

2024학년도 대학수학능력시험
과학탐구영역 지구과학 I 정답 및 해설

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

1. 생명 가능 지대

생명 가능 지대는 별의 주위에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 거리의 범위이며, 별의 광도에 따라 거리 범위 및 폭이 달라진다.

[정답맞히기] A. 생명 가능 지대는 별의 주위에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 거리의 범위를 의미한다. 따라서 생명 가능 지대에 위치한 행성에서는 물이 액체 상태로 존재할 가능성이 있다.

B. 생명 가능 지대는 중심별의 광도의 영향을 받으며, 중심별의 광도가 클수록 생명 가능 지대까지의 거리는 중심별로부터 멀어진다. 별의 광도가 클수록 별이 단위 시간 당 방출하는 에너지가 많아 별 주변에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 거리 범위, 즉 생명 가능 지대가 중심별로부터 멀어진다. **정답④**

[오답피하기] C. 중심별의 광도가 클수록 생명 가능 지대의 폭은 넓어진다.

2. 퇴적 구조

(가)는 점이층리, (나)는 사층리, (다)는 연흔이다. 이와 같은 퇴적 구조는 퇴적 당시의 자연 환경을 연구하는데 중요한 단서를 제공하며, 지층의 역전 여부를 판단하는데 도움을 준다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)는 한 지층 내에서 위로 갈수록 입자의 크기가 점점 작아지는 모습을 보이므로 점이층리에 해당한다.

ㄴ. (나)는 층리가 나란하지 않고 비스듬히 기울어져 나타나므로 사층리이다. 사층리는 퇴적 구조의 하나로, 사층리의 모양으로부터 지층의 역전 여부를 판단할 수 있다. 사층리는 일반적으로 아래에서 위쪽으로 갈수록 층리의 폭이 넓어지며, 이 형태가 반대로 나타날 때 역전되었다고 판단한다.

ㄷ. (다)는 물결 모양의 흔적이 나타나므로 연흔이다. 연흔은 수심이 얇은 물밑에서 퇴적물이 퇴적될 때 물결의 영향을 받아 형성되므로 퇴적 입자가 작은 이암층, 세일층, 사암층 등에서 잘 형성되며, 퇴적 입자의 크기가 큰 역암층에서는 형성되기 어렵다. **정답⑤**

3. 대서양의 심층 순환

심층 순환은 수온과 염분 변화에 따른 밀도차에 의해 형성된다. 수괴의 밀도가 클수록 대양의 아래쪽에 위치하므로, A, B, C 중 수괴의 밀도는 대양의 가장 아래쪽에 위치하는 C가 가장 크고, 가장 위쪽에 위치하는 A가 가장 작다. A는 60°S 부근에서 형성되어 수심 1000m 부근에서 북쪽으로 이동하는 남극 중층수, B는 북반구 그린란드

주변 해역에서 형성되어 남쪽으로 이동하는 북대서양 심층수, C는 남극 대륙 주변에서 만들어져 해저를 따라 북쪽으로 이동하는 남극 저층수이다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)의 대양에서 각 수괴가 차지하는 깊이로 보아 수괴의 밀도는 $C > B > A$ 이다. (나)의 수온-염분도에서 그림의 오른쪽 아래로 갈수록, 즉 수온이 낮고, 염분이 높을수록 해수의 밀도가 증가하므로, 수괴의 밀도는 $\text{㉠} > \text{㉡} > \text{㉢}$ 이다. 따라서 A의 물리량은 ㉢, B의 물리량은 ㉡, C의 물리량은 ㉠이다.

