

수능특강 과학탐구영역 지구과학II

정답과 해설

01 지구의 형성과 역장

2점 수능 테스트

본문 15~19쪽

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

01 태양계의 형성

약 50억 년 전 태양계 성운 근처에서 초신성 폭발이 일어나 그 영향이 태양계 성운에 전달되어 밀도 차이가 생겼고, 밀도가 높은 부분이 중력 수축하면서 회전하기 시작하였다.

㉠. 태양계 성운은 물질들이 중심으로 모이면서 회전 속도가 점점 빨라져 납작한 원반 모양을 이루었다.

㉡. 원시 태양은 태양계 성운이 수축하여 만들어졌는데, 원시 태양은 계속된 중력 수축으로 온도와 압력이 높아졌다.

㉢. 원시 태양의 자전 방향과 원시 행성의 공전 방향은 태양계 성운의 회전 방향과 같다.

02 지구의 탄생과 진화

원시 지구는 많은 미행성체들의 충돌로 크기가 커지고, 온도가 상승하여 마그마 바다 시기를 거치면서 내부에 층상 구조를 형성하게 되었으며, 미행성체들의 충돌이 감소하면서 온도가 하강하기 시작하였다.

㉡. 지구의 진화는 마그마 바다 형성, 맨틀과 핵의 분리, 원시 지각과 원시 바다의 형성 순으로 일어났으므로 A → C → B의 순이다.

㉢. 마그마 바다 형성 이전에는 지구 내부가 균질하였고, 마그마 바다가 형성된 후 무거운 금속 성분이 가라앉아 지구 중심부의 핵을 형성하였다. 따라서 지구 중심부의 밀도는 A보다 C에서 컸다.

㉡. 미행성체들의 충돌이 감소하면서 지구의 온도는 낮아졌고, 지표가 식으면서 단단한 원시 지각이 형성되었다. 화산 활동 등으로 원시 대기에 공급된 수증기가 응결하여 많은 비가 내렸고 원시 바다를 형성하였다. 즉, 원시 지각이 형성된 후 원시 바다가 형성되었다.

03 지구의 탄생과 진화

미행성체 충돌, 방사성 원소의 붕괴 등으로 발생한 열로 원시 지구의 온도가 점점 높아져 마그마 바다를 형성한 후 지구가 식어감에 따라 지구의 표면 온도는 점점 하강하였다.

㉠. 원시 지구는 약 46억 년 전 수많은 미행성체들의 충돌로 형성되었다. 이 과정에서 지구의 크기가 커지고 질량이 증가하였다.

㉡. 마그마 바다 상태에서 중력의 작용으로 철과 니켈 등 밀도가 큰 금속 성분들은 지구 중심부로 가라앉아 핵을 형성하였고, 밀도가 작은 규산염 물질은 지구 표면 쪽으로 떠올랐다.

㉡. 미행성체들의 충돌이 감소하면서 지구의 온도는 점점 낮아졌고 지표가 식으면서 단단한 원시 지각이 형성되었다.

04 지구 주요 대기 성분의 변화

주로 화산 활동으로 공급된 이산화 탄소는 대부분 해수에 용해된 후 화학적으로 침전되거나 생물 기원 퇴적물로 퇴적되어 지권에 저장되었다.

㉡. 지구 형성 초기에 지표면에서 기체의 분압은 약 9기압이었고, 현재 기체의 분압은 1기압이다.

㉡. ㉠은 대기 중에 산소가 축적되기 시작한 때이다. 남세균은 ㉠ 시기 이전에 바다에서 출현하였으며 광합성 작용을 통해 수권과 기권에 산소를 공급하여 대기 중 산소 농도가 증가하기 시작하였다.

㉢. A는 이산화 탄소를, 지구 생성 초기에 활발한 화산 활동에 의해 대기로 공급되었다. B는 산소로, 광합성을 하는 해양 생물이 출현하면서 바다에 산소가 축적되기 시작하였고 이후 대기에도 산소가 축적되기 시작하였다.

05 방사성 원소의 방출 열량

방사성 원소의 함량은 지각이 맨틀보다 많으며, 특히 대륙 지각에 많으므로 대륙 지각에서는 방사성 원소의 붕괴열이 많이 방출된다.

㉠. 지구 내부 에너지원에는 지구 형성 초기에 일어난 미행성체 충돌에 의한 열, 중력 수축에 의한 열, 방사성 원소의 붕괴열이 있다. 지구 내부 에너지는 판의 운동, 화산 활동, 지진 등을 일으키는 근원 에너지이다.

㉡. 해양 지각은 주로 현무암질 암석, 대륙 지각은 주로 화강암질 암석으로 이루어져 있다. 화강암이 현무암보다 방사성 원소의 함량이 높으므로, 방사성 원소는 해양 지각보다 대륙 지각에 많이 포함되어 있을 것이다.

㉡. 방사성 원소의 단위 부피당 방출 열량은 화강암이 $295(\times 10^{-5} \text{ mW/m}^3)$ 로 가장 많고, 감람암이 $1(\times 10^{-5} \text{ mW/m}^3)$ 로 가장 적다. 따라서 단위 부피당 방사성 원소의 방출 열량은 화강암과 현무암으로 이루어진 지각보다 감람암으로 이루어진 맨틀에서 적을 것이다.

06 저속도층

연약권 내에서 지진파의 속도가 급격히 감소하는 층이 나타나는 데, 이를 저속도층이라고 한다.

㉠. 그림에서 지진파의 속도가 느리게 나타나는 저속도층은 약

80~280 km의 범위에 나타나는데, 해양보다 안정한 대륙에서 더 깊게 나타난다.

✕. 깊이 ㉠은 암석권에, ㉡은 연약권에 해당하므로 ㉠에서는 ㉡에서보다 암석의 유동성이 작다.

✕. 깊이 ㉡에서 저속도층이 나타나므로 ㉡은 연약권에 속한다.

07 해구 부근의 지각 열류량

해구는 해양판이 대륙판 또는 해양판 아래로 섭입하는 판의 수렴형 경계에 발달하는 지형이며, 섭입하는 해양판의 영향으로 베니오프대는 같은 깊이의 주변보다 온도가 낮다.

㉠. 지구 내부에서 등온선의 간격을 보면 A 하부보다 B 하부에서 넓게 나타난다. 따라서 깊이에 따른 온도 상승률은 A 하부보다 B 하부에서 작다.

