

2023학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가  
**과학탐구영역 지구과학 I** 정답 및 해설

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

**1. 악기상의 종류와 특징**

뇌우, 우박, 집중 호우는 강한 상승 기류에 의해 적란운이 형성될 때 잘 발생하며, 우리나라에서 황사는 중국 북부의 사막 지대나 몽골 고원이 건조해진 봄철에 주로 발생한다.

[정답맞히기] A. 뇌우에 동반되는 천둥과 번개 등은 뇌우가 가장 크게 발달하는 성숙 단계에서 잘 나타난다. **정답①**

[오답피하기] B. 우박은 적란운 내에서 강한 상승 기류를 타고 상승과 하강을 반복하며 성장한다. 따라서 우박은 적운형 구름에서 잘 발생한다.

C. 우리나라에서 황사는 발원지의 토양이 매우 건조해지는 봄철에 주로 나타난다.

**2. 상부 맨틀에서 일어나는 대류 모형**

[정답맞히기] ㄱ. 상부 맨틀에서 일어나는 맨틀 대류는 판을 이동시키는 주요 원동력 중 하나이다.

ㄴ. 상부 맨틀의 대류 모형에서는 해령에서 생성된 해양 지각이 수렴형 경계인 해구에서 소멸된다. 이 모형에 따르면 오래된 해양 지각은 대륙 지각과 달리 소멸하기 때문에 현재 해양 지각의 평균 연령이 대륙 지각의 평균 연령보다 적다는 것을 설명할 수 있다. **정답④**

[오답피하기] ㄷ. 뜨거운 플룸의 상승은 맨틀과 외핵의 경계 부근에서부터 상승하기 때문에 상부 맨틀의 대류 모형보다는 맨틀 전체에서 일어나는 대류 모형을 이용하여 설명할 수 있다.

**3. 수온-염분도 해석**

해수의 특성을 나타내는 수온 염분도는 수온을 세로축, 염분을 가로축으로 하여 작성한 그래프이다. 수온 염분도를 이용하면 해수의 밀도와 수괴의 특성 및 이동을 추정할 수 있다.

[정답맞히기] ㄴ. A와 B에서 수온이 14°C로 동일한 해수의 염분을 비교하면, 염분은 A가 B보다 낮다. 따라서 해수의 밀도는 A가 B보다 작다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. 해수면 온도는 A가 약 22°C이고, B가 약 14°C이다. 산소 기체의 용해도는 수온에 반비례하므로 A가 B보다 작다.

ㄷ. A에서는 0~50m까지 수심이 깊어질수록 수온이 대체로 낮아지지만, B에서는 0~50m까지 수온이 14°C로 거의 일정하다. 따라서 혼합층의 두께는 B가 A보다 두껍다.

#### 4. 건열이 형성되는 원리를 알아보는 실험

[정답맞히기] ㄱ. 이 실험은 퇴적물의 표면이 건조해져 갈라질 때 건열이 형성된다는 것을 알아보기 위한 실험이다.

ㄴ. 백열전등의 빛에 의해 물이 증발하고, 퇴적물 표면에 갈라진 구조가 형성된 것은 건조한 환경에서 건열이 형성되는 과정에 해당한다. **정답④**

[오답피하기] ㄷ. 건열은 수심이 얇은 물밑에 점토질 물질(지름 1/16mm 이하)이 쌓인 후 퇴적물의 표면이 대기에 노출되어 건조해지면서 잘 형성된다. 따라서 건열은 역암층보다 세일층(또는 이암층)에서 잘 형성된다.

#### 5. 타원 은하와 불규칙 은하

[정답맞히기] ㄱ. (가)는 규칙적인 모양이 보이지 않는 불규칙 은하이고, (나)는 둥근 형태의 모양으로 보이는 타원 은하이다.

ㄷ. 타원 은하는 불규칙 은하에 비해 나이가 많은 별들로 이루어져 있다. **정답③**

[오답피하기] ㄴ. 타원 은하는 불규칙 은하에 비해 성간 물질이 부족하여, 나이가 적고 표면 온도가 높은 푸른 별이 나이가 많고 표면 온도가 낮은 붉은 별보다 적다.

#### 6. 별의 스펙트럼

별의 표면 온도에 따라 원소가 이온화되는 정도가 다르고, 각각 가능한 이온화 단계에서 특정한 흡수선을 형성하기 때문에 별빛의 스펙트럼에는 별마다 다양한 흡수선이 나타난다.