ㄷ. 표층에는 식물성 플랑크톤 등의 광합성 및 대기로부터의 공급에 의해 산소가 풍부하다. 이 때문에 해수의 침강은 용존 산소가 풍부한 해수를 심해로 운반하여 심해에 산소를 공급하는 역할을 한다. 따라서, 남극 대륙 주변에서 침강하는 남극 저층수(C)는 심층 해수에 산소를 공급한다. **정답 ㉠**

[오답피하기] ㄴ. B는 북대서양 그린란드 주변 해역에서 침강하여 형성된 북대서양 심층수로 남극 중층수(A)와 남극 저층수(C)의 혼합으로 형성된 것이 아니다. 수괴는 표층에서 침강하여 수온과 염분이 거의 일정하게 유지되는 해수 덩어리로, 성질이 다른 수괴와 잘 섞이지 않으므로 밀도가 다른 두 수괴는 자연적으로 혼합되어 새로운 수괴를 형성하기 어렵다.

4. 해수의 염분

해수의 염분은 증발량과 강수량, 담수의 유입, 해수의 결빙과 해빙 등에 의해 영향을 받는다.

[정답맞히기] ㄱ. 과정 (다)는 A의 소금물에 수온이 동일하고 염분이 0인 증류수를 섞는 과정이다. 즉, 담수의 유입에 의한 염분 변화를 알아보기 위한 과정에 해당한다. 또한 표층이 얼 때까지 소금물을 냉각시키는 과정 (라)는 해수의 결빙에 의한 염분 변화를 알아보기 위한 과정에 해당한다. **정답 ㉠**

[오답피하기] ㄴ. 해수의 염분은 담수가 유입될 때 감소하며, 해수의 결빙이 일어날 때 증가한다. 따라서 담수(증류수)가 유입된 A의 염분 ㉢은 35psu보다 작고, 결빙이 일어난 B의 염분 ㉡은 35psu보다 크다.

ㄷ. 해수의 결빙이 일어나는 해역에서는 해수의 염분이 증가한다. 따라서 ‘증가한다’가 ㉡에 해당한다.

5. 마그마의 생성

㉠은 베니오프대 부근에서 맨틀을 구성하는 광물이 용융되어 형성된 현무암질 마그마이다. 현무암질 마그마(㉠)가 상승하는 과정에서 대륙 지각 하부를 가열하고, 이로 인해 대륙 지각을 이루고 있는 암석이 용융되어 형성된 유문암질 마그마가 생성된다. ㉢은 상승한 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되어 형성된 안산암질 마그마이다.

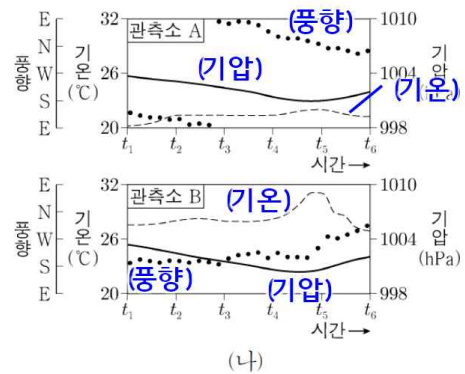
[정답맞히기] ㄷ. SiO_2 함량은 안산암질 마그마인 ㉢이 현무암질 마그마인 ㉠보다 높다. **정답 ㉢**

[오답피하기] ㄱ. 안산암질 마그마인 ㉠이 표층으로 분출하여 굳으면 주로 안산암이 된다. 섬록암은 안산암질 마그마가 지하 깊은 곳에서 굳어서 생성된 암석이다.

ㄴ. $a \rightarrow a'$ 은 온도 상승에 의해 마그마가 형성되는 과정이고, $b \rightarrow b'$ 은 암석의 용융 온도 하강으로 인해 마그마가 생성되는 과정이다. 현무암질 마그마 ㉡은 베니오프대에서 해양판이 섭입하여 온도와 압력이 상승했을 때, 해양 지각과 퇴적물의 함수 광물에 포함된 물이 빠져나오고, 이 물의 공급으로 맨틀을 구성하는 암석의 용융 온도가 낮아져 생성된다. 즉, ㉡은 $b \rightarrow b'$ 과정에 의해 생성된다.