㉡. B에서는 베니오프대의 하부에서 상승한 마그마에 의해 안데스산맥과 같은 지질 구조가 발달할 수 있다. B에서는 대륙판 아래로 섭입한 해양판이 부분 용융되어 화산 활동이 일어난다.

✕. 이 지역 판의 경계는 수렴형 경계이다. 해양판이 대륙판 아래로 섭입하는 해구 부근에서는 지각의 평균값보다 지각 열류량이 적다.

08 지진 기록

지진계에는 P파, S파, 표면파가 차례대로 기록된다.

✕. 지진 기록에서 P파가 도달한 후 S파가 도달할 때까지의 시간차를 PS시라고 한다. S파는 P파보다 속도가 느리기 때문에 도착 시간이 더 많이 걸린다. 서울에서 PS시가 30.6초이고 P파의 이동 시간이 41.5초이므로 S파의 이동 시간은 72.1초이다.

㉠. 표에서 PS시는 진앙으로부터의 거리가 멀수록 증가한다.

✕. 네 지역 모두 진앙 거리가 진원 거리보다 작게 나타난다.

09 진앙과 진원의 위치 결정

A, B, C 관측소에서 진원 거리를 반지름으로 하는 원을 그렸을 때 각 원들의 교점을 연결하면 3개의 현이 교차하는 하나의 점 O가 나타나는데, 이곳이 진앙이다.

㉠. A, B, C를 중심으로 하는 각각의 원의 반지름 R_A , R_B , R_C 는 진원 거리에 해당한다.

✕. 주시 곡선은 가로축을 진앙으로부터의 거리, 세로축을 지진파의 도착 시간으로 나타낸 그림이다. 주시 곡선에서 PS시에 해당하는 거리 값을 읽으면 진앙으로부터의 거리를 알아낼 수 있다.

✕. 관측소 A에서 진앙의 위치 O를 연결하는 직선 AO를 긋고, O점에서 직선 AO에 직교하는 현 PP'를 그으면 현 PP'의 $\frac{1}{2}$ 인 선분 OP 또는 OP'의 길이가 진원의 깊이가 된다.

10 지구 내부의 구조

지구 내부는 구성 물질에 따라 지각, 맨틀, 핵의 세 부분으로 구분하고, 구성 물질의 상태 등 물리적 성질에 따라 암석권, 연약권, 하부 맨틀, 외핵, 내핵으로 구분한다.

✕. ㉠에 따라 지각, 맨틀, 핵의 세 부분으로 구분하였으므로 ㉠은 '구성 물질'이고, ㉡에 따라 암석권, 연약권, 하부 맨틀, 외핵, 내핵으로 구분하였으므로 ㉡은 '물리적 성질'이다.

✕. 액체 상태인 층(외핵)은 고체 상태인 내핵보다는 밀도가 작지만 암석권, 연약권, 하부 맨틀보다는 밀도가 크다.

㉢. P파의 속도 변화는 레만 불연속면(깊이 5100 km)보다 구텐베르크 불연속면(깊이 2900 km)에서 크다.

11 지진파의 전파

(가)는 맨틀을 지나 외핵에 진입한 P파의 경로를, (나)는 맨틀과 외핵, 내핵을 통과하여 온 P파의 경로를 나타낸 것이다.

㉠. S파가 진앙으로부터의 각거리 $103^\circ \sim 142^\circ$ 인 ㉠에 도달하려면 외핵을 통과해야 하는데, S파는 액체를 통과하지 못하므로 ㉠에는 S파가 도달하지 않는다.

㉡. 지구 내부를 알아가는 과정에서 P파 암영대로부터 구텐베르크 불연속면을 확인했고, 이후 P파 암영대에서도 약한 P파가 확인됨으로써 레만 불연속면을 확인했다. 이 지진파는 외핵과 내핵의 경계에서 반사되어 오는 P파이며, 이를 통해 내핵의 존재를 알게 되었다.

㉢. 진앙으로부터의 각거리가 같은 지점에 지진파가 도달하는 데 걸리는 시간은 (가)와 같이 외핵만을 통과하여 온 P파보다 (나)와 같이 내핵을 통과하여 온 P파에서 짧다. 그 이유는 내핵에서 P파의 속도가 더 빠르기 때문이다.

12 지구 내부의 물리량

지구 내부의 밀도는 불연속면에서 급격히 증가하는 계단 모양의 분포를 이룬다. 밀도 분포는 불연속면에서 뚜렷하게 나타나므로 지구 내부의 층상 구조를 구분하는 데 유용하다.

✕. ㉠은 불연속면에서 급격하게 변하는 밀도 분포이고 ㉡은 지구 중심으로 가면서 완만하게 변하는 압력 분포이다.

㉢. ㉠은 지구 중심으로 가면서 깊이 2900 km와 5100 km에서 급격히 증가한다.

㉣. 지구 내부의 압력 분포는 중심으로 갈수록 증가하며, 깊이에 따른 평균 증가율은 외핵에서 가장 크다.

13 조류 운동

조류 운동은 넓은 지역에 걸쳐서 지각이 서서히 용기하거나 침강하는 운동이다.

- ㉠. 대륙 지각의 A 지역이 침식되면 ㉠면에 작용하는 지각의 압력이 감소하므로 ㉠면이 융기한다.
- ㉡. 해양 지각의 상부인 B 지역에 새로운 퇴적물이 퇴적되면 ㉡면에 작용하는 지각의 압력이 증가하여 침강하므로 ㉡면이 아래로 가라앉는다.
- ✕. 조류 운동은 연직 방향의 운동이다. 대륙 지각의 A 지역이 침식되어 ㉠면이 융기하고, 해양 지각의 상부인 B 지역에 새로운 퇴적물이 퇴적되어 ㉡면이 아래로 가라앉는다. 따라서 맨틀 물질이 ㉢ 지점에서 ㉢ 지점 방향으로 이동하는 것은 아니다.

