의 종류만 옳게 서술한 경우	50 %

263 ㄱ. A는 생물의 유해나 골격의 일부가 쌓여서 만들어진 유기적 퇴적암이고, B는 기존의 암석이 풍화, 침식을 받아 생성된 자갈, 모래, 점토 같은 쇄설성 퇴적물이 쌓여 만들어진 쇄설성 퇴적암이다.

바로알기 | ㄴ. 석회암은 물속에 녹아 있던 석회질 물질이 화학적으로 침전되어 만들어지거나 산호, 조개, 유공충 등과 같은 석회질 생물체의 유해나 골격이 쌓여 만들어지기도 한다. 따라서 석회암은 유기적 퇴적암 또는 화학적 퇴적암에 속한다.

ㄷ. 이암은 주로 점토(㉠)가, 사암은 주로 모래(㉡)가 쌓여 만들어지므로 퇴적물 입자의 평균 크기는 이암이 사암보다 작다.

264 ㄱ. 이 지역의 퇴적암은 자갈 크기의 쇄설성 퇴적물이 쌓여 만들어진 역암이다.

바로알기 | ㄴ. 물속에 녹아 있는 성분이 침전되어 생성되는 암석은 화학적 퇴적암이다.

ㄷ. 암석에 화석과 층리가 잘 보존되어 있으므로 암석이 생성된 이후에 심한 지각 변동을 받지 않았다는 것을 알 수 있다.

265 세일과 응회암은 쇄설성 퇴적암이고, 화산재가 쌓여 만들어진 암석은 응회암이다. 따라서 A는 처트, B는 세일, C는 응회암이다.

ㄴ. 세일(B)은 점토 크기의 퇴적물이 쌓여 생성된다.

바로알기 | ㄱ. 처트(A)는 물속에 녹아 있던 규질 물질이 화학적으로 침전되어 생성되거나 규질 생물체가 쌓여 생성된다. 따라서 처트는 규질 성분이 퇴적되어 생성된다.

ㄷ. 응회암(C)은 풍화, 침식에 상대적으로 약하다.

266 ㄱ, ㄴ, ㄷ. 퇴적암에는 퇴적 당시의 환경에 따라 다양한 퇴적 구조가 형성된다. 퇴적 구조에는 층리, 점이 층리, 사층리, 연흔, 건열 등이 있다. 이러한 퇴적 구조를 통해 퇴적 당시의 환경과 지층의 상하 관계, 지층의 역전 유무 등을 판단할 수 있다.

267 **모범 답안** 층리, 층리는 입자의 크기, 색, 모양 등이 서로 다른 퇴적물이 겹겹이 쌓여 만들어진 퇴적 구조로, 보통은 수평으로 나란하게 형성된다.

해설 층리는 퇴적암에서 잘 나타나는 퇴적 구조이다.

채점 기준	배점
층리를 옳게 쓰고, 층리가 만들어지는 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
층리가 만들어지는 과정만 옳게 서술한 경우	60 %
층리만 옳게 쓴 경우	40 %

268 ㄷ. 전등 빛을 충분히 비추면 물이 증발하여 퇴적물이 건조한 환경에 노출되기 때문에 표면이 갈라져 건열이 만들어질 수 있다.

바로알기 | ㄱ. 실험 결과 모습을 보면 퇴적물 표면이 갈라져 있으므로 이 탐구 활동은 건열의 형성 원리를 알아보기 위한 실험이다.

ㄴ. 건열은 퇴적물 입자(㉠)가 자갈 크기인 경우보다 점토 크기인 경우에 잘 형성된다.

269 ④ (나)의 사층리는 층리의 경사가 큰 쪽에서 작은 쪽으로 퇴적물이 이동한 것이므로 사층리로부터 과거에 물이나 바람에 의해 퇴적물이 공급된 방향을 알 수 있다.

⑦ (가)~(라)의 퇴적 구조는 퇴적 당시의 환경과 지층의 상하 판단에 대한 정보를 제공해 준다.

바로알기 | ① (가)의 점이 층리에서는 아래에서 위로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 점점 작아진다.

② (가)는 다양한 크기의 퇴적물로 이루어진 쇄설성 퇴적암에서 잘 나타난다.

③ 다양한 크기의 퇴적물이 한꺼번에 쌓일 때 퇴적물 입자의 크기가 큰 것이 무거워 먼저 아래에 쌓이고, 크기가 작은 것이 위에 쌓이면서 점이 층리가 형성된다. 따라서 퇴적물 입자의 크기에 따라 가라앉는 속도가 다르기 때문에 형성되는 퇴적 구조는 (가)이다.

⑤ (다)의 연흔은 비교적 수심이 얕은 곳에서 형성된다.

⑥ (라)의 건열은 퇴적물이 공기 중에 노출될 수 있는 건조한 기후에서 형성된다.

270 ㄴ. (나)는 물이나 바람에 의해 퇴적물이 비스듬히 쌓여 형성된 퇴적 구조인 사층리이다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 한 지층 내에서 위쪽으로 갈수록 퇴적물 입자의 크기가 작아지는 퇴적 구조인 점이 층리이다.

ㄷ. (다)는 잔물결이나 파도의 영향으로 퇴적물 표면에 물결 모양이 남은 퇴적 구조인 연흔이다. 퇴적물의 표면이 수축하면서 형성된 퇴적 구조는 건열이다.

271 ㄷ. C는 퇴적물이 공기 중에 노출되어 퇴적물 표면이 V자 모양으로 갈라진 퇴적 구조인 건열이다.

바로알기 | ㄱ. A는 퇴적물 표면에 물결 모양의 자국이 생긴 연흔이다. 연흔은 수심이 비교적 얕은 곳에서 형성된다.

ㄴ. B는 층리가 수평면에 기울어진 상태로 나타나는 사층리이다. 다양한 크기의 퇴적물이 한꺼번에 쌓일 때 퇴적물 입자의 크기에 따라 낙하 속도 차이(가라앉는 속도)로 형성되는 퇴적 구조는 점이 층리이다.

272 관찰한 퇴적 구조는 층리면이 비스듬하게 기울어진 사층리이다.

• 학생 C: 퇴적층 단면에서 층리면이 위쪽으로 볼록하므로(층리면의 폭이 넓은 쪽이 아래쪽에 있으므로) 지층이 역전되었다. 따라서 위쪽에 있는 ㉠은 아래쪽에 있는 ㉡보다 먼저 형성되었다.

바로알기 | • 학생 A: 이 퇴적 구조는 층리면에 수직한 단면에서 관찰한 것이다.

• 학생 B: 사층리에서 층리면의 폭이 넓은 쪽이 아래쪽에 있으므로 퇴적물은 ㉢의 반대 방향(오른쪽에서 왼쪽 방향)으로 공급되었다는 것을 알 수 있다.

273 ㄱ. 선상지(A), 호수(B)는 육상 환경이다. 삼각주(C), 해빈(D)은 연안 환경이며, 대륙대(E)는 해양 환경이다.

ㄴ. 연안 환경에 속하는 삼각주(C), 해빈(D) 등에서는 육지와 해양의 영향으로 사층리, 연흔 등의 퇴적 구조가 나타난다.

ㄷ. 석회암은 주로 해양 환경에서 만들어지므로 연안 환경에 속하는 해빈(D)보다 해양 환경에 속하는 대륙대(E)에서 잘 생성된다.

274 **모범 답안** 대륙대, 대륙붕의 가장자리에 쌓인 다양한 크기의 퇴적물이 저탁류를 따라 운반되어 대륙대에 한꺼번에 퇴적될 때 퇴적물 입자의 크기가 큰 것이 먼저 아래에 퇴적되고 크기가 작은 것이 위에 퇴적되면서 퇴적물 입자의 크기가 위로 갈수록 작아지는 점이 층리가 형성된다.

해설 빙하, 선상지, 사막은 육상 환경이고 대륙붕, 대륙대는 해양 환경이다.

채점 기준	배점
대륙대를 옳게 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
대륙대만 옳게 쓴 경우	40 %

275 ㄴ. 퇴적층에서 사층리가 ㉠ 방향으로 경사져 있으므로 퇴적물은 ㉠ 방향으로 이동하였음을 알 수 있다.

ㄷ. 삼각주가 점차 바다 쪽으로 진행하면서 입자의 크기가 작은 퇴적물은 멀리 이동하여 아래쪽에 쌓이고, 입자의 크기가 큰 퇴적물은 멀리 이동하지 못하므로 이 지역에서는 퇴적층 단면에서 퇴적물 입자의 크기가 위로 갈수록 커진다.

바로알기 | ㄱ. 삼각주는 강과 바다가 만나는 곳의 퇴적 환경이므로 연안 환경에 속한다.

10 지질 시대의 환경과 생물

빈출 자료 보기

83쪽

276 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) × (7) ×

277 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ○

276 (1), (2) 지질 시대의 상대적 길이는 선캄브리아 시대≫고생대>중생대>신생대이다. 따라서 지질 시대를 시간 순서대로 나열하면 D → A → B → C이다.

(3) 현생누대는 고생대(A), 중생대(B), 신생대(C)로 구분된다. 명왕누대, 시생누대, 원생누대를 합쳐 선캄브리아 시대(D)라고 부른다.

(4) 오존층의 형성으로 자외선이 차단되어 최초의 육상 식물이 출현한 시기는 고생대(A)이다.

바로알기 | (5) 최초의 다세포 생물이 출현한 시기는 선캄브리아 시대 말(원생누대)이므로 D에 해당한다.

(6) 판게아가 분리되기 시작한 시기는 중생대(B) 트라이아스기 말이다.

(7) 최초의 인류가 출현한 시기는 신생대(C) 제4기이다.

277 (1) (가) 삼엽충 화석은 고생대의 표준 화석이고, (나) 화폐석 화석은 신생대의 표준 화석이며, (다) 암모나이트 화석은 중생대의 표준 화석이다. (라) 산호 화석은 시상 화석이다.

(4) (나) 화폐석이 번성한 신생대에는 속씨식물이 번성하였다.

(6) 암모나이트는 바다 환경에서 서식하였으므로 (다) 암모나이트 화석은 해양 환경에서 퇴적된 지층에서 산출된다.

(7) 산호는 현재 따뜻하고 수심이 얕은 바다 환경에서 서식하므로 (라) 산호 화석이 산출된 지층은 과거에 따뜻하고 수심이 얕은 바다 환경이었을 것이다.

바로알기 | (2) (라)는 시상 화석으로, 지층이 퇴적될 당시의 환경에 대한 정보를 알려 준다.

(3) (가)의 삼엽충은 고생대에, (나)의 화폐석은 신생대에 번성하였다. 따라서 (가)는 (나)보다 먼저 번성하였다.

(5) (다) 암모나이트가 번성한 중생대에는 빙하기가 없었다.

난이도별 필수 기출

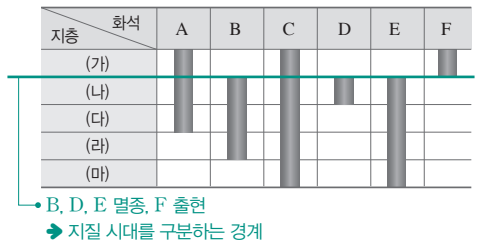
84쪽~89쪽

278 ③, ④ 279 해설 참조 280 해설 참조
281 ②, ⑧ 282 ② 283 ③ 284 ④ 285 ② 286 ②
287 ⑤ 288 ② 289 ② 290 ① 291 ②
292 ⑤, ⑥ 293 ② 294 ① 295 (다) → (나) → (가)
296 해설 참조 297 ⑤ 298 ⑤ 299 ④ 300 ③
301 ② 302 해설 참조 303 ④ 304 ② 305 ③
306 ③

278 ③, ④ 지질 시대는 지층 속에 화석으로 남아 있는 고생물의 출현과 멸종(생물계의 급격한 변화), 대규모 지각 변동의 기록(예 부정합 등) 등을 기준으로 구분한다.

279 모범 답안 (가)와 (나) 사이, 지질 시대는 주로 고생물의 출현과 멸종을 기준으로 구분하므로 B, D, E 화석의 생물이 멸종하고 F 화석의 생물이 출현한 지층 (가)와 (나) 사이가 가장 적절하다.

해설 생물계에서 일어난 급격한 변화(표준 화석의 변화)나 대규모 지각 변동의 기록(예 부정합 등) 등을 기준으로 지질 시대를 구분한다. 따라서 생물종의 멸종이나 새로운 종의 출현은 지질 시대를 구분하는 기준이 될 수 있다.



채점 기준	배점
지질 시대를 구분하는 지층의 경계를 옳게 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
지질 시대를 구분하는 지층의 경계만 옳게 쓴 경우	40 %

280 모범 답안 A, 이 시기에는 생물의 개체 수가 적었고, 생물이 단단한 뼈나 껍데기를 갖고 있지 않았으며, 화석이 만들어져도 지각 변동을 받아 변형되거나 소실되었기 때문에 화석이 매우 드물다.

해설 지질 시대의 상대적 길이는 선캄브리아 시대≫고생대>중생대>신생대이므로 A는 선캄브리아 시대, B는 고생대, C는 중생대, D는 신생대이다.

채점 기준	배점
선캄브리아 시대에 해당하는 기호를 옳게 쓰고, 화석이 드문 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
선캄브리아 시대에 해당하는 기호만 옳게 쓴 경우	40 %

281 ② 최초의 생명체가 등장한 시기는 시생누대(B)이다.

⑧ 신생대(E)는 고진기, 신진기, 제4기로 나눌 수 있다.

바로알기 | ① A는 원생누대, B는 시생누대, C는 고생대, D는 중생대, E는 신생대이다.

③ 명왕누대, 시생누대(B), 원생누대(A)를 합쳐서 선캄브리아 시대라고 부른다.

④ B 시기에는 생물의 개체 수가 적었기 때문에 다양한 종류의 화석이 산출되지 않는다.

⑤ 최초의 다세포 생물이 출현한 시기는 원생누대(A) 말이다.

⑥ C, D, E는 현생누대에 속한다.

⑦ 중생대(D)와 신생대(E)는 3개의 기로, 고생대(C)는 6개의 기로 나눌 수 있다.

⑨ 지질 시대를 시간 순서대로 나열하면 명왕누대 → B(시생누대) → A(원생누대) → C(고생대) → D(중생대) → E(신생대)이다.

282 ㉠은 시생누대, ㉡은 원생누대, ㉢은 현생누대이다.

ㄴ. 지질 시대는 지구가 탄생한 이후부터 현재까지의 기간이므로 총 길이는 약 46억 년이다. 46억 년을 24시간으로 환산하면 1억 년은 약 0.52시간에 해당한다. 따라서 선캄브리아 시대는 전체 지질 시대 중 현생누대(약 5.39억 년)를 제외한 기간이므로 46−5.39=40.61억 년이며, 이 기간을 24시간으로 환산하면 40.61억 년×약 0.52=약 21.12시간이다.

바로알기 | ㄱ. 지질 시대의 상대적 길이는 원생누대(㉡)>시생누대(㉠)>현생누대(㉢)이다.

ㄷ. 원생누대는 약 25억 년 전~약 5.39억 년 전까지이며, 이 기간을 24시간으로 환산하면 약 10.20시간(=19.61억 년×약 0.52)에 해당한다.

283 ㄴ. 화석이 잘 생성되고 보존되려면 생물의 사체가 퇴적물에 빨리 매몰되어 분해되지 않아야 한다.
ㄷ. 단단한 뼈나 껍데기 등과 같이 생물체에 단단한 부분이 있을수록 화석으로 남기 쉽다.
바로알기 | ㄱ. 생물의 유해가 분해되어 사라지면 지층에 화석으로 남기 어렵다.
ㄹ. 퇴적암이 생성된 뒤 심한 지각 변동이나 변성 작용을 받지 않아야 화석이 보존될 수 있다.

284 ① A는 생물의 생존 기간이 짧고 분포 면적이 넓으므로 표준 화석으로 적합하고, B는 생물의 생존 기간이 길고 분포 면적이 좁으므로 시상 화석으로 적합하다.
②, ③, ⑤ B는 환경 변화에 민감하여 특정한 환경에서만 서식하는 생물이다. B의 예로 산호, 고사리 등이 있다.
바로알기 | ④ 지질 시대는 생물계의 급격한 변화로 구분할 수 있으므로 지질 시대를 구분하는 데 유용한 화석은 표준 화석인 A이다.

285 ㄴ. (나)는 고생대의 표준 화석인 삼엽충이다. 삼엽충은 고생대 전 기간에 걸쳐 매우 광범위하게 분포하였다.
바로알기 | ㄱ. 산호는 현재 수온이 높고 수심이 얕은 해양 환경에서 서식하므로 (가)가 산출된 지층은 퇴적될 당시에 수온이 높고 수심이 얕은 해양 환경이었을 것이다.
ㄷ. 은행나무는 중생대 이후 현재까지 생존하는 생물이므로 특정한 지질 시대에만 서식했던 생물이 아니기 때문에 (다) 은행나무 잎 화석은 표준 화석으로 적합하지 않다.

286 ① 나무의 나이테 조사를 통해서는 수천 년까지의 기후를 알아낼 수 있다.
바로알기 | ② 현재 지구에 존재하는 빙하 중 가장 오래된 빙하는 약 80만 년 전에 형성되었다. 따라서 빙하 시추를 통해 알아낼 수 있는 과거의 기후는 최대 80만 년 전까지이다.

287 ㄴ. 지구의 평균 기온이 높을수록 무거운 산소 동위원소(^{18}O)를 포함한 물 분자의 증발이 우세하고, 이들이 눈으로 내려 만들어진 빙하에도 무거운 산소 동위원소의 비율이 높아진다. 따라서 과거에 형성된 빙하에서 산소 동위원소비($\frac{^{18}O}{^{16}O}$)가 클수록 당시 지구의 평균 기온이 높았다는 것을 알 수 있다.
ㄷ. (가) 나무 나이테 연구는 주로 수천 년 이내의 기후 연구에 이용되므로 장주기 기후 변동을 연구하기 어렵다.
바로알기 | ㄱ. (가)에서 고온 다습한 시기일수록 나무의 성장이 빨라 나이테 간격이 넓어진다.

288 ② 중생대를 제외한 나머지 지질 시대에는 모두 빙하기가 나타났다. 따라서 선캄브리아 시대, 고생대, 신생대에는 빙하기가 있었다.
바로알기 | ③ 신생대 말에는 빙하기와 간빙기가 반복되어 나타났다.
④ 신생대는 초기에 온난했으나 후기로 갈수록 점점 한랭해졌다.
⑤ 지질 시대 동안 지구의 평균 기온은 다양한 요인에 의해 상승하거나 하강하였다.

289 ㄱ. 선캄브리아 시대에는 전체적으로 비교적 온난했으나 말기에 빙하기가 나타났다.
ㄹ. 신생대 초기에는 온난했고, 말기로 가면서 한랭해졌다. 신생대 말기에는 빙하기와 간빙기가 반복되어 나타났다.
바로알기 | ㄴ. 고생대에는 중기와 말기에 빙하기가 있었다. 특히 판게아가 형성되었던 고생대 말기에는 매우 큰 빙하기가 있었다.
ㄷ. 중생대는 빙하기가 없었던 지질 시대였으며, 현재보다 평균 기온이 훨씬 높았다.

290 ㄱ. 판게아가 형성된 시기는 고생대 말로 약 3억 년 전이다. 그림에서 약 3억 년 전에 대륙 빙하가 가장 넓게 분포하였으므로 현재보다 지구의 평균 반사율이 높았을 것이다.
바로알기 | ㄴ. 중생대(약 2.52억 년 전~약 0.66억 년 전)에는 위도 20°N~70°N에 대륙 빙하가 분포하지 않았고, 신생대 말인 제4기에는 위도 40°N~70°N에 대륙 빙하가 분포하였다. 따라서 지구의 평균 기온은 신생대 제4기일 때가 중생대 백악기보다 낮았을 것이다.
ㄷ. 지구의 평균 기온이 높을수록 지구의 평균 해수면 높이가 높다. 따라서 지구의 평균 기온은 중생대가 현재보다 높았으므로 지구의 평균 해수면도 중생대가 현재보다 높았을 것이다.

291 ② 고생대가 시작된 캄브리아기에는 다양한 해양 생물들이 폭발적으로 등장하였다. 이후 삼엽충, 완족류 등의 해양 무척추동물이 크게 번성하기 시작하였다.
바로알기 | ① 최초의 육상 생태계가 형성된 시기는 육상 식물이 최초로 출현한 고생대이다.
③ 최초의 척추동물인 갑주어가 등장한 시기는 고생대 오르도비스기이고, 판게아가 분리되기 시작한 시기는 중생대 트라이아스기 말이다.
④ 대서양은 중생대 초기에 판게아가 분리되기 시작하면서 형성되기 시작하였다.
⑤ 히말라야산맥은 신생대에 형성되었다.

292 ①, ②, ③ 중생대의 표준 화석은 (가) 공룡이고, 고생대의 표준 화석은 (나) 삼엽충, (라) 방추충, (마) 필석이다. 신생대의 표준 화석은 (다) 매머드, (바) 화폐석이다.
④ (가) 공룡이 번성할 당시 육지에서는 겉씨식물이 번성하였다.
⑦ 삼엽충과 필석은 각각 고생대 초기인 캄브리아기, 오르도비스기에 출현하였고, 최초의 육상 생물은 고생대 실루리아기에 출현하였다. 실루리아기 이후에 등장한 생물은 (가) 공룡, (다) 매머드, (라) 방추충, (바) 화폐석이다.
⑧ (가) 공룡과 (다) 매머드는 육상 생물이고, (나) 삼엽충, (라) 방추충, (마) 필석, (바) 화폐석은 해양 생물이다.
바로알기 | ⑤ (마) 필석은 고생대의 표준 화석이고, 속씨식물은 신생대에 번성하였다.
⑥ 판게아는 고생대 말기부터 중생대 초기까지 존재하였고, (바) 화폐석은 신생대에 번성하였다.

293 ㄱ, ㄷ. (가) 화석의 생물은 주로 온난 습윤한 환경에서 서식하는 고사리이고, (나) 화석의 생물은 중생대에 번성한 암모나이트이다.
바로알기 | ㄴ. (가) 화석의 고사리는 양치식물로, 고생대에 출현하였다.
ㄹ. (가) 화석의 고사리는 육상 생물이고, (나) 화석의 암모나이트는 해양 생물이므로 (가)의 지층은 육상 환경에서, (나)의 지층은 해양 환경에서 퇴적되었다.

294 ① 생물권에서 척추동물이 출현한 순서는 ㉠ 어류 → ㉡ 양서류 → ㉢ 파충류 → 조류와 ㉣ 포유류이다. 어류는 고생대 데본기에 크게 번성했고, 양서류는 고생대 석탄기, 페름기에 번성했다. 파충류는 중생대에 크게 번성했고, 포유류는 신생대에 번성했다.

295 (가)는 공룡이 번성한 중생대이고, (나)는 삼엽충이 번성한 고생대이며, (다)는 에디아카라 생물군이 번성한 선캄브리아 시대이다. 따라서 지질 시대의 순서는 (다) → (나) → (가)이다.

296 모범 답안 (가) → (라) → (다) → (나), (다) 화석의 시조새는 중생대 쥐라기에 출현하였고 중생대는 빙하기 없이 온난한 기후가 지속되었다.

해설 (가)는 선캄브리아 시대의 표준 화석인 에디아카라 생물군 화석이고, (나)는 신생대의 표준 화석인 화폐석이다. (다)는 중생대의 표준 화석인 시조새이고, (라)는 고생대의 표준 화석인 삼엽충이다.

채점 기준	배점
(가)~(라)를 시간 순서대로 옳게 쓰고, (다) 화석의 생물이 살았던 지질 시대의 기후를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)~(라)를 시간 순서대로만 옳게 쓴 경우	50 %
(다) 화석의 생물이 살았던 지질 시대의 기후만 옳게 서술한 경우	50 %

297 ㄴ. ㉠은 최초의 광합성 생물인 남세균에 의해 형성된 퇴적 구조인 스트로마톨라이트이다.

ㄷ. 남세균의 광합성 활동에 의해 대기 중의 산소가 꾸준히 증가하여 고생대에는 오존층이 형성되었다.

바로알기 | ㄱ. 이 지질 시대는 오존층이 형성되지 않았던 선캄브리아 시대이다.

298 ㄱ. 방추충은 고생대 말기에 존재했던 생물이므로 지층 A가 퇴적된 고생대 말기에는 양치식물이 번성하였다.

ㄴ. C와 D에서 육상 생물 화석이 산출되므로 두 지층은 모두 육지에서 퇴적된 지층이다.

ㄷ. 방추충 화석은 고생대, 암모나이트와 공룡 화석은 중생대, 매머드 화석은 신생대의 표준 화석이다. 따라서 이 지역에는 고생대(A), 중생대(B, C), 신생대(D) 지층이 모두 존재한다.

299 ㄱ. A 기간은 고생대에 해당하고, B 기간은 중생대부터 신생대 신진기까지에 해당한다. 따라서 시간 길이는 A 기간이 B 기간보다 길다.

ㄷ. 판게아는 중생대 초기인 트라이아스기 말에 분리되기 시작하였으므로 B 기간에 판게아가 분리되기 시작하였다.

바로알기 | ㄴ. 대형 포유류가 번성한 지질 시대는 신생대이다. A 기간에는 삼엽충, 어류, 양서류, 양치식물 등이 번성하였다.

300 ㄱ. (가)는 모든 대륙들이 모여 판게아를 형성한 고생대 말기의 수륙 분포이고, (나)는 현재와 수륙 분포가 거의 비슷한 신생대 말기의 수륙 분포이며, (다)는 판게아가 분리되면서 대서양이 넓어지고 인도 대륙이 북상하고 있는 모습이므로 중생대 말기의 수륙 분포이다. 따라서 시간 순서는 (가) → (다) → (나)이다.

ㄷ. 판게아가 여러 대륙으로 분리되면서 대륙붕 면적이 넓어졌다. 따라서 연안에 사는 생물의 서식지 면적은 (나)일 때 가장 넓었다.

바로알기 | ㄴ. 고생대 말기에 가장 번성한 척추동물은 양서류이다. 어류가 가장 번성했던 시기는 고생대 중기인 데본기로 판게아가 형성되기 이전이다.

301 ㄷ. 대서양은 중생대 초기에 판게아가 분리되기 시작하면서 형성되었으므로 대서양이 형성되기 시작한 시기는 B이다.

바로알기 | ㄱ. 어류는 고생대 오르도비스기에 출현하였고, 육상 식물은 고생대 실루리아기에 출현하였으므로 A는 고생대 초기에서 고생대 중기 사이에 해당한다. 화폐석은 신생대 고진기에 출현하였으므로 B는 고생대 중기에서 신생대 초기에 해당한다. 따라서 시간 길이는 A가 B보다 짧다.

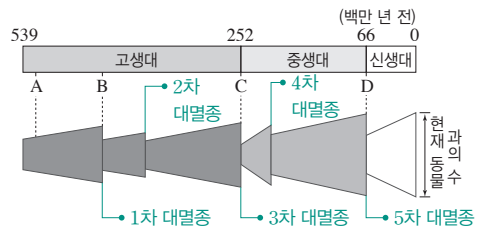
ㄴ. 생물 대멸종은 고생대 오르도비스기 말, 고생대 데본기 말, 고생대 페름기 말, 중생대 트라이아스기 말, 중생대 백악기 말에 일어났다. 따라서 생물 대멸종이 A에는 1번 일어났고, B에는 4번 일어났다.

302 모범 답안 A 시기에는 삼엽충, 방추충 등이, B 시기에는 공룡, 암모나이트 등이 멸종하였다. A 시기의 생물 대멸종 원인은 판게아 형성, 대규모 화산 활동 등이다.

해설 A는 고생대 말에 일어난 생물 대멸종이고, B는 중생대 말에 일어난 생물 대멸종이다.

채점 기준	배점
A와 B 시기에 멸종한 생물을 옳게 쓰고, A 시기에 일어난 생물 대멸종 원인을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B 시기에 멸종한 생물만 옳게 쓴 경우	50 %
A 시기에 일어난 생물 대멸종 원인만 옳게 서술한 경우	50 %

303



ㄱ. 그림에서 현생누대 동안 동물 과의 수가 급격하게 감소한 시기는 B, B와 C 시기 사이, C 시기, C와 D 시기 사이, D 시기이므로 총 5차례 생물 대멸종이 일어났다.

ㄷ. D 시기의 생물 대멸종의 주요 원인은 운석(유성체) 충돌에 의한 지구 환경의 급격한 변화로 추정하고 있다.

바로알기 | ㄴ. B와 C 시기 사이에 육상 식물이 처음 등장하였고, 양치식물이 번성하였다. 넓은 초원이 발달한 시기는 D 이후(신생대)이다.

304 ㄷ. 지질 시대의 경계에서 해양 동물 과의 수는 급격하게 변하지만, 육상 식물 과의 수는 상대적으로 급격한 변화가 없다. 따라서 환경 변화에 따른 생물계의 급격한 변화는 해양 동물이 육상 식물보다 뚜렷하므로 지질 시대의 구분에 더 유용하다.

바로알기 | ㄱ. B는 고생대 중기에 출현하였으므로 육상 식물이다. 따라서 A는 해양 동물이다.

ㄴ. 최대 규모의 생물 대멸종은 고생대 말에 일어났고, 두 번째로 큰 규모의 생물 대멸종은 중생대 말에 일어났다.

305 ㄴ. B 시기는 고생대 말로, 최대 규모의 생물 대멸종이 일어났다. 이 시기에는 판게아가 형성되었으므로 판게아 형성은 생물 대멸종의 원인으로 추정하고 있다.

ㄷ. 지질 시대 동안 생물 대멸종이 5차례 일어났으나 생물 대멸종 이후 새로운 종이 출현하였다. 이로 인해 현생누대 동안 생물 과의 수는 대체로 증가하였다. 따라서 생물 과의 수는 고생대 말의 생물 대멸종인 B 직후보다 마지막 생물 대멸종인 C 직후에 많았다.

바로알기 | ㄱ. A는 고생대 초기인 오르도비스기 말에 일어난 생물 대멸종이다.

ㄹ. C는 중생대 말에 해당하며, 이 시기에 공룡과 암모나이트 등이 멸종하였다. 화폐석이 멸종한 시기는 신생대 신진기이다.

306 ㄱ. 공룡알 화석이 발견된 A 지역의 지층은 중생대에, 삼엽충 화석이 발견된 B 지역의 지층은 고생대에 생성되었다.

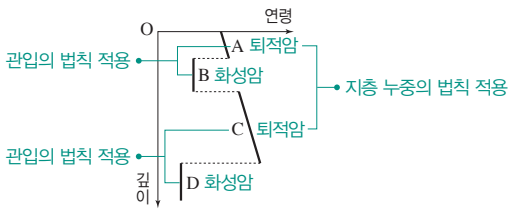
ㄴ. 공룡은 육상 생물이므로 A 지역의 지층은 육지 환경에서 퇴적되었다.

바로알기 | ㄷ. B 지역의 지층이 생성된 시기는 고생대이므로 바다에서 방추충 등이 번성하였다.

최고 수준 도전 기출 90쪽~91쪽

307 ③ 308 ⑤ 309 ④ 310 ② 311 ③ 312 ⑤
313 ① 314 ④

307



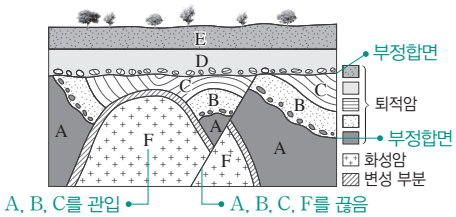
깊이에 관계없이 연령이 일정한 B와 D는 화성암이다.

ㄱ. A의 하부에 있는 화성암 B는 A보다 연령이 적다. 따라서 화성암 B가 A를 관입하였으므로 관입의 법칙을 적용할 수 있다.

ㄴ. A와 C는 깊이가 깊어질수록 연령이 증가하는 퇴적층이며, A보다 하부에 있는 C의 연령이 더 많으므로 두 지층 사이에 지층 누중의 법칙을 적용할 수 있다.

바로알기 | ㄷ. 화성암 D는 C보다 연령이 적다. 따라서 D는 C를 관입하였으므로 관입의 법칙을 적용할 수 있다.

308



ㄱ. 화성암 F와 접해 있는 A, B, C에서 변성 부분이 나타나므로 화성암 F가 A, B, C를 관입하였다. A, B, C, F가 끊어졌으므로 화성암 F가 관입한 후에 단층이 형성되었다. 그 후 D, E가 차례로 쌓였으므로 이 지역에서 지층과 암석의 생성 순서는 A → B → C → F → D → E이다.

ㄴ. D의 하부에 기저 역암이 존재하므로 C와 D는 부정합 관계이고, D와 E는 정합 관계이므로 C와 D의 상대연령 차는 D와 E의 상대연령 차보다 크다.

ㄷ. C가 퇴적된 이후에 F가 관입하였고, 그 후에 D가 퇴적되었다. C와 D에서 중생대의 표준 화석인 공룡 화석과 암모나이트 화석이 각각 산출되므로 F는 중생대에 관입하였다.

309

ㄴ. 화강암 A는 B를 관입하였으므로 B가 A보다 먼저 생성되었다. B와 C는 부정합 관계이므로 B가 생성된 후 B의 일부가 침식되고 난 다음에 C가 퇴적되었다.

ㄷ. X의 반감기는 0.5억 년이고 현재 화강암 A에 방사성 동위원소 X가 처음 양의 20 %가 남아 있으므로 1억 년 후에는 5 %가 남는다. 한편, 방사성 동위원소 Y의 반감기는 2억 년이고, 현재 화강암 B에 Y가 처음 양의 50 %가 남아 있으므로 1억 년 후에는 37.5 %보다 약간 적게 남는다.(반감기가 T라고 할 때, $\frac{1}{2}T$ 후 남아 있는 모원소의 양은 처음 양의 75 %보다 약간 적기 때문이다.) 따라서 현재로부터 1억 년 후 $\frac{\text{B에 남아 있는 모원소 함량}}{\text{A에 남아 있는 모원소 함량}} < \frac{37.5\ \%}{5\ \%}$이므로 7.5보다 작다.

바로알기 | ㄱ. 화강암 A에 방사성 동위원소 X가 처음 양의 20 %가 남아 있으므로 그림에서 20 %일 때의 시간을 찾으면 A의 절대연령은 약 1.2억 년이다. 화강암 B에 방사성 동위원소 Y가 처음 양의 50 %가 남아 있으므로 그림에서 50 %일 때의 시간을 찾으면 B의 절대연령은 2억 년이다. 따라서 A와 B의 절대연령 차는 1억 년보다 작다.

310

ㄴ. (나)에서 모래층이 다져져 퇴적암이 되면 ㉠의 부피가 줄어든다. 따라서 모래층의 밀도는 A가 B보다 작다.

바로알기 | ㄱ. 속성 작용이 진행되는 동안 모래 입자 사이의 공간을 교결 물질이 채우므로 ㉠에 포함된 교결 물질의 양은 B가 A보다 많다.

ㄷ. 기존 암석이 풍화·침식 작용으로 생성된 자갈, 모래, 점토는 쇄설성 퇴적물이다. 따라서 모래층이 충분히 속성 작용을 받으면 쇄설성 퇴적암인 사암이 된다.

311

ㄷ. (나) 연흔은 층리면에서 관찰한 퇴적 구조의 모습이다.

바로알기 | ㄱ. (가)에서 퇴적물 입자의 크기는 위쪽으로 갈수록 커졌다. 따라서 이 지역에서는 해수면 높이가 점점 낮아지면서 수심이 점점 얕아졌다.

ㄴ. (나)는 물결 모양의 퇴적 구조인 연흔이다. 연흔은 수심이 비교적 얕고 입자의 점성이 크지 않은 곳에서 잘 형성되므로 이암보다는 사암에서 흔하다. 역암은 퇴적물 입자의 크기가 크기 때문에 물결의 영향을 받아 연흔 구조가 만들어지기 어렵다.

312

ㄱ. 지역 ㉠에서 화석 b와 d가 동시에 산출되는 지층은 Ⅲ 시대에 생성되었으며, 화석 c와 d가 동시에 산출되는 지층은 Ⅲ 또는 Ⅳ 시대에 생성되었다. 지역 ㉢에서 화석 a가 산출되는 지층은 Ⅰ 시대에 생성되었으며, 화석 b와 d가 동시에 산출되는 지층은 Ⅲ 시대에 생성되었다. 따라서 최하부층과 최상부층의 연령 차는 지역 ㉠이 ㉢보다 작다.

ㄴ. 지역 ㉡에서 화석 a가 산출되는 지층은 Ⅰ 시대에 생성되었으며, 화석 b와 d가 동시에 산출되는 지층은 Ⅲ 시대에 생성되었다. 화석 c가 산출되는 지층은 Ⅲ 또는 Ⅳ 시대에 생성되었다. 따라서 지역 ㉡에는 Ⅴ 시대에 생성된 지층이 존재하지 않는다.

ㄷ. 세 지역 ㉠~㉢에는 화석 b와 d가 동시에 산출되는 지층이 모두 존재하며, 이 지층은 Ⅲ 시대에 생성된 지층이다.

313

ㄱ. 생물 대멸종은 고생대 오르도비스기 말, 데본기 말, 페름기 말, 중생대 트라이아스기 말, 백악기 말에 일어났다. 따라서 신생대에는 생물 대멸종이 일어나지 않았다.

바로알기 | ㄴ. 생물 대멸종 중 2번째와 3번째의 경우에는 해양 생물보다 육상 생물의 멸종 비율이 컸다.