6. 온대 저기압과 날씨 변화

온대 저기압이 통과하는 과정에서 ㉠과 ㉡ 모두에서 기압은 낮아지다가 높아지는 경향을 보이므로, (나)에서 실선은 기압이다. 온대 저기압이 이동하는 과정에서 ㉠에서 풍향은 시계 반대 방향으로 변하고 ㉡에서 풍향은 시계 방향으로 변하므로 (나)에서 점(•)은 풍향이며 점선은 기온이다.



[정답맞히기] ㄱ. 온대 저기압이 이동하는 과정에서 A에서 풍향이 시계 반대 방향으로 변하는 것으로 보아 A는 온대 저기압이 이동하는 과정에서 온대 저기압 중심 이동 경로의 북쪽에 위치한다. 따라서 A의 위치는 ㉠이다.

ㄴ. (나)에서 점선은 온도이다. 따라서 t_2 일 때 기온은 A가 약 22°C이고 B가 약 28°C이며, t_2 에 기온은 A가 B보다 낮다. 정답 ④

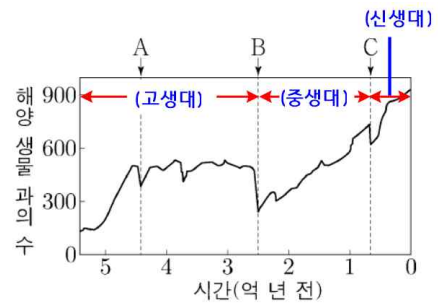
[오답피하기] ㄷ. t_1 일 때 ㉡은 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하며, t_4 이후에 한랭 전선이 ㉡을 통과한다. t_3 일 때 ㉡은 온난 전선과 한랭 전선 사이에 위치하므로 t_3 에 ㉡의 상공에는 전선면이 없다.

7. 대멸종

A 시기는 고생대 오르도비스기 말, B 시기는 고생대 페름기 말, C 시기는 중생대 백악기 말이다.

[정답맞히기] ㄱ. 그림을 보면 해양 생물 과의 수는 A 시기가 B 시기보다 많다.

ㄴ. B 시기는 고생대 페름기 말, C 시기는 중생대 백악기 말이다. B와 C 시기 사이는 중생대에 해당하며 양치식물은 고생대에 출현하여 현재까지 생존하고 있다. 따라서 B와 C 시기 사이에 생성된 지층에서 양치식물 화석이 발견된다. 정답 ③



[오답피하기] ㄷ. C 시기는 중생대 백악기와 신생대 팔레오기의 지질 시대 경계이다.

8. 허블의 은하 분류

나선팔이 있는 (가)는 막대 나선 은하이고, 편평도에 따라 세분할 수 있는 (나)는 타원 은하이며, (다)는 불규칙 은하이다.

[정답맞히기] 나. (가)는 막대 나선 은하로, 중심부는 붉은색을 띠고 나선팔은 푸른색을 띤다. (나)는 타원 은하로, 붉은색을 띤다. 푸른색을 띠는 주계열성은 붉은색을 띠는 주계열성보다 표면 온도가 높고 광도가 크다. 따라서 주계열성의 평균 광도는 (가)가 (나)보다 크다. **정답 ②**

[오답피하기] 가. (가)는 막대 나선 은하, (나)는 타원 은하, (다)는 불규칙 은하이다. 따라서 '중심부에 막대 구조가 있는가?'는 ㉠에 해당하지 않는다. '규칙적인 구조가 있는가?'가 ㉠에 해당한다.

다. 은하의 질량비에 대한 성간 물질의 질량비는 (나) 타원 은하가 (다) 불규칙 은하보다 작다.

9. 태풍과 날씨 변화

태풍은 열대 저기압이며 중심 기압이 낮을수록 세력이 강하다. 태풍 이동 경로의 오른쪽은 위험 반원에 해당하고 태풍 이동 경로의 왼쪽은 안전 반원에 해당한다.