14 지각 평형설

- 빙하가 녹는 지역에서는 오랜 기간에 걸쳐 지각이 융기한다.
- ✕. 빙하의 무게로 인해 새롭게 지각 평형을 이루면서 ㉠ 과정에서 지각이 서서히 침강하였으며, 제거된 빙하의 무게만큼 다시 지각 평형을 이루면서 ㉡ 과정에서 지각이 서서히 융기하였다.
 - ㉢. ㉠ 과정에서 지각이 침강하여 모호면의 깊이는 깊어졌다.
 - ✕. 지각의 두께가 두꺼워지는 경우에는 지각 평형에 의해 모호면이 깊어지게 된다. ㉡ 과정에서는 지각이 융기하면서 모호면의 깊이가 얕아지고 있으므로 지각의 두께가 두꺼워진 것은 아니다.

15 지각 평형설

- 대륙 지각이 해양 지각보다 밀도가 작다는 점에서는 프래트의 지각 평형설이 타당하지만 대륙 지각이 해양 지각보다 모호면의 깊이가 깊다는 점에서는 에어리의 지각 평형설이 타당하다.
- ㉠. 그림에서 지각의 해발 고도가 높을수록 해수면을 기준으로 한 모호면의 깊이가 깊으므로 에어리의 지각 평형설에 해당한다.
 - ㉡. 에어리의 지각 평형설에서는 밀도가 서로 같은 지각이 맨틀 위에 떠 있다고 보았다. 따라서 지각의 밀도는 대륙 지각과 해양 지각에서 같다.
 - ✕. 고도가 높은 산맥에서는 모호면의 깊이가 깊고, 고도가 낮은 바다에서는 모호면의 깊이가 얕다. 지각의 두께에 따라 모호면의 깊이가 다르게 나타난다.

16 지구의 중력장

- 만유인력과 표준 중력의 크기는 극에서 최대이고 원심력의 크기는 극에서 0이다.
- ✕. A는 만유인력, B는 표준 중력, C는 지구 자전에 의한 원심력이다. 표준 중력은 만유인력과 원심력의 합력이므로 B는 A와 C의 합력이다.
 - ㉢. 만유인력은 항상 지구 중심을 향하며, 지구 자전에 의한 원심력은 자전축에 수직인 지구 바깥쪽으로 작용한다. 따라서 적도 지방에서는 만유인력과 원심력의 합력인 표준 중력도 지구 중심을

향한다.

- ✕. 자유 낙하하는 물체는 중력의 방향으로 운동한다. 표준 중력은 지구 타원체에서 지표면에 수직인 방향으로 작용한다.

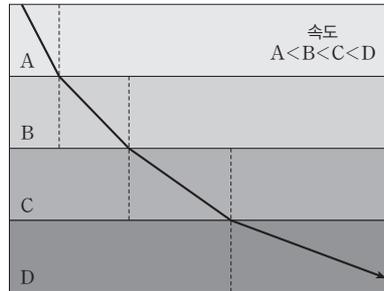
17 지진파의 암영대

- 지구 내부에서는 지진파의 전파 속도가 달라져 굴절하게 된다.
- ✕. 표면파는 지표면을 따라 전파되는 지진파이다. 이 지진파는 지구 내부를 진행하므로 실체파이다.
 - ✕. A는 진앙으로부터의 각거리가 약 $103^\circ \sim 142^\circ$ 인 지역으로, P파의 암영대이다. P파의 암영대로부터 맨틀과 핵의 경계면인 구텐베르크 불연속면의 존재를 알게 되었다.
 - ㉢. 맨틀에서 지진파가 굴절하는 모습으로 보아 지진파의 속도는 지구 중심부로 갈수록 빨라진다는 것을 알 수 있다.

포인트 짚어보기

지진파의 굴절

지진파의 전파 속도가 서로 다른 두 층의 경계에서는 굴절이 일어나는데, 연속적으로 속도가 증가하는 지구 내부는 마치 속도가 조금씩 증가하는 수많은 얇은 층으로 이루어진 것과 같으므로 지진파가 곡선의 경로를 그린다.



18 지구의 중력장

- 만유인력과 표준 중력의 크기는 극에서 최대이고 원심력의 크기는 극에서 0이다.
- ✕. 만유인력과 표준 중력은 모두 적도에서 극으로 갈수록 커진다. 극을 제외한 모든 위도에서 만유인력이 표준 중력보다 크므로 A는 만유인력이고 B는 표준 중력이다.
 - ㉠. ㉠으로 갈수록 A와 B가 모두 커지고 있으므로 ㉠으로 갈수록 고위도이다.
 - ㉢. 적도에서는 만유인력과 지구 자전에 의한 원심력의 방향이 반대 방향이므로 표준 중력의 크기는 만유인력에서 지구 자전에 의한 원심력의 크기를 뺀 값과 같다. B가 978 Gal인 지역에서 만유인력의 크기는 981 Gal보다 크므로 원심력의 크기는 3 Gal보다 크다.

19 지구 자기의 요소

편각, 복각, 수평 자기력 등을 지구 자기의 요소라고 한다.

✕. A는 지구 자기장의 수평 성분 세기인 수평 자기력, D는 지구 자기장의 연직 성분의 세기인 연직 자기력이다. 이 지역에서는 복각이 약 45° 이므로 $\frac{D}{A}$ 는 약 1이고, 자기 적도에서는 복각이 0° 이

므로 연직 자기력이 0이며, $\frac{D}{A}$ 도 0이다. 따라서 이 지역은 자기 적도보다 $\frac{D}{A}$ 가 크다.

✕. B는 진북 방향과 지구 자기장의 수평 성분 방향이 이루는 각인 편각이다. 이 지역에서는 자침이 진북에 대해 서쪽으로 치우치므로 편각은 W 또는 (-)로 표시된다.

㉠. C는 지구 자기장의 방향이 수평면에 대하여 기울어진 각인 복각이다. 복각은 자기 적도에서 0° 이고 자북극에서 $+90^\circ$ 이다.

20 밴앨런대

밴앨런대는 태양에서 오는 대전 입자가 지구 자기장에 붙잡혀 특히 밀집되어 있는 도넛 모양의 방사선대이다.

✕. 기권은 지표면으로부터 약 1000 km 높이에 불과하므로 자기권에 비해 매우 좁은 영역이다.

✕. 자기권이 차지하는 공간의 크기는 태양 쪽은 지구 반지름의 약 10배, 태양 반대쪽은 지구 반지름의 약 100배이다.

㉠. 밴앨런대는 지구 자기장에 의해 고에너지 입자가 갇혀 있는 지구 주변의 도넛 모양의 구역이다. 내대는 주로 양성자, 외대는 주로 전자로 이루어져 있다.