[정답맞히기] ㄱ. 별의 광도는 표면 온도의 4제곱과 반지름의 제곱에 비례하며, 광도는 ㉠과 ㉡이 같고, 표면 온도는 ㉢이 ㉣보다 높다. 따라서 반지름은 표면 온도가 높은 ㉢이 ㉣보다 작다. **정답①**

[오답피하기] ㄴ. ㉠은 초거성, ㉡은 주계열성으로, 두 별의 광도 계급은 서로 다르다. ㉢은 분광형이 K형인 주계열성으로, CaII 흡수선이 HI 흡수선보다 강하게 나타난다.

#### 7. 지질 시대의 생물과 환경

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

[정답맞히기] ㄴ. 최초의 양서류는 고생대 데본기에 출현하였으므로 A와 B 사이에 출현하였다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. 생물 과의 멸종 비율은 A(약 20%)가 B(약 28%)보다 낮다.

ㄷ. 히말라야 산맥은 신생대에 형성되었으므로 C 이후에 형성되었다.

## 8. 온대 저기압과 날씨

관측소에 온난 전선이 통과하면 기온이 높아지고, 한랭 전선이 통과하면 기온이 낮아진다.

[정답맞히기] ㄱ. 기압이 가장 낮게 관측되었던 시기에 날씨는 맑고 남풍 계열의 바람이 15m/s로 불었다.

ㄷ. B와 C 사이에 기온은 낮아졌고 기압은 높아졌으므로, 그 시기에 한랭 전선은 관측소를 통과한 상태이다. 따라서 B와 C 사이에 관측소는 한랭 전선 후면에 위치하므로 주로 적운형 구름이 관측된다. **정답③**

[오답피하기] ㄴ. A 전후로 기온은 높아졌고 기압은 낮아졌으므로, A일 때 온난 전선은 관측소를 통과한 상태이다. 따라서 A일 때 관측소의 상공에는 온난 전선면이 나타나지 않는다. 온난 전선 주변에서 전선면은 전선 전면의 찬 공기 상공에 나타나고, 한랭 전선 주변에서 전선면은 전선 후면의 찬 공기 상공에 나타난다.

## 9. 마그마의 생성

A와 C에서는 주로 현무암질 마그마가, B에서는 주로 유문암질 마그마와 안산암질 마그마가 생성된다.

[정답맞히기] ㄴ. B에서는 유문암질 마그마와 안산암질 마그마가, C에서는 현무암질 마그마가 생성된다. 마그마의  $\text{SiO}_2$  함량은 유문암질 마그마 또는 안산암질 마그마가 현무암질 마그마보다 높다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. A(해령 하부)에서는 맨틀 물질이 상승하여 압력이 감소하면 맨틀 물질이 부분 용융되어 주로 현무암질 마그마가 생성된다.

ㄷ. ㉠은 온도 상승에 의한 대륙 지각의 용융으로 마그마가 생성되는 조건으로, B에서 마그마가 생성되는 조건에 해당한다.

## 10. 우주의 구성 요소

우주의 구성 요소의 상대적 비율은 보통 물질(A) 약 4.9%, 암흑 물질(B) 약 26.8%, 암흑 에너지(C) 약 68.3%이다.

[정답맞히기] ㄴ. 시간이 흘러도 암흑 에너지(C)의 밀도는 일정하므로 우주가 팽창하는 동안 암흑 에너지의 총량은 증가하는 반면, 암흑 물질(B)의 총량은 일정하다. 따라서 현재 이후 우주가 팽창하는 동안  $\frac{B\text{의 비율}}{C\text{의 비율}}$ 은 감소한다.

ㄷ. 암흑 물질(B)은 전자기파로 관측되지 않아 우리 눈에 보이지 않기 때문에, 중력 렌즈 현상 등의 방법을 이용하여 존재를 확인할 수 있다. **정답⑤**

[오답피하기] ㄱ. A는 현재 우주 구성 요소 중 가장 작은 비율을 차지하는 보통 물질이다.

## 11. 대기 대순환과 해수의 표층 순환

연평균 에너지의 수송 방향이 북쪽 방향(+인 지역은 북반구, 남쪽 방향(-인 지역은 남반구이다.

[정답맞히기] ㄱ. A에서는 간접 순환인 페렐 순환(위도 30° 부근에서 공기가 하강하여 고위도로 이동한 다음 위도 60° 부근에서 상승하여 형성)이 위치한다.

ㄴ. B에서는 해들리 순환(적도 지방에서 공기가 상승하여 고위도로 이동한 다음 위도 30° 부근에서 하강하여 형성)에 의해 에너지가 북쪽 방향으로 수송된다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. C는 위도 30°S~60°S 사이에 위치한 해역이다. 캘리포니아 해류는 북태평양 아열대 순환에서 북쪽에서 남쪽으로 흐른다.