[정답맞히기] 가. 지점 ㉠은 태풍 이동 경로의 오른쪽에 위치하므로 태풍의 영향을 받는 동안 지점 ㉡은 위험 반원에 위치한다. **정답 ①**

[오답피하기] 나. 태풍은 열대 저기압이며 중심 기압이 낮을수록 세력이 강하다. 03시에 태풍의 중심 기압은 955hPa이고 21시에 태풍의 중심 기압은 980hPa이므로, 태풍의 세력은 03시가 21시보다 강하다.

다. (나)는 가시 영상이며, 가시 영상에서 구름이 반사하는 태양 복사 에너지의 세기가 강할수록 밝은 색을 띤다. 따라서 (나)에서 구름이 반사하는 태양 복사 에너지의 세기는 영역 A가 영역 B보다 강하다.

10. 해수의 표층 순환

남태평양 아열대 순환을 구성하는 표층 해류 중 남극 순환 해류(A의 해역에서 나타나는 주요 표층 해류)는 동쪽으로 흐르고 남적도 해류는 서쪽으로 흐른다. 북태평양 아열대 순환을 구성하는 표층 해류 중 북태평양 해류는 동쪽으로 흐르고 북적도 해류(B의 해역에서 나타나는 주요 표층 해류)는 서쪽으로 흐른다.

[정답맞히기] 가. A의 해역에서 나타나는 주요 표층 해류인 남극 순환 해류는 동쪽으로 흐르고 B의 해역에서 나타나는 주요 표층 해류인 북적도 해류는 서쪽으로 흐른다. 따라서 (+)는 동쪽으로 향하는 방향이고 (-)는 서쪽으로 향하는 방향이다.

다. 북적도 해류는 B의 해역에서 나타난다. **정답 ⑤**

[오답피하기] 나. A의 해역에서 나타나는 주요 표층 해류는 남극 순환 해류이며, 남극 순환 해류는 편서풍에 의해 형성된다.

11. 상대 연령과 절대 연령

화성암에 포함된 방사성 원소 X의 함량이 처음 양의 $\frac{1}{32}$ 인 것으로 보아 화성암의 절대 연령은 방사성 원소 X의 반감기의 5배이다. 지층 A에서 방추충 화석이 산출되는 것으로 보아 지층 A는 고생대에 생성된 지층이다. 이 지역에서는 퇴적암 생성 → 단층 $f-f'$ → 부정합 → 퇴적암 생성 → 화성암 관입 → 부정합 → 지층 A 생성 순으로 지질학적 사건이 있었다.

[정답맞히기] ㄱ. 경사 부정합은 부정합면을 경계로 상하 지층의 경사가 서로 다른 부정합이다. 화성암이 관입되기 이전에 형성된 부정합은 경사 부정합이다.

ㄴ. 이 지역에서는 퇴적암 생성 → 단층 $f-f'$ → 경사 부정합 → 퇴적암 생성 → 화성암 관입 → 부정합 → 지층 A 생성 순으로 지질학적 사건이 있었다. 따라서 단층 $f-f'$ 은 화성암보다 먼저 형성되었다. 정답 ③

[오답피하기] ㄷ. 화성암의 절대 연령은 방사성 원소 X의 반감기의 5배이다. 화성암은 고생대 또는 선캄브리아 시대에 관입하였으므로 화성암의 절대 연령은 약 2.5억 년보다 많다. 따라서 방사성 원소 X의 반감기는 0.4억 년보다 길다.

12. 허블 법칙

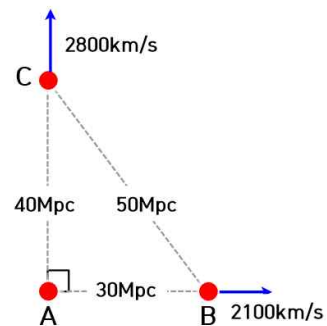
허블 법칙에 의하면 외부 은하의 후퇴 속도 $v = H \cdot r =$
 $(\frac{\text{관측 파장} - \text{기준 파장}}{\text{기준 파장}}) \times \text{빛의 속도}$ 이다. (단, H : 허블 상수, r : 거리)

상수, r : 거리)

[정답맞히기] ㄱ. A와 B 사이의 거리가 30Mpc이고 A에서 측정한 B의 후퇴 속도가 2100km/s이다. 따라서 허블 상수 $H = \frac{v}{r} = \frac{2100\text{km/s}}{30\text{Mpc}} = 70\text{km/s/Mpc}$ 이다.