ㄷ. 판게아가 분리되기 시작할 무렵은 중생대 트라이아스기 말이므로 4번째 대멸종 시기이다. 이 시기에 발생한 해양 생물의 멸종 비율은 23.4 %이다.

314

ㄱ. 방추충과 삼엽충은 해양 생물이므로 화석이 산출된 지층이 생성될 당시에 A와 B 지역은 해양 환경이었다.

ㄷ. 공룡 발자국이 화석으로 남겨지려면 습지 부근의 부드러운 땅이어야 한다. 이런 조건에서는 건열 또는 연흔이 형성되기에 매우 유리하다.

바로알기 | ㄴ. A에서는 고생대의 표준 화석인 방추충 화석이, C에서는 중생대의 표준 화석인 공룡 발자국 화석이 산출되었다. 따라서 화석이 산출된 지층의 형성 시기는 A가 C보다 먼저이다.

11 마그마로부터 생성되는 화성암

빈출 자료 보기

93쪽

315 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) × (8) ○ (9) ○

315 A 과정은 대륙 지각 하부에서 온도 상승에 의해 유문암질 마그마가 생성되는 과정이다. B 과정은 압력 감소에 의해 현무암질 마그마가 생성되는 과정이다. C 과정은 물 공급에 의해 현무암질 마그마가 생성되는 과정에 해당한다.

바로알기 | (1) ㉠은 물이 포함된 화강암의 용융 곡선이다.

(4) A 과정에서 유문암질 마그마가 생성된다.

(5) B 과정에서 현무암질 마그마가 생성된다.

(7) 해령에서 마그마가 생성되는 과정은 압력 감소 과정에 해당하는 B 과정이다.

난이도별 필수 기출

94~99쪽

316 ③	317 ⑤	318 해설 참조	319 ④	320 ②
321 ④	322 ①	323 ②	324 ①, ④	325 ⑤
326 ①	327 ④	328 해설 참조	329 ④	330 ②
331 ③	332 ①, ③, ⑤	333 ③	334 ②	335 ①
336 ①	337 해설 참조	338 ①	339 ②	340 ③
341 ③	342 해설 참조	343 ③	344 ③	345 ①

316 ㄱ. 섭입대에서 물이 맨틀 물질에 공급되면 용융점이 낮아져 부분 용융이 일어난다.

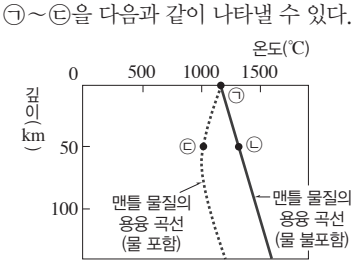
ㄴ. 대륙 지각이 고온의 마그마와 접촉하여 열을 공급받으면 부분 용융이 일어난다.

바로알기 | ㄷ. 하부 맨틀이 상승함에 따라 맨틀 물질에 작용하는 압력이 감소하면 부분 용융이 일어난다.

317 ㄱ. A 지점의 암석은 현재 맨틀의 용융 곡선보다 왼쪽에 위치하므로 고체 상태로 존재한다.

ㄴ, ㄷ. A 지점의 암석은 온도가 상승하거나 압력이 감소하면 맨틀의 용융 곡선보다 오른쪽 영역에 위치하게 되어 마그마 상태가 될 수 있다.

318 용융 온도 ㉠~㉢을 다음과 같이 나타낼 수 있다.



모범 답안 ㉢<㉠<㉡, 물을 포함하지 않은 경우, 맨틀 물질은 깊이가 깊어질수록 용융 온도가 높아지므로 ㉠<㉡이다. 물을 포함한 경우, 깊이 0~50 km 구간에서 깊이가 깊어질수록 용융 온도가 낮아지므로 ㉠>㉢이다. 따라서 용융 온도는 ㉢<㉠<㉡이다.

채점 기준	배점
㉠, ㉡, ㉢의 크기를 옳게 비교하고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
㉠, ㉡, ㉢의 크기만 옳게 비교한 경우	50 %

319 a → a′ 과정에 의해 유문암질 마그마가 생성되고, b → b′ 과정에 의해 현무암질 마그마가 생성된다. a → a′ 과정은 온도 상승에 의해 마그마가 생성되는 과정이고, b → b′ 과정은 물 공급에 의한 맨틀 물질의 용융점 감소로 마그마가 생성되는 과정이다.

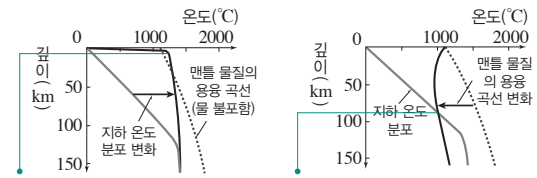
320 해령에서는 압력 감소에 의해 마그마가 생성되고, 섭입대 하부에서는 물 공급에 의해 마그마가 생성된다. 대륙 지각 내부에서는 주로 온도 상승에 의해 마그마가 생성된다.

321 ㄴ. B는 해령 하부로, 맨틀 대류 상승에 의한 압력 감소에 의해 마그마가 생성된다.

ㄷ. A와 B에서는 모두 압력 감소에 의해 현무암질 마그마가 생성된다.

바로알기 | ㄱ. 열점에서는 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소하여 현무암질 마그마가 생성된다.

322



- (가) 해령: 맨틀 대류의 상승으로 깊이에 따른 온도 분포가 평균적인 지하 온도 분포보다 높게 나타난다. ➔ 맨틀 물질의 온도가 용융 온도보다 높은 영역에서 마그마가 생성된다.
- (나) 섭입대: 섭입하는 판에서 물이 공급되어 용융 곡선이 변한다. ➔ 맨틀 물질의 온도는 변하지 않지만, 용융 온도가 낮아져 용융 온도보다 높은 영역에서 마그마가 생성된다.

ㄱ. (가)는 해령에서, (나)는 섭입대에서 마그마가 생성되는 과정에 해당한다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서 맨틀 물질의 용융 곡선이 변한 까닭은 맨틀 물질에 물이 공급되어 용융점이 낮아졌기 때문이다.

ㄷ. (가)에서는 지표 부근에서 맨틀 물질이 용융되어 마그마가 생성되고, (나)에서는 지하 100 km 부근에서 마그마가 생성된다.

323 ㄴ. 마그마의 SiO_2 함량은 유문암질 마그마(A)가 현무암질 마그마(B)보다 많다.

바로알기 | ㄱ. A에서는 대륙 지각이 녹아 유문암질 마그마가 만들어지고, B에서는 맨틀 물질이 녹아 현무암질 마그마가 만들어진다.

ㄷ. 마그마의 온도는 유문암질 마그마(A)가 현무암질 마그마(B)보다 낮다.

324 ① 물이 포함된 암석의 용융 곡선은 ㉠과 ㉡이고 물이 포함되지 않은 암석의 용융 곡선은 ㉢이다.

④ b → b′ 과정은 압력 감소로 암석이 용융되는 과정이며, 이 과정으로 마그마가 생성되는 장소는 열점(A)과 해령 하부(B)이다.

바로알기 | ② 일반적으로 맨틀 물질은 물을 포함하지 않고 있으며, 이 경우 용융 곡선 ㉢과 같이 압력이 클수록 용융 온도가 높아진다.

③ a → a′ 과정으로 마그마가 생성되는 장소는 대륙 지각 하부이므로 D이다.

⑤ c → c′ 과정은 주로 판의 섭입이 일어나는 수렴형 경계에서 잘 일어난다.

⑥ 마그마의 SiO_2 함량(%)은 현무암질 마그마가 생성되는 A보다 유문암질 마그마가 생성되는 D에서 많다.
⑦ A~D 중 마그마의 혼합으로 안산암질 마그마가 생성될 수 있는 장소는 D이다.

325 ㄱ. A는 판의 섭입형 경계를 따라 호상 열도가 발달하며, 이곳에서는 주로 안산암질 마그마가 분출한다.
ㄴ. B는 열점이므로, 압력 감소로 생성된 현무암질 마그마가 분출한다.
ㄷ. 마그마의 SiO_2 함량은 A에서 주로 분출하는 안산암질 마그마가 B에서 주로 분출하는 현무암질 마그마보다 많다.

326 ㄱ. 마그마가 식어서 굳어진 암석을 화성암이라고 한다.
바로알기 | ㄴ. 화성암은 SiO_2 함량에 따라 산성암, 중성암, 염기성암으로 분류한다.
ㄷ. 화성암은 마그마가 냉각되는 속도에 따라 화산암과 심성암으로 분류한다.

327 ㉠은 SiO_2 함량이 52 %~63 % 사이이고 지표 부근에서 빠르게 냉각되어 만들어진 안산암이다. ㉡은 SiO_2 함량이 52 % 미만이고 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되어 만들어진 반려암이다.

328 모범 답안 (가)는 화강암, (나)는 현무암이다. 화강암은 현무암보다 무색 광물의 함량이 많고, 구성 광물 입자의 크기가 크다.
해설 화강암은 산성암(규장질암)이면서 심성암이다. 현무암은 염기성암(고철질암)이면서 화산암이다.

채점 기준	배점
암석의 이름을 옳게 쓰고, (가)가 (나)보다 큰 값을 갖는 물리량 두 가지를 옳게 서술한 경우	100 %
암석의 이름만 옳게 쓴 경우	40 %

329 A는 조립질 염기성암이므로 반려암이고, B는 세립질 산성암이므로 유문암이다.
ㄴ. 암석의 색은 SiO_2 함량이 적은 A가 B보다 어둡다.
ㄷ. Fe, Mg은 염기성암(고철질암)인 A가 B보다 풍부하다.
바로알기 | ㄱ. A는 조립질 암석이므로 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 굳어져 만들어진다.

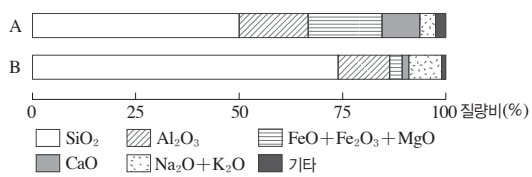
330 A는 현무암, B는 안산암, C는 유문암이다.
② C는 SiO_2 함량이 많은 규장질암이므로 중성암인 B보다 SiO_2 함량이 많다.
바로알기 | ① A는 B보다 유색 광물이 풍부하여 어둡게 보인다.
③ Na, K의 함량(%)은 무색 광물이 풍부한 C가 가장 많다.
④ C는 SiO_2 함량이 많은 규장질암이고, 고철질암은 A이다.
⑤ C는 유문암질 마그마가 빠르게 냉각되어 만들어진다.

331 북한산은 주로 화강암으로 이루어져 있으므로 암석에 포함된 SiO_2의 함량이 63 % 이상이다. 또한 화강암은 지하 깊은 곳에서 유문암질 마그마가 천천히 굳어져 만들어진 조립질 암석이며, 밝은색 광물을 많이 포함하고 있다.
바로알기 | ③ 화산 활동에 의해 생성된 화성암은 화산암이다. 북한산은 심성암인 화강암으로 이루어져 있으므로 화산 활동으로 생성되지 않았다.

332 A는 현무암, B는 안산암, C는 유문암, D는 반려암, E는 섬록암, F는 화강암이다.
① 중성암과 산성암을 구분하는 SiO_2 함량(㉠)은 63 %이다.
③ 무색 광물에 풍부한 원소는 Na, K, Si 등이다.
⑤ 반려암은 염기성암이면서 심성암이므로 D에 해당한다.
바로알기 | ② ㉡은 화산암의 조직이므로 세립질이고, ㉢은 심성암의 조직이므로 조립질이다.
④ 암석의 색은 염기성암인 A가 산성암인 C보다 어둡다.
⑥ 마그마의 냉각 속도는 화산암인 B가 심성암인 E보다 빨랐다.
⑦ 제주도, 울릉도에 분포하는 주요 암석은 현무암이다.

333 ㄱ. A는 화산암, B는 심성암이므로 A는 세립질 암석인 ㉠, B는 조립질 암석인 ㉡에 해당한다.
ㄷ. 마그마의 냉각 속도는 화산암 ㉠이 심성암 ㉡보다 빠르다.
바로알기 | ㄴ. 무색 광물의 함량은 SiO_2 함량이 많은 B(㉡)가 A(㉠)보다 많다.

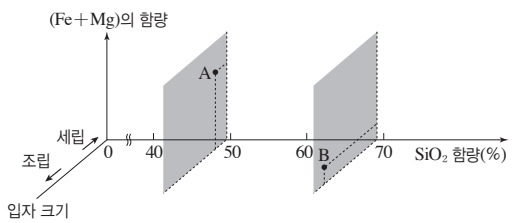
334



• A: SiO_2 함량이 약 50 %이고, 원소 Fe, Mg, Ca가 상대적으로 많다.
➔ 염기성암(고철질암)이다. 무거운 성분이 상대적으로 풍부하다.
• B: SiO_2 함량이 약 74 %이고, 원소 Na, K, Si가 상대적으로 많다.
➔ 산성암(규장질암)이다. 무거운 성분이 상대적으로 적다.

ㄴ. B는 SiO_2 함량이 약 74 %이므로 산성암이고, 광물을 맨눈으로 구별하기 어려운 세립질 암석이므로 화산암이다.
바로알기 | ㄱ. A는 SiO_2 함량이 약 50 %이므로 현무암질 마그마가 굳어져 만들어진 염기성암이다.
ㄷ. 암석의 평균 밀도는 Fe, Mg 등이 상대적으로 풍부한 A가 B보다 크다.

335



• A: SiO_2 함량이 약 49 %이고, (Fe+Mg)가 풍부하며, 입자 크기는 작다.
➔ 염기성암(고철질암)이고 화산암이다. ➔ 현무암
• B: SiO_2 함량이 약 68 %이고, (Fe+Mg)가 적은 편이며, 입자 크기는 크다. ➔ 산성암(규장질암)이고 심성암이다. ➔ 화강암

ㄱ. A는 SiO_2 함량이 50 % 미만이고, 세립질로 이루어진 현무암이다.
바로알기 | ㄴ. (Fe+Mg)의 함량은 유색 광물에 풍부하므로 무색 광물은 B가 A보다 많다. 따라서 $\frac{\text{무색 광물의 함량(\%)}}{\text{유색 광물의 함량(\%)}}$은 B가 A보다 크다.
ㄷ. 암석이 생성된 깊이는 조립질 암석인 B가 A보다 깊다.

336 암석 내에 형성된 틈이나 균열을 통틀어 절리라고 한다. 절리는 기둥 모양의 주상 절리와 판 모양의 판상 절리가 대표적이다.

337 모범 답안 용암이 급격하게 냉각될 때 부피가 수축하면서 만들어지는 주상 절리이다. 주상 절리는 화산암에서 잘 나타난다.
해설 용암이 지표 부근에서 매우 빠르게 냉각되면 기둥 모양의 절리가 만들어진다.

채점 기준	배점
주상 절리가 화산암에서 잘 나타난다는 것을 옳게 서술한 경우	100 %
주상 절리만 옳게 쓴 경우	40 %

338 ㄱ. 이 지질 구조는 지하 깊은 곳에 있던 암석이 지표로 드러나면서 암석에 작용하는 압력이 감소하여 판 모양의 절리가 나타나는 판상 절리이다.

바로알기 | ㄴ. 암석에 작용하는 압력은 암석의 깊이가 깊은 (가)가 지표 부근에 있는 (나)보다 크다.

ㄷ. 이 지질 구조는 심성암이 지표로 노출될 때 만들어지므로 화산암에서는 거의 나타나지 않는다.

339 ㄷ. (가)는 심성암이고, (나)는 화산암이다. 따라서 암석이 생성된 깊이는 (가)가 (나)보다 깊다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 판 모양의 판상 절리이고, (나)는 기둥 모양의 주상 절리이다.

ㄴ. (나)는 용암이 급격하게 냉각될 때 부피가 수축하면서 만들어진다. 암석에 작용하는 압력이 감소하여 만들어진 절리는 (가)의 판상 절리이다.

340 ㄱ. 암석의 색은 (가)가 (나)보다 어둡다. 따라서 (가)의 주요 구성 암석은 현무암이고, (나)의 주요 구성 암석은 화강암이다.

ㄴ. (나)의 절리는 지하 깊은 곳의 심성암이 지표로 노출되면서 압력이 감소하여 얇은 판 모양으로 갈라진 판상 절리이다.

바로알기 | ㄷ. (가)의 절리는 화산암이 생성될 때 만들어졌고, (나)의 절리는 심성암이 지표로 노출될 때 만들어졌다.

341 ㄱ, ㄷ. A는 마그마가 어떤 암석을 관입할 때, 암석 조각 일부가 마그마 내부로 유입된 포획암이다.

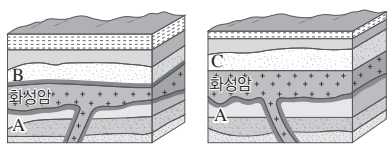
바로알기 | ㄴ. 포획암은 관입한 화성암보다 먼저 생성되었다.

342 **모범 답안** A는 퇴적암인 B에서 나타나는 층리와 평행하게 암상 형태로 관입한 화성암이다. 따라서 A가 B보다 나중에 생성되었다.

해설 관입암은 관입을 당한 암석보다 나중에 생성된다.

채점 기준	배점
암석의 종류와 암석의 생성 순서를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
암석의 종류와 암석의 생성 순서 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

343



(가) 화성암이 A와 B를 관입하였다. ➔ 암석의 생성 순서: A → B → 화성암

(나) 화성암이 A를 관입한 이후에 C가 형성되었다. ➔ 암석의 생성 순서: A → 화성암 → C

ㄱ. (가)에서 주변 퇴적암의 층리와 평행하게 관입하여 굳어진 암상이 산출된다.

ㄷ. B는 화성암보다 먼저 생성되었고, C는 화성암보다 나중에 생성되었다. 따라서 B는 C보다 먼저 생성되었다.

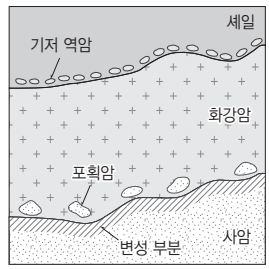
바로알기 | ㄴ. C는 화성암이 생성된 이후에 퇴적되었으므로 화성암에서 포획암으로 발견될 수 없다.

344 ㄱ. (가)에서 화강암이 셰일을 관입하였으므로 셰일은 화강암보다 먼저 생성되었다.

ㄷ. 화강암이 지표로 노출되어 침식된 이후에 셰일이 형성되었으므로 셰일과 화강암은 부정합 관계이다.

바로알기 | ㄴ. (나)에서 화강암 조각이 셰일층 하부에 기저 역암으로 포함되어 있다. 따라서 화강암 내부에서 셰일 조각이 포획암으로 발견될 수 없다.

345



• 변성 부분이 사암에서만 나타난다. ➔ 화강암이 사암을 관입하였고, 포획암은 사암 조각이다.
• 셰일 하부층에 기저 역암이 존재한다. ➔ 화강암이 침식된 이후에 셰일이 생성되었다. ➔ 기저 역암은 화강암 조각으로 이루어져 있다.

ㄱ. 화강암이 사암층을 관입하였으므로 사암층은 화강암보다 먼저 형성되었다.

바로알기 | ㄴ. 셰일층은 화강암보다 나중에 형성되었다. 화강암의 나이는 2억 년이므로 2억 년보다 나이가 적은 셰일층에서 고생대 표준 화석이 산출될 수 없다.

ㄷ. 화강암 내부에서는 사암 조각만 포획암으로 발견될 수 있다.

12 변성 작용으로 생성되는 변성암

빈출 자료 보기 101쪽

346 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) × (7) ○ (8) ○ (9) ○

346 (가)는 습곡이고, (나)는 주향 이동 단층, (다)는 역단층, (라)는 정단층이다. 습곡은 지층이 양쪽에서 미는 힘인 횡압력을 받아 휘어진 지질 구조이고, 단층은 지층이 힘을 받아 끊어지면서 양쪽 지층이 상대적으로 이동한 지질 구조이다.

바로알기 | (1) (가)는 횡압력을 받아 형성된 습곡이다.
(3) (다)에서는 상반이 하반에 대해 위로 이동하였다.
(4) (라)는 장력에 의해 형성된 정단층이다.
(6) (가)의 습곡은 (다)의 단층보다 지하 깊은 곳에서 잘 형성된다.

난이도별 필수 기출 102쪽~107쪽

347 ② **348** ④ **349** 해설 참조 **350** ③
351 ②, ⑧ **352** ⑤ **353** ⑤ **354** 해설 참조 **355** ③
356 ⑤ **357** ①, ③, ⑥, ⑧ **358** ③ **359** ③ **360** ①
361 ③ **362** ② **363** ⑤ **364** ④ **365** ①, ④, ⑦
366 해설 참조 **367** ① **368** 해설 참조 **369** ⑤
370 ④ **371** ④ **372** ① **373** ① **374** ①
375 해설 참조

347 ㄱ. 변성 작용은 주로 온도와 압력의 변화로 일어난다.

ㄹ. 변성 작용이 일어나면, 광물의 크기가 커지거나 광물의 재배열이 일어나고 새로운 변성 광물이 만들어지기도 한다.

바로알기 | ㄴ. 변성 작용은 기존 암석이 지하 깊은 곳의 고온 · 고압 환경에서 고체 상태인 채로 광물과 조직이 변하는 것이다.

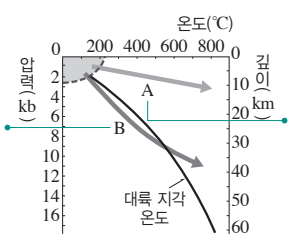
ㄷ. 변성 작용에 의해 새로운 변성 광물이 만들어질 수 있다.

348 A. 광물의 재결정 작용이 일어나면, 광물의 내부에서 구성 물질 사이의 결합 구조가 달라진다.
C. 변성암에서는 재결정 작용으로 생성된 변성 광물이 관찰된다.
바로알기 | B. 재결정 작용은 변성 작용이 일어나는 동안 광물 내부의 결합 구조가 달라져 다른 광물로 바뀌는 현상으로, 고체 상태에서 일어난다.

349 **모범 답안** 엽리, 주로 강한 압력을 받아 형성된 변성암에서 잘 나타난다.
해설 광물이 압력 방향과 수직으로 재배열되거나 새로운 광물이 배열되어 만들어진 방향성이 있는 조직을 엽리라고 한다. 엽리에는 편리와 편마 구조가 있다.

채점 기준	배점
엽리를 옳게 쓰고, 엽리가 발달한 암석에 대해 옳게 서술한 경우	100 %
엽리만 옳게 쓴 경우	40 %

350 **바로알기** | ③ 마그마가 관입한 접촉부를 따라 좁은 지역에서 발생하는 변성 작용은 접촉 변성 작용이다. 광역 변성 작용은 주로 조산 운동이 일어나는 넓은 지역에서 발생한다.

351


주로 열과 압력에 의한 변성 작용 ➔ 광역 변성 작용 ➔ 조산 운동이 일어나는 지역(판의 수렴형 경계 부근)에서 일어난다.
주로 열에 의한 변성 작용 ➔ 접촉 변성 작용 ➔ 마그마 주변부에서 일어난다.

② 변성 작용의 범위는 접촉 변성 작용보다 광역 변성 작용에서 넓다.
⑧ 대리암과 규암은 접촉 변성 작용과 광역 변성 작용에서 모두 생성될 수 있다.
바로알기 | ① A는 접촉 변성 작용에 해당한다.
③ 마그마 주변부에서는 주로 A의 접촉 변성 작용이 일어난다.
④ 엽리는 강한 압력이 작용하는 B에서 잘 형성된다.
⑤ B에서는 지하로 들어갈수록 열과 압력이 증가해 변성 정도가 강해진다.
⑥ 편마암은 B에서 잘 생성된다.
⑦ 혼펠스는 A에서 잘 생성된다.

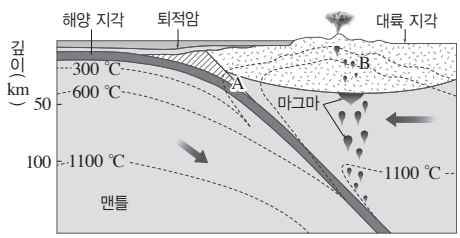
352 ㄱ. A의 밝고 어두운 줄무늬는 편마 구조이다. 편마 구조는 압력에 수직한 방향으로 엽리가 두껍게 발달한 것이다.
ㄴ. B는 접촉 변성 작용을 받아 혼펠스 조직이 발달한 암석이다.
ㄷ. 규암은 사암이 변성 작용을 받아 만들어진 암석이므로 C는 규암이다.

353 ㄴ. A에서는 열에 의한 변성 작용을 받아 혼펠스 조직이 나타난다.
ㄷ. B와 C에서는 입자가 비교적 크고 고른 입상 변정질 조직이 나타난다.
바로알기 | ㄱ. A~C는 모두 접촉 변성 작용을 받았으므로 엽리는 나타나지 않는다.

354 **모범 답안** A는 접촉 변성 작용, B는 광역 변성 작용이다. A의 변성 요인은 열이고, B의 변성 요인은 열과 압력이다.
해설 혼펠스는 셰일이 마그마와 접촉한 영역에서 열에 의한 변성 작용을 받아 생성된다. 편마암은 셰일이 높은 열과 강한 압력을 받아 생성된다.

채점 기준	배점
A와 B의 변성 작용을 옳게 쓰고, 변성 요인의 차이를 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B의 변성 작용만 옳게 쓴 경우	40 %

355 ㄱ. A는 대리암, B는 편암, C는 혼펠스이다.
ㄷ. 편암과 혼펠스는 모두 점토 입자로 이루어진 셰일(또는 이암)이 변성 작용을 받아 만들어진다.
바로알기 | ㄴ. 혼펠스(C)는 방향성이 없고 치밀한 혼펠스 조직이 나타난다.

356


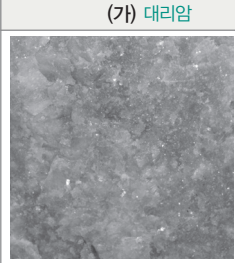
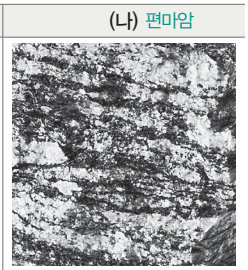
- 이 지역에서는 해양판이 대륙판 아래로 섭입하고 있다.
  ➔ 판이 수렴하면서 조산 운동이 일어나고, 섭입하는 과정에서 생성된 마그마에 의해 화성 활동도 일어난다.
- A: 주로 열과 압력에 의한 광역 변성 작용이 일어난다.
  ➔ 판이 섭입함에 따라 변성 정도가 점점 증가한다.
- B: 하부에서 상승한 마그마에 의해 접촉 변성 작용이 일어난다.
  ➔ 마그마 주변부에서만 변성 작용이 일어난다.

ㄱ. A에서는 온도와 압력이 모두 상승하면서 광역 변성 작용이 일어난다.
ㄴ. 혼펠스는 접촉 변성 작용이 일어나는 B에서 잘 생성된다.
ㄷ. A의 변성암은 광역 변성 작용을 받았으므로 B의 접촉 변성 작용을 받은 변성암보다 엽리가 잘 발달한다.

357 셰일(또는 이암)이 광역 변성 작용을 받으면, 변성 정도가 증가함에 따라 점판암 → 천매암 → 편암(㉠) →편마암(㉡)으로 변한다.
바로알기 | ② 혼펠스 조직은 접촉 변성 작용에 의해 나타나며, 점판암에서는 광역 변성 작용에 의한 엽리가 나타난다.
④ 변성암의 생성 온도는 점판암이 천매암보다 낮다.
⑤ 광물 입자의 평균 크기는 변성 정도가 클수록 커지므로 ㉠보다 ㉡에서 크다.
⑦ 이 지역에서 생성된 변성암의 기존 암석은 셰일(또는 이암)이다.

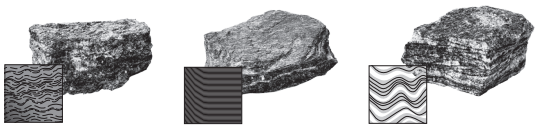
358 ㄱ. 화강암이 셰일을 관입했으므로 셰일이 화강암보다 먼저 생성되었다.
ㄴ. 변성 영역에서 마그마의 열에 의해 광물의 재결정 작용이 일어났다.
바로알기 | ㄷ. 변성 영역에 분포하는 암석은 혼펠스이다. 밝고 어두운 줄무늬는 엽리가 발달한 편마암에서 잘 나타난다.

359

구분	(가) 대리암	(나) 편마암
확대 모습		
특징	입자의 크기가 비교적 크고 고르다. • 입상 변정질 조직 • 접촉 변성 작용, 광역 변성 작용으로 생성	밝은색과 어두운색의 줄무늬가 나타난다. • 편마 조직 • 광역 변성 작용으로 생성
기존 암석	석회암	이암

ㄱ. (가)는 대리암, (나)는 편마암이다.
ㄷ. (가)와 (나)는 모두 광역 변성 작용으로 생성될 수 있다.
바로알기 | ㄴ. (나)에서 관찰되는 줄무늬는 편마 구조이다.

360



(가) 편암(편리 조직) (나) 천매암 (다) 편마암(편마 조직)

ㄱ. 암석에 나타난 엽리를 비교하면 변성 정도는 (나) < (가) < (다)이다. 따라서 (가)는 편암, (나)는 천매암, (다)는 편마암이다.
바로알기 | ㄴ. 엽리가 발달할수록 광물 입자의 크기가 커진다. 따라서 광물 입자의 크기는 (나) < (가) < (다)이다.
ㄷ. 변성 정도가 (가)보다 (다)가 크므로 생성 당시의 온도도 (가)보다 (다)가 높다.

361

(가)는 지층이 휘어져 만들어진 습곡이고, (나)는 지층이 끊어진 면을 기준으로 상대적으로 이동하여 만들어진 단층이다.

362

ㄴ. 습곡을 형성한 주요 힘은 횡압력이다.
바로알기 | ㄱ. 비교적 온도가 높은 지하 깊은 곳에서는 지층이 끊어지기보다 휘어지기 쉬워 습곡이 잘 형성된다.
ㄷ. 습곡을 형성하는 근원 에너지는 지구 내부 에너지이다.

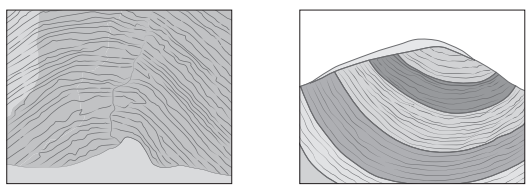
363

(가)는 정습곡, (나)는 경사 습곡, (다)는 횡와 습곡이다.
ㄱ. (가)에서는 위로 볼록하게 휘어진 배사와 아래로 볼록하게 휘어진 향사가 모두 나타난다.
ㄴ. 습곡축과 수평면이 이루는 각은 (가)에서 수직에 가깝고, (나)에서 비스듬하게 기울어져 있으므로 (가)가 (나)보다 크다.
ㄷ. (다)의 횡와 습곡에서는 오래된 지층이 젊은 지층 위쪽에 놓여 지층의 역전이 나타난다.

364

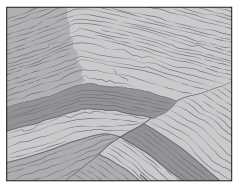
ㄴ, ㄷ. 이 지질 구조는 횡압력에 의해 상반 ㉠이 하반에 대해 위쪽으로 이동하면서 만들어진 역단층이다.
바로알기 | ㄱ. 힘 A는 횡압력이다. 장력에 의해 형성되는 단층은 정단층이다.

365

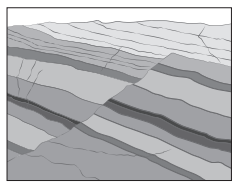


(가) 지층이 위로 볼록하게 휘어져 있다. ➔ 배사가 발달한 습곡이다.

(나) 지층이 아래로 볼록하게 휘어져 있다. ➔ 향사가 발달한 습곡이다.



(다) 상반이 하반에 대해 위로 이동하였다. ➔ 횡압력에 의해 형성된 역단층이다.

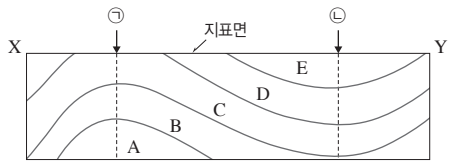


(라) 상반이 하반에 대해 아래로 이동하였다. ➔ 장력에 의해 형성된 정단층이다.

• 판의 경계와의 관계: 판의 발산형 경계에서는 주로 (라)가 잘 나타나고, 판의 수렴형 경계에서는 주로 (가), (나), (다)가 잘 나타난다.

①, ④ (가)는 배사, (나)는 향사가 발달한 습곡이다. (다)는 상반이 하반에 대해 위로 이동한 역단층이고, (라)는 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 정단층이다.
⑦ 횡압력에 의해 형성된 지질 구조는 습곡 (가), (나)와 역단층 (다)이다.
바로알기 | ② (가)에서는 지층이 위로 볼록하게 올라가 만들어진 배사가 나타나고, (나)에서는 지층이 아래로 볼록한 향사가 나타난다.
③ (다)는 횡압력에 의해 형성된 역단층이다.
⑤ (다)는 역단층으로 수렴형 경계에서 잘 나타난다.
⑥ 보존형 경계에서는 주향 이동 단층이 나타난다.

366



• ㉠: 위로 볼록한 배사축이 있으므로 지표면에는 주변보다 나이가 많은 층(C)이 존재한다.
• ㉡: 아래로 볼록한 향사축이 있으므로 지표면에는 주변보다 나이가 적은 층(E)이 존재한다.

모범 답안 가장 오래된 지층은 배사축이 있는 ㉠에, 가장 젊은 지층은 향사축이 있는 ㉡에 존재한다. 위로 볼록한 배사축이 있는 지표면의 암석은 주변보다 나이가 많고, 아래로 볼록한 향사축이 있는 지표면의 암석은 주변보다 나이가 적다.

채점 기준	배점
가장 오래된 지층과 가장 젊은 지층이 분포하는 곳을 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
가장 오래된 지층과 가장 젊은 지층이 분포하는 곳만 옳게 쓴 경우	50 %

367

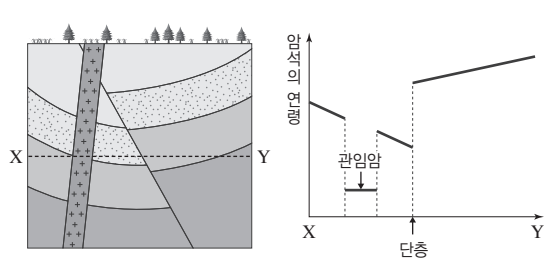
ㄱ. 위로 볼록한 배사의 중심축은 단층면의 위쪽에 위치한 상반에 존재한다.
바로알기 | ㄴ. 이 단층은 횡압력을 받아 형성된 역단층이다.
ㄷ. 습곡이 발달한 지층이 단층면을 따라 이동하였으므로 습곡이 형성된 이후에 단층이 일어났다.

368

모범 답안 A는 B에 의해 끊어져 이동하였으므로 A가 B보다 먼저 형성되었다. A에 의해 상반이 하반에 대해 아래로 이동하였고, B에 의해 상반이 하반에 대해 위로 이동하였다. 따라서 A는 정단층, B는 역단층이다.
해설 그림에서 단층선 A는 단층선 B에 의해 끊어져 있다.

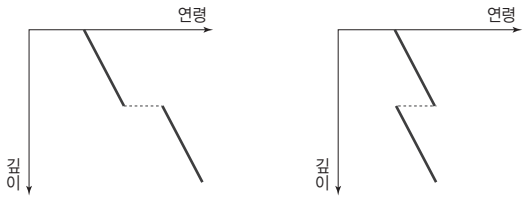
채점 기준	배점
A와 B의 생성 순서와 단층의 종류를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B의 단층 종류만 옳게 서술한 경우	50 %
A와 B의 생성 순서만 옳게 서술한 경우	50 %

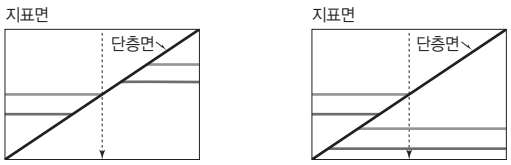
369



ㄱ. 단층과 습곡은 모두 횡압력에 의해 형성되었다.
ㄴ. 습곡은 단층에 의해 끊어져 있고, 단층은 관입암에 의해 끊어져 있다. 따라서 지각 변동의 순서는 습곡 → 단층 → 관입이다.
ㄷ. X−Y에서 암석의 연령이 불연속적으로 변하는 곳은 퇴적된 지층과 관입암의 경계에서 2번, 단층면에서 1번 나타난다.

370





깊이가 깊어질수록 연령이 증가한다. ➔ 단층면에서 연령이 불연속적으로 나타나지만 지층의 역전은 없다.

단층면을 경계로 지층의 역전이 나타난다.

ㄴ. (나)의 단층은 횡압력에 의해 형성된 역단층이다.

ㄷ. 역단층이 있는 지역에서 연직 방향으로 시추하면, 젊은 지층이 나이 많은 지층보다 아래쪽에 분포하는 지층의 역전이 나타난다.

바로알기 | ㄱ. (가)에는 정단층이 나타나므로 상반이 하반에 대해 아래로 이동하였다.

371 ④ A는 보존형 경계, B는 발산형 경계, C는 수렴형 경계이므로 A에서 주향 이동 단층(변환 단층), B에서 정단층, C에서 역단층이 주로 나타난다.