3점 수능 테스트

본문 20~29쪽

01 ㉠ 02 ㉠ 03 ㉠ 04 ㉠ 05 ㉠ 06 ㉠ 07 ㉠
08 ㉠ 09 ㉠ 10 ㉠ 11 ㉠ 12 ㉠ 13 ㉠ 14 ㉠
15 ㉠ 16 ㉠ 17 ㉠ 18 ㉠ 19 ㉠ 20 ㉠

01 태양계의 형성

태양계는 태양계 성운의 수축과 회전 → 원시 태양의 형성 → 원시 행성의 형성 단계를 거쳐 형성되었다.

✕. 태양계 성운은 밀도가 높은 부분이 자체 중력으로 수축하면서 회전을 시작하였고, 물질들이 중심으로 모이면서 점점 회전 속도가 빨라져 납작한 원반 모양을 이루었다.

✕. 성운의 중심부는 기체와 티끌을 끌어들면서 밀도가 큰 핵이 성장하여 원시 태양이 형성되었는데, 원시 태양은 중력 수축에 의해 온도와 압력이 높아졌다.

㉠. 원시 태양 부근에서는 온도가 매우 높아 응결 온도가 높은 물질들이 응축하여 규소, 철, 니켈 등으로 이루어진 지구형 행성으로 진화하였다.

02 지구의 구성 원소

지각, 맨틀, 핵의 화학 조성이 크게 다른 이유는 지구의 초기 진화 과정에서 물질의 종류와 밀도에 따라 분리되어 층이 형성되었기 때문이다. 밀도가 큰 철은 지구 중심 쪽으로 모여 핵의 주성분이 되었고, 규산염 물질은 맨틀의 주성분이 되었다.

✕. 지각과 맨틀에서 가장 높은 비율을 나타내는 원소는 산소이고 두 번째는 규소이다. 따라서 ㉠은 산소, ㉡은 규소이다.

㉠. ㉡은 철, ㉢은 산소이다. 따라서 ㉡은 ㉢보다 원자량이 크다.

✕. 지구의 구성 성분은 구텐베르크 불연속면을 경계로 크게 달라진다. 구텐베르크 불연속면보다 얇은 지각과 맨틀은 산소와 규소를 주성분으로 하는 규산염 물질로 이루어져 있고, 구텐베르크 불연속면보다 깊은 핵은 철과 니켈을 주성분으로 한다.

포인트 짚어보기

지구 구성 성분의 질량비

구분	핵(%)	맨틀(%)	지각(%)	전체(%)
산소		43.7	45.4	30.1
규소		22.5	25.8	15.1
알루미늄		1.6	8.1	1.4
철	86.3	9.88	6.5	32.1
니켈	7.36			1.8
황	5.94			2.8

03 지구의 진화 과정

원시 지구는 약 46억 년 전 수많은 미행성체들의 충돌로 형성되었고, 이 과정에서 원시 지구의 크기가 커졌다.

㉠. (가)는 마그마 바다 형성, (나)는 원시 지각과 원시 바다의 형성, (다)는 맨틀과 핵의 분리를 나타낸다. 따라서 지구는 (가) → (다) → (나)의 순으로 진화하였다.

㉡. (가)에서는 지표와 지구 내부의 상당 부분이 녹아 있는 액체 상태의 마그마 바다가 형성되었다. (다)에서는 철과 니켈 등 밀도가 큰 금속 성분들이 지구 중심부로 가라앉아 핵을 형성하였다. 따라서 지구 중심부의 밀도는 (가)보다 (다)에서 크다.

㉢. 대기 중의 이산화 탄소는 대부분 해수에 용해된 후 화학적으로 침전되거나 생물 기원 퇴적물로 퇴적되어 지권에 저장되었다.

04 지구 주요 대기 성분의 변화

지구 탄생 초기에는 대기 중의 이산화 탄소 분압이 매우 높았으며, 원시 바다가 형성되면서 이산화 탄소는 급격히 감소하기 시작했다.

㉠. ㉠은 현재 지구 대기에서 질소에 이어 두 번째로 높은 분압을 보이는 산소이다.

㉡. 지구 최초의 생명체는 바다에서 탄생하였을 것으로 추정된다. 광합성을 하는 남세균이 등장하여 바다에 산소를 공급하기 시작하였다.

㉢. 광합성을 하는 생명체가 바다에 산소를 공급하였고, 이후 대기 중에도 산소가 축적되기 시작하였다. 약 4억 년 전에는 대기 중의 산소가 충분히 증가하여 오존층이 형성되었다. 따라서 대기의 형성과 생명체 출현 과정은 C → B → A의 순이다.

05 해양 지각에서의 지각 열류량

해령이나 호상 열도 부근에서는 지각 열류량이 많고 해구나 순상지 부근에서는 지각 열류량이 적다.

㉠. ㉠(해구)은 판의 수렴형 경계이다. 해구는 맨틀 대류의 하강으로 해양 지각이 섭입되는 곳이며 지각 열류량이 해양 지각의 평균보다 적다.

㉡. 지각 열류량은 지구 내부 에너지가 지표로 방출되는 열량으로, 주로 중력 수축에 의한 열, 방사성 원소 붕괴열 등을 근원으로 한다.

㉢. ㉠은 해령, ㉡은 해구, ㉢은 호상 열도이다. 그림에서 맨틀 대류로 지구 내부 에너지가 지표로 전달되는 양은 ㉠ > ㉡ > ㉢이다.

06 지각 열류량의 분포

맨틀 대류가 상승하는 곳이나 변동대에서는 지각 열류량이 많고, 맨틀 대류가 하강하는 곳이나 안정한 지역에서는 지각 열류량이

적다.

㉠. 맨틀 대류의 상승부에서는 하강부에서보다 지각 열류량이 많다.
 ✕. 대서양에서는 해령 부근이 해안선 부근보다 평균 지각 열류량이 많다.

㉡. 해령에 가까워질수록 해양 지각의 지각 열류량은 많아지고, 해구에 가까워질수록 해양 지각의 지각 열류량은 적어진다.

07 대륙 지각의 지각 열류량의 분포

해구 부근과 화산 활동이 없는 안정한 대륙의 중앙부에서는 지각 열류량이 적게 나타난다.