ㄴ. A와 B 사이의 거리는 30Mpc이고, A에서 관측할 때 B와 C의 시선 방향은 90°를 이루며, A에서 측정한 B와 C의 후퇴 속도는 각각 2100km/s와 2800km/s이다. 따라서 A와 C의 거리는 40Mpc, B와 C의 거리는 50Mpc이며 B에서 측정한 C의 후퇴 속도는 3500km/s(= 70km/s/Mpc × 50Mpc)이다. 정답 ③

[오답피하기] ㄷ. A에서 측정한 B의 후퇴 속도가 2100km/s이므로 B에서 측정한 A의 후퇴 속도도 2100km/s이다. 따라서 B에서 측정한 A의 후퇴 속도 2100km/s = $\frac{\text{관측 파장} - \text{기준 파장}}{\text{기준 파장}} \times 3 \times 10^5 \text{km/s}$ 이고 B에서 측정한 A의 $(\frac{\text{관측 파장} - \text{기준 파장}}{\text{기준 파장}})$ 은 0.007이다.



[A에서 관측할 때]

13. 해양 지각의 연령과 고지자기 줄무늬

현재는 정자극기이고 해령의 열곡에서 새로운 해양 지각이 생성되며, 고지자기 줄무늬는 해령의 열곡과 나란하며 해령의 열곡을 축으로 양쪽이 대칭을 이룬다. 따라서 A 부근에 해령의 열곡이 분포하고, ㉠은 정자극기이며 ㉡은 역자극기이다.

[정답맞히기] 나. A 부근에 해령의 열곡이 분포한다. 따라서 A의 하부에는 맨틀 대류의 상승류가 존재한다. **정답 ②**

[오답피하기] 가. 해령의 열곡에서 새로운 해양 지각이 생성되고 확장되므로 해령의 열곡에서 멀어질수록 해저 퇴적물의 두께는 증가한다. 따라서 해저 퇴적물의 두께는 A가 B보다 얇다.

다. 그림의 해양 지각은 남반구 중위도에 위치하며 역자극기에 생성된 해양 지각에서 측정된 고지자기 방향은 남쪽 방향을 향한다. 따라서 B는 A의 서쪽에 위치한다.

14. 우주의 팽창과 우주 구성 요소의 변화

우주가 팽창하는 과정에서 암흑 에너지의 상대적 비율은 증가하고 물질(보통 물질 + 암흑 물질)의 상대적 비율은 감소한다. 따라서 A는 물질에 해당하고 B는 암흑 에너지에 해당한다.

[정답맞히기] 가. 우주가 팽창하는 과정에서 상대적 비율이 감소하는 A는 물질에 해당한다. **정답 ①**

[오답피하기] 나. 우주가 팽창하는 과정에서 우주 배경 복사의 온도는 낮아진다. 따라서 우주 배경 복사의 온도는 과거 T가 현재보다 높다.

다. 우주가 팽창하는 과정에서 B(암흑 에너지)의 밀도는 일정하고 B(암흑 에너지)의 총량은 증가한다.

15. 기후 변화의 지구 외적 요인

지구 자전축 경사각이 커지면 북반구와 남반구 모두에서 여름철의 평균 기온은 높아지고 겨울철의 평균 기온은 낮아진다. 지구 공전 궤도 이심률이 커지면 태양과 근일점의 거리는 가까워지고 태양과 원일점의 거리는 멀어진다. (나)를 보면 북반구와 남반구 모두에서, 여름철에 지구에 도달하는 태양 복사 에너지량의 편차(추정값 - 현재값)는 (+)이고 겨울철에 지구에 도달하는 태양 복사 에너지량의 편차(추정값 - 현재값)는 (-)이다.