372 ㄱ. A에서는 두 대륙판이 충돌하여 습곡 산맥이 발달한다.

바로알기 | ㄴ. B는 동아프리카 열곡대로 장력에 의해 형성된 정단층이 발달한다.

ㄷ. C는 발산형 경계인 해령으로 장력이 우세하다. 따라서 이 곳에는 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 정단층이 발달한다.

373 **바로알기** | ① 엽리는 암석이 강한 압력에 의한 변성 작용을 받을 때 압력 방향에 수직으로 광물이 재배열되면서 형성된다. 따라서 열에 의한 변성 작용이 일어날 경우에는 엽리가 생성되지 않는다.

374 ㄱ. X는 화성암이고, Y는 퇴적암이다. 층리는 퇴적암에서 잘 나타난다.

바로알기 | ㄴ. ㉠ 과정은 변성 작용이다. 변성 작용의 에너지원은 지구 내부 에너지이다.

ㄷ. 주상 절리는 마그마가 냉각되는 과정에서 형성되므로 ㉡ 과정에서 잘 생성된다.

375 **모범 답안** 화성암이 풍화·침식 작용을 받아 퇴적물이 되고 퇴적물이 속성 작용을 받아 퇴적암이 된다. 이후 퇴적암이 변성 작용을 받아 변성암이 되고, 더 강한 열을 받으면 마그마가 된다. 마그마가 식어서 굳으면 다시 화성암이 된다.

채점 기준	배점
제시된 용어를 모두 사용하여 암석의 순환 과정을 서술한 경우	100 %
제시된 용어 중 일부만 사용하여 암석의 순환 과정을 서술한 경우	50 %

13 우리나라 지질공원

빈출 자료 보기 109쪽

376 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

377 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

376 (1) 세계지질공원으로 인증된 곳은 모두 국가지질공원으로 지정되어 있다.

(3) (나)에서는 밝고 어두운 줄무늬가 있는 편마암을 볼 수 있다.

(4) (다)의 퇴적암에서는 층리와 화석이 잘 나타난다.

바로알기 | (2) (가)의 주요 구성 암석은 화산 활동으로 만들어진 현무암이다.

(5) (가)는 신생대 화산 활동으로 형성되었으므로 주요 구성 암석의 평균 연령이 가장 적다.

377 (1) (가)에서 삼엽충 화석이 산출되므로 주요 구성 암석은 고생대 퇴적암이다.

(2) (나)의 주요 암석은 신생대에 화산 활동으로 형성된 화산암이다.

(4) 사암은 주로 모래 입자, 이암은 주로 점토 입자가 퇴적되어 만들어진 쇄설성 퇴적암이다.

바로알기 | (3) 주상 절리는 화산암이 분포하는 (나)에서 잘 나타난다.

(5) (다)의 변성암은 넓은 영역에 걸쳐 분포하므로 대부분 광역 변성 작용을 받아 형성되었다.

난이도별 필수 기출 110쪽~112쪽

378 ① **379** ② **380** 해설 참조 **381** ③
382 ①, ⑤, ⑦ **383** ② **384** ④ **385** ⑤ **386** ②
387 ① **388** ③ **389** ① **390** ④ **391** 해설 참조
392 ②

378 ㄱ. 국가지질공원은 지질학적으로 중요하고 자연 경관이 아름다운 지역으로 국가(국가지질공원사무국)에서 지정하며, 교육, 관광 등에 활용되고 있다.

바로알기 | ㄴ. 2024년까지 16개 국가지질공원이 인증받았고, 이 중 5개가 세계지질공원으로 인증받았다.

ㄷ. 국가지질공원을 지정할 때 지질학적으로 중요한 곳을 지정한다.

379 퇴적암 지형에서 잘 나타나는 주요 특징은 층리와 화석이고, 화성암 지형에서는 절리, 포획암 등이 잘 나타난다. 변성암 지형에서는 습곡, 엽리 등을 관찰할 수 있다.

380 모범 답안 이 지역을 구성하는 주요 암석은 어두운색 화산암이므로 현무암이다. 또한 암석의 형성 시기는 화산 활동이 일어난 신생대이다.

해설 이 지역은 신생대 화산 활동으로 형성된 제주도 국가지질공원이다.

채점 기준	배점
암석의 종류와 형성 시기를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
암석의 종류와 형성 시기 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

개념 보충

국가지질공원과 유네스코 세계지질공원

- **국가지질공원:** 지구과학적으로 중요하고 경관이 우수한 지역으로서 이를 보존하고 교육 및 관광 사업 등에 활용하기 위하여 환경부 장관이 인증한 공원
- **유네스코 세계지질공원:** 세계적으로 지질학적 가치를 지닌 명소로 지속가능한 발전의 개념으로 관리되는 곳. 현재 48개국, 213개의 세계지질공원이 운영 중(2024년 3월 기준)이며, 우리나라에는 제주도(2010년)와 청송(2017년), 무등산권(2018년), 한탄강(2020년), 전북서해안(2023년)이 세계지질공원으로 지정되어 운영되고 있다.

381 ㄱ. 16개의 국가지질공원이 지정되어 있다.

ㄷ. 국가지질공원 제도는 지질 유산의 합리적 이용과 보존에 중점을 두고 있다.

바로알기 | ㄴ. 우리나라에는 선캄브리아 시대의 변성암이 가장 많으며, 지질 명소에 분포하는 암석에도 선캄브리아 시대의 변성암이 풍부하다.

382 ① 스트로마톨라이트는 선캄브리아 시대의 암석에서 산출될 수 있다.

⑤ (다)에서는 건열이 관찰된다. 건열은 건조 기후에서 잘 형성된다.

⑦ 주요 구성 암석이 제주도의 주요 구성 암석과 유사한 곳은 현무암과 화산체가 많이 분포하는 (라)이다.

바로알기 | ② (가)에서는 변성암이 넓게 분포하고 있으므로 광역 변성 작용을 받아 형성되었다.

③ (나)에서 고생대, (다)에서 중생대 표준 화석이 산출된다. 따라서 지층이 퇴적된 시기는 (나)가 (다)보다 오래되었다.

④ (나)의 퇴적암에서 해양 생물이 산출된다. 따라서 이 암석은 해양 퇴적 환경에서 형성되었다.

⑥ (라)의 현무암에서는 주상 절리가 잘 나타난다. 판상 절리는 심성암 지형에서 잘 나타난다.

383 ㄷ. 한반도에는 선캄브리아 시대, 고생대, 중생대, 신생대에 형성된 퇴적층에서 다양한 종류의 화석이 산출된다.

바로알기 | ㄱ, ㄴ. 한반도에 가장 풍부한 암석은 선캄브리아 시대의 변성암이다.

384



(가) 판상 절리

- 사인암: 중생대 화강암으로 이루어진 지질 명소이다. ➔ 수평 방향으로 발달한 절리가 잘 나타난다.



(나) 석회 동굴

- 고수동굴: 고생대 석회암으로 이루어져 있으며 지하수에 의해 일부가 용해되어 형성된 석회 동굴이 발달해 있다.

ㄴ. (나)의 동굴은 지하수에 의해 암석이 녹아 생성되었으므로 수권과 지권의 상호작용으로 생성되었다.

ㄷ. (가)의 화성암에서는 절리가 발달해 있다. 층리는 (나)의 퇴적암에서 잘 나타난다.

바로알기 | ㄱ. (가)의 주요 암석은 판상 절리가 나타나는 심성암이다.

385

지질 시대	국가지질공원	산출 화석
A 중생대	화성	공룡 뼈와 발자국, 공룡 알 ➔ 육상 퇴적 환경
B 신생대	경북동해안	속씨식물, 포유류 ➔ 육상 퇴적 환경
C 고생대	강원고생대	삼엽충, 양서류, 고사리 ➔ 해양 퇴적 환경, 육상 퇴적 환경
D 선캄브리아 시대	백령·대청	원생동물, 스트로마톨라이트 ➔ 해양 퇴적 환경

ㄱ. A는 중생대, B는 신생대, C는 고생대, D는 선캄브리아 시대이다. 따라서 지질 시대의 순서는 D → C → A → B이다.

ㄴ. 공룡, 속씨식물, 고사리 화석은 육상 퇴적 환경에서 퇴적된 지층에서 산출되므로, A, B, C에는 육성층이 존재한다.

ㄷ. 변성암이 주로 분포하는 국가지질공원은 선캄브리아 시대의 암석이 분포하는 백령·대청 국가지질공원이다.

386 ㄷ. (다)에서 해수에 의한 침식 작용으로 만들어진 해식 절벽이 발달한다. 해식 절벽은 지권과 수권의 상호작용으로 만들어진다.

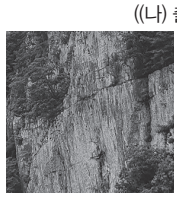
바로알기 | ㄱ. 백령·대청 국가지질공원에 분포하는 변성암은 선캄브리아 시대에 형성되었다.

ㄴ. 넓은 범위에 걸쳐 분포하는 규암은 광역 변성 작용으로 형성되었다.

387 ((나) 출처: 청송 국가지질공원)



(가) 응회암 주상 절리



(나) 화강암 절벽



(다) 사암 공룡 발자국 화석

- (가): 화산재가 냉각되는 과정에서 부피 감소로 주상 절리가 만들어졌다.
- (나): 지표로 노출된 심성암이 풍화, 침식을 받아 형성된 화강암 절벽이 나타난다.
- (다): 중생대에 만들어진 공룡 발자국 화석이 비스듬하게 기울어진 절벽을 따라 나타난다.

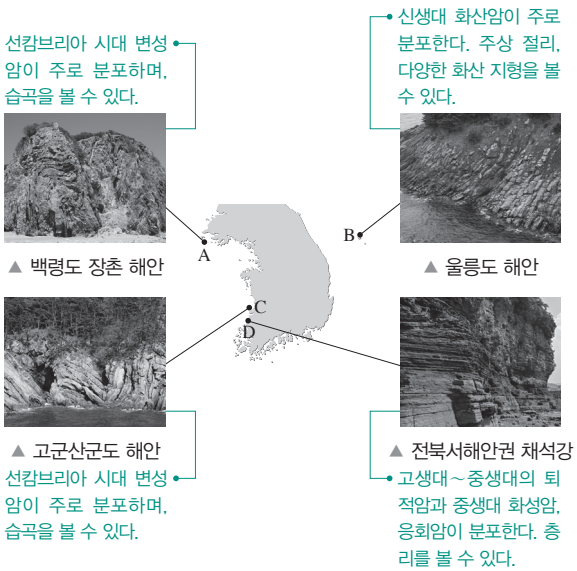
ㄱ. 응회암은 화산재가 쌓여 만들어진 퇴적암이며, 주상 절리는 뜨거운 화산재가 식어 부피가 수축하는 과정에서 만들어졌다.

바로알기 | ㄴ. 화강암은 지하 깊은 곳에서 서서히 냉각되어 만들어진다. 현재는 지표로 노출되어 절벽을 이루고 있다.

ㄷ. 공룡은 육상 생물이므로 과거 이 지역은 육상 퇴적 환경이었다.

388 ㄱ. (가)의 암석은 화산재가 쌓여 만들어진 응회암이다.
ㄷ. 제주도를 이루는 암석은 모두 신생대에 형성되었으므로 (가)와 (나)의 지형도 신생대에 형성되었다.
바로알기 | ㄴ. (나)는 주로 신생대 현무암으로 이루어져 있으며 암석이 형성된 이후 심한 변성 작용이 일어나지 않았다. 따라서 습곡은 거의 관찰하기 어렵다. 단층과 습곡은 변성암 지형에서 잘 나타난다.

389



ㄱ. A와 C에서 볼 수 있는 습곡은 횡압력에 의해 형성되었다.
바로알기 | ㄴ. B의 절리는 용암이 급격하게 식으면서 부피 감소에 의해 만들어진 주상 절리이다.
ㄷ. D에서 볼 수 있는 수평 방향의 줄무늬는 층리이다.

390 ㄱ, ㄴ. 국가지질공원의 지속가능한 발전을 위해서는 지역 단체 및 주민과의 협력을 고려해야 하며, 지역의 자연, 문화, 역사 자원과 결합할 수 있는 방안을 강구해야 한다.
바로알기 | ㄷ. 지질 자원을 훼손하지 않고 보전할 수 있다면, 교육과 관광 등에 적극 활용할 수 있다.

391 모범 답안 (다), 국가지질공원은 지질 유산을 보존할 수 있는 범위 내에서 교육, 관광 등에 적극적으로 운영해야 지속가능한 발전이 가능하다.

채점 기준	배점
(다)를 고르고, 보존과 활용의 균형 있는 운영에 대해 옳게 서술한 경우	100 %
(다)만 고른 경우	40 %

392 B. 국가지질공원을 운영하는 목적은 지질, 교육, 관광 등의 프로그램을 이용하여 평생 교육의 확대, 양질의 일자리 창출, 지역 경제의 활성화 및 지속가능한 발전이다.
바로알기 | A. 관광객 유치를 위한 과도한 편의 시설 설치는 지질공원의 자연 환경을 유지, 보존하는 것과 상충할 수 있으므로 주의해야 한다.
C. 국가지질공원의 활용 방안을 고려할 때, 경제적 가치뿐만 아니라 환경 보존도 함께 고려해야 한다.

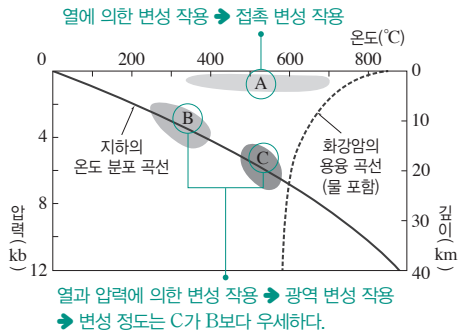
최고 수준 도전 기출 113쪽

393 ① 394 ③ 395 ⑤ 396 ①

393 ㄱ. ㉠은 마그마가 혼합되어 형성된 안산암질 마그마이고, ㉡은 물이 공급되어 형성된 현무암질 마그마이다.
바로알기 | ㄴ. a → a′ 과정은 열에 의해 유문암질 마그마가 생성되는 과정이며, 주로 대륙 지각 하부에서 잘 일어난다.
ㄷ. b → b′ 과정은 맨틀 물질에 물이 공급되어 일어나므로 맨틀 물질의 온도 변화와 관계없다.

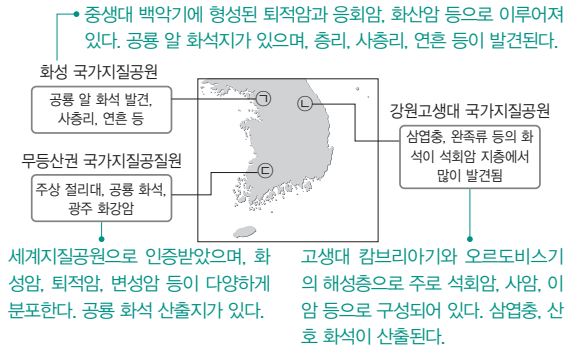
394 이 지역에서 지각 변동의 순서는 습곡 → 단층 f–f' → 부정합 → 퇴적 → 화성암 관입 → 부정합 → A 퇴적이다.
ㄷ. 화성암의 절대 연령은 X의 반감기의 5회에 해당하는 2억 년이다. A는 화성암 관입 이후에 퇴적되었으므로 고생대 표준 화석인 방추충 화석이 산출될 수 없다.
바로알기 | ㄱ. 습곡은 횡압력에 의해 일어났고, 단층은 장력에 의해 일어난 정단층이다.
ㄴ. 화성암은 A를 관입하지 않았으므로 A의 암석 조각이 화성암 내부에서 포획암으로 발견될 수 없다.

395



ㄱ. A에서는 열에 의한 접촉 변성 작용이 일어난다.
ㄴ. 세일이 B와 C에 위치할 경우, 생성된 광물 입자의 평균 크기는 변성 정도가 더 큰 C가 B보다 크다.
ㄷ. 규암은 접촉 변성 작용과 광역 변성 작용에 의해 모두 생성될 수 있다. 따라서 규암은 A, B, C 영역에서 모두 생성될 수 있다.

396



ㄱ. ㉠에서 육상 생물 화석이 산출되므로 육상 환경에서 형성되었다.
바로알기 | ㄴ. ㉡의 화석은 석회암에서 많이 발견되며, 석회암은 화학적 퇴적암 또는 유기적 퇴적암이다.
ㄷ. ㉢에서 주상 절리는 화산암에서 발견되며, 화산암은 지표 부근에서 생성된다.

14 태양계 행성의 겉보기 운동

빈출 자료 보기 115쪽

397 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○ (7) ×

397 (1) 금성은 태양의 서쪽에 위치하므로 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다. 태양보다 먼저 떠서 태양이 뜨기 전까지 관측되는데, 최대이각이 약 48°이고 지구가 1시간에 15° 자전하므로 약 3시간($\frac{48^\circ}{15^\circ}$시간) 동안 관측 가능하다.

(2) 화성은 서구에 위치하므로 자정에 떠서 새벽에 남중한다. 화성이 서구에 위치할 때는 태양과 이각이 90°이므로 6시간($\frac{90^\circ}{15^\circ}$시간) 동안 관측 가능하다.

(5) 금성은 이날 이후 서방 최대이각에서 외합의 위치로 이동해 가므로 지구와의 거리가 멀어져 시지름이 작아진다.

(6) 화성은 동쪽 하늘에서 떠서 남쪽 하늘을 거쳐 서쪽 하늘로 진다. 서구일 때 화성은 새벽에 남중하므로, 자정에는 동쪽 하늘에서 관측된다.

바로알기 | (3) 금성이 지구보다 공전 속도가 빠르므로 다음날 금성은 지구에서 멀어지고, 화성은 지구보다 공전 속도가 느리므로 다음날 화성은 지구에 가까워진다.

(4) 금성이 서방 최대이각에 위치할 때 태양 빛이 금성의 왼쪽을 비추므로, 금성은 하현달 모양으로 관측된다.

(7) 화성은 지구보다 공전 속도가 느리므로 이날 이후 지구와 거리가 점점 가까워지면서 서구에서 충에 가까워진다.

난이도별 필수 기출 116쪽~121쪽

398 ① **399** ② **400** ③ **401** ①, ⑥ **402** ③
403 해설 참조 **404** ④ **405** ② **406** ⑤
407 해설 참조 **408** ①, ④, ⑤ **409** 해설 참조
410 ② **411** ⑤ **412** ③ **413** ㄱ, ㄴ, ㄹ
414 ②, ⑥, ⑦ **415** ⑤ **416** ⑤ **417** ①, ②
418 ② **419** ③ **420** 해설 참조 **421** 해설 참조
422 ② **423** ③
424 약 6시간 **425** 서방 최대이각, 하현달 모양(◐)
426 목성 → 금성 → 화성 **427** ⑤ **428** ④

398 ㄱ. 행성의 겉보기 운동은 지구와 행성의 공전 속도가 다르기 때문에 지구에서 볼 때 행성이 불규칙하게 움직이는 것처럼 보이는 현상이다.

ㄷ. 행성이 배경이 되는 별자리에 대해 서 → 동으로 이동하는 것을 순행, 동 → 서로 이동하는 것을 역행이라고 한다.

바로알기 | ㄴ. 유는 행성이 순행에서 역행 또는 역행에서 순행으로 움직임이 바뀔 때 행성이 정지한 것처럼 보이는 것이다.

ㄹ. 행성이 순행하거나 역행하는 것은 지구에서 보이는 겉보기 운동으로, 행성의 실제 운동이 아니다. 행성의 실제 운동인 공전의 방향은 항상 서 → 동이다.

399 ㄷ. 내행성이 태양으로부터 동쪽으로 떨어져 있는 이각이 최대일 때를 동방 최대이각이라고 한다.

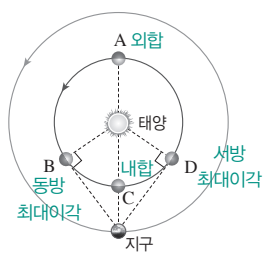
ㄹ. 내행성은 지구보다 공전 속도가 빠르므로 내행성의 상대적 위치 관계는 외합 → 동방 최대이각 → 내합 → 서방 최대이각의 순으로 변한다.

바로알기 | ㄱ. 외합은 내행성－태양－지구의 순으로 일직선을 이루는 위치로, 지구에서 내행성까지의 거리가 가장 멀다. 지구에서 내행성까지의 거리가 가장 가까울 때는 태양－내행성－지구의 순으로 일직선을 이루는 내합이다.

ㄴ. 내행성은 최대이각 내에서 공전하므로 태양 주변에서만 관측된다. 따라서 새벽이나 초저녁에만 관측되며, 한밤중에 남쪽 하늘에서는 보이지 않는다.

400 금성의 위상이 보름달에 가까운 모양으로 보이는 위치는 외합 부근이고, 상현달에 가까운 모양으로 보이는 위치는 동방 최대이각 부근이다. 따라서 이 기간 동안 금성의 위치는 외합에서 동방 최대이각으로 이동하였다.

401



- 공전 속도: 금성 > 지구
- 상대적 위치 관계 변화: A → B → C → D → A

지구와 금성 사이의 거리	관측 가능 시간
• A → B → C: 감소 • C → D → A: 증가	• A → B: 증가 • B → C: 감소 • C → D: 증가 • D → A: 감소

① A(외합)와 C(내합)에서는 태양과 금성이 같은 방향에서 보이므로, 금성이 태양과 함께 뜨고 지기 때문에 관측이 어렵다.

⑥ 금성이 D(서방 최대이각)에 위치해 있으면 새벽에 동쪽 하늘에서 볼 수 있다. 금성의 위치가 A(외합)로 이동해 감에 따라 지평선에서 뜨는 시각이 점점 늦어져 A에 위치하면 태양과 함께 뜬다.

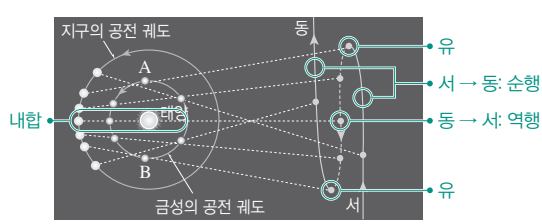
바로알기 | ② B(동방 최대이각)에서는 금성이 태양의 동쪽에 위치하며 이각이 최대이므로 초저녁에 서쪽 하늘에서 보이며 가장 긴 시간 동안 관측된다.

③ 금성이 B에서 C로 이동하는 동안 지구와의 거리가 가까워지므로 시지름이 커진다.

④ 금성은 C(내합)의 위치를 전후로 하여 역행을 한다.

⑤ D(서방 최대이각)에서는 금성이 태양의 서쪽에 위치하고 이각이 최대이므로, 새벽에 동쪽 하늘에서 보이며 태양이 금성의 왼쪽 절반을 비추므로 하현달 모양으로 관측된다.

402



ㄱ. 금성은 태양－금성－지구의 순으로 일직선을 이루는 내합을 전후로 역행한다.

ㄴ. 금성이 A와 B에 있을 때 밤하늘에서 겉보기 운동의 방향이 바뀌므로 유가 관측된다.

바로알기 | ㄷ. 금성은 내합을 전후로 역행하며, 금성의 시지름은 지구와의 거리가 가까울수록 커진다. 그림에서 금성이 A에서 B로 공전하는 동안 지구와 금성 간의 거리는 가까워졌다 멀어진다. 따라서 A에서 B로 공전하는 동안 금성의 시지름은 커지다가 작아진다.

403 **모범 답안** 내행성, 내행성은 그림과 같이 다양한 위상이 나타나며, 외행성은 항상 보름달이나 보름달에 가까운 위상으로만 관측되기 때문이다.

해설 내행성은 초승달, 그믐달, 상현달, 하현달, 보름달에 가까운 모양으로 관측되지만 외행성은 태양과 지구 사이에 위치하지 못하므로 항상 보름달이나 보름달에 가까운 위상으로만 관측된다. 따라서 갈릴레이가 관측한 행성은 내행성(금성)이다.

채점 기준	배점
내행성이라고 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
내행성이라고만 쓴 경우	30 %

404 ④ (나)에서 금성의 시지름이 커졌으므로 금성과 지구 사이의 거리는 가까워지고, 위상이 상현달에서 초승달 모양으로 변하였으므로 금성이 동방 최대이각(B)에서 내합 부근(C)으로 이동할 때이다.

바로알기 | ① A는 지구로부터 가장 멀리 있는 위치이므로 외합이고, C는 지구로부터 가장 가까이 있는 위치이므로 내합이다.

② B에 있을 때 금성은 태양보다 동쪽에 있으므로 태양보다 늦게 진다. 따라서 초저녁에 서쪽 하늘에서 보인다.

③ D에 있을 때 태양과 금성 사이의 이각이 48°이므로 약 3시간($\frac{48^\circ}{15^\circ}$ 시간) 동안 관측할 수 있다.

⑤ 금성이 상현달 모양인 동방 최대이각(B)에서 초승달 모양인 내합 부근(C)으로 이동하는 동안 태양과 금성 사이의 이각이 감소하므로 금성을 관측할 수 있는 시간은 짧아졌다.

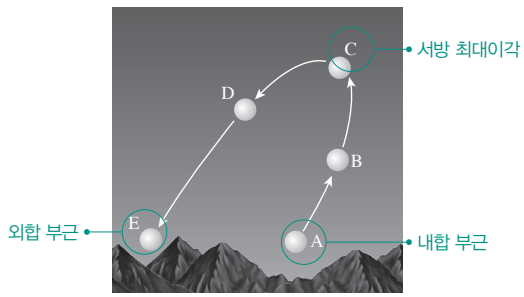
405 금성의 상대적인 위치에 따라 금성의 위상은 삭(내합) → 그믐달 모양 → 하현달 모양(서방 최대이각) → 보름달 모양(외합 부근) → 상현달 모양(동방 최대이각) → 초승달 모양 → 삭(내합) 순으로 변한다.

ㄴ. 금성이 내합을 지나 서방 최대이각의 위치로 이동함에 따라 금성의 위상은 그믐달 모양에서 점차 하현달 모양이 된다. 따라서 금성을 관측한 순서는 (다) → (나) → (가) 순이다.

바로알기 | ㄱ. (가)~(다)는 금성이 내합과 서방 최대이각 사이에 위치할 때이므로 해 뜨기 전에 관측한 것이다.

ㄷ. 지구와 금성 사이의 거리는 (다)일 때 가장 가깝다. 따라서 시지름은 (다)일 때 가장 크다.

406



금성이 동쪽 하늘에서 관측되는 때는 태양의 서쪽에 위치하는 내합 → 서방 최대이각 → 외합으로 위치가 이동할 때이다. 그림에서 고도가 가장 높은 C일 때 금성은 서방 최대이각에 위치한다.

① A는 금성이 내합 부근을 지나는 때로, 밤하늘에서 동 → 서로 이동하여 역행이 일어난다.

② 금성이 A에서 B로 이동하는 것은 내합을 지나 서방 최대이각쪽으로 이동하는 것이므로 A보다 B 위치에서 금성과 지구 사이의 거리가 멀다.

③ 금성이 C 위치(서방 최대이각)에 있을 때 태양이 금성의 왼쪽 절반을 비추므로 하현달 모양으로 보인다.

④ C에 E로 갈수록 태양과 금성의 이각이 작아지므로 관측 가능 시간이 점점 짧아진다.

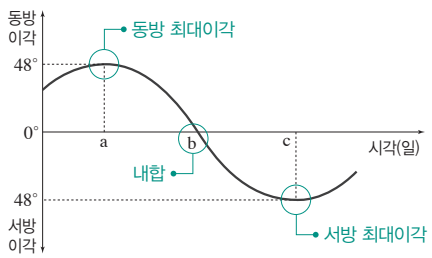
바로알기 | ⑤ E 부근에서 금성은 서에서 동으로 이동하므로 점점 늦게 뜬다.

407 **모범 답안** 이각은 증가하고, 시지름은 감소한다.

해설 금성이 동쪽 하늘에서 관측될 때는 태양보다 먼저 뜨므로 태양의 서쪽에 위치할 때이다. 금성이 A에서 B로 진행하는 것은 내합을 지나 서방 최대이각으로 이동할 때이다. 따라서 태양과의 이각은 증가하고, 지구로부터 거리가 멀어지면서 시지름은 감소한다.

채점 기준	배점
금성의 이각과 시지름의 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
금성의 이각과 시지름의 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

408



- a → b: 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측, 시지름 증가
- b → c: 새벽에 동쪽 하늘에서 관측, 시지름 감소

① 금성이 동방 최대이각(a)에 위치할 때 태양이 금성의 오른쪽을 비추므로, 위상은 상현달 모양이다.

④ 금성이 서방 최대이각(c)에 위치할 때는 태양보다 먼저 뜨므로 해 뜨기 전에 관측할 수 있다. 그리고 최대이각이 48°이고 지구는 1시간에 15° 자전하므로 약 3시간($\frac{48^\circ}{15^\circ}$시간) 동안 관측할 수 있다.

⑤ b → c 기간 동안에는 금성이 태양의 서쪽에 위치하므로 태양보다 일찍 뜬다. 따라서 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다.

바로알기 | ② b 시기에 금성은 내합에 위치하며, 내행성은 내합을 전후로 역행한다.

③ a → b 기간에 금성은 동방 최대이각에서 내합으로 이동하므로 지구와의 거리가 가까워지기 때문에 시지름이 증가한다.

409 **모범 답안** 역행, 이날 금성은 내합 부근을 통과하고 있으므로 밤하늘에서 역행하고 있음을 알 수 있다.

채점 기준	배점
금성의 겉보기 운동과 그렇게 생각한 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
금성의 겉보기 운동만 옳게 쓴 경우	30 %

410 ㄷ. C 시기에 수성은 외합 위치에서 동방 최대이각 위치를 지나 내합 위치에 이르게 되므로 이각은 증가하다가 감소한다.

바로알기 | ㄱ. A 시기에는 서방 이각에 위치하고 외합에 가까이 다가가는 시기이므로 수성은 지구와의 거리가 멀어진다.

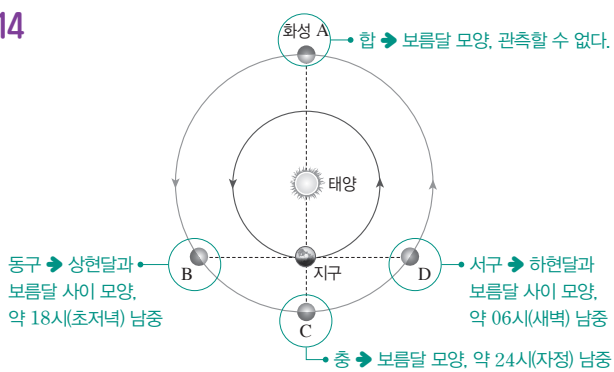
ㄴ. A 시기에 동쪽 하늘에서 관측되다가 C 시기에 서쪽 하늘에서 관측되었으므로 수성은 A 시기에 태양의 서쪽에 위치하다가 C 시기에 태양의 동쪽에 위치하게 되었다. 따라서 B 시기에는 외합 위치를 통과하고 있으므로 태양과의 이각이 0이어서 관측되지 않은 것이다.

411 ① 1월 1일에 금성이 태양보다 나중에 뜨므로 금성은 태양보다 동쪽에 있다.
② 1월 10일경에 금성의 위치가 내합이므로 금성과 지구 사이의 거리가 가장 가깝다.
③ 2월 1일에 금성이 태양보다 먼저 뜨므로 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다.
④ 2월 1일보다 3월 1일에 금성과 태양이 뜨는 시각 차이가 더 크다. 따라서 이각은 2월 1일보다 3월 1일이 더 크다.
바로알기 | ⑤ 금성이 상현달 모양으로 보이는 때는 동방 최대이각에 위치할 때이다. 4월 1일에 금성은 태양의 서쪽에 위치하므로 상현달 모양으로 보일 수 없다.

412 화성이 태양의 정반대 쪽인 충에 위치해 있을 때에는 보름달 모양을 이루고, 가장 크고 밝게 보인다. 또, 초저녁에 동쪽 지평선에서 떠서 자정에 남쪽 하늘에서 관측되며 새벽에 서쪽 지평선으로 지므로 관측할 수 있는 시간이 가장 길다. 한편, 화성이 충 부근에 위치할 때에는 밤하늘에서 역행하는 것으로 관측된다.

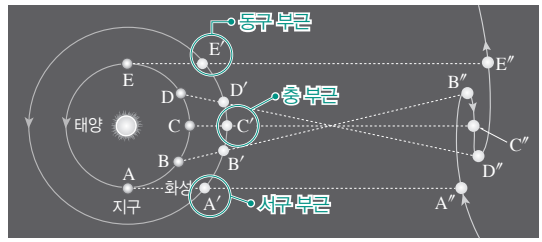
413 ㄱ. 충은 태양－지구－외행성의 순으로 일직선을 이루는 위치로, 지구에서 외행성까지의 거리가 가장 가깝다. 충에 위치할 때는 외행성이 가장 크고 밝게 보이며, 보름달 모양으로 보인다.
ㄴ. 지구에서 볼 때 태양과 외행성이 직각을 이루는 위치를 구라고 하며, 태양의 서쪽에 있는 구를 서구라고 한다.
ㄹ. 외행성의 공전 속도가 지구의 공전 속도보다 느리므로 외행성의 상대적 위치 관계는 행성의 공전 방향과 반대로 충 → 동구 → 합 → 서구의 순으로 변한다.
바로알기 | ㄷ. 외행성은 보름달이나 보름달에 가까운 모양으로만 보인다.

414



② B(동구)일 때 태양보다 약 6시간 늦게 뜨고 지므로 해가 질 무렵에 남중한다.
⑥ C에서 화성의 위상은 보름달 모양이고, 지구에서 거리가 가장 가까우므로 가장 밝고 크게 보인다.
⑦ C(충)일 때 외행성은 태양의 정반대 방향에 위치하므로 초저녁부터 새벽까지 관측할 수 있다.
바로알기 | ① A(합)일 때 외행성－태양－지구의 순으로 놓여 화성의 이각은 0°이다.
③ B는 동구, D는 서구이다.
④ 화성이 B에 있을 때는 초저녁에 남중하므로 정오에 떠서 자정에 진다. 따라서 초저녁부터 자정까지 관측할 수 있다.
⑤ 화성이 A와 B 사이에 있을 때도 태양이 화성의 절반 이상을 비추므로 보름달에 가까운 모양으로 보인다. 행성이 초승달이나 그믐달로 보이는 때는 태양과 지구 사이에 위치할 때이다. 외행성은 태양과 지구 사이에 위치하지 않으므로 보름달 또는 보름달에 가까운 모양으로만 관측된다.
⑧ 화성의 남중 시각은 B에 있을 때 초저녁(저녁 6시경), C에 있을 때 자정(밤 12시경), D에 있을 때 새벽(새벽 6시경)이다.
⑨ D(서구)일 때 햇빛이 외행성을 비추는 방향과 관측자가 바라보는 시선 방향이 90°보다 작은 각을 이루기 때문에 외행성의 위상은 하현달과 보름달 사이가 된다.
⑩ 화성은 지구보다 공전 속도가 느리기 때문에 지구와 화성의 상대적인 위치 관계는 A → D → C → B 순으로 변한다.

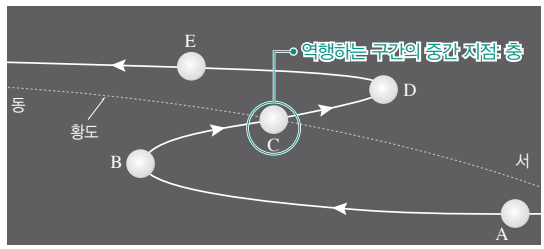
415



B″~D″: 역행

ㄱ. 화성은 B″~D″ 구간에서 역행하며, 역행의 중심은 충(C″)이다.
ㄴ. 화성이 서구(A′) 부근에 있을 때는 배경 별자리에 대해 서에서 동으로 순행한다.
ㄷ. 화성의 역행이 나타나는 것은 지구의 공전 속도가 화성의 공전 속도보다 빠르기 때문이다.

416



- A → B: 순행
- B: 유
- B → C → D: 역행
- D: 유
- D → E: 순행

① A에서 B까지 목성이 서에서 동으로 이동하므로 순행한다.
② 목성은 역행의 중간 지점인 C 부근일 때 충에 위치한다. 외행성은 합 → 서구 → 충 → 동구 → 합의 순서로 위치 관계가 변하므로, 합에서 C에 이르는 사이에 서구 위치를 통과하였다.
③ 목성이 충의 위치인 C 부근에 있을 때 태양이 질 때 떠서 태양이 뜰 때 지므로 약 12시간 동안 관측이 가능하다. 따라서 C에 있을 때 관측 가능 시간이 가장 길다.
④ 목성이 충의 위치인 C 부근에 있을 때 지구로부터 가장 거리가 가까우므로, 시지름이 가장 크다.
바로알기 | ⑤ D~E에 있을 때는 충을 통과한 후 동구 부근의 위치이므로, 해진 후 초저녁에 관측된다.

417 ① 금성은 이날 이후 서방 최대이각에서 외합의 위치로 이동해가므로 지구와의 거리가 멀어져 시지름이 작아진다.
② 화성은 동쪽 하늘에서 떠서 남쪽 하늘을 지나 서쪽 하늘로 진다. 동구일 때 화성은 초저녁에 남중하므로, 자정에는 서쪽 하늘에서 관측된다.