## 12. 별의 내부 구조

주계열성 중심부에서 수소 핵융합 반응이 끝나면 중심에 헬륨핵이 생성되고, 헬륨핵의 중력 수축으로 발생한 에너지가 중심부 외곽에 공급되어 헬륨핵 외곽(수소 껍질)에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.

[정답맞히기] ㄱ. 주계열성 중심부에서 수소 핵융합 반응이 끝나면 중심에 헬륨핵이 생성되는데, 이때 헬륨핵의 중력 수축으로 발생한 에너지에 의해 중심핵의 온도는 상승한다. 따라서 중심핵의 온도는 주계열 단계일 때보다 높다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. 이 시기에 별의 바깥층은 팽창하여 크기가 커지고 표면 온도는 낮아진다. 따라서 표면에서 단위 면적당 단위 시간에 방출하는 에너지양( $\propto$ 표면 온도의 4 제곱)은 주계열 단계일 때보다 적다.

ㄷ. 중심핵은 대부분 헬륨으로 이루어져 있으며, A 영역은 대부분 수소로 이루어져 있다. 따라서 수소 함량 비율(%)은 중심핵이 A 영역보다 낮다.

## 13. 태풍과 날씨

그림에서 점선(---)은 기압, 실선(—)은 풍속, 점(•••••)은 풍향을 나타낸다.

[정답맞히기] ㄱ. 관측소에서 풍속이 가장 강하게 나타난 시각은  $t_3$ 이다.

ㄷ. 관측소에서  $t_3$ 에는 강한 상승 기류가 나타났으며, 태풍의 눈이 통과한  $t_4$ 에는 약한 하강 기류가 나타났다. 따라서 관측소에서 공기의 연직 운동은  $t_3$ 이  $t_4$ 보다 활발하다. 정답④

[오답피하기] ㄴ. 관측소에 태풍의 눈이 통과한 시각은 기압이 가장 낮고 풍속이 약한  $t_4$ 이다. 따라서 관측소에서 태풍의 눈이 통과하기 전( $t_4$  이전)에는 동풍 계열의 바람이 불었다.

## 14. 별의 물리량

별의 광도( $L$ )는  $L \propto R^2 \cdot T^4$ ( $R$ : 별의 반지름,  $T$ : 별의 표면 온도)으로 구할 수 있다.

☉은 백색 왜성, ☽은 주계열성, ☾은 거성이다.

[정답맞히기] ㄴ. 별의 절대 등급은 작을수록 광도가 크며, 10등급 차이일 때 광도는

10000배 차이이다.  $L \propto R^2 \cdot T^4$ 에  $T = \sqrt{10}$ ,  $R = 0.01$ 을 대입하여 계산하면,  $L = (10^{-2})^2 \times (\sqrt{10})^4 = 10^{-2}$ 으로, 광도는 ㉠이 ㉡의  $10^{-4}$ 배이다. 따라서 (㉡의 절대 등급-㉠의 절대 등급) 값은 10이다.

ㄷ. 거성인 ㉡의 광도가 주계열성인 ㉠의 광도보다 작으므로 ㉡은 ㉠보다 질량이 작은 주계열성으로부터 진화하였다. 따라서 별의 질량은 ㉠이 ㉡보다 크다. 정답 ㉡

[오답피하기] ㄱ.  $T \propto \frac{\sqrt[4]{L}}{\sqrt{R}}$ 에  $L=100$ ,  $R=2.5$ 를 대입하여 계산하면,  $\frac{\sqrt[4]{100}}{\sqrt{\frac{10}{4}}} = 2$ 이므로,

표면 온도는 ㉠이 태양의 2배이다. 또한 복사 에너지를 최대로 방출하는 파장은 표면 온도에 반비례한다. 따라서 복사 에너지를 최대로 방출하는 파장은 표면 온도가 높은 ㉠이 ㉡보다 짧다.

### 15. 엘니뇨와 라니냐

엘니뇨 시기에 동태평양 적도 해역에서는 평년보다 기압이 낮아지고(기압 편차 < 0), 서태평양 적도 해역에서는 평년보다 기압이 높아진다(기압 편차 > 0).

[정답맞히기] ㄱ. A는 동태평양 적도 해역에서 기압 편차가 (+)이고, 서태평양 적도 해역에서 기압 편차가 (-)이다. B는 동태평양 적도 해역에서 기압 편차가 (-)이고, 서태평양 적도 해역에서 기압 편차가 (+)이다. 따라서 A는 라니냐 시기, B는 엘니뇨 시기이다. 또한 (나)는 동태평양 적도 해역의 수온이 평년보다 높으므로 엘니뇨 시기이다. 따라서 (나)는 B에 측정한 것이다.