[정답맞히기] 가. 지구 공전 궤도 이심률이 커지면 태양과 근일점의 거리는 가까워지고 태양과 원일점의 거리는 멀어진다. 지구 공전 궤도 이심률은 ㉠ 시기가 ㉡ 시기보다 크다. 따라서 근일점과 원일점에서 지구에 도달하는 태양 복사 에너지량의 차는 ㉠ 시기가 ㉡ 시기보다 크다.

나. ㉠ 시기에 지구 자전축 경사각은 현재보다 작고 지구 공전 궤도 이심률은 현재보다 크다. ㉡ 시기에 지구 자전축 경사각은 현재보다 크고 지구 공전 궤도 이심률은 현재와 같다. ㉢ 시기에 지구 자전축 경사각은 현재보다 작고 지구 공전 궤도 이심률

은 현재와 같다. (나)를 보면 북반구와 남반구 모두에서, 여름철에 지구에 도달하는 태양 복사 에너지양의 편차는 (+)이고 겨울철에 지구에 도달하는 태양 복사 에너지양의 편차는 (-)이다. 따라서 (나)는 ㉠의 자료에 해당한다. 정답 ④

[오답피하기] ㉡. ㉠ 시기에 지구 자전축 경사각은 현재보다 작고 지구 공전 궤도 이심률은 현재와 같다. 따라서 35°S에서 여름철 낮의 길이는 ㉠ 시기가 현재보다 짧다.

16. H-R도와 별의 종류

광도 계급이 V인 별은 주계열성이다. 즉, (나)와 (다)는 주계열성에 해당한다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)는 질량이 태양과 같지만 반지름이 태양의 50배이므로 적색 거성에 해당한다. 적색 거성의 중심핵에서 일어나는 핵융합 반응은 헬륨 핵융합 반응으로 주계열성인 (나)의 중심핵에서 일어나는 수소 핵융합 반응에 비해 연소 온도가 높다. 따라서 중심핵의 온도는 (가)가 (나)보다 높다.

㉡. 단위 시간 동안 방출하는 에너지양은 별의 광도에 해당한다. 주계열성의 경우 별의 질량이 클수록 광도가 증가하지만, 별의 질량은 광도에 비해 변화량이 작으므로, 단위 시간동안 방출하는 에너지양에 대한 별의 질량, 즉, $\frac{\text{질량}}{\text{광도}}$ 은 질량이 큰 (나)가 질량이 작은 (다)보다 작다. 정답 ⑤

[오답피하기] ㉢. 주계열성에서 수소 핵융합 반응에 의한 에너지 생성률은 온도가 높을수록 높고, 별의 중심으로부터 표면쪽으로 갈수록 온도가 낮아진다. 따라서 (다)의 핵융합 반응이 일어나는 영역에서, 별의 중심으로부터 거리에 따른 수소 함량비(%)는 증가한다.

17. 엘니뇨와 라니냐

서태평양 적도 부근에서는 엘니뇨 시기에는 고기압이 잘 형성되므로 강수량이 적어져서 수증기량 편차가 (-)로 나타나고, 라니냐 시기에는 저기압이 잘 형성되어 강수량이 증가하여 수증기량 편차가 (+)로 나타난다. 따라서 (가)에서 A 시기는 엘니뇨, B 시기는 라니냐이다. 동태평양 적도 부근 해역에서 해수면 높이 편차는 엘니뇨 시기에 (+)로, 라니냐 시기에 (-)로 나타난다.

[정답맞히기] ㄱ. (나)에서 동태평양 적도 부근 해역의 해수면 높이 편차가 (-)로 나타나므로 이 시기는 라니냐 시기, 즉 B에 해당한다.