바로알기 | ③ 금성은 태양의 서쪽에 위치하므로 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다.
④ 화성은 지구보다 공전 속도가 느리므로 이날 이후 지구와 거리가 점점 멀어지면서 합에 가까워진다.
⑤ 금성이 서방 최대이각에 위치할 때 우리나라에서 관측하면 태양 빛이 금성의 왼쪽을 비추므로, 금성은 하현달 모양으로 관측된다.

418 ① 금성은 화성과 달리 태양 부근에서만 관측되므로 한밤중에는 관측할 수 없다.
③ 금성과 화성이 각각 C와 F에 위치할 때는 태양보다 서쪽에 위치하므로 새벽에 각각 동쪽과 남쪽 하늘에서 관측할 수 있다.
④ 금성이 B와 D, 화성이 G에 위치할 때는 태양과 같은 방향에 위치하므로 태양과 같은 시각에 뜨고 진다.
⑤ 내행성은 내합 부근, 외행성은 충 부근에서 역행한다. 따라서 금성은 B 부근에서 역행하고, 화성은 E 부근에서 역행한다.
바로알기 | ② 행성은 태양에서 떨어진 각이 클수록 관측 가능한 시간이 길다. 따라서 내행성은 최대이각에 위치할 때, 외행성은 충에 위치할 때 가장 오랜 시간 관측할 수 있으므로, 금성을 가장 오랜 시간 관측할 수 있는 위치는 A 또는 C이고, 화성을 가장 오랜 시간 관측할 수 있는 위치는 E이다.

419 그림에서 금성은 내합, 화성은 충에 위치한다.
ㄱ. 그림에서 금성과 화성은 모두 지구에서 가장 가까운 거리에 위치해 있으므로, 시지름이 최대가 된다.
ㄴ. 내행성은 내합을 전후로, 외행성은 충을 전후로 역행을 한다. 따라서 금성과 화성은 배경 별자리에 대해 역행한다.
바로알기 | ㄷ. 금성이 내합의 위치에 있으면 태양과 함께 뜨고 지므로 관측하기 어렵다. 하지만 화성이 충의 위치에 있으면 태양이 질 때 떠서 태양이 뜰 때 지므로 관측할 수 있는 시간(약 12시간)이 가장 길다.

420 **모범 답안** C 부근, 화성은 지구와 거리가 가장 가까운 충에서 가장 크고 밝게 보이는데, 이때는 밤하늘에서 역행이 일어나므로 역행이 일어나는 구간의 중심인 C 부근에서 가장 크고 밝게 관측된다.
해설 외행성의 겉보기 운동이 동 → 서로 역행하는 구간은 충 부근에서 나타난다. 따라서 화성은 C에 있을 때 충 부근에 위치하고, 이때 지구와 거리가 가장 가까워서 보름달 모양으로 가장 크고 밝게 관측된다.

채점 기준	배점
화성이 가장 크고 밝게 관측되는 위치와 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
화성이 가장 크고 밝게 관측되는 위치만 옳게 서술한 경우	30 %

421 **모범 답안** 화성의 상대적 위치는 충이고, 밤하늘에서 동에서 서로 이동하는 역행이 나타난다.
해설 이날 달은 태양의 반대편에 위치하여 달의 위상은 보름달이다. 이날 화성도 지구를 사이에 두고 태양의 반대쪽에 위치하므로 충의 위치에 있다. 외행성은 충의 위치에 있을 때 역행이 나타난다.

채점 기준	배점
화성의 상대적 위치와 겉보기 운동을 옳게 서술한 경우	100 %
화성의 상대적 위치만 옳게 쓴 경우	40 %

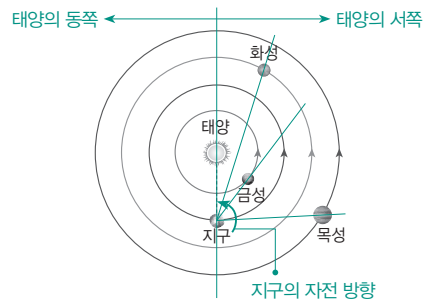
422 A와 C 시기에는 시지름이 가장 크므로 화성의 위치는 충이고, B 시기에는 시지름이 가장 작으므로 화성의 위치는 합이다. 외행성의 위치 관계는 충 → 동구 → 합 → 서구 순으로 변하므로 A와 B 사이에 동구, B와 C 사이에 서구에 위치한다.
ㄷ. B → C 기간 동안에는 화성의 시지름이 증가하므로 지구와의 거리가 가까워졌다.
바로알기 | ㄱ. A → B 기간 동안 화성의 시지름이 감소하므로 화성은 충 → 동구 → 합으로 이동하였다. 이 기간 동안 화성은 태양의 동쪽에 위치하므로 초저녁부터 관측된다.
ㄴ. 화성이 B(합 부근)에 있을 때는 태양과 함께 뜨고 지므로 화성을 관측하기 어렵다. 화성을 가장 오래 관측할 수 있는 때는 충에 위치하는 A, C 시기이다.

423 ㄱ. 화성은 이 기간 동안 합 부근에 있으므로 순행하였다.
ㄷ. 이각은 지구에서 볼 때 행성과 태양이 이루는 각도를 말한다. 6월 말에 수성의 이각이 화성의 이각보다 크다.
바로알기 | ㄴ. 6월 첫째 날 금성은 동방 이각에 위치하므로 이 기간 동안 내합 쪽으로 이동한다. 내합에 가까워지면 금성이 점점 크게 보이므로 시지름은 증가하였다.

424 화성이 태양에 대해 동쪽 직각 방향에 있으므로 동구에 있다. 외행성이 동구에 있을 때는 초저녁(저녁 6시경)에 남쪽 하늘에서 보이고, 자정(밤 12시경)에는 서쪽 지평선으로 지므로 약 6시간 동안 관측할 수 있다.

425 화성에서 지구를 관측하면 지구는 내행성에 해당하며 태양의 서쪽으로 가장 각거리가 먼 곳에 위치하므로 서방 최대이각의 위치에 있다. 따라서 지구의 위상은 하현달 모양( )으로 관측된다.

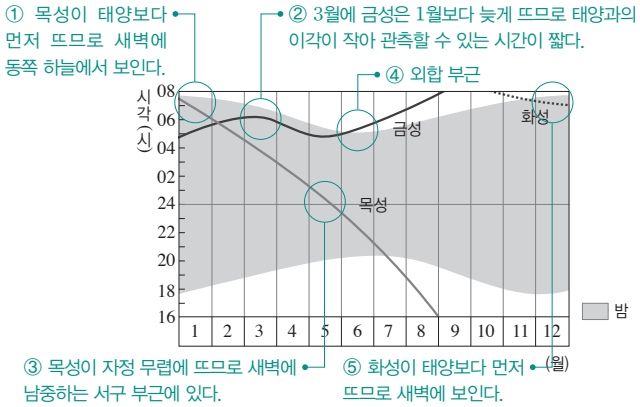
426 금성, 화성, 목성은 모두 태양의 서쪽에 있으므로 태양보다 먼저 뜨고 진다.



각 행성이 태양과 이루는 각(이각)을 측정해 보면 목성, 금성, 화성 순으로 이각이 작아진다. 따라서 자정 무렵 행성을 관측할 때 이각이 가장 큰 목성이 먼저 떠오르고, 금성과 화성 순으로 동쪽에서 뜬다.

427 이날 달은 초승달이다. 행성이 동방 이각에 위치할 때, 내행성은 지구와의 거리가 가까워지지만, 외행성은 멀어진다.
ㄱ. 초승달은 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측되므로 초저녁에 관측한 모습이다.
ㄴ. 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측되는 화성은 동방 이각에 위치하므로 다음 날 지구와의 거리가 멀어진다. 따라서 다음 날 화성의 시지름은 작아진다.
ㄷ. 이날 금성과 화성은 모두 동방 이각에 위치하며 금성은 화성보다 지구로부터 가까운 곳(동방 최대이각과 내합 사이)에 위치한다. 그런데 다음 날 금성은 지구와의 거리가 가까워지고 화성은 지구와의 거리가 멀어지므로 화성과 금성 사이의 거리는 멀어진다.

428



④ 내행성이 태양과 뜨는 시각이 같을 때는 외합 또는 내합이다. 6월 초순 이전에는 금성이 태양보다 먼저 뜨고(태양의 서쪽에 위치), 이후에는 태양보다 나중에 뜨므로(태양의 동쪽에 위치) 6월 초순에 금성은 외합 부근에 있다.

15 태양, 지구, 달 시스템에서의 식 현상

빈출 자료 보기 123쪽

429 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ×

430 (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) ×

429 (1) a는 태양에서 오는 빛이 전부 가려져 생기는 달의 본그림자이고, b는 빛의 일부가 가려져 생기는 달의 반그림자이다.

(2) A는 지구상의 본그림자 지역이므로 개기일식이 관측된다.

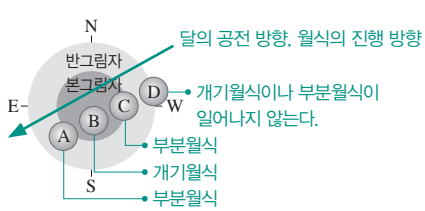
(5) 지구와 달은 타원 궤도로 공전하므로 삭일 때 태양과 지구, 지구와 달 사이의 거리가 일정하지 않다. 따라서 지구와 달 사이의 거리가 멀 때 달의 시지름이 태양의 시지름보다 작으면 달이 태양 전체를 가리지 못하고 (나)처럼 태양의 가장자리가 고리 모양으로 관측되는 금환일식이 나타난다.

바로알기 | (3) 일식이 일어나는 날 달의 상대적인 위치는 태양–달–지구이므로 달의 위상은 삭이다.

(4) 코로나는 개기일식이 일어나는 A 지역에서 잘 관측된다. B 지역은 부분일식이 일어나므로 코로나를 관측하기 어렵다.

(6) (나)에서 밝게 보이는 가장자리는 태양의 표면이다.

430



(4) 월식은 달이 지구의 그림자에 가려지는 현상이므로 지구에서는 밤이 되는 모든 지역에서 월식을 관측할 수 있다.

바로알기 | (1) 월식은 태양–지구–달의 순으로 일직선을 이룰 때 일어나므로 달의 위상은 망(보름달)이다.

(2) 달의 전체가 지구의 본그림자 속에 들어간 B에서는 개기월식이 일어나고, 달의 일부분만 지구의 본그림자 속에 들어간 A와 C에서는 부분월식이 일어난다. D에서는 달의 밝기가 조금 감소할 뿐 개기월식이나 부분월식이 일어나지 않는다.

(3) A에 있을 때는 달의 서쪽 부분이 지구 본그림자 속에 있으므로 달의 서쪽 부분이 어둡게 나타난다.

(5) 달의 공전 궤도면인 백도면이 지구의 공전 궤도면인 황도면에 대해 약 5° 기울어져 있으므로 매달 망일 때마다 월식이 일어나지는 않는다.

(6) 달은 지구 주위를 서에서 동으로 공전하므로 달은 서에서 동으로 D → C → B → A 방향으로 이동하였다.

난이도별 필수 기출 124쪽~127쪽

431 ② **432** (나) → (가) → (다) **433** ③ **434** ② **435** ②
436 ① **437** ④ **438** ③ **439** ① **440** ③
441 ③, ④, ⑥ **442** ④ **443** 해설 참조 **444** ②
445 ③ **446** ③ **447** 해설 참조 **448** ② **449** ③

431 ㄴ. 달은 지구 주위를 서에서 동으로 공전하므로 일식이 일어날 때는 태양의 서쪽(북반구에서 볼 때 태양의 오른쪽)부터 가려진다.

바로알기 | ㄱ. 일식은 태양–달–지구의 순으로 일직선을 이루어 달이 태양을 가리는 현상이므로 달의 위상이 삭일 때 일어난다.

ㄷ. 개기일식은 달이 태양의 표면(광구)을 완전히 가리는 현상이다. 따라서 개기일식이 일어날 때 태양의 표면을 관측할 수 없고, 태양의 대기를 관측할 수 있다.

432 (나)와 (다)는 부분일식이 일어난 상태이고, (가)는 개기일식이 일어난 상태이다. 달은 지구 주위를 서에서 동으로 공전하므로 일식이 일어날 때 태양은 서쪽부터 가려지므로 관측한 순서는 (나) → (가) → (다)이다.

433 ㄱ. 달의 본그림자에 해당하는 A에서는 개기일식이 일어나므로 태양의 코로나를 볼 수 있다.

ㄷ. 일식은 달의 위상이 삭일 때 달이 태양을 가리는 현상이다.

바로알기 | ㄴ. 달의 반그림자에 해당하는 B에서는 부분일식을 볼 수 있다.

434 ㄴ. 개기일식 때 태양을 관측하면 달에 의해 태양의 광구가 가려져 코로나를 볼 수 있다.

바로알기 | ㄱ. 일식은 북반구에서 관측할 때 태양의 오른쪽(서쪽) 부분부터 가려지므로 일식의 진행 방향은 A이다.

ㄷ. 개기일식은 달의 본그림자 영역에 위치한 지역에서 관측 가능하다. 따라서 이 지역은 이날 달의 본그림자 영역에 위치하였다.

✓ 개념 보충

일식과 월식의 진행 방향

달은 지구 주위를 서쪽 → 동쪽(시계 반대 방향)으로 공전한다. 일식은 달의 위상이 삭일 때 일어나며 일식이 일어날 때는 태양의 서쪽(북반구에서 볼 때 태양의 오른쪽)부터 가려지고, 월식은 달의 위상이 망일 때 일어나며 월식이 일어날 때는 달의 동쪽(북반구에서 볼 때 달의 왼쪽)부터 가려진다.

435 ㄴ. 북반구에서 일식이 진행될 때 태양의 오른쪽(서쪽)부터 가려지므로 c(A) → b(B) → a(C)의 순으로 일식이 진행되었다.

바로알기 | ㄱ. 일식은 태양－달－지구의 순으로 일직선상에 놓여 달이 태양을 가리므로, 달의 위상이 삭일 때 발생한다.

ㄷ. B에서 b와 같은 부분일식이 일어났으므로 관측자는 달의 반그림자 영역에 위치하였다.

436 (가)는 개기일식, (나)는 금환일식이다.

ㄱ. 금환일식은 지구와 달 사이의 거리가 멀어져 달의 시지름보다 태양의 시지름이 클 때 일어나므로, 지구와 달 사이의 거리는 개기일식 때보다 금환일식일 때가 더 멀다.

바로알기 | ㄴ, ㄷ 일식이 진행되는 동안 태양 표면의 밝기 변화는 개기일식일 때 가장 크며, 일식이 일어나는 동안 달은 태양을 서에서 동으로 지나간다.

437 (가)는 금환일식, (나)는 부분일식, (다)는 개기일식이다.

④ 일식은 달의 위상이 삭일 때 일어난다.

바로알기 | ① 금환일식은 달의 시지름이 태양의 시지름보다 작을 때 일어난다.

② 부분일식은 달의 반그림자에 위치한 지역에서 관측된다.

③ 개기일식은 달의 본그림자에 위치한 지역에서 관측된다.

⑤ (다)에서 밝게 보이는 부분은 태양의 대기인 코로나이다.

438 ㄱ. 일식은 달의 위상이 삭일 때 일어나므로 이날은 음력 1일경이다.

ㄷ. 같은 날 관측되는 일식이라도 태양과 달의 시지름이 거의 같으면 일부 지역에서는 개기일식이 일어나고, 일부 지역에서는 금환일식이 일어나기도 하는데, 이 현상을 혼성일식이라고 한다. 지구의 표면은 곡면이므로, 달과 지표면 사이의 거리는 B 지역이 A 지역이나 C 지역보다 가깝다. 따라서 달의 이동에 따라 A 지역에서 금환일식, B 지역에서 개기일식, C 지역에서 다시 금환일식이 나타나는 혼성일식이 일어난다.

바로알기 | ㄴ. 지표면에서 달까지의 거리는 A 지역보다 B 지역에서 가까우므로 달의 시지름은 A 지역보다 B 지역에서 크다.

439 개기일식은 달의 본그림자 지역에서 관측된다. 금환일식은 태양의 시지름이 달의 시지름보다 클 때 관측될 수 있다.

ㄱ. 일식은 태양－달－지구의 순으로 일직선상에 위치할 때 일어나므로 달의 위상은 삭이다.

바로알기 | ㄴ. 개기일식은 달의 시지름이 태양의 시지름과 같거나 클 때 관측되며, 금환일식은 태양의 시지름이 달의 시지름보다 클 때 태양의 가장자리가 고리 모양으로 관측되는 현상이다.

ㄷ. 태양의 대기인 코로나는 광구에 비해 매우 희미하다. 따라서 맨눈으로 코로나를 볼 수 있으려면 광구가 완전히 가려져야 한다. (나)의 개기일식이 일어날 때는 태양의 광구가 달에 의해 완전히 가려지지만, (가)의 금환일식이 일어날 때는 광구의 가장자리가 가려지지 않는다. 따라서 맨눈으로 태양의 코로나를 볼 수 있는 경우는 (나)이다.

440 ㄱ. 태양이 100 % 가려지는 A에서는 개기일식이 진행되는 동안 맨눈으로 코로나를 관측할 수 있다.

ㄷ. 우리나라에서는 10시 50분경에 최대 약 80 %가 가려지는 부분일식을 관측할 수 있다.

바로알기 | ㄴ. 지구에 비치는 달의 그림자는 서에서 동으로 이동하므로 A에서 B로 이동한다.

✓ 개념 보충

지구 표면에서 달그림자의 이동 경로

지구는 서에서 동으로 자전하며, 최대 자전 속도는 적도에서 약 1670 km/h이다. 지구에 드리운 달그림자는 지구 표면을 약 1700 km/h의 속도로 서에서 동으로 이동한다. 이처럼 달그림자의 이동 속도가 지구의 자전 속도보다 빠르므로 달그림자는 지구 표면에서 서에서 동으로 이동한다.

441 ③ 달이 서 → 동으로 공전하기 때문에 일식이 시작될 때는 태양의 서쪽부터 가려진다.

④ 월식은 태양－지구－달의 순으로 일직선을 이룰 때 달이 지구의 그림자 속으로 들어가며 생긴다.

⑥ 월식은 달이 지구의 그림자에 가려지는 현상으로 달의 위상이 망일 때 일어나며, 지구상의 밤인 지역 어느 곳에서나 관측할 수 있다.

바로알기 | ①, ⑦ 일식은 삭, 월식은 망일 때 일어나므로 일식이 일어난 날 자정에는 월식이 일어날 수 없다.

② 일식은 월식에 비하여 지속 시간이 짧다.

⑤ 부분월식은 달의 일부가 지구의 본그림자 속으로 들어갈 때 나타난다. 달이 지구의 반그림자 속으로 들어갈 때는 반영식이 나타난다.

⑧ 황도면과 백도면이 약 5° 기울어져 있으므로 매달 삭과 망일 때마다 일식과 월식을 관측할 수 있는 것은 아니다.

442 ㄱ. A에서는 달 전체가 지구의 본그림자 속에 있으므로 개기월식이 일어난다.

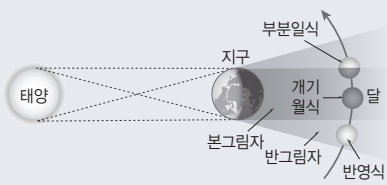
ㄷ. 태양－지구－달의 순으로 배열되므로 달의 위상은 망(보름달)이다. 보름달은 초저녁부터 새벽까지 관측된다.

ㄹ. 월식은 지구상에서 밤인 모든 지역에서 관측할 수 있다.

바로알기 | ㄴ. B에서는 달의 일부가 지구의 반그림자 속에 있으므로 반영식이 일어나 달의 밝기가 약간 어두워질 뿐 부분월식은 일어나지 않는다.

✓ 개념 보충

월식



- 월식은 망일 때 일어날 수 있다.
- 월식은 밤이 되는 지구상의 모든 지점에서 관측할 수 있다.(일식보다 자주 관측된다.)
- 지구의 본그림자에 의해 달이 완전히 가려지면 개기월식을, 지구의 본그림자에 의해 달의 일부가 가려지면 부분월식을 관측할 수 있다.
- 월식은 달의 동쪽부터 가려진다.
- 지구의 공전 궤도면(황도면)과 달의 공전 궤도면(백도면)이 일치하지 않기 때문에 매달 일식과 월식이 나타나지는 않는다.

443 **모범 답안** 달의 전체 또는 일부가 지구의 반그림자 영역에 들어가면 반영식이 일어나며, 이때는 달의 밝기가 약간 감소할 뿐 맨눈으로는 식 현상을 인식하기 어렵다.

채점 기준	배점
반영식이 일어난다고 쓰고, 달의 변화를 옳게 서술한 경우	100 %
반영식이 일어난다고만 쓴 경우	50 %

444 ㄷ. (나)는 개기월식으로, 달이 붉게 보이는 것은 지구 대기에서 굴절된 긴 파장의 붉은 빛이 달에 도달하였기 때문이다.

바로알기 | ㄱ. 달은 서에서 동으로 공전하므로 월식이 일어날 때 북반구에서는 달의 왼쪽(동쪽)부터 가려진다. 따라서 (다) → (나) → (가)로 진행되었다.

ㄴ. (가)와 (다)는 달의 일부가 지구의 본그림자 속에 들어간 부분월식이다. 달의 전부 또는 일부가 지구의 반그림자 속에 들어가면 달의 밝기만 약간 어두워지는 반영식이 일어난다.

445 ㄱ. 월식은 달이 지구의 그림자에 가려지는 현상으로, 태양－지구－달의 순으로 일직선상에 위치하여 달의 위상이 망일 때 나타난다.

ㄷ. 월식이 일어날 때 달이 서에서 동으로 이동하며 지구의 그림자 속으로 들어가므로 북반구에서는 달의 동쪽(왼쪽)부터 가려지기 시작한다. 따라서 A가 B보다 먼저 관측된 것이다.

바로알기 | ㄴ. 보름달은 태양이 지는 초저녁에 동쪽 하늘에서 떠서 태양이 뜨는 새벽에 서쪽 하늘로 진다. 따라서 월식은 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측할 수 없다.

446 ㄱ. A에 있을 때 달은 태양－달－지구의 순으로 일직선을 이루는 삭의 위치이므로 일식이 일어난다.

ㄴ. B에 있을 때 달은 지구의 본그림자에 들어가 있으므로 개기월식이 일어난다.

바로알기 | ㄷ. 일식이 일어난 날은 달이 삭의 위치일 때이고, 이때 달은 태양과 같이 뜨고 지므로 달을 관측할 수 없다.

447 모범 답안 지구의 공전 궤도면과 달의 공전 궤도면이 약 5° 기울어져 있어 달의 위상이 삭이나 망일 때마다 태양, 지구, 달이 같은 평면상에 놓이지는 않기 때문이다.

해설 지구의 공전 궤도면(황도면)과 달의 공전 궤도면(백도면)이 일치하지 않고 5° 정도 기울어져 있으므로 달의 위상이 삭이나 망일 때마다 태양, 지구, 달이 일직선으로 배열되지는 않는다.

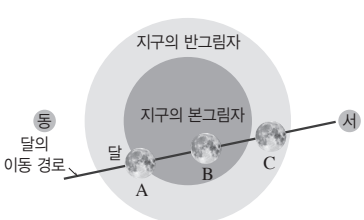
채점 기준	배점
황도면과 백도면의 기울기 차이와 태양, 지구, 달이 항상 일직선상에 놓이지는 않음을 모두 포함하여 서술한 경우	100 %
황도면과 백도면이 기울어져 있기 때문이라는 내용을 포함하여 서술한 경우	50 %
태양, 지구, 달이 같은 평면 또는 일직선상에 항상 배열되는 것은 아니기 때문이라는 내용을 포함하여 서술한 경우	50 %

448 ㄷ. 달이 C에 위치할 때 태양－지구－달 순으로 일직선상에 위치하며, 달이 지구의 본그림자 속에 위치하므로 개기월식이 일어난다.

바로알기 | ㄱ. 달이 A에 위치할 때 태양－달－지구 순으로 위치하지만 같은 평면에 위치하지 않으므로 일식이 일어나지 않는다.

ㄴ. 달이 A, B에 위치할 때 위상은 삭으로 같다.

449



• 달은 백도를 따라 C → B → A 방향으로 이동한다.
• A는 부분월식, B는 개기월식, C는 반영식이 일어난다.

북반구에서 월식을 관측하면 달은 지구 그림자를 기준으로 오른쪽(서쪽)에서 왼쪽(동쪽)으로 이동한다. 따라서 달 표면의 왼쪽부터 지구의 본그림자에 의해 가려지기 시작한다.

③ B일 때 달 전체가 지구의 본그림자에 들어간다. 이때 개기월식이 관측되며 지구에서는 희미한 붉은색 달을 볼 수 있다.

바로알기 | ① 월식은 태양－지구－달 순으로 일직선상에 위치할 때 일어나므로 달의 위상은 망이다.

② 달은 지구 주위를 서에서 동으로 공전하므로 달의 이동 방향은 C → B → A이다.

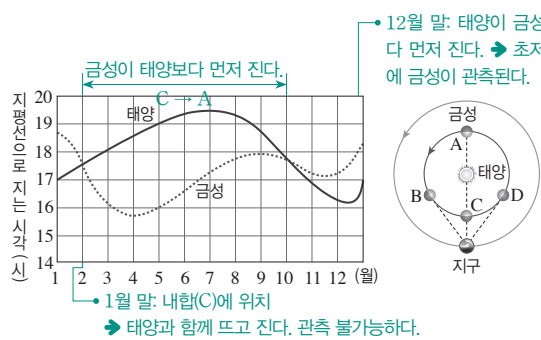
④ 부분월식은 달의 일부분이 지구의 본그림자에 들어갈 때 일어난다. 따라서 A일 때 부분월식이 관측된다. C일 때는 달이 지구의 반그림자에 들어가므로 반영식이 나타난다.

⑤ 달은 밤하늘에서 백도(달의 공전 궤도)를 따라 서에서 동으로 이동한다.

최고 수준 도전 기출 128쪽~129쪽

450 ② **451** ② **452** ③ **453** ③ **454** ② **455** ⑤
456 ④ **457** ③ **458** 해설 참조

450



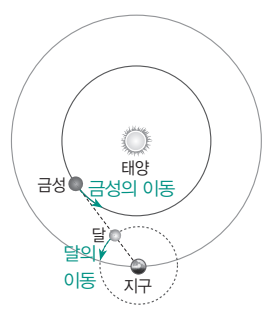
1월 말경에 태양과 금성이 지는 시각이 같고, 이후에는 금성이 태양보다 먼저 지는 것으로 보아 1월 말경에 금성은 내합에 위치한다. 10월 초에 태양과 금성이 지는 시각이 같고, 이후에는 태양이 금성보다 먼저 지는 것으로 보아 10월 초에 금성은 외합에 위치한다.

ㄴ. 1월 말경에 내합, 10월 초에 외합의 위치에 있으므로 2월 초~9월 말까지 금성은 C → A로 이동하였다.

바로알기 | ㄱ. 내행성이 내합의 위치에 있으면 태양과 같이 뜨고 지므로 관측이 불가능하다.

ㄷ. 12월 말경에는 태양이 금성보다 먼저 뜨고 먼저 지므로 금성은 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측된다.

451 현재 금성, 달, 지구의 위치



ㄷ. 금성의 동방 최대이각 방향에 있는 달은 다음 날 같은 시각에 현재 위치보다 동쪽에 위치하고, 동방 최대이각의 위치를 지난 금성은 다음 날 같은 시각에 현재 위치보다 서쪽에 위치한다. 따라서 다음 날 같은 시각에 금성은 달보다 서쪽에 위치한다.

바로알기 | ㄱ. 달의 위상이 초승달인 것으로 보아 관측 시각은 초저녁이다.

ㄴ. 이날 이후 금성은 동방 최대이각을 지나 내합에 가까워지므로 금성의 시지름은 점점 커진다.

452 ㄱ. 그림과 같이 위치한 경우 목성이 태양보다 서쪽에 위치하므로 태양보다 먼저 지평선 위에 떠오르기 때문에 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다.

ㄴ. 목성의 이각이 태양의 서쪽으로 30°이므로 약 2시간($\frac{30^\circ}{15^\circ}$시간) 동안 관측된다.

바로알기 | ㄷ. 외행성은 보름달이나 보름달에 가까운 모양으로만 관측되는데, 주어진 그림과 같은 상대적 위치에서는 목성이 보름달에 가까운 모양으로 관측된다.

453 ③ 화성이 지구에서 가장 가까운 위치는 충이고 화성이 충 부근에 위치할 때 역행 현상이 나타난다. B → D 구간에서 역행이 일어났으며 그 가운데인 C 위치가 충에 가장 가깝기 때문에 A~E 중에서 지구와 거리가 가장 가까운 위치는 C이다.

바로알기 | ① 화성은 충 부근에서 역행하고 대부분의 기간 동안 서 → 동으로 순행한다. 따라서 화성이 이동한 방향은 E에서 A 방향이다.

② 화성이 역행한 구간은 B에서 D 사이인데, 화성을 5일 간격으로 찍은 것이므로 약 40일 동안이다.

④ B → D 구간은 화성의 역행 현상이 나타났을 때이다. 역행 현상은 지구와 화성의 공전 속도 차이 때문에 나타나는 겉보기 운동이므로, 화성의 공전 속도와 방향이 실제로 변해서 나타나는 현상이 아니다.

⑤ B → D 구간은 역행이 일어나는 구간으로 충 부근을 지날 때이다. 이때 화성은 초저녁에 동쪽 하늘에서 떠서 자정에 남중한 후 새벽에 서쪽 하늘로 진다.

454 ㄴ. 지표면과 달 사이의 거리는 개기일식이 일어나는 B 지역이 금환일식이 일어나는 C 지역보다 가깝다. 따라서 달의 시지름은 B 지역이 C 지역보다 크다.

바로알기 | ㄱ. 지구의 표면은 둥글기 때문에 달이 공전하면서 지표면과 달 사이의 거리가 변하는데 이 때문에 개기일식이 일어나는 경로에 있는 지역 중 어떤 지역에서는 지표면과 달 사이의 거리가 멀어져 금환일식이 관측되기도 한다. 지표면과 달 사이의 거리는 금환일식이 일어나는 A 지역이 개기일식이 일어나는 B 지역보다 멀다.

ㄷ. 달 그림자는 지구의 서쪽에서 동쪽으로 움직이므로, 일식은 A 지역(금환일식) → B 지역(개기일식) → C 지역(금환일식) 순으로 일어났다.

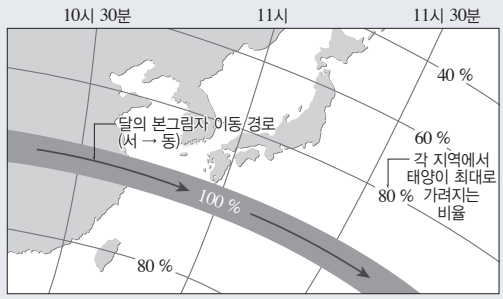
455 ㄱ. 일식은 태양이 달에 의해 가려지는 현상으로, 태양—달—지구순으로 일직선상에 위치할 때 일어날 수 있다. A 지역에서 일식이 일어나기 전에 달은 태양보다 서쪽에 위치하므로 태양보다 먼저 뜨고, 일식이 일어난 후에는 달이 태양보다 동쪽에 위치하므로 태양보다 나중에 진다.

ㄴ. 달은 지구 주위를 서쪽에서 동쪽으로 공전한다. 따라서 시간이 지남에 따라 지구에 드리워진 달의 본그림자는 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

ㄷ. 태양과 달 사이의 거리는 달의 위상이 삭일 때 가장 가깝고, 망일 때 가장 멀다. 일식이 일어날 때 달의 위상은 삭이므로 이후 달의 위상이 망이 될 때까지 태양과 달 사이의 거리는 점점 멀어진다.

✓ 개념 보충

일식



- 일식은 삭(음력 1일경)일 때 일어날 수 있다.
- 지구상의 특정 지점에서만 일식 현상을 관측할 수 있다.
- 달의 본그림자 속에서는 개기일식, 반그림자 속에서는 부분일식을 관측할 수 있다.
- 일식이 일어날 때 달의 그림자는 지구의 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.
- 일식은 태양의 서쪽(북반구에서 볼 때 태양의 오른쪽)부터 가려진다.
- 일식이 일어나는 날에 달은 태양보다 먼저 뜨고 나중에 진다. ➔ 일식이 일어나기 전에 달은 태양의 서쪽에 위치하고 일식이 일어난 후에는 태양의 동쪽에 위치한다.

456 ㄱ. 달의 본그림자 영역에서는 개기일식이, 반그림자 영역에서는 부분일식이 일어난다. 따라서 부분일식이 진행되는 동안 서울은 달의 반그림자 영역에 있었다.

ㄷ. 개기일식은 달에 의하여 태양이 완전히 가려지는 모습이 보이는 지역에서만 나타나므로 개기일식이 일어나는 지역은 부분일식이 일어나는 지역보다 훨씬 좁다.

ㄹ. 일식이 일어나고 3일 후 달의 위상은 초승달이 된다. 초승달은 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

바로알기 | ㄴ. 달과 지구 사이의 거리가 멀어지면 본그림자 영역이 감소하기 때문에 개기일식이 일어나는 지역이 좁아진다.

457 ㄱ. (가)의 부분일식은 달이 태양을 가리는 현상으로, 달이 서쪽에서 동쪽으로 공전하기 때문에 태양은 동쪽보다 서쪽이 먼저 가려진다.

ㄴ. (나)의 개기월식은 달이 망의 위치에 있을 때 일어나므로 음력 15일경이다.

ㄷ. 식 현상의 지속 시간은 달이 태양 앞을 지나면서 태양을 가리는 일식의 지속 시간보다 달이 지구의 그림자 속을 통과할 때 나타나는 월식의 지속 시간이 더 길다.

바로알기 | ㄹ. 달의 본그림자 지역에서만 관측할 수 있는 것은 개기일식이다. 개기월식은 달이 보이는 모든 지역에서 관측할 수 있다.

458 **모범 답안** 달 전체가 지구의 본그림자 속에 들어가 개기월식이 일어났을 때 태양 빛의 일부가 지구의 대기층에서 굴절되어 달로 입사된다. 이때 파란색 빛은 산란되어 제거되고 주로 붉은색 빛이 달에 입사되므로 달이 붉게 보인다.

채점 기준	배점
태양 빛의 굴절과 파란색 빛의 산란을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
태양 빛의 일부가 지구의 대기층에서 굴절되어 달로 입사된다는 내용의 서술이 있는 경우	40 %
파란색 빛은 산란되어 제거되고 주로 붉은색 빛이 달에 입사된다는 내용의 서술이 있는 경우	60 %

16 별의 물리량

빈출 자료 보기 131쪽

459 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ○ (8) ○ (9) ×

459 (1) 별의 표면 온도가 높을수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧다. A는 B보다 표면 온도가 높으므로 최대 에너지를 방출하는 파장이 더 짧다.

(4) 슈테판·볼츠만 법칙($E=\sigma T^4$)에 따르면 별이 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량(E)은 별의 표면 온도(T)가 높을수록 많다. A는 B보다 표면 온도가 높으므로 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량이 많다.

(6) 별의 '겉보기 등급−절대 등급'이 클수록 별까지의 거리가 멀다. '겉보기 등급−절대 등급'은 A가 5, B가 0이므로 A가 B보다 별까지의 거리가 더 멀다.

(7) 별이 단위 시간 동안 방출하는 에너지의 총량은 광도로, 광도는 절대 등급이 작을수록 크다. 절대 등급은 A가 B보다 작으므로 단위 시간 동안 방출하는 에너지의 총량은 A가 B보다 많다.

(8) 절대 등급은 A가 −8등급, B가 −3등급으로 A가 B보다 5등급 작으므로 광도는 A가 B의 100배이다.

바로알기 | (2) 별의 표면 온도가 높을수록 색지수가 작다. A는 B보다 표면 온도가 높으므로 색지수가 더 작다.

(3) 분광형이 K형인 별은 표면 온도가 상대적으로 낮은 별로, 스펙트럼에서는 이온화된 헬륨(He Ⅱ)보다 이온화된 칼슘(Ca Ⅱ) 흡수선이 강하게 나타난다.

(5) A와 B는 겉보기 등급이 같으므로 같은 밝기로 보인다.

(9) A의 표면 온도(T)가 B의 2배이고 광도(L)는 B의 100배이므로, 광도 식 $L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$에 따라 반지름($R$)은 A가 B의 2.5배이다.

난이도별 필수 기출 132쪽~137쪽

460 ⑤ **461** ② **462** ③ **463** ③ **464** ⑤
465 해설 참조 **466** ② **467** ③ **468** ③
469 해설 참조 **470** ③ **471** ① **472** ③, ⑦
473 ⑤ **474** ①, ④ **475** ④, ⑥ **476** ③ **477** 해설 참조
478 ② **479** 해설 참조 **480** ① **481** 해설 참조
482 해설 참조 **483** 해설 참조 **484** ③ **485** ②
486 해설 참조 **487** ③ **488** 해설 참조 **489** ④
490 해설 참조 **491** 해설 참조 **492** 해설 참조
493 해설 참조 **494** 해설 참조 **495** ⑤

460 ㄱ. 별은 흑체와 유사하게 온도에 따라 각 파장에서 복사 에너지를 방출하므로, 별을 흑체로 가정하여 표면 온도와 광도를 추정한다.