✕. 해구, 순상지 부근에서는 지각 열류량이 적고, 해령, 호상 열도 부근에서는 지각 열류량이 많다.

㉡. 조산 운동이 활발하게 일어나는 조산대나 화산 활동이 활발하게 일어나는 화산대에서는 지각 열류량이 많다. 지질 시대가 오래되고 지각이 안정된 순상지에서는 지각 열류량이 적게 나타난다.

✕. 해양 지각은 현무암질 암석으로 구성되어 있고, 대륙 지각에 비해 두께가 얇다. 따라서 해양 지각에 포함되어 있는 방사성 원소의 함량은 화강암질 암석의 대륙 지각에 비해 매우 적다. 이로 인해 지각 열류량은 해양에서가 대륙에서보다 적어야 하지만 실제로는 해양 지각에서 더 많다. 이는 맨틀의 열이 두꺼운 대륙 지각보다 얇은 해양 지각을 통해 더 많이 방출되기 때문이다.

08 지구 내부 연구 방법

시추, 맨틀 포획암 분석은 지구 내부를 연구하는 직접적인 방법이고, 운석 연구, 지진파 분석은 지구 내부를 연구하는 간접적인 방법이다.

㉠. A는 15 km보다 깊은 곳의 정보를 알 수 있고, 지구 내부 불연속면의 깊이를 알 수 있는 방법이므로 지진파 분석이다. 지구 내부를 통과하는 지진파를 연구하여 지구 내부 불연속면의 깊이를 알 수 있다.

㉡. B는 운석 연구, 맨틀 포획암 분석이다. 맨틀 포획암은 마그마에 포획되어 올라온 지하 물질로, 이를 연구하여 상부 맨틀 물질을 알 수 있다.

✕. 지진파 분석, 운석 연구는 지구 내부를 연구하는 간접적인 방법이지만 맨틀 포획암 분석은 지구 내부를 연구하는 직접적인 방법이다.

09 주시 곡선과 지진 기록

같은 진앙 거리를 이동할 때 P파는 S파보다 속도가 빠르기 때문에 도착하는 데 걸리는 시간이 짧다.

㉠. (가)는 매질의 진동 방향과 파의 진행 방향이 나란한 P파이다.

㉡. ㉠은 매질이 팽창하고, ㉡은 매질이 압축된 것이다.

㉠ (나)의 주시 곡선에서 가로축은 진앙으로부터의 거리, 세로축은 도착 시간이다. 따라서 지진파의 속도가 빨라지면 그래프의 평균 기울기는 작아진다.

✕ (나)의 A는 상대적으로 속도가 느린 지진파이므로 P파와 S파 중 S파이다. (가)의 지진파는 P파이다.

10 조류 운동

지표면에서 침식 작용이 일어나면 지층이 융기하고, 퇴적 작용이 일어나면 지층이 침강한다.

㉠ A에서는 북아메리카 북동부 지역을 덮고 있던 빙하가 해빙되면서 지각이 융기하고 있다.

✕ 빙하의 융해로 A에서 지각이 융기하면서 A를 둘러싼 주변 지역(B를 포함)은 지하의 맨틀 물질이 유출되면서 침강한다.

㉡ 대륙 빙하가 두껍게 분포하던 북아메리카, 북유럽, 남극 대륙에서는 빙하가 해빙되면서 지각 평형에 의해 모호면의 깊이가 얕아지고 있다.

11 지구 내부의 온도 분포

지구 내부 물질의 상태는 지구 내부의 온도와 물질의 용융점에 의해 결정된다. 지구 내부의 온도가 구성 물질의 용융점보다 낮으면 고체 상태, 지구 내부의 온도가 구성 물질의 용융점보다 높으면 액체 상태이다.

㉠ A는 지각, 맨틀, 내핵에서 굽은 점선(구성 물질의 용융점)보다 낮고, 외핵에서 굽은 점선(구성 물질의 용융점)보다 높으므로 지구 내부의 온도이다.

✕ 지구의 구성 물질은 맨틀과 핵의 경계인 ㉠에서 가장 크게 변한다. 외핵과 내핵의 경계인 ㉡에서는 물질은 변하지만 구성 물질이 변하는 것은 아니다.

✕ 지표에서 지구 중심부로 갈수록 밀도는 지속적으로 상승하며 ㉠과 ㉡에서는 불연속적으로 급격히 증가한다.

12 지구 내부의 지진파 전파 경로

P파의 암영대는 진앙으로부터의 각거리가 $103^\circ \sim 142^\circ$ 인 영역이고, S파의 암영대는 진앙으로부터의 각거리가 $103^\circ \sim 180^\circ$ 인 영역이다.

㉠ 진앙으로부터의 각거리가 약 80° 인 A에는 지진파가 지각과 맨틀을 통과해 오므로 P파와 S파가 모두 도달하며, 속도가 빠른 P파가 속도가 느린 S파보다 먼저 도달한다.

㉡ ㉠은 액체 상태인 외핵을 통과해 온 지진파이므로 P파이다.

✕ 지진파가 진앙으로부터의 각거리가 약 160° 인 B에 도달하려면 외핵을 통과해야 한다. S파는 액체 상태인 외핵을 통과하지 못하므로 B에는 P파는 도달하지만 S파는 도달하지 못한다.

13 중력의 측정

단진자의 주기를 측정하여 중력 가속도를 구할 수 있고, 중력계를 이용하여 중력 가속도의 크기를 상대적으로 비교할 수 있다.

㉠ 단진자의 주기(T)는 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ (l : 단진자의 길이, g : 중력 가속도)이다. 따라서 진자의 길이를 더 길게 하면 주기는 길어진다.

✕ 추의 질량(m)을 더 크게 하거나 작게 해도 주기는 변하지 않는다.

㉡ (나)에서 용수철의 길이 변화는 A에서보다 B에서 크므로 중력 가속도는 A에서보다 B에서 크다. 따라서 (가)의 단진자의 주기는 A에서보다 B에서 짧다.

14 편각 분포

편각은 어느 지점에서 진북 방향과 지구 자기장의 수평 성분 방향이 이루는 각이다. 자침이 진북에 대해 서쪽으로 치우치면 W 또는 (-)로, 동쪽으로 치우치면 E 또는 (+)로 표시한다.

㉠ A에서의 편각은 $+10^\circ$ 이므로 A에서는 자침이 진북에 대해 동쪽으로 10° 만큼 치우친다.