㉢. 해수면 높이 편차와 수온 약층이 시작되는 깊이는 대체로 반대로 나타난다. 수온 약층이 나타나기 시작하는 깊이는 엘니뇨 시기가 라니냐 시기보다 깊으므로, A가 B보다 깊다. 정답 ③

[오답피하기]

㉡. 적도 부근 해역에서 해면 기압 편차는 엘니뇨 시기(A)에는 동태평양이 (-), 서태평양이 (+)로 나타나고, 라니냐 시기(B)에는 반대로 나타난다. 따라서 적도 부근 해역에서 (동태평양 해면 기압 편차 - 서태평양 해면 기압 편차) 값은 A가 B보다 작다.

18. 별의 물리량

단위 시간당 단위 면적에서 방출하는 복사 에너지(E)는 표면 온도(T)의 네제곱에 비례하고, 별의 광도(L)는 표면 온도(T)의 네제곱, 반지름(r)의 제곱에 비례한다.

[정답맞히기] 나. 별의 절대 등급은 별의 거리가 10pc에 있을 때의 겉보기 등급이며, 별의 광도는 거리의 제곱에 반비례한다. (나)의 겉보기 등급은 태양의 절대 등급과 같은 +4.8등급이고, 거리가 1000pc이므로, 10pc의 거리로 옮기면 광도가 10^4 배 밝아진다. 즉, 절대 등급은 태양보다 10등급 작고, 광도는 태양의 10000배이다. (나)가 태양 광도의 10000배이고, 표면 온도(T)의 네제곱, 즉 E 는 태양의 $\frac{1}{16}$ 배이므로 (나)의 반지름은 태양의 400배($=\sqrt{10000 \times 16}$)이다. 정답②

[오답피하기]

ㄱ. 복사 에너지를 최대로 방출하는 파장(λ_{\max})은 표면 온도(T)에 반비례한다. (가)와 (나)의 E 가 $16 : \frac{1}{16}$ 이므로 T 는 $2 : \frac{1}{2}$ 이고, λ_{\max} 는 $\frac{1}{2} : 2$ 이다. 따라서 복사 에너지를 최대로 방출하는 파장(λ_{\max})은 (가)가 (나)의 $\frac{1}{4}$ 배이다.

ㄷ. 태양의 절대 등급이 +4.8등급이므로 태양의 광도보다 광도가 100배 큰 별은 -0.2등급이다. (다)의 겉보기 등급이 -2.2등급이고, 지구로부터의 거리가 10pc의 $\frac{1}{2}$ 인 5pc이므로 (나)의 절대 등급은 -2.2등급의 $\frac{1}{4}$ 배 밝은, 즉 4배 어두운 별의 등급으로 나타난다. 별의 등급이 1등급 차이일 때 밝기는 약 2.5배 차이가 나므로 (다)의 겉보기 등급인 -2.2등급보다 4배 어두운 별의 절대 등급은 -0.2등급보다 작게, 즉 광도가 더 크게 나타난다. 따라서 $\frac{\text{(다)의 광도}}{\text{태양의 광도}}$ 는 100보다 크다.

19. 외계 행성 탐사

중심별과 행성은 공통 질량 중심을 중심으로 동일한 주기와 방향으로 공전한다. 중심별의 시선 속도는 행성이 A에 있을 때 최대이며 이때의 시선 속도를 v 라고 할 때, 행성이 B에 있을 때는 $v\cos 30^\circ$ 로 A에 있을 때의 $\frac{1}{2}$ 배이며, 행성이 C에 있을 때는 $v\cos 45^\circ$ 로 행성이 A에 있을 때의 $\frac{\sqrt{2}}{2}$ 배이다. 또한 행성이 A와 C에 있을 때 별의 공전 방향과 행성이 B에 있을 때의 별의 공전 방향은 시선 방향에 대해 반대로 나타난다. 예를 들어, 행성이 A와 C가 있을 때 중심별의 흡수선 파장이 기준 파장에 대해 짧아지는 청색 편이를 보인다면, B에 있을 때는 기준 파장에 대해 길어지는 적색 편이를 보이게 된다.