ㄴ. 엘니뇨 시기에는 평상시에 비해 무역풍이 약해져 동태평양 해역에서 연안 용승이 약해지고, 해수면이 높은 서태평양에서 동쪽으로 따뜻한 해수가 이동하여 동태평양 적도 해역의 수온이 상승하므로 서태평양과 동태평양의 표층 수온 차가 작아진다. 반면 라니냐 시기에는 평상시에 비해 무역풍이 강해져 동태평양 해역에서 연안 용승이 강해지고, 따뜻한 해수는 서태평양 쪽으로 더욱 집중되므로 페루 연안의 한랭 수역이 확대되어 서태평양과 동태평양의 표층 수온 차가 커진다. 따라서 적도 부근에서 (서태평양 평균 표층 수온 편차-동태평양 평균 표층 수온 편차) 값은 라니냐 시기(A)가 엘니뇨 시기(B)보다 크다.

ㄷ. 엘니뇨 시기에 동태평양 적도 해역에서는 평년보다 기압이 낮아지고, 서태평양 적도 해역에서는 평년보다 기압이 높아지며, 라니냐 시기에 동태평양 적도 해역에서는 평년보다 기압이 높아지고, 서태평양 적도 해역에서는 평년보다 기압이 낮아진다. 따라서 적도 부근에서  $\frac{\text{동태평양 평균 해면 기압}}{\text{서태평양 평균 해면 기압}}$ 은 라니냐 시기(A)가 엘니뇨 시기(B)보다 크다.

### 16. 세차 운동과 자전축 경사각 변화

지구의 자전축은 약 26000년을 주기로 지구 공전 방향과 반대 방향으로 회전하는데,

이를 세차 운동이라고 한다. 지구 자전축의 경사각은 약 41000년을 주기로  $21.5^{\circ}\sim 24.5^{\circ}$  사이에서 변하는데 다른 요인의 변화가 없다면 자전축 경사각이 커질수록 기온의 연교차가 커진다.

[정답맞히기] ㄱ. 현재 북반구는 지구가 근일점 부근에 있을 때 겨울철이다. 하지만 약 6500년 전에는 세차 운동에 의해 자전축이 회전하기 때문에 북반구는 지구가 A 부근에 있을 때 겨울철이다.

ㄷ. 현재  $35^{\circ}\text{S}$ 는 지구가 근일점 부근에 있을 때 여름철이고, 약 13000년 후에는 세차 운동에 의해 지구가 원일점 부근에 있을 때 여름철이다. 또한 자전축 경사각은 현재보다 약 13000년 후에 작다. 세차 운동과 자전축 경사각 변화를 모두 고려하면  $35^{\circ}\text{S}$ 에서 여름철 평균 기온은 현재보다 약 13000년 후에 낮다. **정답③**

[오답피하기] ㄴ. 현재  $35^{\circ}\text{N}$ 에서는 지구가 근일점 부근일 때 겨울철이지만, 약 6500년 전에는 지구가 A일 때 겨울철이다. 따라서  $35^{\circ}\text{N}$ 에서 겨울철일 때 지구와 태양 사이의 거리가 현재보다 약 6500년 전이 멀다. 한편 자전축 경사각은 현재보다 약 6500년 전에 크므로 기온의 연교차가 현재보다 약 6500년 전에 크다. 세차 운동과 자전축 경사각 변화를 모두 고려하면  $35^{\circ}\text{N}$ 에서 기온의 연교차는 현재보다 약 6500년 전에 크다.

### 17. 고지자기극의 위치 변화

지질 시대 동안 지리상 북극은 변하지 않았으므로 고지자기 북극의 크기는 위도가 높을수록 크다. 따라서 고지자기 북극을 측정하면 대륙의 과거 위도를 알 수 있다.

[정답맞히기] ㄱ. 고지자기극의 위도 변화는 60Ma~40Ma가 40Ma~20Ma보다 크다. 따라서 지괴는 60Ma~40Ma가 40Ma~20Ma보다 빠르게 이동하였다. **정답①**

[오답피하기] ㄴ. 60Ma에 생성된 암석의 고지자기극의 위치는 현재 지리상 북극으로부터 위도  $60^{\circ}$ 만큼 떨어져 있다. 따라서 60Ma에 지괴는 현재보다  $60^{\circ}$ 만큼 남쪽인  $30^{\circ}\text{S}$ 에 위치하였고, 남반구에 위치하였으므로 이때 생성된 암석에 기록된 고지자기 북극은 (-)값을 갖는다.