✕ 그림에서 편각 분포를 나타낸 선들은 10° 간격으로 그려져 있다. A 부근에서는 B 부근에서보다 남북 방향의 선 간격이 넓으므로 남북 방향의 편각 변화는 A 부근에서보다 B 부근에서보다 작다.

✕ A에서 B를 향해 최단 거리로 이동하는 동안 편각은 $+10^\circ \rightarrow 0^\circ \rightarrow -50^\circ$ 로 변하므로 자침은 시계 반대 방향으로 회전한다.

15 지각 평형의 모형실험

나무토막의 밀도가 물의 밀도보다 작으므로 나무토막은 물 위에 떠서 평형을 이룬다.

✕ 압력(P)은 $P=\rho gh$ (ρ : 밀도, g : 중력 가속도, h : 높이)이다. 보상면에서의 압력은 같으므로 나무토막 A의 밑면에 작용하는 압력은 두께 4 cm인 물의 압력과 같다. $0.4 \times h = 1.0 \times 4$ 에서 나무토막 A의 두께 h 는 10 cm이다. 따라서 나무토막 A의 부피 ㉠은 밑면의 넓이 \times 두께 $= 8 \times 10 = 80 \text{ cm}^3$ 이다.

✕ 나무토막의 두께와 관계없이 나무토막이 수면 아래 잠긴 깊이가 4 cm로 모두 같으므로 이 실험의 결과는 프래트의 지각 평형 이론에 부합한다.

㉡ 수면 윗부분의 두께의 값은 나무토막의 밀도가 작을수록 크므로 $A > B > C$ 이다.

16 지구의 중력장

표준 중력은 만유인력과 지구 자전에 의한 원심력의 합력이다.

✕ 만유인력은 지표면 어디에서나 지구 중심을 향하므로 a, b 모두에서 지구 중심을 향한다.

㉠ 지구 자전에 의한 원심력은 지구 자전축에 수직이고 지구 바깥쪽으로 작용한다. 원심력은 회전 반지름이 가장 긴 적도에서 가장 크고, 극으로 갈수록 작아져서 극에서는 0이다. 따라서 p는 q보다 크다.

✕. 표준 중력은 위도에 따라 달라지는 이론적인 중력 값이다. 표준 중력은 만유인력과 원심력의 합력이고 적도에서 극으로 갈수록 커지므로, a와 p의 합력은 b와 q의 합력보다 작다.

17 중력의 측정

중력계를 이용하여 상대 중력을 측정할 수 있다.

㉡ 추가 달린 용수철이 중력의 크기에 따라 늘어나는 길이가 달라지는 원리를 이용하여 중력 가속도의 크기를 상대적으로 비교할 수 있다. 그림에서 A는 C보다 고도가 높은 지점이므로 실측 중력이 작다. B와 D 지점은 고도가 같지만 지하 물질의 밀도가 달라 용수철이 늘어난 길이가 다르다. D 지점은 B 지점보다 용수철이 늘어난 길이가 길게 나타나므로 지하 물질의 밀도가 크다.

18 중력 이상 분포

중력 이상이 (+)인 지역은 지하에 철광석과 같이 밀도가 큰 물질이 분포하고, (-)인 지역은 원유나 암염과 같이 밀도가 작은 물질이 분포한다.

㉢ 관측된 실측 중력과 이론적으로 구한 표준 중력의 차이를 중력 이상이라고 한다. 즉, 중력 이상 = 실측 중력 - 표준 중력이다. ㉠에서는 중력 이상이 (-) 값을 보이므로 표준 중력이 실측 중력보다 크다.

✕. 표준 중력은 위도에 따라 달라지는 이론적인 중력 값이다. ㉠은 ㉢보다 고위도에 위치하므로 표준 중력은 ㉠보다 ㉢에서 작다.

✕. 석유의 밀도가 주변 지각의 밀도보다 작기 때문에 석유 자원이 매장되어 있는 지역에서는 중력 이상이 (-) 값으로 나타난다. 따라서 ㉠보다 ㉢에 석유 자원의 매장 가능성이 높다.

19 자기 북극의 이동

편각은 어느 지점에서 진북 방향과 자북 방향이 이루는 각이고, 북각은 전자기력이 수평 방향에 대하여 기울어진 각이다.

㉣ 편각은 자침이 진북에 대해 동쪽으로 치우치면 E 또는 (+)로, 자침이 진북에 대해 서쪽으로 치우치면 W 또는 (-)로 표시한다. 이 기간 동안 A 지점에서는 자북이 진북에 대해 서쪽으로 치우쳐 있으므로 이 기간 동안 A에서 관측한 편각은 (-)로 표시된다.

✕. 이 기간 동안 지도상에서의 이동 거리는 자남극이 자북극보다 짧다. 따라서 자남극의 평균 이동 속력은 자북극의 평균 이동 속력보다 느렸다.

✕. 위도와 경도로 볼 때, 자북극과 자남극의 위치는 지리적으로 서로 비대칭이다.

20 지구 자기장의 일변화

하루 주기의 지구 자기장 변화를 일변화라고 한다.

㉤ 지구 자기장의 일변화는 밤보다 태양의 영향을 많이 받는 낮에 크게 나타난다.

✕. 일변화의 변화 폭은 적도 부근에서 가장 크게 나타난다.

㉥ 적도에서 수평 자기력의 남북 성분과 동서 성분 변화 폭을 비교해 보면, 수평 자기력의 변화는 남북 성분이 동서 성분보다 크다.

02

광물

2점 수능 테스트

본문 36~37쪽

01 ① 02 ① 03 ③ 04 ① 05 ⑤ 06 ③ 07 ③
08 ①

01 광물의 광학적 분류

단굴절을 일으키는 광물을 광학적 등방체, 복굴절을 일으키는 광물을 광학적 이방체라고 한다.

㉠. 석영, 장석 등과 같은 비금속 광물은 얇게 가공하면 빛을 투과시키므로 투명 광물이라고 한다. 한편 금, 은 등의 금속 광물은 얇게 가공하더라도 빛을 투과시키지 못하므로 불투명 광물이라고 한다. 따라서 A는 투명 광물, B는 불투명 광물이다.