[정답맞히기] ㄱ. A와 B의 공전 방향은 시선 방향에 대해 반대이고, 행성이 B에 위치할 때 중심별의 흡수선 관측 파장은 시선 속도가 최대로 나타나는 지점, 즉 행성이 A에 있을 때에 비해 길게 나타난다. 행성이 B에 위치할 때, 중심별의 스펙트럼에서 적색 편이가 나타나고 지구로부터 멀어진다.

ㄴ. 행성이 A에 있을 때 별의 스펙트럼에는 청색 편이가 나타나므로 기준 파장에 대한 파장 변화량은 (-)로, B에 있을 때는 적색 편이가 나타나므로 파장 변화량은 (+)로 나타난다. 또한 행성이 A와 B에 있을 때 시선 속도 비가 2:1이므로 흡수선의 기준 파장에 대한 관측 파장 변화량 비도 2:1로 나타난다. 행성이 A에 있을 때의 관측 파장이 499.990, 행성이 B에 있을 때의 관측 파장이 500.005이므로 기준 파장(λ_0)은 500nm이고, 별의 흡수선 파장 변화량은 행성이 A에 있을 때는 -0.01nm, 행성이 B에 있을 때는 +0.005nm로 나타남을 알 수 있다. 행성이 C에 있을 때의 시선 속도인 ㉠은 행성이 A에 있을 때의 $\frac{\sqrt{2}}{2}$ 배이므로, 행성이 A에 있을 때의 파장 변화량 값은 기준 파장에 대해 -0.01nm과 -0.005nm 사이의 값으로 나타난다. 따라서, ㉠은 499.995보다 작게 나타난다.

ㄷ. 중심별은 공통 질량 중심에 대해 원 궤도로 공전하고, 시선 속도 변화는 행성과의 공통 질량 중심에 대한 공전에 의해서만 나타나므로, 중심별의 공전 속도는 행성이 A에 있을 때의 중심별의 시선 속도인 v 와 같다. 따라서, 중심별의 공전 속도 v 는 $\frac{A의\ 파장\ 변화량}{\lambda_0} = \frac{v}{\text{빛의\ 속도}}$, $\frac{0.01}{500} = \frac{v}{300000}$, $v = 6\text{km/s}$ 이다. 정답⑤

20. 고지자기

각 지괴에서 추정된 고지자기극은 암석이 생성될 당시 지리상 북극에 위치하였다. 동일 경도를 따라 일정한 방향으로 지괴가 이동하는 경우, 특정 시기 고지자기극이 현재의 지리상 북극에 위치하도록 고지자기극과 지괴를 동시에 평행 이동시키면, 특정 시기의 지괴 위치를 알 수 있다.

[정답맞히기] ㄱ. A에서 구한 ㉠ 시기의 고지자기극은 현재 30°N에, ㉡ 시기의 고지자기극은 현재 60°N에 위치한다. A는 동일 경도를 따라 일정한 방향으로 이동하였고, 각 시기에 고지자기극은 지리상 북극에 있었으므로, ㉠일 때 현재 60°N에 위치하는 지괴 A는 동일 경도상의 0°에, ㉡일 때 A는 동일 경도상의 30°N에 있었다. 고지자기 북극의 절댓값은 극으로 갈수록 증가하므로 A에서 구한 고지자기 북극의 절댓값은 ㉠이 ㉡보다 작다.

ㄴ. 고지자기로 대륙 이동을 복원하면 ㉠과 ㉡ 시기 사이에 A와 B는 동일하게 동일 경도상을 따라 0°에서 30°N으로 이동하였다. 현재 A는 60°N에 B는 45°N에 있으므로 A와 B는 ㉡ 시기 이후 분리되었다. 즉, A와 B는 북반구에서 분리되었다.

ㄷ. ㉡부터 현재까지 A는 동일 경도를 따라 30° 이동하였고, B는 동일 경도를 따라 15° 이동하였으므로 ㉡부터 현재까지의 평균 이동 속도는 A가 B보다 빠르다. 정답⑤