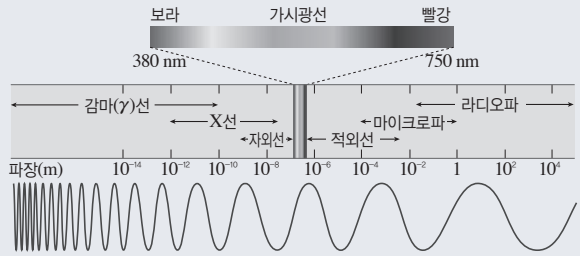
ㄴ. 표면 온도가 낮은 별일수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 길어 붉은색으로 보인다.

ㄷ. 태양은 분광형이 G2형이므로 분광형이 O형인 별은 태양보다 표면 온도가 높다.

✓ 개념 보충

전자기파의 파장 영역

- 전자기파를 파장별로 구간을 나누면 파장이 짧은 영역부터 감마(γ)선, X선, 자외선, 가시광선, 적외선, 전파(마이크로파, 라디오파)로 구분할 수 있다.
- 가시광선은 전자기파 중 사람이 눈으로 볼 수 있는 영역으로, 보라색 빛의 파장이 가장 짧고 빨간색 빛의 파장이 가장 길다. ➔ 표면 온도가 높은 별은 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧아 파란색에 가깝게 보이고, 표면 온도가 낮은 별은 최대 에너지를 방출하는 파장이 길어 붉은색에 가깝게 보인다.



461 빈의 변위 법칙은 흑체가 최대 세기의 에너지를 방출하는 파장은 흑체의 표면 온도에 반비례한다는 법칙이다.

462 ㄱ. 분광형은 별을 표면 온도에 따라 흡수선의 종류와 세기가 달라지는 원리를 이용하여 분류한 것이다.

ㄴ. 분광형이 O형인 별은 표면 온도가 30000 K 이상으로 매우 높고, M형으로 갈수록 표면 온도가 낮아진다.

바로알기 | ㄷ. O형 별은 표면 온도가 매우 높은 별로 파란색을 띤다.

463 ㄱ. 별은 흑체와 유사하게 표면 온도에 따라 각 파장에서 복사 에너지를 방출하므로 표면 온도와 광도는 별을 흑체로 가정하여 추정한다.

ㄴ. 빈의 변위 법칙$\left(\lambda_{max}=\frac{a}{T}\right)$에 따르면 흑체가 최대 복사 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})은 흑체의 표면 온도(T)에 반비례한다.

바로알기 | ㄷ. 표면 온도가 높은 별은 짧은 파장의 빛을 많이 방출하므로 파란색으로 보일 것이다.

464 ㄱ. A는 B보다 파장에 따른 복사 에너지의 상대적 세기 분포 곡선의 형태가 왼쪽으로 치우쳐져 있으므로, A는 B보다 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧다.

ㄴ. 별이 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도에 반비례한다. A가 B보다 최대 에너지를 방출하는 파장이 짧으므로 표면 온도가 B보다 높다.

ㄷ. $L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$에서 별 A와 B의 크기($R$)가 같으므로 광도($L$)는 표면 온도($T$)가 높은 A가 B보다 크다.

465 **모범 답안** (나), 파란색 영역에 분포하는 에너지의 상대적 세기가 가장 크기 때문이다.

해설 별의 표면 온도가 높을수록 최대 세기의 빛을 내는 파장이 짧으므로 파란색을 띤다.

채점 기준	배점
표면 온도가 가장 높은 별을 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
표면 온도가 가장 높은 별만 옳게 고른 경우	30 %

466 ㄴ. (가)는 B 필터를 통과한 빛이 V 필터를 통과한 빛보다 밝으므로 B 등급이 V 등급보다 작다.

바로알기 | ㄱ. 최대 에너지를 방출하는 파장이 (가)가 (나)보다 짧으므로 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높다.

ㄷ. 색지수(B−V)는 별의 표면 온도가 높을수록 작으므로 표면 온도가 더 높은 (가)가 (나)보다 색지수가 작다.

467 ① (가)는 연속 스펙트럼으로 백열등을 프리즘에 통과시키면 나타난다.
② (나)는 검은색 흡수선이 나타나는 흡수 스펙트럼이고, (다)는 밝은색 방출선이 나타나는 방출 스펙트럼이다.
④ (다)는 원소의 주변에 고온의 에너지원이 존재할 때 가열된 원소가 특정 파장의 빛을 방출하기 때문에 나타난다.
⑤ 동일한 원소의 경우 흡수선과 방출선의 위치가 모두 같다. (나)의 흡수선과 (다)의 방출선의 위치가 모두 같으므로 (나)와 (다)는 동일한 원소에 의해 나타나는 스펙트럼이다.
바로알기 | ③ (나)의 검은 선은 저온의 기체에 의해 특정 파장의 에너지가 흡수되어 나타난다.

468 ③ 별빛이 별의 대기를 통과하면서 대기에 존재하는 원소들이 특정 파장의 빛을 흡수하므로, 별의 스펙트럼에는 흡수 스펙트럼이 나타난다.
바로알기 | ① 같은 분광형에서는 고온의 0에서 저온의 9까지 세분되므로, A0형은 A9형보다 고온이다.
② 태양의 분광형은 G2형이다. 표면 온도는 O형에서 가장 높고 M형으로 갈수록 낮아지므로 태양은 M형 별에 비해 표면 온도가 높다.
④ 별의 화학 조성이 같더라도 별의 표면 온도에 따라 다양한 흡수 스펙트럼이 나타난다.
⑤ 광원 앞에 상대적으로 저온의 기체가 있으면 흡수 스펙트럼이 나타난다.

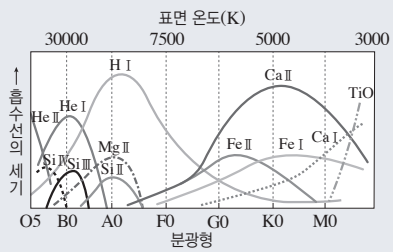
469 **모범 답안** 별의 표면 온도에 따라 별의 대기에 존재하는 원소들이 이온화되는 정도와 들뜬 상태의 원자 비율이 달라 각각 고유한 흡수선이 형성되기 때문이다.

채점 기준	배점
표면 온도에 따른 이온화되는 정도와 들뜬 상태의 원자 비율로 옳게 서술한 경우	100 %
별의 표면 온도가 다르기 때문이라고만 서술한 경우	70 %

470 ㄱ. (가)는 표면 온도가 매우 높은 별로 파란색을 띠고, (다)는 상대적으로 표면 온도가 낮은 별로 붉은색을 띤다.
ㄴ. (나)는 표면 온도가 10000 K으로 분광형이 A형인 별의 스펙트럼이다.
바로알기 | ㄷ. (가)는 주로 수소와 헬륨 흡수선이 나타나고, (다)는 금속 원소와 분자들에 의한 흡수선이 나타난다.

✓ 개념 보충

별의 분광형에 따른 흡수선의 종류와 세기
- 표면 온도가 높은 O형 별에서는 이온화된 헬륨(He Ⅱ) 흡수선이 강하게 나타나고, B형 별에서는 중성 헬륨(He Ⅰ) 흡수선이 강하게 나타난다.
- 표면 온도가 낮은 K형, M형 별에서는 금속 원소와 분자에 의한 흡수선이 강하게 나타난다.
- 표면 온도가 약 10000 K인 A형 별에서는 중성 수소(H Ⅰ) 흡수선이 가장 강하게 나타난다.



471 ㄱ. (가)는 분광형이 B형이므로 청백색 별, (나)는 분광형이 M형이므로 붉은색 별, (다)는 분광형이 G형이므로 노란색 별이다.
바로알기 | ㄴ. 별의 표면 온도는 분광형이 B형인 (가)에서 가장 높고, M형인 (나)에서 가장 낮다. 즉, (가) → (다) → (나)로 갈수록 별의 표면 온도가 낮다.
ㄷ. 태양의 분광형은 G2형이므로 분광형은 (다)와 가장 비슷하다.

472 ① B0형 별에서 가장 강하게 나타나는 흡수선은 He Ⅰ 흡수선이다.
② He Ⅱ 흡수선이 가장 강하게 나타나는 별은 표면 온도가 높은 O형 별이므로 파란색을 띤다.
④ 상대적으로 표면 온도가 낮은 K형, M형 별에서는 Ca, Fe과 같은 금속 원소나 분자(TiO)의 스펙트럼이 강하게 나타난다.
⑤ 태양의 분광형은 G2형으로, G2형 별의 스펙트럼에서는 H Ⅰ 흡수선보다 Ca Ⅱ 흡수선이 강하게 나타난다.
⑥ H Ⅰ 흡수선이 가장 강하게 나타나는 별은 분광형이 A형인 별로, 분광형이 G2형인 태양보다 표면 온도가 높다.
바로알기 | ③ G0형보다 표면 온도가 낮은 별 중 H Ⅰ 흡수선이 약하게 나타나는 별이 있다.
⑦ 별의 분광형에 따라 흡수선의 종류와 세기가 다른 까닭은 별의 표면 온도에 따라 별의 대기에 존재하는 원소들이 이온화되는 정도와 들뜬 상태의 원자 비율이 달라 특정한 흡수선을 형성하기 때문이다.

473 ㄱ. A0형인 별은 표면 온도가 약 10000 K인 별로, H Ⅰ이 흡수하는 파장 영역에서 가장 강한 흡수선이 나타난다.
ㄴ. B0형 별은 표면 온도가 약 30000 K이고, G0형 별은 표면 온도가 약 6000 K이므로 B0형 별은 G0형 별보다 표면 온도가 높다.
ㄷ. 태양의 분광형은 G2형이므로, 태양의 스펙트럼에서는 Ca Ⅱ 흡수선이 H Ⅰ 흡수선보다 강하게 나타난다.

474 ② 별은 표면 온도에 따라 최대 에너지를 방출하는 파장이 다르므로 색이 다양하게 나타난다.
③ 절대 등급은 별의 실제 밝기를 의미하며, 등급이 작을수록 밝은 별이므로 절대 등급이 작은 별이 실제로 밝은 별이다.
⑤ 광도는 별이 단위 시간 동안 표면에서 방출하는 에너지의 총량이다.
⑥ 광도는 별의 고유 밝기이므로 지구로부터의 거리에 관계없이 일정하다.
바로알기 | ① 별은 표면 온도가 높을수록 짧은 파장의 전자기파를 강하게 방출한다.
④ 슈테판·볼츠만 법칙($E=\sigma T^4$)으로 유도되는 별의 광도 식 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$을 사용하여 표면 온도($T$)와 광도($L$)가 알려진 별의 반지름($R$)을 구할 수 있다.

475 ④ $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$에서 광도($L$)는 별의 표면 온도의 4제곱($T^4$)에 비례한다.
⑥ $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$에서 광도($L$)와 표면 온도($T$)를 알면 별의 반지름($R$)을 구할 수 있다.
바로알기 | ① 광도는 단위 시간 동안 별의 전체 표면적에서 방출하는 에너지량이다.
② 별의 실제 밝기가 밝을수록 절대 등급이 작으므로, 광도가 클수록 절대 등급이 작다.
③ 광도가 같아도 별의 거리가 다르면 별의 겉보기 밝기가 달라진다. 광도가 같으면 별의 절대 밝기가 같다.
⑤ $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$에서 광도($L$)는 별의 반지름의 제곱($R^2$)에 비례한다.

476 5등급 사이의 밝기는 100배 차이가 난다. 별 A의 광도는 태양의 100배이므로 절대 등급은 태양보다 5등급 작다. 태양의 절대 등급이 5등급이므로 별 A의 절대 등급은 0등급이다.

477 모범 답안 슈테판·볼츠만 법칙에 따르면 표면 온도가 T인 별의 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출되는 복사 에너지량(E)은 $E=\sigma T^4$(σ: 슈테판·볼츠만 상수)이다. 반지름이 R인 별의 전체 표면적은 $4\pi R^2$이므로, 별의 전체 표면에서 방출되는 에너지의 총량인 광도(L)는 $L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$으로 나타낼 수 있다.

채점 기준	배점
슈테판·볼츠만 법칙을 이용하여 광도를 구하는 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
슈테판·볼츠만 법칙($E=\sigma T^4$)만 옳게 쓴 경우	50 %

478 ㄴ. 광도(L)는 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출되는 에너지량($E=\sigma T^4$)에 별의 표면적($4\pi R^2$)을 곱한 $L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$이다.

바로알기 | ㄱ. 반지름이 R인 별의 표면적은 $4\pi R^2$이다. $\frac{4}{3}\pi R^3$은 별의 부피이다.

ㄷ. 표면 온도가 태양과 같고, 반지름이 태양의 2배인 별의 광도(L)는 $L=4\pi(2R_{태양})^2\cdot\sigma T_{태양}^4=4L_{태양}$이므로 태양의 4배이다.

479 모범 답안 표면 온도가 태양의 2배이고, 반지름이 태양의 $\frac{1}{4}$인 별의 광도(L)는 $L=4\pi\left(\frac{1}{4}R_{태양}\right)^2\cdot\sigma(2T_{태양})^4=L_{태양}$이므로 태양과 광도가 같다.(태양의 1배)

채점 기준	배점
별의 광도를 풀이 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
광도 식($L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$)만 옳게 쓴 경우	50 %

480 ㄱ. 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출되는 에너지량(E)이 가장 많은 별은 $E=\sigma T^4$에 따라 표면 온도(T)가 가장 높은 A이다.

바로알기 | ㄴ. 최대 에너지를 방출하는 파장은 별의 표면 온도에 반비례한다. 별의 표면 온도는 A가 가장 높으므로 최대 에너지를 방출하는 파장은 A가 가장 짧다.

ㄷ. B의 반지름은 C의 $\frac{1}{10}$이고 표면 온도는 C의 3배이므로 광도(L)는 $L=4\pi\left(\frac{1}{10}R_C\right)^2\cdot\sigma(3T_C)^4=\frac{81}{100}L_C$이다. 따라서 광도는 B가 C보다 작다.

481 모범 답안 (나)의 반지름은 (가)의 3배이고, 표면 온도는 (가)의 $\frac{1}{3}$이므로 광도(L)는 $L=4\pi(3R_{(가)})^2\cdot\sigma\left(\frac{1}{3}T_{(가)}\right)^4=\frac{1}{9}L_{(가)}$이다. 따라서 (나)의 광도는 (가)의 $\frac{1}{9}$이다.

채점 기준	배점
별 (나)의 광도가 (가)의 몇 배인지 풀이 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
광도 식($L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$)만 옳게 쓴 경우	50 %

482 모범 답안 표면 온도는 반지름이 큰 별이 반지름이 작은 별보다 낮다.

해설 $L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$에서 별의 광도($L$)가 같다면 반지름($R$)이 작을수록 표면 온도($T$)가 높다.

채점 기준	배점
두 별의 표면 온도를 광도 식을 이용하여 옳게 비교하여 서술한 경우	100 %
광도 식($L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$)만 옳게 쓴 경우	50 %

483 모범 답안 광도, 표면 온도, 광도는 별의 절대 등급을 태양의 절대 등급과 비교하여 알 수 있고, 표면 온도는 별의 색지수나 분광형을 측정하여 알 수 있다.

채점 기준	배점
두 가지 물리량을 옳게 고르고, 각 물리량을 알 수 있는 방법을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
두 가지 물리량만 옳게 고른 경우	30 %

484 ㄱ. a는 분광형이 A0형이므로 흰색 별이다.

ㄴ. 광도 식 $L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$에서 $R\propto\frac{\sqrt{L}}{T^2}$이므로 별의 반지름($R$)은 광도($L$)가 클수록, 표면 온도($T$)가 낮을수록 크다. b와 c는 절대 등급이 −5등급으로 같으므로 광도가 같고, 표면 온도는 b가 c보다 낮다. 따라서 반지름은 b가 c보다 크다.

바로알기 | ㄷ. 최대 에너지를 방출하는 파장은 별의 표면 온도가 낮을수록 길다. 별의 표면 온도는 분광형이 K2형인 b가 가장 낮으므로, 최대 에너지를 방출하는 파장은 b가 가장 길다.

485 광도: (가)=(다)>(나) / 표면 온도: (다)>(나)>(가)

별	겉보기 등급	절대 등급	겉보기 등급 − 절대 등급	분광형
(가)	1	1	0	M2
(나)	6	6	0	G2
(다)	6	1	5	A0

ㄴ. 거리가 가장 먼 별은 '겉보기 등급 − 절대 등급'이 가장 큰 (다)이다.

ㄹ. (가)와 (다)는 절대 등급이 같으므로 광도가 같고, 표면 온도는 (가)가 (다)보다 낮다. $L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$에서 광도($L$)가 같을 때 표면 온도($T$)가 낮은 별일수록 반지름($R$)이 크므로 반지름은 (가)가 (다)보다 크다.

바로알기 | ㄱ. (나)는 분광형이 G2형으로 노란색을 띠는 별이다.

ㄷ. (다)는 (나)보다 절대 등급이 5등급 작으므로 광도는 (나)의 100배이다.

486 모범 답안 A의 광도는 B의 4배이고 표면 온도는 B의 $\frac{1}{2}$이므로 A의 반지름을 B의 x배라고 하면, $4=x^2\cdot\frac{1}{16}$에서 x는 8이다. 따라서 A의 반지름은 B의 8배이다.

해설 A의 반지름을 B의 x배라고 하면, A의 광도는 B의 4배, 표면 온도는 B의 $\frac{1}{2}$이므로, $4L_B=4\pi(xR_B)^2\cdot\sigma\left(\frac{1}{2}T_B\right)^4$으로 나타낼 수 있다.

채점 기준	배점
두 별의 반지름을 풀이 과정을 포함하여 옳게 비교하여 서술한 경우	50 %
광도 식($L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$)만 옳게 쓴 경우	50 %

487 ㄱ. 빈의 변위 법칙($\lambda_{max}=\frac{a}{T}$)에 따르면 별이 최대 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})은 표면 온도(T)에 반비례한다. 최대 에너지를 방출하는 파장은 A가 483 nm, B가 966 nm로 A가 B의 $\frac{1}{2}$이므로 표면 온도는 A가 B의 2배이다.

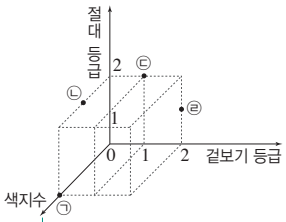
ㄷ. A와 B는 절대 등급이 같으므로 광도(L)가 같고, 표면 온도(T)는 A가 B의 2배이다. 따라서 $\frac{L_A}{L_B}=1=\frac{4\pi R_A^2\cdot\sigma(2T)^4}{4\pi R_B^2\cdot\sigma T^4}$으로부터 $R_B=4R_A$이므로 반지름(R)은 B가 A의 4배이다.

바로알기 | ㄴ. 단위 시간 동안 전체 표면에서 방출하는 복사 에너지량은 광도를 의미한다. A와 B는 절대 등급이 같아 광도가 같으므로, 단위 시간 동안 전체 표면에서 방출하는 복사 에너지량은 A와 B가 같다.

488 모범 답안 C, 별 C는 표면 온도가 가장 낮은데도 광도가 가장 크기 때문에 반지름이 가장 크다.

채점 기준	배점
C를 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
C만 고른 경우	50 %

489



광도: ㉠>㉣>㉡=㉢

별	겉보기 등급(m)	절대 등급(M)	$m-M$
㉠	0	0	0
㉡	0	2	−2
㉢	1	2	−1
㉣	2	1	+1

별까지의 거리: ㉣>㉠>㉢>㉡

표면 온도: 색지수가 작을수록 높다. ➔ ㉢=㉣>㉡>㉠

ㄴ. 단위 시간 동안 방출하는 에너지의 총량은 광도를 의미한다. ㉡과 ㉢은 절대 등급이 같으므로 광도가 같다.

ㄷ. ㉢은 ㉣보다 절대 등급이 크므로 광도가 작지만 ㉣보다 겉보기 등급이 작으므로 더 밝게 보인다. 실제 밝기는 ㉣이 더 밝은데 겉보기 밝기는 ㉢이 더 밝으므로 별까지의 거리는 ㉢이 ㉣보다 가깝다.

바로알기 | ㄱ. ㉠은 ㉡보다 색지수가 크므로 표면 온도가 낮다. 빈의 변위 법칙에 따르면 별의 표면 온도가 낮을수록 최대 에너지를 방출하는 파장이 길다. 따라서 최대 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도가 더 낮은 ㉠이 ㉡보다 길다.

490 모범 답안 별의 겉보기 밝기는 거리의 제곱에 반비례하고, 광도에 비례한다. 별 A가 별 B보다 10배 멀리 있는데도 겉보기 밝기가 같으므로, 별 A의 광도는 별 B의 100배이다.

해설 별의 겉보기 밝기는 단위 시간 동안 단위 면적에 도달하는 에너지량이므로 거리의 제곱에 반비례하고, 광도에 비례한다.

채점 기준	배점
별 A의 광도가 별 B의 몇 배인지 풀이 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
별의 광도와 겉보기 밝기, 거리와의 관계만 옳게 서술한 경우	50 %

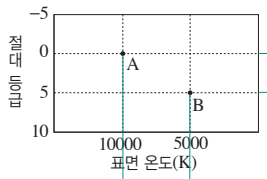
491 모범 답안 별 A의 광도는 별 B의 100배이고, 표면 온도는 별 B의 2배이므로, $\frac{L_A}{L_B}=100=\frac{4\pi R_A^2\cdot\sigma(2T)^4}{4\pi R_B^2\cdot\sigma T^4}$에서 $\frac{R_A}{R_B}=2.5$이므로 별 A의 반지름은 별 B의 2.5배이다.

채점 기준	배점
별 A의 반지름이 별 B의 몇 배인지 풀이 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
별 A와 별 B의 광도의 비를 나타내는 식만 옳게 세운 경우	50 %

492 모범 답안 A의 절대 등급은 B보다 10등급 작으므로, A의 광도는 B보다 $100^2=10000$배 크다. A와 B의 표면 온도는 같으므로 B의 광도에 대한 A의 광도의 비 $\frac{L_A}{L_B}=10^4=\frac{4\pi R_A^2\cdot\sigma T^4}{4\pi R_B^2\cdot\sigma T^4}$에서 $\frac{R_A}{R_B}=100$이다. 즉, A의 반지름은 B의 100배이다.

채점 기준	배점
A의 반지름이 B의 몇 배인지 풀이 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B의 광도의 비를 나타내는 식만 옳게 세운 경우	50 %

493



절대 등급: A가 B보다 5등급 작다. ➔ 광도: A가 B의 100배이다.

표면 온도: A가 B의 2배이다.

모범 답안 별 A의 광도는 별 B의 100배이다.

해설 절대 등급이 별 A가 별 B보다 5등급 작으므로, 광도는 별 A가 별 B보다 100배 크다.

채점 기준	배점
별 A의 광도가 별 B의 몇 배인지 옳게 서술한 경우	100 %
광도와 절대 등급이 관련이 있다고만 서술한 경우	50 %

494 모범 답안 별 A의 반지름은 별 B의 2.5배이다.

해설 별 A의 광도는 별 B의 100배이고, 표면 온도는 별 B의 2배이다. $\frac{L_A}{L_B}=100=\frac{4\pi R_A^2\cdot\sigma(2T)^4}{4\pi R_B^2\cdot\sigma T^4}$에서 $R_A=2.5R_B$이므로 별 A의 반지름은 별 B의 2.5배이다.

채점 기준	배점
별 A의 반지름이 별 B의 몇 배인지 옳게 서술한 경우	100 %
별 A와 별 B의 광도의 비를 나타내는 식만 옳게 세운 경우	50 %

495

별	A	B
절대 등급	4	
표면 온도(상댓값)	1	$\sqrt{2}$
반지름(상댓값)	1	5
광도(상댓값)	1	100

최대 에너지를 방출하는 파장: 별의 표면 온도에 반비례한다. ➔ A>B

광도는 B가 A의 100배이다. ➔ 절대 등급은 B가 A보다 5등급 작다.

ㄱ. 최대 에너지를 방출하는 파장은 별의 표면 온도에 반비례하므로 표면 온도가 낮은 A가 B보다 길다.

ㄴ. $\frac{L_B}{L_A}=\frac{4\pi(5R)^2\cdot\sigma(\sqrt{2}T)^4}{4\pi R^2\cdot\sigma T^4}$에서 $L_B=100L_A$이므로 광도는 B가 A의 100배이다.

ㄷ. 광도가 B가 A의 100배이므로 절대 등급은 B가 A보다 5등급 작다.

17 H-R도와 별의 분류

빈출 자료 보기 138쪽

496 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) ×

496 (1) H-R도의 가로축에는 표면 온도 또는 표면 온도를 나타내는 분광형을 쓸 수 있다.

(3) H-R도의 오른쪽 위로 갈수록 별의 반지름이 커지고, 평균 밀도는 작아진다.

(4) C는 표면 온도는 높으나 반지름이 작아 광도가 작은 백색왜성이다.

(5) A와 D는 주계열성으로, 주계열성은 표면 온도가 높을수록 질량과 광도가 크다. A는 D보다 표면 온도가 높으므로 D보다 질량과 광도가 크다.

바로알기 | (2) H-R도의 세로축에는 절대 등급 대신 절대 등급을 나타내는 광도를 쓸 수 있다.
(6) B는 표면 온도가 A보다 낮지만 광도는 A와 비슷하므로 반지름이 A보다 크다.

난이도별 필수 기출 139쪽~141쪽

497 ㄹ, ㅁ, ㅅ　498 해설 참조
499 (가) 초거성 (나) 거성 (다) 주계열성 (라) 백색왜성　500 ①
501 주계열성　502 ⑤　503 ④, ⑤　504 ⑤　505 ⑥
506 ②　507 ⑤　508 ⑤　509 ①　510 ③
511 해설 참조　512 ③

497 H-R도의 가로축에는 표면 온도(ㅅ) 또는 표면 온도와 관련 있는 분광형(ㅁ), 색지수(ㄹ)를 쓸 수 있다.

498 모범 답안 H-R도는 별의 분광형과 절대 등급을 두 축으로 하여 별의 분포를 나타낸 그래프이다. H-R도의 가로축은 별의 표면 온도 또는 분광형으로 나타낼 수 있고, 세로축은 광도 또는 절대 등급으로 나타낼 수 있다.

채점 기준	배점
H-R도의 가로축과 세로축으로 구분하여 4가지 물리량을 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
H-R도를 분광형(표면 온도)과 절대 등급(광도)을 축으로 하여 나타낸 그래프라고만 서술한 경우	50 %

499 (가)는 거성인 (나)보다 광도가 커서 반지름이 더 큰 초거성이다.
(나)는 H-R도의 오른쪽 위에 위치하여 표면 온도가 낮고 광도가 큰 거성이다.
(다)는 H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 길게 이어지는 영역에 분포하는 주계열성이다.
(라)는 H-R도의 왼쪽 아래에 위치하여 표면 온도가 같은 주계열성보다 반지름이 작고 평균 밀도가 큰 백색왜성이다.

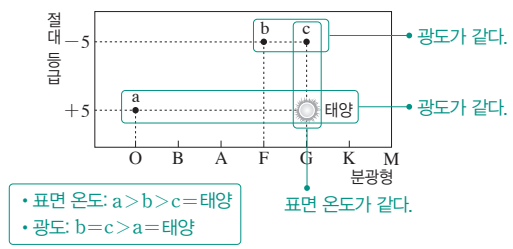
500 H-R도는 별들을 분광형(또는 표면 온도)과 절대 등급(또는 광도)에 따라 나타낸 것이다. 별들은 H-R도에서의 분포에 따라 주계열성, 거성, 초거성, 백색왜성으로 구분할 수 있다.

501 주계열성은 H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 얇은 띠 영역에 분포하므로 질량과 크기가 매우 다양하다. 별의 약 80 %~90 %가 주계열성에 속한다.

502 ① (가)와 (다)는 H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 얇은 띠 영역에 분포하므로 주계열성이다.
② 주계열성은 H-R도의 왼쪽 위에 위치할수록 질량이 크다. (가)는 태양보다 H-R도에서 왼쪽 위에 위치하므로 태양보다 질량이 크다.
③ (가)와 (나)는 모두 분광형이 B형이므로 표면 온도가 거의 같다.
④ 주계열성은 H-R도의 왼쪽 위에 위치할수록 광도가 크다. (가)는 (다)보다 H-R도에서 왼쪽 위에 위치하므로 광도가 크다.
바로알기 | ⑤ (라)는 초거성이고 (다)는 주계열성이므로, (라)가 (다)보다 반지름이 크다.

503 (가)는 주계열성, (나)와 (다)는 초거성, (라)는 백색왜성이다.
① (가)는 (나)보다 절대 등급이 작으므로 광도가 (나)보다 크다.
② (가)는 (다)보다 절대 등급이 5등급 작으므로 실제로 100배 밝다.
③ (나)는 분광형이 G형이고 (다)는 분광형이 K형이므로 (나)가 (다)보다 표면 온도가 높다.
⑥ (다)는 (나)와 비교하여 표면 온도는 낮지만 절대 등급이 같아 광도가 같으므로, (나)보다 반지름이 크다.
⑦ (라)는 백색왜성으로, 주계열성인 태양보다 평균 밀도가 크다.
바로알기 | ④ (나)는 태양과 분광형이 같아 표면 온도가 같고, 절대 등급은 태양보다 10등급 작으므로 광도는 태양보다 $100^2=10000$배 크다. 두 별의 표면 온도가 같은 경우 광도는 반지름의 제곱에 비례하므로, (나)의 반지름은 태양의 100배이다.
⑤ (다)는 분광형이 K형이므로 주황색을 띤다.

504



ㄱ. a는 분광형이 O형이므로 G형인 태양보다 표면 온도가 높다.
ㄴ. b와 c는 절대 등급이 같으므로 광도가 같다.
ㄷ. 별의 반지름은 표면 온도가 낮을수록, 광도가 클수록 크다. c는 a보다 표면 온도가 낮고 광도가 크므로 반지름이 더 크다. c는 b와 광도는 같지만 b보다 표면 온도가 낮으므로 반지름이 더 크다. 따라서 a~c 중 c의 반지름이 가장 크다.

505 ① H-R도의 가로축에 해당하는 물리량에는 표면 온도와 분광형이 있다.
② H-R도의 왼쪽 아래에 위치한 별일수록 반지름이 작고 평균 밀도가 크다.
③ H-R도의 오른쪽 위에 위치한 별일수록 반지름이 크고 평균 밀도가 작다.
④ 중성자별이나 블랙홀과 같은 별은 H-R도에 나타나지 않는다.
⑤ 거성은 표면 온도가 낮고 광도가 크므로 H-R도의 오른쪽 위에 위치한다.
바로알기 | ⑥ H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 길게 이어지는 영역에 분포하는 별은 주계열성이다.

506 ㄷ. H-R도의 오른쪽 위에 위치한 별일수록 평균 밀도가 작다. D는 E보다 H-R도의 오른쪽 위에 위치하므로, 평균 밀도가 작다.
바로알기 | ㄱ. H-R도에서 가로축은 분광형 또는 표면 온도로 나타내고, 세로축은 절대 등급 또는 광도로 나타낸다.
ㄴ. A, B, C는 주계열성이다. H-R도의 왼쪽 위에 위치한 주계열성일수록 반지름이 크므로, 반지름은 A가 가장 크고 C가 가장 작다.

507 (가)는 초거성, (나)는 거성, (다)는 주계열성, (라)는 백색왜성이다.
ㄱ. (다)는 주계열성이다. 주계열성은 전체 별의 약 80 %~90 %를 차지하므로 가장 많다.
ㄴ. 초거성인 (가)는 거성인 (나)보다 질량과 광도가 대체로 크다.
ㄷ. 백색왜성인 (라)는 H-R도에서 거성인 (나)의 왼쪽 아래에 분포하므로 (나)보다 반지름이 작다.

508 ㄱ. (가)와 태양은 주계열성이다. 주계열성은 H-R도의 왼쪽 위에 분포할수록 표면 온도가 높고, 광도와 반지름, 질량이 크다.
ㄴ. 별은 분광형이 M형에 가까울수록 붉은색을 띠므로 (나)는 (가)보다 붉은색을 띤다.
ㄷ. (다)는 H-R도의 왼쪽 아래에 위치하며, 표면 온도가 매우 높지만 반지름이 작아 광도가 작고 평균 밀도가 매우 큰 백색왜성이다.

509 ㄱ. 주계열성(광도 계급 Ⅴ)은 표면 온도가 높을수록 절대 등급이 작으므로 광도가 크다.
바로알기 | ㄴ. 두 별의 광도 계급이 같아도 분광형이 다르면 표면 온도가 다르다.
ㄷ. 두 별의 분광형(표면 온도)이 같다면 광도 계급의 숫자가 작을수록 광도와 반지름이 크다. 따라서 광도 계급이 Ⅰ인 별은 Ⅳ인 별보다 반지름이 크다.

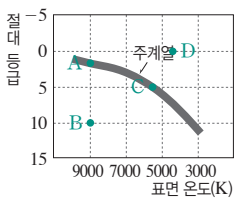
510 (가)~(다)의 절대 등급과 분광형으로 별의 종류를 찾아보면 (가)는 초거성, (나)는 주계열성, (다)는 백색왜성이다.
③ (나) 주계열성은 질량이 클수록 광도가 크고, 표면 온도가 높으며 반지름이 크다.
바로알기 | ① (가)는 표면 온도는 낮지만 광도가 매우 크므로 H-R도의 오른쪽 위에 위치한다.
② (나)는 주계열성이다. 초거성은 절대 등급이 매우 작아 광도가 매우 큰 (가)이다.
④ (다)는 표면 온도는 높지만 절대 등급이 커서 광도가 작은 백색왜성이다.
⑤ (다)는 백색왜성으로 (가) 초거성이나 (나) 주계열성에 비해 평균 밀도가 크다.

511 모범 답안 B는 거성, D는 백색왜성이다. 별은 주계열 단계에 가장 오래 머물기 때문에 주계열성이 가장 많이 관측되는 반면, 거성이나 백색왜성으로는 상대적으로 머무는 시간이 짧기 때문이다.

채점 기준	배점
B와 D의 별의 종류를 각각 옳게 쓰고, 별이 주계열 단계에 가장 오래 머물기 때문이라는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
B와 D의 별의 종류만 각각 옳게 쓴 경우	50 %
B와 D의 별의 종류를 쓰지 못하고, 별이 주계열 단계에 가장 오래 머물기 때문이라는 내용만 서술한 경우	50 %

512

별	표면 온도(K)	절대 등급	별의 종류
A	9000	2	주계열성
B	9000	10	
C	5500	5	주계열성
D	4500	0	



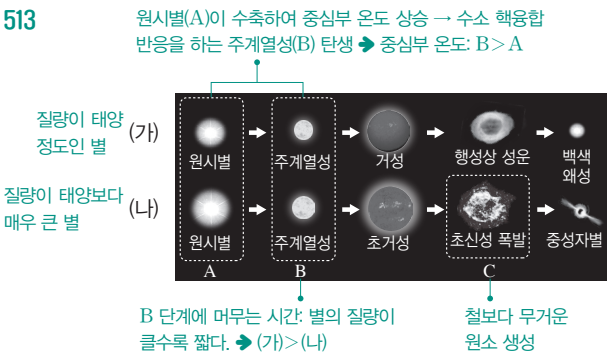
ㄱ. A와 C의 표면 온도와 절대 등급을 그림에 나타내면 A와 C는 주계열성이다.
ㄷ. $L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$에서 $R\propto\frac{\sqrt{L}}{T^2}$이다. D는 B보다 절대 등급이 10등급 작으므로 광도는 D가 B의 10000배이고, 표면 온도는 D가 B의 $\frac{1}{2}$이므로, 반지름은 $\frac{\sqrt{10000}}{\left(\frac{1}{2}\right)^2}=400$배이다.
바로알기 | ㄴ. B가 C보다 절대 등급이 5등급 크므로, 광도는 C가 B의 100배이다.

18 별의 진화

빈출 자료 보기 144쪽

513 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ○ (7) ×
514 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) × (6) ○ (7) ×

513



(2) 질량이 태양 정도인 별의 최종 진화 단계는 백색왜성이므로 태양은 (가)의 과정으로 진화한다.
(3) 원시별(A) 단계에서는 별의 중심부에서 핵융합 반응이 일어나지 않고, 주계열성(B) 단계에서는 별의 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어난다. 따라서 별의 중심부 온도는 A보다 B 단계에서 높다.
(5) 초신성 폭발이 일어나는 C 단계에서 철보다 무거운 원소가 생성된다.
(6) 별의 질량이 작을수록 수명이 길므로 별의 수명은 (나)보다 상대적으로 질량이 작은 (가)에서 더 길다.
바로알기 | (1) (가)는 질량이 태양 정도인 별의 진화 과정, (나)는 질량이 태양보다 매우 큰 별의 진화 과정이다. 따라서 (가)는 (나)보다 질량이 작은 별의 진화 과정이다.
(4) 별의 질량이 클수록 주계열성으로 짧게 머무르므로, 별이 주계열성(B) 단계에 머무는 시간은 (가)보다 상대적으로 질량이 큰 (나)에서 짧다.
(7) 백색왜성보다 상대적으로 질량이 큰 별이 수축하여 형성된 중성자별의 평균 밀도가 더 크다.