✕. 방해석, 흑운모는 광학적 이방체이다. 광학적 이방체 광물은 광물 내에서 방향에 따라 빛의 통과 속도가 달라져서 굴절률에 차이가 생기는 광물로, 복굴절을 일으킨다.

✕. 광물 내에서 방향에 관계없이 빛의 통과 속도가 일정한 광물은 광학적 등방체이다.

02 광물의 물리적 성질

광물의 단단한 정도를 굳기라고 하며, 두 종류의 광물을 서로 마찰시킬 때의 상대적인 굳기를 나타내는 것으로 모스 굳기계를 이용한다.

㉠. 인회석의 모스 굳기는 5, 쇠못은 4.5, 칼끝은 6.5이므로 인회석은 쇠못으로는 긁히지 않고 칼끝으로는 긁힌다.

✕. 모스 굳기계는 두 종류의 광물을 서로 마찰시킬 때의 상대적인 단단함을 나타내는 것이며 절대적인 굳기가 아니다.

✕. 묽은 염산을 떨어뜨렸을 때 기포가 발생하는 광물은 탄산염 광물이다. 기포 발생과 모스 굳기는 관계가 없다.

03 라우에 점무늬

광물에 X선을 투영시킬 때 나타나는 규칙적으로 배열된 점무늬를 라우에 점무늬라고 한다.

㉠. 라우에 점무늬는 광물에 X선을 투영시켰을 때 나타나는 점무늬이다. 필름에 투영된 점무늬가 규칙적이므로 X선을 투과시킬 때 나타나는 점무늬로 가능하다.

✕. 라우에 점무늬로 광물 내부의 원자나 이온의 배열 상태를 알 수 있다. 점무늬가 규칙적으로 나타나지 않으므로 원자나 이온의 배열 상태가 규칙적인 결정질이 아니다.

㉡. 규칙적으로 배열된 라우에 점무늬가 나타나는 것으로 보아 규칙적인 내부 구조를 갖고 있는 결정질에서 나타나는 점무늬이다.

04 규산염 광물

규산염 광물은 1개의 규소와 4개의 산소가 결합된 SiO_4 사면체를 기본 단위로 다른 이온과 결합되어 이루어진 광물이다. (가)는 각 섬석, (나)는 감람석의 Si, O의 결합 구조이다.

㉠. (가)는 복사슬 구조이며 각섬석은 (가)의 구조를 보인다.

✕. (나)는 감람석에서 나타나는 독립형 구조이다.

✕. $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{Si 원자 수}}$ 는 (가)가 $\frac{11}{4}$, (나)가 $\frac{4}{1}$ 이므로 (가)가 (나)보다 작다.

05 광물의 특성

㉠과 ㉡은 화학 성분은 같지만 결합 구조가 서로 다르다.

㉠. 원소 광물은 다른 원소와 결합하지 않고 한 종류의 원소만으로 산출되는 광물이다. ㉠과 ㉡은 모두 탄소(C)로만 이루어져 있다.

㉡. ㉠은 흑연이다. 흑연은 이웃에 있는 3개의 탄소 원자와 층상으로 강하게 결합되어 있고, 각 층들 사이는 약하게 결합되어 있어 잘 쪼개지는 성질을 갖는다.

㉡. 금강석과 흑연은 모두 탄소로 이루어져 있지만 생성되는 온도와 압력에 따라 결합 구조와 밀도 등이 다르게 나타난다. ㉡은 금강석으로, 1개의 탄소 원자가 이웃에 있는 3개의 탄소 원자와 입체적으로 결합되어 있다.

06 광물의 광학적 성질

광학적 이방체 광물을 개방 니콜에서 관찰하면 다색성을, 직교 니콜에서 관찰하면 간섭색과 소광 현상이 관찰된다.

㉠. 직교 니콜에서 상부 편광판과 하부 편광판을 통과한 빛의 진동 방향은 서로 수직이다.

㉡. (가)는 직교 니콜 상태이다. 소광 현상은 직교 니콜 상태에서 흑운모와 같은 광학적 이방체 광물을 관찰할 때 나타나는 현상이다.

✕. (나)는 개방 니콜 상태이다. 압연은 단굴절이 일어나는 광학적 등방체이다. 개방 니콜 상태에서 유색의 광학적 이방체 광물을 관찰할 때, 재물대를 회전시키면 방향에 따라 광물이 빛을 흡수하는 정도가 달라져 광물의 색과 밝기가 변하는 현상이 나타나는데 이를 다색성이라고 한다.

07 단굴절과 복굴절

(가)에서는 단굴절, (나)에서는 복굴절이 일어난다.

㉠. (가)에서는 단굴절이 일어나므로 ㉠은 광학적 등방체인 유리이고, (나)에서는 복굴절이 일어나므로 ㉡은 광학적 이방체인 방해석이다.

✕. 굴절은 파동이 서로 다른 매질의 경계면을 지나면서 속도가

변해 진행 방향이 바뀌는 현상이다. (가)와 (나)에서는 모두 굴절이 일어난다.

㉔. (나)에서는 복굴절이 일어나며 광물 내에서 방향에 따라 빛의 통과 속도가 달라진다.

08 변성암의 조직

압력이 작용하는 변성 작용의 경우 광물들이 압력에 수직한 방향으로 주로 배열되어 재결정하기 때문에 마치 퇴적암의 층리처럼 줄무늬 구조를 형성하게 되는데, 이를 엽리라고 한다.

㉑. ㉑은 광물의 배열 방향을, ㉒은 횡압력을 받은 방향을 나타낸다.

✕. 크고 작은 탄산칼슘 입자들 사이에서 생물의 골격이나 껍데기의 파편이 잘 관찰되는 것은 유기적 퇴적암이다.

✕. 접촉 변성암은 마그마의 접촉부에서 주로 열을 받아 생성되는데, 접촉 변성암에서는 치밀하고 단단한 혼펠스 조직이 나타난다. 이 암석은 광물이 압력에 수직인 방향으로 나란하게 배열된 광역 변성암이다.

3점 수능 테스트

본문 38~41쪽

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

01 광물의 분류

방해석은 탄산염 광물이고 정장석과 석영은 규산염 광물이다.

✕. 정장석은 규소(Si)와 산소(O)를 포함하는 규산염 광물이다.

㉑. 광물에 충격을 가했을 때 결합력이 약한 부분을 따라 규칙성을 가지고 평탄하게 갈라지는 성질을 쪼개짐이라고 한다. 방해석은 3방향의 쪼개짐을 나타낸다.