ㄷ. 10Ma에 생성된 암석의 고지자기극은 현재 지리상 북극과 지괴 사이에 위치한다. 따라서 이 지괴는 10Ma부터 현재까지 남쪽으로 이동하였다.

### 18. 외계 행성계 탐사와 생명 가능 지대

중심별 주위를 공전하는 행성이 중심별의 앞면을 지날 때 중심별의 일부가 가려지는 식 현상이 나타난다. 식 현상에 의한 중심별의 밝기 변화를 관측하면 행성의 존재를 확인할 수 있다

[정답맞히기] ㄱ. 중심별에서 생명 가능 지대의 바깥쪽 경계까지의 거리가 약 0.05AU 이므로 중심별에서 생명 가능 지대까지의 거리가 태양계보다 가깝다. 따라서 생명 가능 지대의 폭도 태양계보다 좁다.

ㄷ.  $t_2$ 일 때 행성에 의한 식 현상이 일어나기 시작하고, 이때 행성과 중심별은 시선

방향에 거의 수직한 방향으로 이동하므로 시선 속도는 0에 가까워진다. 한편,  $t_1$ 일 때는 식 현상이 일어나기 이전이므로 행성이 관측자 방향으로 접근하고, 중심별은 관측자로부터 멀어진다. 따라서 이때 중심별의 시선 속도는 (+)이다. 흡수선 파장은 중심별이 빨리 멀어질수록 길어지므로  $t_1$ 이  $t_2$ 보다 길다. **정답⑤**

[오답피하기] ㄴ. (나)에서 행성의 식 현상에 의한 중심별의 밝기 변화 감소 비율은  $\frac{1.000 - 0.992}{1.000} = \frac{8}{1000} = \frac{1}{125}$ 이다. 이 값은  $\frac{\text{행성의 단면적}}{\text{중심별의 단면적}} = \frac{\text{행성의 반지름}^2}{\text{중심별의 반지름}^2}$ 에 비례한다.

### 19. 암석의 절대 연령 측정

방사성 동위 원소가 붕괴하여 처음 함량의 반으로 줄어드는 데 걸리는 시간을 반감기라고 한다. 반감기가 1회 지나면 모원소와 자원소의 비율은 1:1이 된다.

[정답맞히기] ㄱ. (나)에서 모원소와 자원소가 1:1이 되는데 걸린 시간은 X가 1억 년, Y가 2억 년이므로 반감기는 X가 1억 년, Y가 2억 년이다. 따라서 반감기는 X가 Y의 1/2배이다.

ㄴ. (가)에서 화성암의 절대 연령은 A가 B보다 많다. 만약 A에 포함된 X, B에 Y가 포함되어 있었다면 A가 B보다 절대 연령이 많을 수 없다. 따라서 A에 포함된 방사성 원소는 Y이고, B에 포함된 방사성 원소는 X이다. **정답③**

[오답피하기] ㄷ. 화성암의 절대 연령이 A가 B보다 많다는 조건을 만족하려면 A에 Y가 25%, B에 X가 50% 존재해야 하며, A는 Y의 반감기가 2회 지났으므로 절대 연령이 4억 년이고, B는 X의 반감기가 1회 지났으므로 절대 연령이 1억 년이다. (가)에서 단층 f-f'는 A보다 먼저 생성되었으므로 4억 년보다 오래되었다. 따라서 단층 f-f'는 고생대 또는 선캄브리아 시대에 형성되었다.

### 20. 우주 팽창과 적색 편이

[정답맞히기] ㄴ. 파장  $\lambda$ 인 빛이 P에서 방출되어 Q에 도달하는 동안 우주의 크기는 2.5배로 커졌고, 빛의 파장은 우주의 크기에 비례하여 증가하므로 파장  $\lambda$ 인 빛의 파장도 2.5배 증가하여  $2.5\lambda$ 가 된다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. (가)의 그래프에서 기울기는 우주 팽창 속도에 해당한다. 120억 년 전에 그래프의 기울기는 시간에 따라 감소하므로 이 시기에 우주는 감속 팽창하였다. (우주 형성 초기에는 암흑 에너지보다 물질의 영향이 우세하여 감속 팽창하였다.)

ㄷ. (나)에서 빛이 Q를 통과할 때부터 관측자까지 도달하는데 80억 년이 걸린다. 이 빛이 이동한 거리는 광속이 항상 일정하다는 것으로부터 80억 광년임을 알 수 있다. 한편, 빛이 이동하는 동안 Q와 관측자 사이의 공간은 계속 팽창하였으므로 현재 관측자로부터 Q까지의 거리 ㉠은 빛이 이동한 거리보다 크다.