514 질량이 태양 정도인 주계열성의 내부 구조는 중심으로부터 '핵-복사층-대류층'이고, 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 주계열성의 내부 구조는 중심으로부터 '대류핵-복사층'이다.
(1) (가)의 내부 구조는 '핵-복사층-대류층'이므로 (가)는 질량이 태양 정도인 주계열성이다.
(2) 질량이 태양 정도인 주계열성인 (가)의 중심부 온도는 약 1800만 K 이하이므로 p-p 반응이 우세하게 일어난다.
(6) 별의 질량이 클수록 원시별에서 주계열성이 되는 데 걸리는 시간이 짧다. (가)는 (나)보다 질량이 작으므로 원시별에서 주계열성이 되는 데 걸린 시간이 더 길다.
바로알기 | (3) (나)의 내부 구조는 '대류핵-복사층'이므로 (나)는 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 주계열성이다. 따라서 (나)는 (가)보다 질량이 큰 주계열성이다.
(4) 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 주계열성인 (나)의 중심부 온도는 약 1800만 K 이상이므로 CNO 순환 반응이 우세하게 일어난다.
(5) (가)와 (나)는 주계열성이므로 내부의 기체의 압력 차에 의한 힘과 중력의 크기가 같은 정역학 평형 상태이다.
(7) 별의 질량이 클수록 주계열성으로 머무는 시간이 짧다. (나)는 (가)보다 질량이 크므로 주계열성으로 머무는 시간이 더 짧다.

난이도별 필수 기출 145쪽~151쪽

515 ㉠ 수소, ㉡ 낮고, ㉢ 큰 516 ㄱ, ㄷ 517 ③
518 ①, ③ 519 ③ 520 ③ 521 ⑤ 522 ③ 523 ③
524 해설 참조 525 ③ 526 ③ 527 ②, ⑥ 528 ②
529 ⑤ 530 ② 531 ④ 532 ③ 533 ② 534 ①
535 ① 536 ① 537 ③ 538 ② 539 ① 540 ⑤
541 ①, ③, ⑨ 542 해설 참조 543 ③
544 해설 참조 545 ① 546 ④ 547 ③ 548 ②
549 ③

515 성운은 주로 분자 상태의 수소(㉠)로 구성되어 있으며, 원시별은 중력 수축하여 물질이 뭉쳐지기 쉬운 온도가 낮고(㉡), 밀도가 큰(㉢) 성운에서 형성된다.

516 원시별이 중력 수축하여 주계열성으로 진화할 때 반지름이 감소하면서 별의 밀도(ㄱ)는 증가한다. 중력 수축할 때 감소한 위치 에너지의 일부가 열에너지로 전환되므로 중심부 온도(ㄷ)는 높아진다.

517 ③ 성운이 수축하면 크기가 작아지고, 밀도가 커지며, 중력 수축으로 에너지가 발생하여 고온의 기체 덩어리인 원시별이 탄생한다.

바로알기 | ① 성운의 온도가 낮고, 밀도가 큰 곳에서 중력에 의해 물질이 모여 별이 탄생한다.
② 성운을 이루는 기체의 약 70 % 이상은 수소이다.
④ 원시별은 중력 수축으로 에너지가 발생하여 온도가 상승한다.
⑤ 원시별이 계속 수축하여 중심부 온도가 약 1000만 K에 이르면 수소 핵융합 반응이 일어나 별(주계열성)이 된다.

518 ② 질량이 0.08 $M_{\odot}$ 이하인 원시별은 중심부 온도가 1000만 K에 도달하지 못해 수소 핵융합 반응이 일어나지 않으므로 주계열성으로 진화하지 못한다.
④ 질량이 큰 원시별일수록 중력 수축이 빠르게 일어나므로 주계열 단계에 빨리 도달하여, 광도가 크고 표면 온도가 높은 주계열성이 된다.
⑤ 원시별의 질량에 따라 원시별이 주계열 단계에 도달하는 데 걸리는 시간과 광도, 표면 온도 변화가 달라지므로 H-R도에서 진화 경로가 달라진다.

바로알기 | ① 별이 될 수 있는 원시별의 최소 질량은 0.08 $M_{\odot}$이므로 질량이 0.01 $M_{\odot}$인 원시별은 중력 수축하여도 중심부 온도가 1000만 K까지 높아지지 않아 별이 되지 못한다.
③ 질량이 1 $M_{\odot}$인 원시별은 중력 수축하는 동안 광도가 크게 변한다.

519 ㄴ. (나) 원시별의 에너지원은 중력 수축 에너지이다. 원시별의 중심부 온도는 핵융합 반응이 일어날 정도로 높지 않다.
ㄷ. (가) 성운에서 (나) 원시별이 되는 과정에서 중력 수축에 의해 중심부 온도가 높아진다.

바로알기 | ㄱ. (가) 성운은 밀도가 큰 부분이 중력에 의해 수축하여 반지름이 감소하면서 밀도가 증가한다.
ㄹ. (나) 원시별의 중심부 온도가 약 1000만 K 이상이 되면 수소 핵융합 반응이 일어나 주계열성이 된다.

520 ㄱ. 원시별의 질량이 클수록 광도가 큰 주계열성으로 진화한다. 따라서 원시별의 질량은 ㉠이 가장 크고, ㉢이 가장 작다.
ㄴ. 원시별이 영년 주계열에 도달하는 데 걸리는 시간은 원시별의 질량이 작을수록 길다. 원시별의 질량은 ㉢이 가장 작으므로, 영년 주계열에 도달하는 데 걸리는 시간은 ㉢이 가장 오래 걸린다.

바로알기 | ㄷ. 질량이 작은 원시별은 진화하는 동안 표면 온도의 변화는 작은 반면 광도의 변화가 상대적으로 크게 나타난다.

521 ① 주계열성은 질량이 클수록 중심부에서 수소 핵융합 반응의 효율이 높아 수명이 짧다.
②, ⑥ 주계열성은 내부 기체의 압력 차에 의한 힘과 중력이 평형을 이루면서 크기가 일정하게 유지된다.
③ 별은 대부분 수소로 이루어져 있으므로, 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 주계열성으로 일생의 대부분을 보낸다.
④ 별은 일생의 대부분을 주계열 단계에서 보내므로 H-R도에서 주계열성이 가장 많이 나타난다.
⑦ 주계열성은 질량이 클수록 중심부에서 핵융합 반응이 활발하게 일어나므로 방출되는 에너지량이 많고 표면 온도가 높다.

바로알기 | ⑤ 별의 질량이 클수록 수소 핵융합 반응이 빠르게 일어나 중심부의 수소가 빠르게 소모되므로 주계열성으로 짧게 머무른다.

522 ㄱ. 별의 크기가 일정하게 유지되고 있고 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어나고 있는 별은 주계열 단계에 있는 별이다.
ㄷ. 기체의 압력 차에 의한 힘(A)과 중력(B)의 크기가 같아 힘의 평형을 이루고 있으므로 별의 크기가 일정하게 유지된다.

바로알기 | ㄴ. A는 바깥쪽으로 작용하는 기체의 압력 차에 의한 힘이고, B는 중심 쪽으로 작용하는 중력이다.

523 ㄱ. 주계열성의 에너지원은 가장 낮은 온도에서 일어나는 핵융합 반응인 수소 핵융합 반응이다.
ㄴ. 주계열성의 중심부는 표면보다 온도가 높아 1000만 K 이상으로 높아지므로 수소 원자핵이 융합하여 헬륨 원자핵을 생성하는 수소 핵융합 반응이 일어난다.

바로알기 | ㄷ. 수소 핵융합 과정에서 질량 결손이 발생하며, 감소한 질량(Δm)은 질량 에너지 등가 원리($E=\Delta mc^2$, c: 빛의 속도)에 따라 에너지(E)로 전환된다.

524 모범 답안 주계열성은 중력과 기체의 압력 차에 의한 힘이 평형을 이루는 정역학 평형 상태에 있으므로 수축이나 팽창을 하지 않고 크기가 일정하게 유지된다.

채점 기준	배점
기체의 압력 차에 의한 힘과 중력을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
정역학 평형을 이루기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

525 ㄱ. 수소에서 헬륨으로 핵융합하면서 발생한 질량 결손이 에너지로 전환된다. 따라서 수소 4개의 질량은 헬륨 1개의 질량보다 크다.
ㄴ. 주계열성의 주요 에너지원은 수소 핵융합 반응이다. 태양은 주계열성이므로 주로 수소 핵융합 반응으로 에너지를 생성한다.

바로알기 | ㄷ. 수소 핵융합 반응은 주계열성의 중심핵에서 일어나는 반응이다.

526 ㄱ. 그림은 수소 원자핵 6개가 헬륨 원자핵 1개와 수소 원자핵 2개로 바뀌면서 에너지를 생성하므로 양성자 양성자 연쇄반응(p-p 반응)이다.
ㄴ. 수소 핵융합 반응으로 최종적으로 1개의 헬륨 원자핵이 생성되므로, ㉠은 헬륨 원자핵이다.

바로알기 | ㄷ. 백색왜성의 중심부에는 수소가 없으므로 수소 핵융합 반응이 일어날 수 없다.

527 ② 4개의 수소 원자핵이 융합하여 1개의 헬륨 원자핵이 생성되는 과정에서 탄소, 질소, 산소는 촉매 역할을 한다.

⑥ ^{13}N → (가) 과정에서 ^{13}N는 양성자 하나가 중성자로 변하면서 양전자와 중성미자를 방출하여 질량 수는 같지만 원자 번호가 1 작아져 ^{13}C가 된다. ^{14}N → (나) 과정에서 ^{14}N는 양성자가 하나 더해져 질량수와 원자 번호가 1 커진 ^{15}O가 된다.

바로알기 | ① 탄소, 질소, 산소가 촉매 역할을 하여 수소 원자핵을 융합시켜 헬륨 원자핵을 생성하는 반응으로, 수소 핵융합 반응 중 하나이다.

③, ④ 태양과 같이 중심부 온도가 약 1800만 K 이하인 주계열성의 중심핵에서는 p-p 반응이 우세하게 일어난다. CNO 순환 반응은 태양보다 질량이 약 1.5배 이상으로 중심부 온도가 약 1800만 K 이상인 주계열성의 중심핵에서 우세하게 일어난다.

⑤ 이 반응이 우세하게 일어나는 별은 질량이 큰 별로, 중심에는 대류로 에너지가 전달되는 대류핵이 존재한다. 대류는 온도 차가 클 때 에너지를 효과적으로 전달하는데, 질량이 큰 별일수록 중심부의 온도가 매우 높아 표면과 온도 차가 크다.

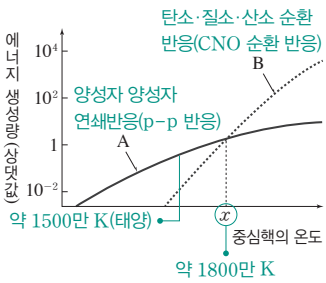
528 (가)는 양성자 양성자 연쇄반응(p-p 반응)이고, (나)는 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)이다.

ㄴ. (가)에서는 6개의 수소 원자핵이 참여하여 1개의 헬륨 원자핵과 2개의 수소 원자핵을 생성하므로 반응에 참여하는 수소 원자핵의 개수는 6개이다. (나)에서는 4개의 수소 원자핵이 탄소, 질소, 산소를 촉매로 하여 1개의 헬륨 원자핵을 생성하므로 반응에 참여하는 수소 원자핵의 개수는 4개이다. 따라서 반응에 참여하는 수소 원자핵의 개수는 (가)가 (나)보다 많다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 약 1800만 K 이하인 온도에서 우세하게 일어나고, (나)는 약 1800만 K 이상인 온도에서 우세하게 일어난다. 따라서 (가)는 (나)보다 중심부 온도가 낮은 별에서 우세하게 일어난다.

ㄷ. 별의 중심부 온도가 높을수록 수소는 빠르게 소모된다. (가)가 우세하게 일어나는 별보다 (나)가 우세하게 일어나는 별의 중심부 온도가 높으므로 수소가 빠르게 소모된다.

529



ㄱ. A는 양성자 양성자 연쇄반응(p-p 반응)이고, B는 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)이다. 중심부 온도가 약 1800만 K 이상인 주계열성에서는 탄소·질소·산소 순환 반응이 양성자 양성자 연쇄반응보다 우세하게 일어나므로 x는 약 1800만 K이다.

ㄴ. 질량이 태양 정도인 별은 양성자 양성자 연쇄반응(A)이 탄소·질소·산소 순환 반응(B)보다 우세하게 일어난다. 따라서 태양의 중심부에서는 A가 B보다 우세하게 일어난다.

ㄷ. 탄소·질소·산소 순환 반응(B)에서는 수소 원자핵 4개가 결합하여 1개의 헬륨 원자핵이 만들어지며, 이 과정에서 탄소가 촉매 작용을 한다.

530 질량이 태양 정도인 주계열성의 내부는 중심으로부터 '핵-복사층-대류층'으로 구성되어 에너지를 전달한다. 따라서 A는 복사층, B는 대류층이다.

ㄷ. B는 대류층으로 대류에 의해 에너지를 전달한다.

바로알기 | ㄱ. 주계열성의 중심핵에서는 수소 핵융합 반응이 일어나며, 수소 핵융합 반응으로 헬륨이 생성된다.

ㄴ. A는 복사층이므로 복사 형태로 물질의 이동 없이 에너지의 이동만 일어난다.

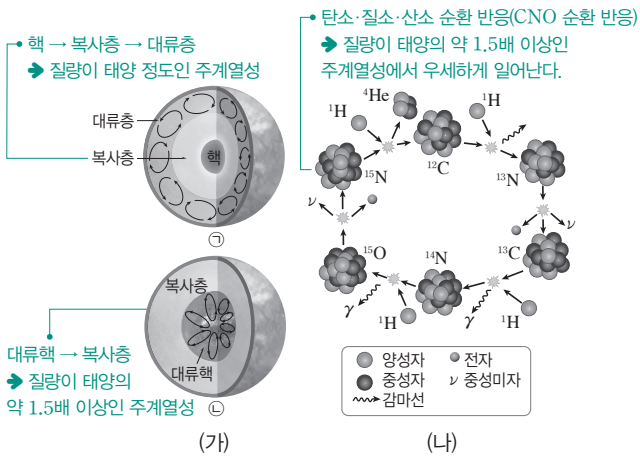
531 (가)는 중심으로부터 '핵-복사층-대류층'으로 구성되어 있으므로 질량이 태양 정도인 주계열성이다. (나)는 중심부의 온도가 매우 높아 대류가 일어나는 대류핵과 이를 둘러싸고 있는 복사층으로 이루어져 있으므로 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 주계열성이다.

ㄴ. 질량이 태양 정도인 주계열성은 중심핵을 복사층과 대류층이 차례로 둘러싸고 있는 (가)와 같은 내부 구조를 가진다. 따라서 태양의 내부 구조는 (가)이다.

ㄷ. 주계열성은 질량이 클수록 반지름이 크다. (가)는 (나)보다 질량이 작은 주계열성이므로 (나)보다 반지름이 작다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 질량이 태양 정도인 주계열성, (나)는 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 주계열성이므로 (나)가 (가)보다 질량이 크다.

532



ㄱ, ㄷ. ㉠은 질량이 태양 정도인 주계열성이고, ㉡은 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 주계열성이므로 ㉡은 ㉠보다 질량이 크다. 따라서 ㉡은 ㉠보다 별의 중심부 온도가 높고, 수소 핵융합 반응 중 양성자 양성자 연쇄반응(p-p 반응)보다 (나)와 같은 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)에 의한 에너지 생성량의 비율이 크다.

바로알기 | ㄴ. ㉡은 ㉠보다 질량이 크므로 수소 핵융합 반응이 빠르게 진행되어 수명이 짧다. 따라서 주계열 단계에 머무는 시간은 ㉡이 ㉠보다 짧다.

533 (가)에서 a와 c는 주계열성, b는 거성, d는 백색왜성에 해당한다. (나)는 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어나고, 내부 구조가 중심으로부터 '핵-복사층-대류층'이므로 질량이 태양 정도인 주계열성의 내부 구조이다.

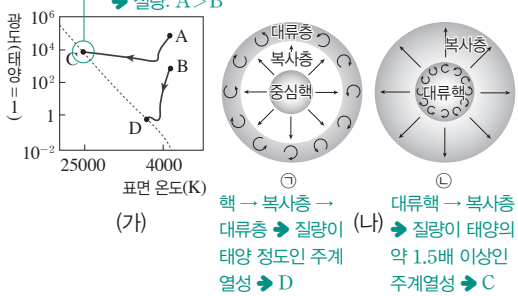
ㄴ. 별의 광도는 반지름의 제곱에, 표면 온도의 4제곱에 비례한다. b는 c보다 표면 온도는 낮지만 절대 등급이 작아서 광도가 크므로 반지름이 더 크다.

ㄹ. (나)와 같은 내부 구조가 나타나는 별은 질량이 태양 정도인 주계열성이므로 c이다.

바로알기 | ㄱ. a는 c보다 절대 등급이 10등급 작으므로 광도는 약 100^2=10000배 크다.

ㄷ. (나)는 질량이 태양 정도로 중심부 온도가 약 1800만 K 이하인 별의 내부 구조이다. 따라서 중심부에서 양성자 양성자 연쇄반응이 우세하게 일어난다.

534 표면 온도, 광도: C > D
➔ 질량: A > B



원시별의 질량이 클수록 중력 수축이 빠르게 일어나 주계열 단계에 빨리 도달하며, 광도가 크고 표면 온도가 높은 주계열성이 된다. 따라서 주계열에 이르렀을 때 광도가 크고 표면 온도가 높은 A가 B보다 질량이 크다.

ㄱ. 원시별의 질량이 클수록 진화 속도가 빨라 주계열 단계에 빨리 도달한다. A가 B보다 질량이 크므로, 주계열성으로 진화하는 데 걸리는 시간은 B가 A보다 길다.

바로알기 | ㄴ. ㉠은 질량이 태양 정도인 별, ㉡은 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 별의 내부 구조이다. 따라서 C의 내부 구조는 ㉡이다.

ㄷ. 질량이 태양과 비슷하여 중심부 온도가 약 1800만 K 이하인 별에서는 p-p 반응이 우세하게 일어나고, 질량이 태양의 약 1.5배 이상으로 커서 중심부 온도가 약 1800만 K 이상인 별에서는 CNO 순환 반응이 우세하게 일어난다. C는 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 주계열성이고, D는 질량이 태양 정도인 주계열성이므로,

$\frac{\text{p-p 반응에 의한 에너지 생성량}}{\text{CNO 순환 반응에 의한 에너지 생성량}}$은 D가 C보다 크다.

535 질량이 태양 정도인 별은 원시별 이후 주계열성 → 거성 → 행성상 성운 → 백색왜성의 진화 과정을 거친다.

536 ㄱ. 핵융합 반응의 속도는 별의 질량에 따라 달라지므로 별의 진화 속도를 결정하는 주요 물리량은 질량이다.

ㄷ. 질량이 태양 정도인 별은 진화의 마지막 단계에서 행성상 성운이 형성되고, 백색왜성을 남긴다.

바로알기 | ㄴ. 별은 주계열 단계에서 가장 오랜 시간을 보낸다.

ㄹ. 질량이 태양보다 매우 큰 별은 최종 단계에서 중성자별 또는 블랙홀이 된다.

537 ① 원시별의 에너지원은 원시별이 중력에 의해 수축할 때 발생하는 중력 수축 에너지이다.

② 전주계열 단계에서 중심부 온도가 약 1000만 K에 이르면 수소 핵융합 반응이 시작되어 별(주계열성)이 탄생한다.

④ 적색 거성의 헬륨 핵을 둘러싼 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.

⑤ 적색 거성의 중심부에서 헬륨 핵융합 반응이 끝나면 더 이상 핵융합 반응이 일어나지 않고 중심핵은 계속 수축하여 백색왜성이 된다. 따라서 백색왜성의 중심부에서는 핵융합 반응이 일어나지 않는다.

바로알기 | ③ 별의 중심부에서 일어나는 핵융합 반응으로는 철까지 만들어지며, 초신성 폭발 과정에서 철보다 무거운 원소가 만들어진다.

538 ② 중심부에서 수소가 모두 소진되면 수소 핵융합 반응이 멈추고, 헬륨으로 이루어진 중심핵이 수축한다.

바로알기 | ①, ③ 중심핵이 수축하고, 중심핵을 둘러싼 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어나 바깥층이 팽창하고 있으므로, 주계열성에서 거성으로 진화하는 단계이다.

④ 중심부의 수소는 모두 소진되고, 중심핵을 둘러싼 수소층에서 핵융합 반응이 일어나고 있다.

⑤ 별의 바깥층이 팽창함에 따라 표면 온도는 낮아진다.

539 (가)는 중심핵에서 헬륨 핵융합 반응이 일어나고 있으므로 적색 거성 단계에 있는 별의 내부 구조이고, (나)는 내부 구조가 중심으로부터 '핵-복사층-대류층'이므로 질량이 태양 정도인 주계열성의 내부 구조이다.

ㄱ. ㉠은 중심핵을 둘러싼 수소층으로 수소 핵융합 반응이 일어나는 층이고, ㉡은 주계열성의 중심부이다. 따라서 ㉠과 ㉡에서는 모두 수소 핵융합 반응이 일어난다.

바로알기 | ㄴ. 온도가 높을수록 더 무거운 원자핵의 핵융합 반응이 일어날 수 있다. 따라서 헬륨 핵융합 반응이 일어나는 (가)의 중심부 온도가 수소 핵융합 반응이 일어나는 (나)의 중심부 온도보다 높다.

ㄷ. 주계열성인 (나)는 정역학 평형 상태에 있지만, 적색 거성 단계인 (가)는 중심핵을 둘러싼 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어나고, 바깥층이 팽창하므로 정역학 평형 상태를 유지하지 못한다.

540 ⑤ (가)의 중심부에는 백색왜성이 남고, (나)의 중심부에는 중성자별 또는 블랙홀이 남으므로 성운의 중심부에 존재하는 천체의 질량은 (나)가 (가)보다 크다.

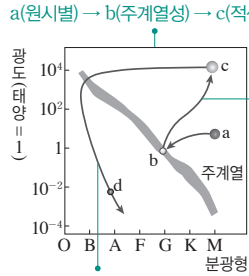
바로알기 | ① (가)는 질량이 태양 정도인 별의 진화 과정 중 일부이고, (나)는 질량이 태양보다 매우 큰 별의 진화 과정 중 일부이다. 따라서 (가)는 (나)보다 질량이 더 작은 별에서 진화한 것이다.

② 행성상 성운의 중심부에는 별의 중심핵이 수축하여 형성된 백색왜성이 남는다.

③ 철보다 무거운 원소는 (나)의 형성 과정에서 만들어진다.

④ 별의 질량이 클수록 주계열 단계에 짧게 머무르므로 (나) 과정을 거치는 별이 주계열 단계에 머무는 시간이 더 짧다.

541 질량이 태양 정도인 별의 진화 경로:
a(원시별) → b(주계열성) → c(적색 거성) → d(백색왜성)



b → c 과정:
중심핵에서 더 이상 수소 핵융합 반응이 일어나지 않으면 헬륨 핵은 수축하고 헬륨 핵을 둘러싼 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.
➔ 별의 바깥층은 팽창하여 크기가 커지고 광도가 급격히 커진다.

c → d 과정:
물질 일부가 우주 공간으로 방출되어 행성상 성운이 형성되고, 별의 중심부는 더욱 수축하여 밀도가 매우 큰 백색왜성이 된다.

② 분광형이 M형인 a는 분광형이 A형에 가까운 d보다 표면 온도가 낮다.

④ 별은 일생을 주계열 단계에서 가장 오랜 시간을 보낸다.

⑤, ⑥ b(주계열성) → c(적색 거성) 과정에서 별의 중심부는 수축하고 바깥층은 팽창하면서, 표면 온도는 낮아진다.

⑦ c(적색 거성) 이후 행성상 성운 단계를 거쳐 d(백색왜성)로 진화한다.

⑧ c → d로 진화하는 동안 별의 광도가 작아지므로 절대 등급은 커진다.

바로알기 | ① 원시별인 a에서 주계열성인 b로 진화하는 과정의 에너지원은 별이 중력 수축할 때 방출되는 중력 수축 에너지이다.

③ 주계열성이 적색 거성으로 진화하는 과정에서 별의 바깥층이 팽창하므로 b(주계열성)는 c(적색 거성)보다 반지름이 작다.

⑨ 철보다 무거운 원소는 태양보다 질량이 매우 큰 별의 진화 단계 중 초신성 폭발 과정에서 생성된다.

542 모범 답안 광도가 커진다. b에서 c로 진화하는 동안 별의 표면 온도는 낮아지지만 바깥층이 팽창하면서 반지름이 매우 커지기 때문이다.

채점 기준	배점
광도가 커진다고 서술하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
광도가 커진다고 서술하고, 그 까닭을 설명하지 못한 경우	50 %

543 (가)는 원시별 단계, (나)는 주계열 단계, (다)는 적색 거성 단계, (라)는 백색왜성 단계이다.

ㄱ. 원시별 단계인 (가)에서 중력 수축하여 내부 온도가 높아지면서 전주계열성이 되고, 전주계열 단계에서 중력 수축하여 중심부 온도가 1000만 K에 이르면 수소 핵융합 반응이 일어나는 주계열 단계인 (나)가 되므로 (가) → (나) 과정에서 별의 반지름은 작아진다.

ㄷ. 적색 거성 단계인 (다)에서 백색왜성 단계인 (라)로 진화하는 과정에서 별의 바깥층을 이루고 있던 수소나 헬륨층을 방출하는 행성상 성운 단계를 거친다. 행성상 성운은 질량의 일부를 방출하는 단계이므로 (다) → (라) 과정에서 별의 질량은 감소한다.

바로알기 | ㄴ. 주계열성의 중심부에서 수소가 고갈되면 주계열 단계인 (나)가 끝난다. (나) → (다) 과정에서는 헬륨 핵을 둘러싼 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어나 별의 바깥층은 팽창하여 크기가 커지고 표면 온도는 낮아진다. 그 후 적색 거성 단계인 (다)가 되면 중심부에서는 헬륨 핵융합 반응이 일어난다.

544 모범 답안 태양은 원시별 이후 주계열성 → 초거성 → 초신성 → 중성자별 또는 블랙홀의 진화 과정을 거칠 것이다.

채점 기준	배점
진화 순서를 옳게 서술한 경우	100 %
진화의 최후 단계가 중성자별 또는 블랙홀이라고만 서술한 경우	30 %

545 ㄱ. 진화의 마지막 단계가 중성자별 또는 블랙홀이 되는 (가)는 질량이 태양보다 매우 큰 별의 진화 과정이고, 진화의 마지막 단계가 백색왜성인 (나)는 질량이 태양 정도인 별의 진화 과정이다. 따라서 별의 질량은 (가)가 (나)보다 크다.

바로알기 | ㄴ. A는 주계열성이다. 별은 질량이 클수록 수소 핵융합 반응으로 더 많은 에너지를 생성하므로 소모하는 수소의 양이 많아 주계열성으로 머무는 기간이 더 짧다. (가)는 (나)보다 질량이 큰 별의 진화 과정이므로, A 과정에 머무는 시간은 (가)가 (나)보다 짧다.

ㄷ. 질량이 큰 별은 진화 과정에서 다양한 핵융합 반응을 거친다. 질량이 매우 큰 별은 헬륨 핵융합 반응 이후 탄소, 산소, 네온, 마그네슘, 규소를 거쳐 철로 이루어진 중심핵까지 형성한다.

546 ㄴ. 중심부로 갈수록 별의 온도가 높아져 무거운 원자핵이 존재한다. 무거운 원소일수록 핵융합 반응 온도가 높아지므로 별의 온도는 중심부로 갈수록 높아진다.

ㄷ. 철로 이루어진 층은 더 이상 핵융합 반응이 일어나지 않으므로 중력 수축이 일어난다.

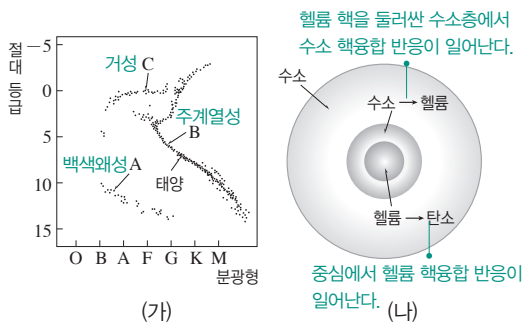
바로알기 | ㄱ. 별의 중심에 철이 분포하므로 질량이 태양보다 매우 큰 별의 내부 구조이다.

547 ㄱ. 철이 생성되는 핵융합 반응은 헬륨이 생성되는 핵융합 반응보다 더 높은 온도에서 일어난다. (가)의 중심부에는 헬륨 핵이 있고, (나)의 중심부에는 철 핵이 있으므로 중심부의 온도는 (나)가 (가)보다 높다.

ㄴ. (가)는 주계열성에서 적색 거성으로 진화하는 단계로, 별이 팽창하기 때문에 평균 밀도는 주계열성일 때보다 작아진다.

바로알기 | ㄷ. 별의 내부에서 일어나는 핵융합 반응으로 생성될 수 있는 가장 무거운 원소는 철이다. 철보다 무거운 원소는 (나)와 같이 질량이 매우 큰 별이 폭발하는 초신성 단계에서 생성된다.

548



ㄷ. H-R도의 가로축은 표면 온도와 관련되어 있으며 왼쪽에 위치할수록 표면 온도가 높다. C는 H-R도에서 태양보다 왼쪽에 있으므로 태양보다 표면 온도가 높다.

바로알기 | ㄱ. A는 백색왜성이므로 중심부에서 핵융합 반응이 일어나지 않는다.

ㄴ. (나)는 중심에서 헬륨 핵융합 반응이 일어나고, 헬륨 핵을 둘러싼 수소층에서 수소 핵융합 반응이 일어나고 있으므로 거성(C)의 내부 구조이다.

549 (가)와 (다)는 주계열성, (나)는 초거성, (라)는 백색왜성이다.

ㄱ. (가)는 H-R도의 왼쪽 위에 위치하여 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 주계열성이고, (다)는 질량이 태양 정도인 주계열성이다. 질량이 태양의 약 1.5배 이상인 주계열성은 중심부에 대류핵이 존재한다.

ㄴ. (나) 초거성은 진화 과정에서 별이 팽창한 상태이므로 평균 밀도가 작다. (라) 백색왜성은 별의 바깥층이 우주 공간으로 방출되고 중심부만 남아 수축된 상태이므로 평균 밀도가 높다. 따라서 별의 평균 밀도는 (나)가 (라)보다 작다.

바로알기 | ㄷ. 수소 핵융합 반응은 주계열성인 (가)와 (다)뿐만 아니라 초거성인 (나)의 중심핵을 둘러싼 수소층에서도 일어난다.

최고 수준 도전 기출

152쪽~153쪽

550 ② 551 ② 552 ⑤ 553 해설 참조
554 해설 참조 555 해설 참조 556 ③ 557 ③
558 ② 559 ② 560 해설 참조

550 분광형이 O → B → A → F → G → K → M형으로 갈수록 표면 온도가 낮으므로, 표면 온도는 (다) > (나) > (가)이다. 절대 등급이 (가) < (다) < (나)이므로 광도는 (가) > (다) > (나)이다.

ㄷ. (가)는 분광형이 M2형이므로 분광형이 A1형인 (다)보다 표면 온도(T)가 낮지만 절대 등급이 (다)보다 작아 광도(L)가 크다. 따라서 $L=4\pi R^2\cdot\sigma T^4$에 의해 반지름($R$)은 (가)가 (다)보다 크다.

바로알기 | ㄱ. 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량(E)은 $E=\sigma T^4$에서 표면 온도(T)가 높을수록 많으므로 (다)가 가장 많다.

ㄴ. 단위 시간 동안 방출하는 에너지의 총량은 광도를 의미하며, 광도는 절대 등급이 가장 작은 (가)가 가장 크다.

551 (가)는 Ca Ⅱ(이온화된 칼슘) 흡수선이 두드러지게 나타나므로 G형 별이고, (다)는 H I(중성 수소) 흡수선이 두드러지게 나타나므로 A형 별이다. (나)는 B형 별이다.

ㄷ. 주계열성은 표면 온도가 높을수록 반지름이 크다. (가)는 G형 별이므로 표면 온도가 가장 낮고 반지름이 가장 작지만 복사 에너지의 상대적 세기가 가장 강하기 때문에 다른 별에 비해 관측자로부터 가장 가까이 있다.

바로알기 | ㄱ. 표면 온도는 G형 별인 (가)가 B형 별인 (나)보다 낮다.

ㄴ. 주계열성은 표면 온도가 높을수록 질량이 크다. 표면 온도는 B형 별인 (나)가 가장 높으므로 질량은 (나)가 가장 크다.

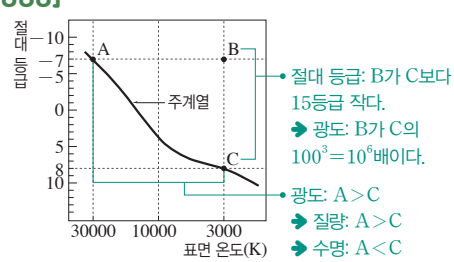
552 별의 분광형을 표면 온도가 높은 것부터 나열하면 O, B, A, F, G, K, M형이므로, 별의 표면 온도는 (가)>(다)>(나)이다.

ㄱ. (가)는 (나)보다 표면 온도가 높으므로 가시광선보다 파장이 짧은 자외선 영역에서 방출하는 빛의 세기가 상대적으로 더 강하다. 따라서 $\frac{\text{자외선 영역의 복사 에너지량}}{\text{가시광선 영역의 복사 에너지량}}$은 (가)가 (나)보다 크다.

ㄴ. 헬륨 흡수선은 O형이나 B형과 같이 표면 온도가 높은 별에서 잘 나타난다. 따라서 헬륨 흡수선은 분광형이 G형인 (다)보다 O형인 (가)에서 잘 나타난다.

ㄷ. 분광형이 M형인 (나)는 붉은색 별이고, G형인 (다)는 노란색 별이다. 따라서 (나)는 (다)보다 붉은색을 띤다.

[553~555]



553 모범 답안 질량이 작은 주계열성일수록 수명이 길므로 C가 A보다 수명이 더 길다.

채점 기준	배점
A와 C의 수명을 옳게 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
C가 A보다 수명이 길다고만 서술한 경우	50 %

554 모범 답안 B는 C보다 절대 등급이 15등급 작으므로 광도가 $100^3=10^6$배 크다. 따라서 B와 C의 광도비는 1000000 : 1이다.

채점 기준	배점
B와 C의 광도비를 풀이 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
B가 C보다 절대 등급이 15등급 작다고만 서술한 경우	30 %

555 모범 답안 B는 C와 표면 온도는 같지만 광도가 C의 10^6배이다. 따라서 $\frac{L_B}{L_C}=10^6=\frac{4\pi(R_B)^2\cdot\sigma T^4}{4\pi(R_C)^2\cdot\sigma T^4}$에서 $R_B=1000R_C$이므로 B의 반지름은 C의 1000배이다.

채점 기준	배점
B의 반지름은 C의 몇 배인지 풀이 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
표면 온도와 광도만 옳게 비교하고, 광도 식을 세우지 못한 경우	40 %

556 ㄱ. 최대 에너지를 방출하는 파장이 시리우스가 태양보다 짧으므로 표면 온도는 시리우스가 태양보다 높다.

ㄴ. 시리우스는 태양보다 표면 온도가 높은 주계열성이므로 (나)의 H-R도에서 태양의 왼쪽 위에 위치한다.

ㄷ. 시리우스는 H-R도에서 태양의 왼쪽 위에 위치하는 주계열성이므로 태양보다 질량이 크다.

바로알기 | ㄹ. 별의 질량이 클수록 주계열성으로 보내는 시간이 짧으므로 시리우스가 태양보다 주계열성으로 보내는 시간이 짧다.

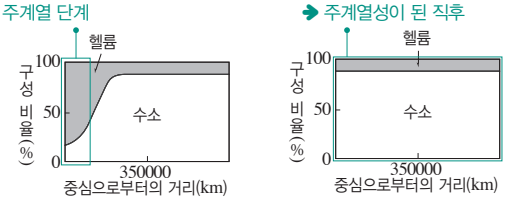
557 ㄱ. A는 중심에서 대류에 의한 에너지 전달이 우세하므로 질량이 태양의 5배인 별이다. B는 중심에서 복사에 의한 에너지 전달이 우세하므로 질량이 태양 정도인 별이다

ㄷ. A는 질량이 태양의 5배인 별이므로 중심부 온도가 약 1800만 K 이상이고, B는 질량이 태양 정도인 별이므로 중심부 온도가 약 1800 K 이하이다. (나)는 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)으로, 중심부 온도가 약 1800만 K 이상인 주계열성에서 우세하게 일어난다. 따라서 $\frac{\text{(나)에 의한 에너지 생산량}}{\text{수소 핵융합 반응에 의한 총 에너지 생산량}}$은 A가 B보다 크다.

바로알기 | ㄴ. 수소 핵융합 반응 과정에서 질량 결손이 일어나므로, 반응 전 물질인 수소 원자핵 4개의 질량 합은 반응 후 물질인 헬륨 원자핵 1개의 질량보다 크다.

558 탄소, 산소가 존재하지 않는다.
➔ 헬륨 핵융합 반응은 일어나지 않았다.
➔ 주계열 단계

중심부의 수소와 헬륨 비율이 별 전체에서 같다.
➔ 주계열성이 된 직후



ㄷ. 50억 년 후에도 별은 주계열성이므로 (가)와 (나) 사이의 기간 동안 별은 주계열성으로 머물고 있다. 주계열성은 정역학 평형 상태이므로 이 기간 동안 별의 크기는 일정하게 유지된다.

바로알기 | ㄱ. (가)는 중심핵의 헬륨 비율이 수소 비율보다 높으므로 수소 핵융합 반응이 많이 진행된 50억 년 후이고, (나)는 수소와 헬륨 비율이 중심핵을 포함하여 별 전체에서 같으므로 수소 핵융합 반응이 일어나기 시작한 주계열성이 된 직후이다.

ㄴ. (가)에서 중심핵에 수소가 일부 남아 있는 것으로 보아 별은 수소 핵융합 반응이 일어나는 주계열성이다. 앞으로 중심부의 수소 핵융합 반응이 멈춘 후 중심부가 중력 수축하여 온도가 높아지면 헬륨 핵융합 반응이 일어날 수 있다.

559 A는 원시별, B는 주계열성, C는 헬륨 핵융합 반응이 일어나기 직전의 적색 거성, D는 백색왜성이다.

ㄴ. 별의 내부에서 수소 핵융합 반응이 일어남에 따라 수소의 질량은 점점 감소한다. 주계열성인 B에서 백색왜성인 D로 진화하는 과정에서 수소 핵융합 반응이 일어나면 수소의 질량이 감소하므로 수소의 총 질량은 D가 B보다 작다.

바로알기 | ㄱ. 원시별(A)이 주계열성(B)으로 진화하는 과정에서 주로 중력 수축에 의해 에너지가 공급된다.

ㄷ. (나)는 중심핵에서 헬륨 핵융합 반응이 일어나고 있는 것으로 보아 C 이후의 내부 구조이다. B에서 C로 진화할 때는 중심핵의 온도가 아직 1억 K에 도달하지 못해 헬륨 핵융합 반응이 일어나지 않고 헬륨으로 이루어진 핵이 수축한다.

560 모범 답안 수소의 비율은 감소하고, 다른 원소의 비율은 증가할 것이다. 수소는 더 이상 새로 생성되지 않고, 별이 탄생하고 진화하면서 수소는 소진되고 무거운 원소들이 계속 생성되기 때문이다.

채점 기준	배점
우주를 구성하는 원소의 비율 변화를 그 까닭과 함께 옳게 서술한 경우	100 %
우주를 구성하는 원소의 비율 변화만 옳게 서술한 경우	40 %

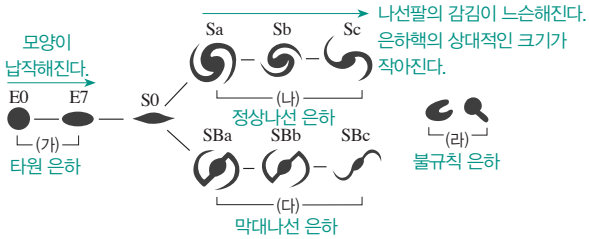
19 은하의 분류와 특징

빈출 자료 보기

155쪽

561 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) × (8) ○

561



(2) 타원 은하인 (가)는 성간 물질이 적어 대부분 늙은 별들로 구성되어 있다.

(3) 정상나선 은하인 (나)는 은하핵의 상대적인 크기와 나선팔이 감긴 정도에 따라 Sa, Sb, Sc로 구분한다.

(6) (나)는 정상나선 은하, (다)는 막대나선 은하이다. 나선 은하에서 젊은 별은 나선팔에 많이 분포한다.

(8) 타원 은하인 (가)보다 불규칙 은하인 (라)에 성간 물질이 많고 젊은 별이 많이 분포한다.

바로알기 | (1) 타원 은하인 (가)는 납작한 정도(편평도)에 따라 E0~E7로 구분한다.

(4) (나)는 Sa에서 Sc로 갈수록 나선팔이 감긴 정도가 작다.

(5) 우리은하는 막대나선 은하로 분류되므로 (나)보다 (다)에 가깝다.

(7) 규칙적인 구조가 없는 은하들은 허블의 은하 분류에서 (라) 불규칙 은하로 분류된다.

난이도별 필수 기출

156쪽~159쪽

562 ② 563 ⑤ 564 ⑤ 565 ② 566 ②, ④, ⑤
567 해설 참조 568 해설 참조 569 ① 570 ①
571 ① 572 ③ 573 ② 574 ⑤ 575 ③
576 ④, ⑤, ⑥ 577 ③, ⑤ 578 해설 참조
579 해설 참조 580 ③ 581 ③ 582 해설 참조

562 ㄷ. 허블의 은하 분류에 따르면 우리은하는 나선팔과 은하 중심을 가로지르는 막대 구조가 있는 막대나선 은하에 해당한다.

바로알기 | ㄱ. 허블의 은하 분류에 따르면 은하들은 모양에 따라 크게 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 분류된다.

ㄴ. 허블의 은하 분류는 은하를 모양에 따라 분류한 것으로, 은하의 진화와 관계가 없다. 따라서 타원 은하가 시간이 지나 나선 은하가 되는 것은 아니다.

563 그림은 타원 모양이므로 타원 은하이다.

⑤ 타원 은하는 중심부에서 바깥쪽으로 갈수록 별의 개수 밀도가 줄어들어 은하의 밝기가 감소한다.

바로알기 | ① 타원 은하에는 은하 원반이 존재하지 않는다.

② 타원 은하에는 젊은 별보다 나이가 많은 별의 비율이 높으므로 별의 탄생이 활발하지 않다. 새로운 별의 탄생은 불규칙 은하 또는 나선 은하의 나선팔에서 활발하게 일어난다.

③ 우리은하는 막대나선 은하이다. 우리은하의 나선팔에는 파란색 별이 주로 분포하고, 은하핵에는 붉은색 별이 주로 분포한다. 타원 은하에는 붉은색 별이 주로 분포한다. 따라서 타원 은하는 우리은하에 비해 붉은색 별의 비율이 높다.

④ 나선팔이 감긴 정도에 따라 세분되는 은하는 나선 은하이다. 타원 은하에는 나선팔이 존재하지 않는다.

564 허블은 외부 은하를 형태에 따라 분류하였다. E0~E7은 타원 은하, Sa~Sc는 정상나선 은하, SBa~SBc는 막대나선 은하, Irr는 불규칙 은하이다.

ㄱ. 타원 은하와 나선 은하는 나선팔의 유무로 구분한다. 타원 은하는 나선팔이 없고, 나선 은하는 나선팔이 있다.

ㄴ. a에서 c로 갈수록 은하 중심부의 비율이 작아지고, 나선팔의 감김이 느슨해진다. 따라서 Sa는 Sc보다 은하 내에서 은하핵이 차지하는 비율이 크다.

ㄷ. 불규칙 은하는 타원 은하에 비해 성간 물질이 많고, 젊은 별들이 많이 분포한다.

565 A는 타원 은하, B는 정상나선 은하, C는 막대나선 은하, D는 불규칙 은하이다.

ㄷ. D는 불규칙 은하로, 성간 물질이 비교적 풍부하다.

바로알기 | ㄱ. 타원 은하(A)에는 주로 늙은 별이 분포하고, 나선 은하(B, C)의 나선팔에는 젊은 별이, 은하핵에는 늙은 별이 주로 분포한다. 불규칙 은하(D)에는 주로 젊은 별이 분포한다. 따라서 별의 평균 나이는 타원 은하인 A가 가장 많다.

ㄴ. 은하의 형태와 진화 사이에는 아무런 관련이 없다.

566 ② (가)는 나선팔이 없고 타원 모양이므로 타원 은하이고, (나)와 (다)는 나선팔이 있으므로 나선 은하이다.

④ 나선 은하의 은하핵에는 나선팔과 달리 성간 물질이 적어 늙은 별들의 비율이 높다.

⑤ (라)는 불규칙 은하로, 규칙적인 형태가 없는 은하이다.

바로알기 | ① 허블은 외부 은하를 형태(모양)에 따라 (가)~(라)로 분류하였다.

③ 타원 은하는 성간 물질이 적어 늙은 별의 비율이 높다. 따라서 나이가 많은 별의 비율은 타원 은하인 (가)가 나선 은하인 (나)보다 높다.

⑥ 불규칙 은하인 (라)는 성간 물질이 많아 별의 탄생이 활발하므로 주로 나이가 적은 파란색을 띠는 별들로 구성되어 있다.

567 모범 답안 나선 은하의 중심부는 주로 늙은 별들이 분포하므로 상대적으로 붉은색을 띤다. 반면에 나선팔은 성간 물질이 많아 주로 젊은 별들이 분포하므로 상대적으로 파란색을 띤다.

채점 기준	배점
주어진 용어를 모두 사용하여 나선 은하의 색을 옳게 서술한 경우	100 %
주어진 용어를 모두 사용했으나 나선 은하의 색을 옳게 서술하지 못한 경우	0 %

568 모범 답안 • 공통점 : 은하핵과 나선팔이 존재한다.
• 차이점 : (가)는 막대 구조가 있고, (나)는 막대 구조가 없다.

해설 (가)는 막대나선 은하이고, (나)는 정상나선 은하이다. (가)와 (나)는 모두 은하핵과 나선팔이 존재하며, 중심을 기준으로 대칭적인 모습이 나타난다. (가)는 나선팔이 막대 구조의 끝부분에서 시작되고, (나)는 막대 구조가 없고, 나선팔이 은하핵에서 시작된다.

채점 기준	배점
공통점과 차이점을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
공통점과 차이점 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

569 ㄱ. 우리은하는 나선팔과 중심을 가로지르는 막대 구조가 있는 막대나선 은하이다.

바로알기 | ㄴ. 은하핵인 A보다 나선팔인 B에 성간 물질이 많이 분포한다.

ㄷ. 구상 성단이 많이 분포하는 A와 구상 성단인 C는 늙고 붉은색 별의 비율이 높고, 나선팔인 B는 젊고 파란색 별의 비율이 높다.

570 (가)는 중심부의 모양이 둥글고 나선팔이 있는 정상나선 은하이다. (나)는 타원 모양이므로 타원 은하이다.

ㄱ. (가)는 은하핵을 가로지르는 막대 모양의 구조가 나타나지 않으며 나선팔이 있으므로 정상나선 은하이다.

바로알기 | ㄴ. (가)와 같은 나선 은하는 은하핵의 상대적인 크기와 나선팔이 감긴 정도에 따라 a, b, c로 세분한다.

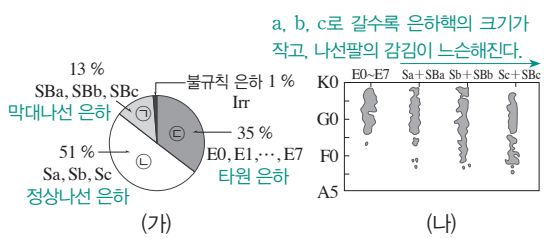
ㄷ. 나선 은하의 나선팔에는 젊은 별들이 많이 분포하지만, 타원 은하는 비교적 늙고 온도가 낮은 별들로 이루어져 있다. 따라서 은하를 구성하는 별들의 평균 나이는 (가)가 (나)보다 적다.

571 ㄱ. (가)는 타원에 가까운 형태인 타원 은하, (나)는 중심부에 막대 구조가 있고 나선팔이 있는 막대나선 은하, (다)는 규칙적인 형태가 없거나 구조가 명확하지 않은 불규칙 은하이다.

바로알기 | ㄴ. 타원 은하는 성간 물질이 매우 적고, 나선 은하는 나선팔에 성간 물질이 풍부하며, 불규칙 은하는 성간 물질이 풍부하다. 따라서 불규칙 은하인 (다)가 성간 물질이 가장 풍부하다.

ㄷ. 우리은하는 막대나선 은하이므로 (나)와 구조가 가장 유사하다.

572



ㄱ. 나선 은하는 은하핵의 상대적인 크기와 나선팔이 감긴 정도에 따라 a, b, c로 세분하는데, a에서 c로 가면서 은하 전체에 대한 은하 중심부의 비율이 작아지고 나선팔의 감김이 느슨해진다.

ㄷ. O형 별의 표면 온도가 가장 높고 파란색을 띠며, M형 별의 표면 온도가 가장 낮고 붉은색을 띤다. (나)에서 타원 은하인 E0~E7에 속한 별들의 분광형은 K형과 G형에 집중되어 있고, 나선 은하에 속한 별들은 분광형이 K형에서 F형에 걸쳐 나타난다. 따라서 나선 은하인 ㉠과 ㉡보다 타원 은하인 ㉢에서 붉은색을 띠는 별의 비율이 더 높다.

바로알기 | ㄴ. 가장 많이 관측되는 은하는 (가)에서 정상나선 은하(㉡)이다. 정상나선 은하는 은하 중심부에 막대 모양의 구조가 없고, 나선팔이 은하핵에서 직접 뻗어나온다.

573 ㄷ. 퀘이사는 매우 멀리 있어 스펙트럼에서 적색 편이가 매우 크게 나타난다.

바로알기 | ㄱ. 퀘이사는 수많은 별들로 이루어진 은하이지만 너무 멀리 있어 하나의 별처럼 보인다.

ㄴ. 퀘이사는 대체로 우주 초기에 형성되었으므로 우주가 팽창함에 따라 현재 태양계에서 매우 멀리 떨어져 있다.

574 ㄴ. 전파 은하와 세이퍼트 은하는 모두 특이 은하에 속한다. 특이 은하의 중심에는 블랙홀이 존재할 것으로 추정된다.

ㄷ. 세이퍼트 은하는 전파 은하에 비해 매우 밝은 중심핵이 있으므로 $\frac{\text{중심부의 광도}}{\text{은하 전체의 광도}}$는 (나)가 (가)보다 크다.

바로알기 | ㄱ. 전파 은하는 가시광선 영상에서 나선팔이 나타나지 않으며, 타원 은하의 형태를 띠고 있다.

575 ㄱ. 대부분 나선 은하의 형태로 관측되는 A는 세이퍼트 은하이다.

ㄴ. 제트로 연결된 로브가 핵의 양쪽에 대칭으로 나타나는 B는 전파 은하이다. 전파 은하는 일반 은하보다 수백 배 이상의 강한 전파를 방출한다.

바로알기 | ㄷ. C는 퀘이사이다. 퀘이사는 적색 편이가 매우 크게 나타나는데, 이로부터 퀘이사는 우리은하로부터 매우 멀리 있고, 우주 초기에 형성된 은하라는 것을 알 수 있다.

576 ④ 가시광선 영역에서 관측하면 허블의 분류 기준으로 (나) 세이퍼트 은하는 대체로 나선 은하로 분류되고, (가) 전파 은하는 대체로 타원 은하로 분류된다.

⑤ 퀘이사인 (다)는 매우 먼 거리에 있는 은하로, 빠른 속도로 멀어지고 있으므로 스펙트럼에서 적색 편이가 매우 크게 나타난다.

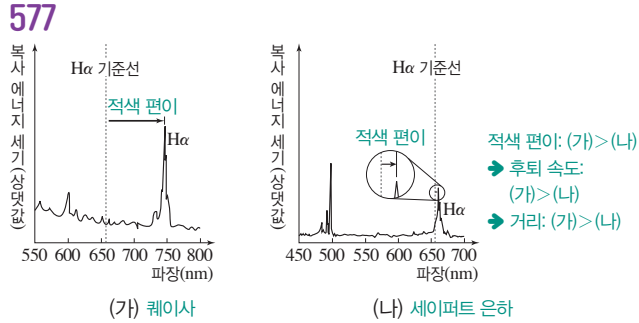
⑥ 특이 은하는 강한 전자기파를 방출하는 활동성이 강한 은하핵이 있으므로 (가)~(다) 모두 중심부에 거대 질량의 블랙홀이 있을 것으로 추정된다.

바로알기 | ① (가)는 제트로 이어진 로브가 관측되는 전파 은하, (나)는 상대적으로 밝은 핵이 있고, 나선 은하로 관측되는 세이퍼트 은하, (다)는 하나의 별처럼 보이는 퀘이사이다.

② 별처럼 점 모양으로 관측되는 것은 퀘이사인 (다)이다.

③ 은하 전체의 광도에 대한 중심부의 광도가 큰 은하로는 (나) 세이퍼트 은하와 (다) 퀘이사가 있으며, 그 중 퀘이사가 세이퍼트 은하보다 훨씬 크다. 따라서 은하 전체의 광도에 대한 중심부의 광도는 (다)가 가장 크다.

577



① 스펙트럼의 적색 편이가 더 크게 나타나는 (가)가 퀘이사이고, (나)는 세이퍼트 은하이다.
② 퀘이사인 (가)는 은하이지만 매우 먼 거리에 있어서 하나의 별처럼 관측된다.
④ (가)는 (나)보다 적색 편이가 크게 나타나므로 우리은하로부터 더 빠르게 멀어지고 있다. 허블-르메트르 법칙에 따르면 은하의 후퇴 속도는 거리에 비례하므로 (가)가 (나)보다 우리은하로부터 더 먼 거리에 있다.
⑥ (가)와 (나)는 일반적인 은하에 비해 전파나 X선 영역에서 강한 에너지를 방출할 뿐만 아니라 그 밝기가 시간에 따라 변하는 특이 은하로, 모두 중심부에 거대 질량의 블랙홀이 있을 것으로 추정된다.
바로알기 | ③ 세이퍼트 은하인 (나)는 가시광선 영상에서 대체로 나선은하로 관측된다.
⑤ (가)와 (나)는 모두 스펙트럼의 적색 편이가 나타나므로 우리은하로부터 멀어지고 있다.

578 **모범 답안** (나), 스펙트럼의 적색 편이가 더 크게 나타나기 때문이다.
해설 스펙트럼에서 수소 방출선의 폭이 일반 은하에 비해 매우 넓게 나타나는 (가)는 세이퍼트 은하이고, 스펙트럼의 적색 편이가 매우 크게 나타나는 (나)는 퀘이사이다.

채점 기준	배점
퀘이사를 옳게 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
퀘이사만 옳게 고른 경우	50 %

579 **모범 답안** (나)의 퀘이사는 (가)의 세이퍼트 은하에 비해 훨씬 먼 거리에 위치하여 후퇴 속도가 훨씬 빠르다. 따라서 적색 편이는 (나)가 (가)보다 훨씬 크게 나타난다.

채점 기준	배점
적색 편이가 차이 나는 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(나)가 (가)보다 적색 편이가 크다라고만 서술한 경우	30 %

580 ㄱ. (가)에서 A는 나선 은하로 관측되며, 밝은 중심핵이 나타나므로 세이퍼트 은하이고, B는 별처럼 관측되므로 퀘이사이다. (나)에서 세이퍼트 은하는 중심핵에서 일반 은하 정도의 에너지를 방출하지만, 퀘이사는 중심핵에서 일반 은하의 수백 배 정도의 에너지를 방출하며 적색 편이가 매우 크게 나타난다. 따라서 ㉠은 세이퍼트 은하이고, ㉡은 퀘이사이다. 따라서 A는 ㉠에 해당한다.
ㄴ. B는 퀘이사로, 별이 아닌 은하이다. 퀘이사는 적색 편이가 매우 크고 우리은하에서 매우 멀리 떨어져 있다.
바로알기 | ㄷ. ㉡은 퀘이사이다. 퀘이사는 매우 먼 거리에 있어 하나의 별처럼 보이므로 은하의 형태를 구분하기 어렵다. 따라서 허블의 은하 분류로 분류하기 어렵다.

581 ㄴ. 두 은하가 충돌하는 과정에서 큰 은하가 작은 은하를 흡수하여 형태가 변하기도 한다.
ㄷ. 은하 내의 분자 구름들이 충돌하고 압축되어 가스와 티끌의 밀도가 증가하면서 새로운 별이 탄생하기도 한다.
바로알기 | ㄱ. 은하끼리 충돌하더라도 별의 크기보다 별 사이의 공간이 훨씬 크기 때문에 은하 내부에 있는 별들은 거의 충돌하지 않는다.
ㄹ. 허블-르메트르 법칙은 멀리 있는 은하일수록 빠르게 멀어진다는 내용이다. 충돌하는 은하들은 서로 가까워지므로 허블-르메트르 법칙이 성립하지 않는다.

582 **모범 답안** 별의 크기보다 별 사이의 공간이 훨씬 크기 때문에 두 은하가 충돌하더라도 은하 내의 별들이 직접 충돌하는 일은 거의 없다.

채점 기준	배점
별들이 직접 충돌하는 일이 거의 없는 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
별 사이의 공간이 크기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

20 허블-르메트르 법칙과 우주 팽창

빈출 자료 보기 161쪽

583 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) × (7) ×

583 (1) A 시기와 B 시기 모두 은하의 후퇴 속도가 거리에 비례하므로 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 빠르다.
(2) 그래프는 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 빠르다는 사실을 나타내고 있으며, 이는 우주가 팽창하고 있음을 의미한다.
(3) 100 Mpc의 거리에서 은하의 후퇴 속도는 A 시기가 B 시기보다 빠르다. 같은 거리에 있는 은하의 후퇴 속도는 A 시기가 더 빠르므로 1 Mpc당 우주가 팽창하는 속도, 즉 허블 상수 또한 A 시기가 B 시기보다 크다.
(5) 허블-르메트르 법칙 $v=H\cdot r$에 A 시기에 측정한 은하의 거리(r)와 후퇴 속도(v)를 적용하면, 7000 km/s$=H\cdot$100 Mpc이므로 허블 상수(H)는 70 km/s/Mpc이다.
바로알기 | (4) 허블-르메트르 법칙은 $v=H\cdot r$(v: 후퇴 속도, r: 거리)이므로 그래프의 기울기(H)가 허블 상수에 해당한다.
(6) B 시기 그래프의 기울기가 A 시기보다 작으므로 B 시기의 허블 상수는 A 시기의 허블 상수인 70 km/s/Mpc보다 작다.
(7) 우주의 나이는 허블 상수의 역수$\left(\frac{1}{H}\right)$이므로 허블 상수가 큰 A 시기가 B 시기보다 적게 계산된다.

난이도별 필수 기출 162쪽~165쪽

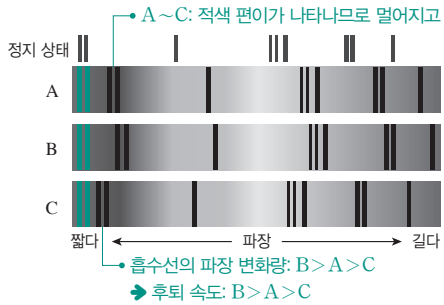
584 ④ 585 ② 586 (가) B (나) B 587 ①
588 해설 참조 589 해설 참조 590 ② 591 ②
592 해설 참조 593 ① 594 ③ 595 ④ 596 ③
597 ③ 598 해설 참조 599 ① 600 ②
601 ①, ⑥ 602 ⑤ 603 ③

584 ㄴ. 아인슈타인은 중력에 반대되는 힘인 우주 상수 개념을 도입하여 우주가 정적인 상태에 있다고 주장하였다.
ㄷ. 프리드만은 우주를 이루는 물질의 밀도에 따라 우주가 팽창할 수도 있고 수축할 수도 있다고 주장하였다. 그는 중력이 작용함에도 우주가 수축하지 않는 까닭은 우주가 팽창하고 있기 때문이라는 팽창 우주론을 주장하였다.

바로알기 | ㄱ. 아인슈타인은 허블-르메트르 법칙이 발견되기 전까지 우주가 팽창하거나 수축하지 않고 정적인 상태를 유지한다는 정적 우주론을 주장하였다. 르메트르는 팽창 우주론을 주장하였다.

585 별빛은 빛의 속도(c)로 이동한다. 정지 상태인 은하에서 온 별빛이 관측자에게 도착할 때의 흡수선 파장을 λ_0이라고 하면, 관측자에게서 속도 v로 멀어지는 은하에서 온 별빛은 도플러 효과에 의해 $\Delta\lambda$만큼 파장 변화가 생긴다. 따라서 $c : \lambda_0 = v : \Delta\lambda$의 관계가 성립하므로 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$에서 $v = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$이다.

586



(가) 후퇴 속도가 빠른 은하일수록 적색 편이가 크게 나타난다. B가 적색 편이가 가장 크므로 후퇴 속도가 가장 빠르다.
(나) 거리가 먼 은하일수록 후퇴 속도가 빠르다. B가 후퇴 속도가 가장 빠르므로 가장 멀리 있는 은하이다.

587 ㄱ. (가)~(다)는 모두 스펙트럼에서 흡수선의 적색 편이가 나타나므로 우리은하로부터 멀어지고 있다.
바로알기 | ㄴ. 흡수선의 적색 편이가 클수록 은하의 후퇴 속도가 빠르다. (가)는 (나)보다 흡수선이 적색 편이된 정도가 작으므로 느린 속도로 멀어지고 있다.
ㄷ. 허블-르메트르 법칙에 따르면 거리가 먼 은하일수록 후퇴 속도가 빠르다. (다)는 (나)보다 적색 편이된 정도가 커서 후퇴 속도가 빠르므로 우리은하로부터 더 먼 거리에 있다.

588

외부 은하	(가)	(나)
칼슘 이온 흡수선의 파장	425 nm	410 nm
칼슘 이온 흡수선의 고유 파장	395 nm	395 nm
파장 변화량	30 nm	15 nm
후퇴 속도(c: 빛의 속도)	$c \times \frac{30\text{ nm}}{395\text{ nm}}$	$c \times \frac{15\text{ nm}}{395\text{ nm}}$
후퇴 속도의 비	2	1

모범 답안 빛의 속도를 c라고 하면, (가)의 후퇴 속도는 $c \times \frac{30\text{ nm}}{395\text{ nm}}$이고, (나)의 후퇴 속도는 $c \times \frac{15\text{ nm}}{395\text{ nm}}$이므로 (가)와 (나)의 후퇴 속도의 비는 2 : 1이다.

해설 (가) 은하의 파장 변화량은 (425−395) nm=30 nm이므로 후퇴 속도는 $c \times \frac{30\text{ nm}}{395\text{ nm}}$이다. (나) 은하의 파장 변화량은 (410−395) nm=15 nm이므로 후퇴 속도는 $c \times \frac{15\text{ nm}}{395\text{ nm}}$이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)의 후퇴 속도의 비를 풀이 과정을 포함하여 옳게 구한 경우	100 %
(가)와 (나)의 파장 변화량만 옳게 구한 경우	40 %

589 **모범 답안** 외부 은하의 후퇴 속도는 그 은하까지의 거리에 비례한다. 즉, 멀리 있는 은하일수록 빠르게 멀어진다.

해설 허블-르메트르 법칙($v = H \cdot r$)은 외부 은하의 후퇴 속도(v)는 그 은하까지의 거리(r)에 비례한다는 법칙이다.

채점 기준	배점
주어진 용어들을 모두 포함하여 허블-르메트르 법칙에 대해 옳게 서술한 경우	100 %
주어진 용어를 모두 포함하지 않았지만 같은 의미로 서술한 경우	70 %

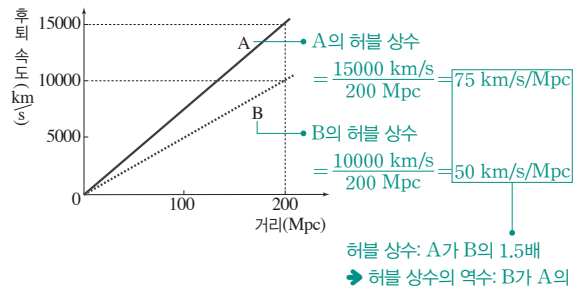
590 외부 은하까지의 거리와 후퇴 속도는 비례하는데, 이때의 비례 상수가 허블 상수이다. 따라서 그래프의 기울기는 허블 상수(㉠)를 의미하며, 기울기의 역수는 우주의 나이(㉡)를 의미한다.

591 ㄴ. 외부 은하의 후퇴 속도는 외부 은하까지의 거리에 비례하여 커진다. 따라서 B 은하와 A 은하는 시간이 지날수록 점차 멀어진다.
바로알기 | ㄱ. 외부 은하의 후퇴 속도는 일정하지 않고 은하까지의 거리에 비례하여 커진다.
ㄷ. 우주 팽창의 중심은 없으므로 우주가 팽창함에 따라 B 은하에서 관측하더라도 A 은하가 멀어진다. 따라서 B 은하에서 관측한 A 은하의 스펙트럼에서 적색 편이가 나타날 것이다.

592 **모범 답안** 허블-르메트르 법칙 $v = H \cdot r$에서 은하까지의 거리(r)는 $r = \frac{v}{H} = \frac{7000\text{ km/s}}{70\text{ km/s/Mpc}} = 100\text{ Mpc}$이다.

채점 기준	배점
은하까지의 거리를 풀이 과정을 포함하여 옳게 구한 경우	100 %
허블 상수로 식만 옳게 세운 경우	50 %

593



ㄱ. 후퇴 속도가 빠를수록 적색 편이가 크게 나타나므로 같은 거리에 있는 은하의 적색 편이는 A가 B보다 크게 나타난다.
ㄴ. A와 B는 모두 거리가 멀어지면서 후퇴 속도가 빨라지므로 우주가 팽창하고 있음을 나타낸다.
바로알기 | ㄷ. B에서 허블-르메트르 법칙을 적용하여 허블 상수(H)를 구하면 10000 km/s=H·200 Mpc에서 H=50 km/s/Mpc이다.
ㄹ. A에서 허블-르메트르 법칙을 적용하여 허블 상수(H)를 구하면 15000 km/s=H·200 Mpc에서 H=75 km/s/Mpc이다. 허블 상수(H)는 A가 B의 1.5배이고, 우주의 나이는 허블 상수의 역수$\left(\frac{1}{H}\right)$이므로 B가 A의 1.5배이다.

594 ㄱ. 허블-르메트르 법칙($v = H \cdot r$)으로부터 허블 상수(H)는 $\frac{14000\text{ km/s}}{200\text{ Mpc}} = 70\text{ km/s/Mpc}$이다.
ㄷ. 허블 상수(H)가 70 km/s/Mpc이므로, 후퇴 속도(v)가 35000 km/s인 은하까지의 거리(r)는 $r = \frac{v}{H} = \frac{35000\text{ km/s}}{70\text{ km/s/Mpc}} = 500\text{ Mpc}$이다.
바로알기 | ㄴ. 후퇴 속도는 은하까지의 거리에 비례한다. 은하까지의 거리는 B가 A의 2배이므로 후퇴 속도도 B가 A의 2배이다.

595 ㄴ. 우리은하와 은하 C 사이의 거리는 1500 Mpc이므로, 우리은하에서 관측한 은하 C의 후퇴 속도는 $v=H\cdot r=75\ \text{km/s/Mpc}\times 1500\ \text{Mpc}=112500\ \text{km/s}$이다.

ㄷ. 우리은하에서 관측한 은하 C는 은하 B보다 2배 더 멀리 있다. 적색 편이$\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}\right)$는 거리에 비례하므로, 은하 C의 적색 편이$\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}\right)$는 은하 B의 2배이다.

바로알기 | ㄱ. 은하 A는 우리은하로부터 멀어지고 있으므로 적색 편이가 나타난다.

596 ㄱ. 외부 은하의 스펙트럼은 정지 상태의 스펙트럼과 비교하여 파장이 길어졌으므로 적색 편이가 나타난다.

ㄷ. 후퇴 속도(v)는 3×10^4 km/s, 허블 상수(H)는 75 km/s/Mpc이므로 허블-르메트르 법칙 $v=H\cdot r$, $r=\frac{v}{H}$에서 외부 은하까지의 거리(r)는 $r=\frac{3\times10^4\ \text{km/s}}{75\ \text{km/s/Mpc}}=400\ \text{Mpc}$이다.

바로알기 | ㄴ. 외부 은하의 후퇴 속도(v)는 $v=c\times\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}=(3\times10^5\ \text{km/s})\times\frac{(715-650)\ \text{nm}}{650\ \text{nm}}=3\times10^4\ \text{km/s}$이다.

597 ③ 우주가 팽창함에 따라 공간이 확장되면서 은하들은 서로 멀어지고 있다.

바로알기 | ① 허블-르메트르 법칙 $v=H\cdot r$(H: 허블 상수)에 따르면 은하의 후퇴 속도(v)는 은하까지의 거리(r)에 비례한다.

② 어느 은하를 기준으로 하여도 은하가 서로 멀어지고 있으므로 우주 팽창의 중심은 없다.

④ 우주가 팽창하여도 은하 내의 별들은 중력에 의해 서로 붙들려 있으므로 별과 별 사이가 멀어져 은하 자체의 크기가 커지지는 않는다.

⑤ 우리은하뿐만 아니라 다른 은하에서 관측하는 경우에도 허블-르메트르 법칙이 성립한다.

598 모범 답안 • 풍선이 부풀어 오르면 풍선 표면에서 두 지점 사이의 거리가 멀어지듯이 우주 공간이 팽창하면 은하가 직접 움직이지 않아도 서로 멀어진다. • 어느 은하에서 관측하더라도 멀리 있는 은하일수록 더 빨리 멀어진다. • 어느 은하를 기준으로 하여도 은하들은 서로 멀어지므로 팽창의 중심은 정할 수 없다. • 우주가 팽창하여도 은하의 크기가 커지는 것은 아니다.

채점 기준	배점
추론할 수 있는 사실 두 가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
추론할 수 있는 사실을 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

599 ㄱ. 기준(◯)은 움직이지 않는 것처럼 표현하고 있으므로 관측자를 의미한다. 따라서 기준(◯)은 우주 팽창을 관측하고 있는 우리은하를 표현한 것이다.

바로알기 | ㄴ. 다른 은하에서 관측할 경우 우리은하가 멀어지는 것으로 나타난다.

ㄷ. 모든 학생들이 (가)에서 (나)로 이동하는 데 걸린 시간이 같다면 B가 A보다 이동 거리가 더 크므로 더 빠른 속도로 움직여야 한다.

600 풍선을 이용한 팽창 실험으로 허블-르메트르 법칙의 의미를 파악할 수 있다. 우주 공간이 팽창함에 따라 은하 사이의 거리가 멀어지고 있으며, 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 더 빠르다는 것을 확인할 수 있다.

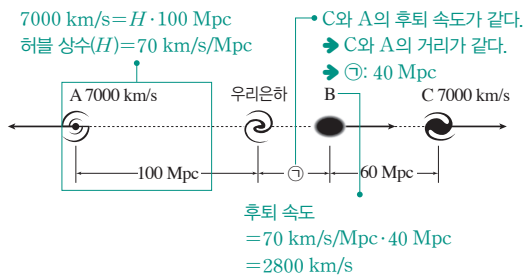
A. 풍선을 팽창시켜 실험을 진행하는 것은 우주 공간이 팽창하는 것을 보여주는 것이므로 옳은 실험 설계이다.

C. 은하들의 거리를 각각 다르게 하여 실험하는 것으로부터 멀리 떨어져 있는 은하가 가까이 있는 은하보다 후퇴 속도가 빠르다는 것을 확인할 수 있으므로 옳은 실험 설계이다.

바로알기 | B. 공간이 팽창하여 은하 사이의 거리는 멀어지지만 은하 자체의 크기는 중력에 의해 변하지 않으므로 매직으로 칠하여 은하가 팽창하는 것을 확인하는 것은 잘못된 실험 설계이다.

D. 우주의 중심은 없으므로 우리은하를 풍선 가운데 중심으로 실험하는 것은 잘못된 실험 설계이다.

601



② 은하 A의 거리 100 Mpc과 후퇴 속도 7000 km/s를 허블-르메트르 법칙에 적용하면, 7000 km/s=H·100 Mpc이므로 허블 상수(H)는 70 km/s/Mpc이다.

③ 우리은하에서 관측한 A와 C의 후퇴 속도가 같으므로 A와 C는 우리은하로부터 같은 거리에 있다. C까지의 거리가 100 Mpc이므로 B까지의 거리(㉠)는 40 Mpc이다.

④ 허블 상수는 70 km/s/Mpc이고 B까지의 거리가 40 Mpc이므로, 이를 허블-르메트르 법칙에 적용하면 B의 후퇴 속도는 70 km/s/Mpc $\times$ 40 Mpc=2800 km/s이다.

⑤ A는 우리은하에서 멀어지고 있으므로 A에서 우리은하를 관측하면 우리은하가 멀어지고 있다. 따라서 A에서 우리은하의 스펙트럼을 관측하면 적색 편이가 나타날 것이다.

바로알기 | ① 그림은 우리은하에서 관측한 외부 은하의 거리와 후퇴 속도를 나타낸 것으로, 우리은하는 관측한 기준일 뿐 팽창하는 우주의 중심은 아니다.

⑥ 은하의 후퇴 속도는 은하까지의 거리에 비례한다. A에서 측정하면, A로부터 우리은하까지의 거리와 A로부터 C까지의 거리의 비가 1 : 2이므로 A에서 측정한 우리은하와 C의 후퇴 속도의 비도 1 : 2이다.

602 ㄱ. (가)의 적색 편이$\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}\right)$를 스펙트럼의 파장을 이용하여 구하면, $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}=\frac{\lambda-\lambda_0}{\lambda_0}=\frac{(660.5-656.3)\ \text{nm}}{656.3\ \text{nm}}\fallingdotseq0.0064$이다. 따라서 (가)의 적색 편이는 0.005보다 크다.

ㄴ. (나)의 후퇴 속도(v)는 $v=(3\times10^5\ \text{km/s})\times\frac{(675.5-656.3)\ \text{nm}}{656.3\ \text{nm}}\fallingdotseq8776.5\ \text{km/s}$이다. $v=H\cdot r$, $r=\frac{v}{H}$에서 (나)까지의 거리(r)를 구하면 $r\fallingdotseq\frac{8776.5\ \text{km/s}}{70\ \text{km/s/Mpc}}\fallingdotseq125\ \text{Mpc}$이므로, 지구로부터 (나)까지의 거리는 100 Mpc보다 멀다.

ㄷ. 은하의 후퇴 속도는 은하까지의 거리에 비례한다. 우리은하로부터 떨어진 거리는 (가)보다 (나)가 멀기 때문에 우리은하로부터 (가)보다 (나)가 더 빠른 속도로 멀어진다.

603 ㄱ. 은하 A에서 D까지의 거리가 200 Mpc이고, 은하 D의 후퇴 속도가 14000 km/s이므로 허블-르메트르 법칙($v=H\cdot r$)에서 허블 상수(H)는 $H=\frac{v}{r}=\frac{14000\ \text{km/s}}{200\ \text{Mpc}}=70\ \text{km/s/Mpc}$이다. 따라서 은하 A에서 은하 C까지의 거리(r)는 $r=\frac{v}{H}=\frac{21000\ \text{km/s}}{70\ \text{km/s/Mpc}}=300\ \text{Mpc}$이다.

ㄷ. 은하 A와 은하 C는 한 점에 모여 있어 거리가 0이었다가 빅뱅 이후 서로 멀어졌으므로 은하 C가 은하 A와 현재의 거리만큼 멀어질 때까지 걸린 시간은 우주의 나이와 같다.

바로알기 | ㄴ. 은하 B에서 관측하면 은하 D는 21000 km/s의 속도로 후퇴하고 있으므로 적색 편이가 나타난다.

21 현대 우주론의 정립

빈출 자료 보기 168쪽

604 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○

605 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ○ (7) ×

604 (1) (가)는 우주의 밀도가 시간이 지남에 따라 작아지고 있으므로 빅뱅 우주론이고, (나)는 우주의 밀도가 시간이 지나도 일정하므로 정상 우주론이다.

(3) (나) 정상 우주론에서는 시간이 지날수록 우주가 팽창하지만 우주의 빈 공간에 새로운 은하가 만들어지면서 우주의 밀도는 일정하다.

(4) 빅뱅 우주론과 정상 우주론 모두 어느 두 은하 사이의 거리는 점점 멀어지므로 은하들 사이에 허블-르메트르 법칙이 성립한다.

(6) 오늘날에는 여러 관측적 증거들이 발견된 (가) 빅뱅 우주론이 더 설득력 있게 받아들여지고 있다.

바로알기 | (2) (가) 빅뱅 우주론에서는 시간이 지날수록 우주의 부피는 증가하지만 질량은 일정하게 유지된다.

(5) 우주를 구성하는 수소와 헬륨의 질량비 약 3 : 1과 우주 배경 복사는 빅뱅 우주론인 (가)를 뒷받침하는 관측적 증거이다.

605 (2) 초기 우주의 크기는 빅뱅 우주론(A)의 경우가 급팽창 우주론(B)의 경우보다 크다.

(3) 급팽창 우주론(B)에 따르면 (가) 시기에 우주가 빛보다 빠른 속도로 급격히 팽창하였다.

(5) 급팽창 이전에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 작았지만, 급팽창 이후에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 커졌다.

(6) 급팽창 우주론(B)에서는 빅뱅 직후 우주의 급팽창으로 우주 공간이 매우 커지면 관측되는 우주의 영역은 평탄하게 보인다고 설명한다.

바로알기 | (1) A는 기존의 빅뱅 우주론이고, B는 (가) 시기에 우주가 급격히 커졌으므로 급팽창 우주론이다.

(4) 우주 배경 복사는 빅뱅 이후 약 38만 년이 지났을 때 방출되었고, 우주가 급팽창한 (가) 시기는 우주 배경 복사가 방출되기 전이다.

(7) 급팽창 우주론(B)에서는 우주가 급팽창하기 전에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 작았기 때문에 우주 내부의 빛이 충분히 뒤섞여 에너지 밀도가 균일해질 수 있었다고 설명한다. 따라서 급팽창 우주론(B)은 빅뱅 우주론(A)의 지평선 문제를 설명할 수 있다.

난이도별 필수 기출 169쪽~174쪽

606 ② **607** ⑤ **608** ②, ⑤, ⑥ **609** ③ **610** ③
611 해설 참조 **612** ⑤ **613** 해설 참조 **614** ⑤
615 ① **616** ③ **617** ① **618** ③ **619** ③ **620** ②
621 ④ **622** ⑤ **623** ④ **624** 해설 참조 **625** ②
626 ① **627** ④ **628** 해설 참조 **629** ③
630 (다) → (나) → (가) **631** ① **632** ③ **633** A, 암흑 에너지
634 ①, ⑥ **635** ③, ④, ⑤

606 ㄷ. 빅뱅 우주론에서 우주의 평균 온도는 시간에 따라 감소한다.

바로알기 | ㄱ. 시간에 따라 서로 멀어지는 은하들 사이에 생겨난 빈 공간이 새로운 물질로 채워지지 않은 것으로 보아 빅뱅 우주론이다.

ㄴ. 빅뱅 우주론에서는 시간이 지나도 우주의 질량은 일정하다.

607 ㄱ. 빅뱅 우주론에 따르면 우주는 팽창하고 있으므로 우주 배경 복사의 온도는 시간이 지남에 따라 낮아진다.

ㄴ. 우주에 분포하는 수소와 헬륨은 대부분 빅뱅 직후 초기 우주에서 생성되었으며, 빅뱅 우주론에서 수소와 헬륨의 비율이 약 3 : 1이 될 것으로 예측하였다. 이는 실제 별빛의 스펙트럼을 이용하여 관측한 결과와 일치하였다. 따라서 우주에서 관측되는 수소와 헬륨의 질량비는 빅뱅 우주론의 증거가 된다.

ㄷ. 빅뱅 우주론에 따르면 우주가 팽창함에 따라 멀리 있는 은하일수록 후퇴 속도가 빠르므로 적색 편이가 크게 나타난다.

608 ① (가)는 시간이 지나도 우주의 밀도가 일정한 정상 우주론 모형이고, (나)는 시간이 지날수록 우주의 밀도가 감소하는 빅뱅 우주론 모형이다.

③ (가) 정상 우주론에서는 우주의 빈 공간에서 새로운 물질이 계속 만들어지므로 시간이 지나도 우주의 밀도가 일정하게 유지된다.

④ (가) 정상 우주론에 따르면 서로 멀어지는 은하에 의해 생긴 빈 공간을 채우기 위해 새로운 물질이 꾸준히 생기는데, 퀘이사가 지구 근처에서는 발견되지 않고 아주 먼 곳에서만 관측되는 것은 설명하기 어렵다.

⑦ (나) 빅뱅 우주론에서 우주 배경 복사의 파장은 우주가 팽창함에 따라 점점 길어진다.

⑧ (나) 빅뱅 우주론에서 현재 수소와 헬륨이 우주 구성 원소의 대부분을 차지하며 그 질량비는 약 3 : 1이다. 따라서 우주 구성 원소 중 수소가 가장 큰 질량비를 차지한다.

바로알기 | ② 온도와 밀도가 매우 높은 한 점에서 빅뱅(대폭발)이 일어나 우주가 형성되었다는 이론은 빅뱅 우주론인 (나)이다.
⑤ (나) 빅뱅 우주론에서 고온, 고밀도의 한 점에서 대폭발이 일어나 형성된 우주는 시간이 지날수록 팽창하면서 온도가 낮아지고 밀도가 감소한다.
⑥ (나) 빅뱅 우주론에서는 시간이 지나면서 우주가 팽창해도 새로운 물질이 생겨나지 않으므로 우주 전체의 질량은 일정하다.

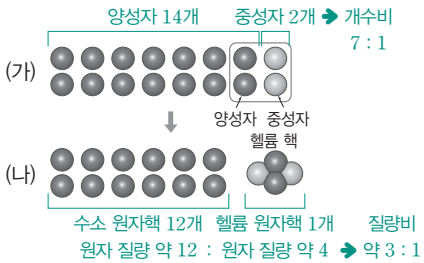
609 (가)는 빅뱅 우주론이고, (나)는 정상 우주론이다.
ㄱ. (가)의 빅뱅 우주론 모형에서는 우주의 질량이 일정한 반면, (나)의 정상 우주론 모형에서는 우주가 팽창하는 동안 새로운 물질이 계속 생겨나면서 일정한 밀도를 유지하기 때문에 우주의 질량은 증가한다.
ㄴ. (가)의 빅뱅 우주론에서는 질량이 일정한 상태에서 우주가 계속 팽창하므로 우주의 밀도는 감소하는 반면, (나)의 정상 우주론에서는 새로운 물질이 계속 생겨나면서 우주의 밀도는 일정하게 유지된다.
바로알기 | ㄷ. 은하들의 적색 편이는 실제로 관측된 것이므로 빅뱅 우주론이나 정상 우주론에서 모두 이를 인정하고 있다. (나)의 정상 우주론에서는 과거의 은하들이 멀어지기 때문에 멀어지는 은하들을 관측하는 경우 적색 편이를 관측할 수 있고, 멀어진 은하들 사이로 새로운 은하들이 생겨난다.

610 ㄱ. 시간이 경과함에 따라 (가)는 우주의 질량이 증가하므로 정상 우주론이고, (나)는 우주의 밀도가 감소하므로 빅뱅 우주론이다.
ㄴ. (가) 정상 우주론에서는 시간이 지나도 빈 공간에 새로운 물질이 생겨나므로 우주의 밀도가 일정하다.
바로알기 | ㄷ. (나) 빅뱅 우주론에서는 우주의 평탄성 문제와 지평선 문제를 설명할 수 없고, 급팽창 우주론에서 설명할 수 있다.

611 **모범 답안** 우주가 팽창함에 따라 우주 배경 복사의 온도는 낮아지고, 파장은 길어진다.

채점 기준	배점
우주 배경 복사의 온도와 파장의 변화 모두 옳게 서술한 경우	100 %
우주 배경 복사의 온도와 파장의 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

612



ㄱ. (가)에서 양성자와 중성자의 개수비는 14 : 2=7 : 1이다.
ㄴ. (나)에서 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 개수비는 12 : 1이고, 헬륨 원자핵 1개의 질량이 수소 원자핵 1개 질량의 약 4배이므로 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 질량비는 약 12 : 4=약 3 : 1이다.
ㄷ. 우주에 분포하는 수소와 헬륨의 질량비는 빅뱅 우주론에서 예측한 값과 관측한 값이 일치하므로 빅뱅 우주론의 증거가 된다.

613 **모범 답안** 약 3 : 1, 빅뱅 핵합성으로 헬륨이 생성되었다. 별 내부에서 일어나는 수소 핵융합 반응으로 헬륨이 생성된다.
해설 우주에 존재하는 수소와 헬륨의 질량비는 약 3 : 1이다. 헬륨은 초기 우주에는 빅뱅에 의한 핵합성으로 생성되었고, 별이 탄생한 이후에는 별 내부에서 일어나는 수소 핵융합 반응으로 생성되었다.

채점 기준	배점
수소와 헬륨의 질량비를 옳게 쓰고, 헬륨이 생성될 수 있었던 두 가지 방법을 옳게 서술한 경우	100 %
수소와 헬륨의 질량비를 옳게 쓰고, 헬륨이 생성될 수 있었던 한 가지 방법만 옳게 서술한 경우	70 %
수소와 헬륨의 질량비만 옳게 쓴 경우	40 %

614 ㄴ. 우주가 팽창함에 따라 우주의 온도는 점점 낮아진다. 최대 에너지를 나타내는 파장은 온도에 반비례하므로 우주 배경 복사가 최대 에너지를 나타내는 파장은 우주 탄생 초기보다 현재가 길다.
ㄷ. 우주 배경 복사는 우주 전체에 균일하게 퍼져 있어 우주 전역에서 관측된다.
ㄹ. 우주 배경 복사는 빅뱅 우주론에서 예측한 이후 실제로 관측되어 그 존재가 입증되었으므로 빅뱅 우주론의 증거가 된다.
바로알기 | ㄱ. 우주 배경 복사를 이루는 빛이 우주 공간을 처음 퍼져 나갔을 때 우주의 온도는 약 3000 K이었으며, 이후 우주가 팽창하여 온도가 낮아지고 파장이 길어져 현재는 약 2.7 K에 해당하는 흑체 복사의 형태로 관측된다.

615 우주 배경 복사는 빅뱅 이후 약 38만 년이 지났을 때 중성 원자가 형성되면서 방출된 빛이다.
ㄱ. (가)는 원자핵과 전자가 분리된 상태로, 중성 원자가 만들어지기 이전이며 물질과 복사가 분리되지 않은 불투명한 우주이다. (나)는 물질과 복사가 분리되어 투명해진 우주이다. 따라서 우주는 (가)보다 (나)일 때 더 투명하였다.
바로알기 | ㄴ. (가) 이후 우주의 온도가 낮아지면서 (나)일 때 원자핵과 전자가 결합하여 중성 원자가 만들어졌다. 따라서 우주의 온도는 (가)보다 (나)일 때 낮았다.
ㄷ. (나)는 우주 배경 복사가 방출된 시기이므로 현재보다 우주의 크기가 작고 온도가 매우 높았다. 현재는 우주가 팽창하며 온도가 낮아지고 파장이 길어졌으므로, (나)에서 빛의 파장은 현재 관측되는 우주 배경 복사의 파장보다 짧다.

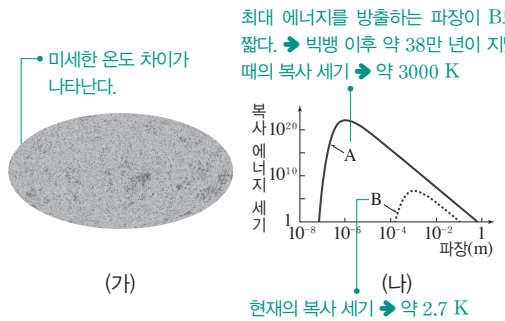
616 ㄱ. 풍선의 표면이 팽창함에 따라 A, B, C는 서로 멀어진다.
ㄷ. 풍선 표면에 그려진 물결 무늬(~)가 풍선의 크기가 커짐에 따라 커지는 것처럼, 우주가 팽창할수록 우주 배경 복사의 파장도 길어진다.
바로알기 | ㄴ. A, B, C 중 어느 단추를 중심으로 보아도 나머지 단추들이 모두 멀어지므로 우주는 팽창의 중심이 없다.

617 ㄱ. 빅뱅 우주론에서 우주는 온도와 밀도가 매우 높은 한 점에서 폭발하여 형성되었고, 계속 팽창하였다.
바로알기 | ㄴ. 우주 배경 복사는 빅뱅 이후 약 38만이 지나고 우주의 온도가 약 3000 K일 때, 원자가 생성되는 B 시기에 방출되어 우주 전역으로 퍼져 나갔다.
ㄷ. A 시기에 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 개수비는 12 : 1이고, 원자핵 1개의 질량은 헬륨이 수소의 약 4배이므로 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 질량비는 약 3 : 1이다. 전자의 질량은 매우 작으므로 B 시기에 우주에 존재하는 수소와 헬륨의 질량비는 약 3 : 1이다.

618 ㄱ. A는 우주의 평균 밀도가 임계 밀도와 같으므로 평탄 우주이다.
ㄴ. B는 우주의 평균 밀도가 임계 밀도와 같지 않고, 음(−)의 곡률을 가지므로 열린 우주이다. 열린 우주는 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 작아서 끝없이 계속 팽창한다.

바로알기 | ㄷ. C는 양(+)의 곡률을 가지므로 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 커서 팽창이 멈추고 다시 수축하는 닫힌 우주이다. 현재까지 연구 결과 우주는 평탄 우주(A)인 것으로 알려져 있다.

619



ㄱ. 우주 배경 복사는 우주의 모든 방향에서 대체로 균일하게 관측되지만, 10만 분의 1 정도의 미세한 차이가 나타난다.

ㄷ. 우주 배경 복사는 우주의 온도가 약 3000 K일 때 방출되어 우주가 팽창하는 동안 파장이 길어져 현재는 약 2.7 K 복사로 관측된다. (나)에서 우주 배경 복사의 최대 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})이 짧은 A는 빅뱅 이후 38만 년이 지났을 때의 복사 세기 분포이고, 최대 에너지를 방출하는 파장이 긴 B는 현재의 복사 세기 분포이다.

바로알기 | ㄴ. A에서 우주의 온도는 약 3000 K이고, B에서 우주의 온도는 약 2.7 K이므로 B보다 A에서 우주의 온도가 높다.

620 ① (가)는 기존의 빅뱅 우주론이고, (나)는 A 시기에 우주의 크기가 급격히 증가하였으므로 급팽창 우주론이다.

③ (나) 급팽창 우주론에 따르면 A 시기에 우주가 빛보다 빠른 속도로 급격히 팽창하였다.

④ (나) 급팽창 우주론에 따르면 급팽창 이전에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 작았지만, 급팽창 이후에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 커졌다.

⑤ (나) 급팽창 우주론에서 A는 급팽창이 일어난 시기이며, A 시기 이전에 우주의 크기는 우주의 지평선보다 작았으므로 우주의 서로 다른 반대편에 위치한 두 지역 간에 정보 교환이 가능했다.

바로알기 | ② (나) 급팽창 우주론에서는 빅뱅 직후 우주 초기에 우주의 급팽창으로 우주 공간이 매우 커지면 관측되는 우주의 영역은 평탄하게 보인다고 설명한다.

621 A 시기에 우주의 크기가 급격하게 커진 시기가 있으므로, 급팽창 우주론이다.

ㄱ. 이 우주론은 급팽창 우주론으로, 우주 탄생 초기에 우주의 크기가 급격하게 증가했던 시기가 있었다.

ㄷ. 그래프의 접선의 기울기는 A가 B보다 크므로, 우주의 팽창 속도는 A 시기가 B 시기보다 컸다.

바로알기 | ㄴ. 우주의 밀도는 우주의 탄생 초기부터 현재까지 계속 감소하였으므로 A 시기가 B 시기보다 컸다.

622 ㄱ. 기존의 빅뱅 우주론에서 빛의 속도로 팽창하는 우주의 크기는 우주의 지평선까지이므로 우주의 크기 변화는 (가)에 해당한다.

ㄴ. (나)는 급팽창 우주론으로, 급팽창 이전에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 작았고, 급팽창 이후에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 커졌다.

ㄷ. (나)에서는 우주가 급팽창하기 전 우주의 크기가 당시 정보 전달 가능 영역보다 작아 정보 교환이 가능하여 우주의 온도 분포가 균일해질 수 있었다. 따라서 (나)는 우주의 지평선 문제를 설명할 수 있다.

623 ㄴ. 암흑 물질은 질량이 있어 우주에서 중력으로 작용하므로 우주를 수축시키는 역할을 한다.

ㄷ. 우주에서 척력으로 작용하는 암흑 에너지의 비율이 중력으로 작용하는 물질의 비율보다 높으면 우주는 가속 팽창한다.

바로알기 | ㄱ. 암흑 물질은 빛을 방출하지 않아 눈에 보이지 않지만 질량이 있어 중력적인 방법으로 존재를 추정할 수 있는 물질이다.

624 **모범 답안** 빛을 내는 물질의 분포만 고려하면 은하 중심에서 멀어질수록 (가)와 같이 회전 속도가 감소해야 하지만, (나)와 같이 중심에서 멀어져도 회전 속도가 감소하지 않는 까닭은 은하의 외곽에 암흑 물질이 많이 분포하기 때문이다.

해설 보통 물질만 고려하면 은하 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 감소해야 하지만 감소하지 않는 까닭은 보이지 않는 암흑 물질이 존재하기 때문이다.

채점 기준	배점
은하의 외곽에 암흑 물질이 많이 분포한다는 내용을 포함하여 서술한 경우	100 %
암흑 물질이 분포하기 때문이라고만 서술한 경우	70 %

625 과거에는 물질의 밀도가 암흑 에너지의 밀도보다 커서 암흑 에너지의 영향이 적었으나, 현재는 암흑 에너지의 밀도가 물질의 밀도보다 크므로 암흑 에너지의 영향이 우세하여 우주가 가속 팽창하고 있다.

ㄷ. 시간에 지남에 따라 암흑 물질 및 보통 물질의 밀도는 감소하는 반면 암흑 에너지의 밀도는 일정하다. 따라서 우주를 구성하는 요소 중 물질의 상대적 비율은 현재보다 A 시점에 높았다.

바로알기 | ㄱ. 빅뱅 우주론에서 우주는 고온, 고밀도의 한 점에서 대폭발이 일어나 계속 팽창하고 있으므로, 우주의 크기는 A 시점보다 현재가 더 크다.

ㄴ. 우주는 계속 팽창하지만 암흑 에너지의 밀도는 시간이 지나도 일정하므로 절대량은 증가하였다. 따라서 암흑 에너지의 절대량은 A 시점이 현재보다 적었다.

626 ㄱ. 빅뱅 우주론에서 시간이 흐름에 따라 물질의 질량은 일정하지만 우주가 팽창하여 물질 밀도는 감소한다.

바로알기 | ㄴ. 빅뱅 이후 우주의 온도가 약 3000 K일 때 방출된 우주 배경 복사는 시간이 흐름에 따라 우주가 팽창하면서 온도가 낮아지고, 파장이 길어져 현재 약 2.7 K의 복사로 관측된다.

ㄷ. 우주가 팽창함에 따라 물질 밀도는 감소하지만 암흑 에너지 밀도는 일정하게 유지된다. 따라서 시간이 흐름에 따라 암흑 에너지 밀도에 대한 물질 밀도의 비는 감소한다.

627 ㄱ. 급팽창(㉠) 이전에는 우주의 크기가 우주의 지평선보다 작아 우주 전체가 상호작용하여 균일해질 수 있었다.

ㄷ. 최초의 별을 형성한 성분은 초기 우주에서 생성된 수소와 헬륨이었다. 헬륨보다 무거운 원소는 별의 내부에서 일어난 핵융합 반응에 의해 형성되었기 때문에 최초의 별에는 거의 존재하지 않았다.

ㄹ. 퀘이사는 초기 우주에서 형성된 천체이므로, ㉡의 초기 은하들 중 일부 은하는 현재 퀘이사로 관측된다.

바로알기 | ㄴ. 우주 배경 복사는 원자핵과 전자가 결합하여 중성 원자가 형성되어 빛이 전자의 방해를 받지 않고 자유롭게 직진할 수 있었을 때 형성되었다. 따라서 우주 배경 복사는 중성 원자가 형성된 시기에 형성되었다.

628 모범 답안 우주에 암흑 물질이 더 많이 분포한다면 우주 전체의 질량이 커져 중력이 더 강하게 작용하므로, 빅뱅 이후 우주가 팽창하는 속도는 알려진 것보다 느릴 것이다.

채점 기준	배점
중력과 우주의 팽창 속도를 관련지어 느릴 것이라고 서술한 경우	100 %
우주의 팽창 속도가 느릴 것이라는 의도로 서술한 경우	60 %

629 ㄱ, ㄷ. Ia형 초신성을 관측한 결과, 겉보기 밝기가 일정한 속도로 팽창하는 우주에서 예상한 값보다 어두웠다. 이로부터 우주의 팽창 속도가 점점 빨라지고 있다는 것을 알게 되었다. 이런 우주의 가속 팽창을 일으키는 원인은 암흑 에너지 때문인 것으로 추정하고 있다.

바로알기 | ㄴ. 우주는 점점 팽창 속도가 빨라지므로 허블 상수는 점점 커진다.

630 (가)는 가속 팽창 우주론, (나)는 급팽창 우주론, (다)는 빅뱅 우주론으로, 우주론이 발전한 순서는 (다) → (나) → (가)이다.

631 Ia형 초신성은 가장 밝아졌을 때의 절대 등급이 일정하므로, 겉보기 등급을 측정하면 별까지의 거리를 알 수 있다.

ㄱ. Ia형 초신성의 겉보기 등급이 클수록, 즉 어두울수록 후퇴 속도가 빠르다. 따라서 Ia형 초신성은 먼 거리에 있어 어두울수록 빠른 속도로 멀어진다.

바로알기 | ㄴ. Ia형 초신성 관측 결과, 관측된 겉보기 등급이 일정하게 팽창하는 우주에서 계산된 겉보기 등급보다 더 크다. 즉, 더 어둡게 관측된다.

ㄷ. 일정하게 팽창하는 우주에서 예상한 겉보기 등급보다 관측한 Ia형 초신성의 겉보기 등급이 더 크다. 이는 우주의 팽창 속도가 점점 빨라지고 있음을 의미한다. 즉, 현재 우주는 가속 팽창하고 있다.

632 ㄱ. 현재 시점에서 곡선의 기울기가 커지고 있으므로 우주의 팽창 속도가 증가하고 있다.

ㄴ. 현재 우주는 암흑 에너지의 비율이 물질의 비율보다 크므로 가속 팽창하고 있다. A 시점에서는 곡선의 기울기가 작아지고 있으므로 감속 팽창하고 있으며, 이때 암흑 에너지의 비율은 물질의 비율보다 작다. 따라서 암흑 에너지의 비율은 A 시점보다 현재가 크다.

바로알기 | ㄷ. 우주는 팽창하고 있으므로 우주의 평균 밀도는 현재가 A 시점보다 작다.

633 A는 가속 팽창 우주, B는 열린 우주, C는 평탄 우주, D는 닫힌 우주이다. 최근 관측으로 우주가 가속 팽창하고 있다는 것이 알려졌으므로 A와 가장 잘 일치한다. 우주가 가속 팽창하는 원인은 우주에서 척력으로 작용하는 암흑 에너지 때문일 것으로 추정하고 있다.

634 암흑 에너지는 우주에 널리 퍼져 있으며 척력으로 작용하여 우주를 가속 팽창시키는 역할을 한다.

① A에서는 우주의 팽창 속도가 감소하고 있으므로 감속 팽창, B에서는 우주의 팽창 속도가 증가하고 있으므로 가속 팽창하였다.

⑥ A 시기보다 B 시기에 우주의 팽창 속도가 증가하므로 암흑 에너지의 영향은 A 시기보다 B 시기에 컸다.

바로알기 | ② A 시기에 우주의 팽창 속도가 감소하고 있으나 0이 아니므로 우주는 여전히 팽창하고 있다.

③ ㉠ 시기를 기준으로 우주는 팽창 속도가 감소했다가 0이 되지 않고 증가하므로 계속 팽창한다. 따라서 ㉠ 시기는 우주의 팽창 속도가 가장 작은 시기이지만 우주의 크기가 가장 작은 시기는 아니다.

④ 허블 상수는 우주가 팽창하는 정도를 의미한다. 빅뱅 이후 우주가 가속 팽창하거나 감속 팽창한다면 허블 상수는 시간에 따라 일정하지 않고 변한다.

⑤ 우주의 급팽창은 빅뱅 직후에 일어났으므로 A 시기 이전에 일어났다.

635 ① 현재 우주를 구성하는 요소의 분포비는 암흑 에너지(A) > 암흑 물질(B) > 보통 물질(C)이다.

② 암흑 에너지(A)는 우주에서 척력으로 작용하여 우주의 팽창을 가속화한다.

⑥ 보통 물질(C)은 대부분 빅뱅 초기에 만들어진 수소와 헬륨으로 이루어져 있다.

⑦ 우주 탄생 초기인 T_1 시기에는 물질의 비율이 암흑 에너지의 비율보다 높으므로 감속 팽창했고, T_2 시기에는 암흑 에너지의 비율이 물질의 비율보다 높으므로 가속 팽창했다.

바로알기 | ③ 암흑 물질(B)은 광학적으로 관측되지 않고, 중력적인 방법으로만 존재를 추정하고 있다.

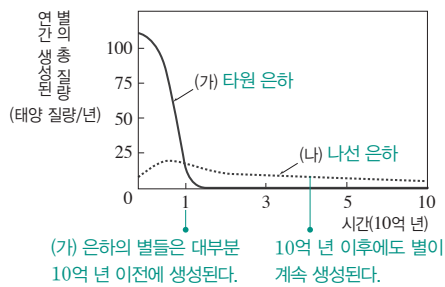
④ 우주가 팽창할수록 공간이 커지므로 암흑 에너지(A)의 비율이 커지면서 우주 팽창에 미치는 영향이 커진다.

⑤ 은하에 의한 중력 렌즈 현상을 이용하여 존재를 추정할 수 있는 것은 암흑 물질(B)이다.

최고 수준 도전 기출 175쪽~176쪽

636 ③ 637 ④ 638 해설 참조 639 해설 참조
640 ④ 641 ② 642 ③ 643 ① 644 ③

636



ㄱ. (가)에서는 은하가 탄생한 후 10억 년 이내에 대부분의 별이 생성되고, 10억 년이 지난 다음에는 별이 거의 생성되지 않는다. (나)에서는 은하 탄생 후 많은 별이 생성되며, 10억 년이 지난 다음에도 꾸준히 별이 생성된다. 타원 은하는 대부분 늙은 별들로 이루어져 있으므로 (가)는 타원 은하이고, (나)는 나선 은하이다.

ㄴ. 세이퍼트 은하는 가시광선 영역에서 대부분 나선 은하로 관측된다. 따라서 세이퍼트 은하의 형태는 타원 은하인 (가)보다 나선 은하인 (나)에 가깝다.

바로알기 | ㄷ. 나선 은하는 나선팔에 성간 물질이 많이 있고, 타원 은하는 성간 물질이 거의 없다. 따라서 현재 $\frac{\text{성간 물질의 질량}}{\text{은하의 질량}}$은 (가)가 (나)보다 작다.

637 (가)는 하나의 별처럼 보이는 퀘이사이고, (나)는 밝은 중심핵이 존재하고, 나선 은하로 관측되므로 세이퍼트 은하이다.

ㄴ. (가) 퀘이사는 (나) 세이퍼트 은하에 비해 훨씬 먼 거리에 있으므로 적색 편이가 더 크게 나타난다.

ㄷ. (가)와 (나)는 모두 우리은하보다 훨씬 많은 양의 에너지를 방출하는 활동성 은하이다.

바로알기 | ㄱ. (가) 퀘이사의 크기는 태양계 정도로 추정되므로, 은하의 크기는 (가)보다 (나)의 세이퍼트 은하가 크다.

638 모범 답안 $v=c\times\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$($v$: 은하의 후퇴 속도, c: 빛의 속도)에 $\lambda_0=400$ nm, $\Delta\lambda=30$ nm를 적용하면 $v=3\times10^5$ km$\times\frac{30\text{ nm}}{400\text{ nm}}$ $=22500$ km/s이다.

채점 기준	배점
후퇴 속도를 풀이 과정을 포함하여 옳게 구한 경우	100 %
후퇴 속도를 구하는 식만 옳게 세운 경우	40 %

639 모범 답안 허블-르메트르 법칙($v=H\cdot r$)에 $v=22500$ km/s, $r=430$ Mpc을 적용하면, 22500 km/s$=H\cdot430$ Mpc이므로 허블 상수(H)는 약 52 km/s/Mpc이다.

채점 기준	배점
허블 상수를 풀이 과정을 포함하여 옳게 구한 경우	100 %
허블-르메트르 법칙으로부터 허블 상수를 구하는 식만 옳게 세운 경우	40 %

640 스펙트럼선의 적색 편이는 $\frac{\text{관측 파장}-\text{기준 파장}}{\text{기준 파장}}$이므로, A의 적색 편이는 $\frac{618\text{ nm}-600\text{ nm}}{600\text{ nm}}=0.03$이고, B의 적색 편이는 $\frac{624\text{ nm}-600\text{ nm}}{600\text{ nm}}=0.04$이다.

ㄴ. 은하의 후퇴 속도(v)는 $v=c\times\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$($c$: 빛의 속도)이므로 A의 후퇴 속도는 $v=(3\times10^5\text{ km/s})\times0.03=9000$ km/s이다. 허블-르메트르 법칙 $v=H\cdot r$(r: 거리)에서 허블 상수(H)는 $H=\frac{v}{r}=\frac{9000\text{ km/s}}{120\text{ Mpc}}$ $=75$ km/s/Mpc이다. 따라서 허블 상수는 70 km/s/Mpc보다 크다.

ㄷ. 적색 편이는 후퇴 속도에 비례하며, 후퇴 속도는 은하까지의 거리에 비례한다. 따라서 A와 B의 적색 편이와 피타고라스 정리로부터 거리의 비를 나타내면, 'A까지의 거리 : B까지의 거리 : A와 B 사이의 거리$=3:4:5$'이다. A까지의 거리가 120 Mpc이므로, A와 B 사이의 거리는 120 Mpc$\times\frac{5}{3}=200$ Mpc이다.

바로알기 | ㄱ. B의 적색 편이로 ㉠을 구하면, $\frac{㉠-400}{400}=0.04$로부터 ㉠은 416 nm이다.

641

우주 모형	A	B	C
$\frac{\rho_\Lambda}{\rho_c}$	0 (암흑 에너지 고려 ×)	0.6	0 (암흑 에너지 고려 ×)
$\frac{\rho_m}{\rho_c}$	1.0	0.4	0.4
	$\rho_m=\rho_c$ ➔ 평탄 우주	$\rho_\Lambda+\rho_m=\rho_c$ ➔ 평탄 우주	$\rho_m<\rho_c$ ➔ 열린 우주

ρ_Λ(암흑 에너지 밀도)$>\rho_m$(물질 밀도)
➔ 가속 팽창 우주

ㄷ. C는 물질 밀도(ρ_m)$<$임계 밀도(ρ_c)이므로 열린 우주이다. 열린 우주(C)는 팽창 속도가 점점 감소하고 가속 팽창 우주(B)는 팽창 속도가 점점 빨라지므로, 우주의 온도는 B가 C보다 빠르게 감소한다.

바로알기 | ㄱ. A는 물질 밀도(ρ_m)$=$임계 밀도(ρ_c)이므로 평탄 우주이고, 평탄 우주(A)의 곡률은 0이다.

ㄴ. B는 암흑 에너지 비율$\left(\frac{\rho_\Lambda}{\rho_c}\right)$이 물질 비율$\left(\frac{\rho_m}{\rho_c}\right)$보다 큰 가속 팽창 우주이고, 암흑 에너지를 포함한 우주의 밀도($\rho_\Lambda+\rho_m$)가 임계 밀도(ρ_c)와 같으므로 평탄 우주이다.

642 B는 우주 초기에 우주의 크기가 급격히 커졌으므로 급팽창 우주론이고, A는 빅뱅 우주론이다.

ㄱ. 우주 배경 복사는 빅뱅 이후 약 38만 년이 지났을 때 방출된 빛이다. ㉠ 시기는 급팽창이 일어났던 시기로 빅뱅 직후이다. 따라서 우주 배경 복사는 ㉠ 시기 이후에 방출된 것이다.

ㄷ. 빅뱅 우주론(A)에서는 빅뱅 이후 약 3분이 지났을 때 양성자와 중성자가 결합하여 헬륨 원자핵이 생성되었고, 이때 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 질량비가 약 3 : 1이라고 설명한다. 급팽창 우주론(B)은 빅뱅 우주론이 설명하지 못하는 우주의 평탄성 문제, 지평선 문제를 해결하기 위해 제시된 이론으로 수정된 빅뱅 우주론에 해당한다. 따라서 A와 B는 빅뱅 우주론의 증거 중 하나인 수소와 헬륨의 질량비가 약 3 : 1로 관측되는 것을 설명할 수 있다.

바로알기 | ㄴ. 급팽창 우주론(B)은 급팽창이 일어나기 이전에 가까이 있었던 두 지역은 서로 정보를 교환할 수 있었으므로, 현재 관측되는 우주의 모든 영역에서 물질이나 우주 배경 복사가 거의 균일할 수 있다고 주장하였다. 따라서 빅뱅 우주론(A)이 설명하지 못했던 우주의 지평선 문제를 설명하였다.

643 최근의 관측 자료에 따르면 현재 우주를 구성하는 요소의 상대적 비율은 암흑 에너지 > 암흑 물질 > 보통 물질이다. 따라서 A는 암흑 물질, B는 보통 물질, C는 암흑 에너지이다.

ㄱ. (나)의 중력 렌즈 현상은 은하에 의해 일어났는데, 은하를 구성하는 물질에는 보통 물질보다 암흑 물질이 훨씬 많다. 따라서 (나)의 중력 렌즈 현상은 주로 암흑 물질인 A에 의해 일어난다.

바로알기 | ㄴ. ㉠ 시기에는 암흑 에너지 밀도가 물질(보통 물질+암흑 물질) 밀도보다 작으므로 암흑 에너지의 척력보다 물질의 인력이 더 강해 우주는 감속 팽창하고 있다. 팽창 속도가 줄어들고 있으나 우주는 계속 팽창하고 있으므로 부피는 증가하였다.

ㄷ. (가)에서 우주가 팽창하면서 물질의 밀도는 감소하지만, 암흑 에너지의 밀도는 일정하게 유지된다. 우주는 팽창하여 부피가 계속 커지므로 암흑 에너지의 밀도가 일정하게 유지되려면 우주 전체에서 암흑 에너지(C)의 양은 계속 증가하여야 한다.

644 (가)는 물질(보통 물질+암흑 물질)에 암흑 에너지까지 고려한 모델로 암흑 에너지에 의해 가속 팽창하는 우주 모델이고, (나)는 물질만을 고려한 감속 팽창하는 우주 모델이다.

ㄱ. 그림에서 Ia형 초신성의 관측 결과와 잘 일치하는 것은 (가) 모델이다.

ㄷ. 관측 결과 우주는 가속 팽창하고 있으므로 과거보다 최근에 우주가 빠르게 팽창하고 있다.

바로알기 | ㄴ. (가)는 가속 팽창 우주 모델, (나)는 감속 팽창 우주 모델이므로 우주의 크기는 (나)보다 (가) 모델에서 크다.