✕. 조흔판의 모스 굳기는 약 6.5이므로 방해석, 정장석은 조흔판으로 조흔색을 관찰할 수 있다. 그러나 석영의 모스 굳기는 7이므로 조흔판으로 조흔색을 관찰할 수 없다.

02 광물의 물리적 성질

광물의 물리적 성질에는 색, 조흔색, 광택, 결정형, 쪼개짐과 깨짐, 굳기 등이 있다.

㉑. (가)의 흑운모와 (나)의 석영은 SiO_4 사면체 구조를 갖는 규산염 광물이다.

✕. (다)의 흑요석은 빠르게 냉각되어 유리질 조직을 가지며, 비결정질 물질이다. 자성은 물질이 나타내는 자기적인 성질을 말하는데, 흑요석은 자성을 띠지 않는다.

㉒. 흑운모는 판상으로 쪼개지며 한 방향의 쪼개짐이 나타난다. 석영과 흑요석은 물리적인 힘을 가했을 때 일정한 방향이 없이 깨지는 성질이 나타난다.

03 규산염 광물의 결합 구조와 특징

SiO_4 사면체의 공유 산소 수는 저온에서 정출한 광물일수록 증가한다. 가장 고온에서 정출되는 광물은 감람석이고, 가장 저온에서 정출되는 광물은 석영이다.

✕. 흑운모는 판상 구조를 가지며 Si : O는 2 : 5이다.

✕. 각섬석은 복사슬 구조, 휘석은 단사슬 구조를 갖는다.

㉑. 규소 1개당 산소의 수는 감람석이 4개, 휘석이 3개, 각섬석이 $\frac{11}{4}$ 개, 흑운모가 $\frac{5}{2}$ 개, 석영이 2개이다. 따라서 규소 1개당 산소의 수는 독립형 구조를 갖는 감람석이 가장 크다.

04 편광 현미경 관찰

상부 편광판을 뺀 상태를 개방 니콜, 상부 편광판을 넣은 상태를 직교 니콜이라고 한다.

㉑. (가)의 다색성은 상부 편광판을 뺀 개방 니콜 상태로 관찰한

다. 흑운모와 같은 유색의 광학적 이방체 광물은 다색성이 관찰된다.

✕. 직교 니콜 상태에서 광학적 이방체 광물 박편을 재물대 위에 놓고 회전시키면 간섭색이 변하는데, 어느 각도에서는 빛이 통과하지 않는 소광 현상이 일어난다. 재물대를 회전시킬 때 소광 현상은 90°마다 일어난다.

✕. (나)의 간섭색은 직교 니콜 상태에서 광학적 이방체 광물의 박편을 재물대 위에 놓았을 때 관찰되는 색이다.

05 감람석과 방해석의 성질

감람석은 규산염 광물, 방해석은 탄산염 광물이다.

✕. ㉠은 감람석이다. 유색 광물인 감람석은 Fe, Mg가 많이 함유된 광물이며 색이 어둡고 밀도가 크다.

○. (나)에서 잘 관찰되는 광물은 방해석이다. 방해석은 탄산 이온(CO₃²⁻)을 포함하고 있는 탄산염 광물이다. 탄산염 광물에 묽은 염산을 떨어뜨리면 이산화 탄소 기포가 발생한다.

✕. 방해석은 쪼개짐이 나타나지만 감람석은 깨짐이 나타난다.

06 화성암의 산출 상태와 조직

화성암이 산출되는 형태는 마그마의 냉각 속도를 결정짓고 그에 따라 화성암의 조직도 달라진다.

○. 마그마가 지표로 분출하여 용암류로 빨리 식어 굳어진 화산암(분출암)은 ㉠과 같이 결정이 작은 세립질 조직이나 결정이 없는 유리질 조직을 보인다.

○. 지하 깊은 곳에서 형성된 저반이나 암주에서는 냉각 속도가 매우 느리므로 광물 결정이 충분히 성장하여 육안으로도 식별이 가능한 ㉡과 같은 조립질 조직을 보이는 심성암을 형성한다.

✕. 세립질 조직이나 유리질 조직은 마그마가 지표 부근에서 빠르게 식어 형성되며, 조립질 조직은 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어 형성된다.

07 퇴적암과 화성암의 조직

퇴적암의 조직에는 쇄설성 조직과 비쇄설성 조직이 있고, 화성암의 조직에는 세립질 조직, 반상 조직, 조립질 조직이 있다.

○. (가)는 입자의 크기가 비교적 크고 고른 조립질 조직을 보이는 화강암을, (나)는 화석을 포함하는 석회암의 조직을 나타낸다.

○. 석회암을 관찰하면 크고 작은 탄산칼슘의 입자들 사이에 생물의 골격이나 껍데기의 파편이 관찰되는 경우가 많다. 이는 석회암이 주로 해양 환경에서 탄산칼슘이나 생물의 유해가 가라앉아 형성되기 때문이다.

✕. 암석이 풍화 작용을 받아 생긴 쇄설물이 퇴적되어 형성된 역암이나 사암 등을 관찰하면 입자의 모서리가 마모되어 있고, 입자 사이에 방해석, 점토 광물, 불투명 광물 등의 교결 물질이 채워져

있는데, 이를 쇄설성 조직이라고 한다. 석회암은 침전이나 생물체의 유해가 쌓여 형성되므로 (나)는 비쇄설성 조직이다.

08 암석의 조직

심성암은 조립질 조직을 이루고, 층리는 퇴적암에, 엽리는 광역 변성암에 나타난다.

○. 화성암 중 심성암에서는 입자의 크기가 크고 비교적 고른 조립질 조직을 관찰할 수 있다.

○. 쇄설성 퇴적암에서는 퇴적물들이 층상 구조를 이루는데, 이를 층리라고 한다.

○. 엽리는 변성 광물 입자의 크기에 따라 편리와 편마 구조로 나뉜다. 엽리는 암석에 가해진 압력 방향과 수직으로 기존 광물이 재배열되거나 새로 만들어진 광물이 배열되어 만들어진 것이다.

03 지구의 자원

2점 수능 테스트

본문 49~51쪽

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

01 광상의 종류

광물 자원이 지각 내에 채굴이 가능할 정도로 농집되어 있는 장소를 광상이라고 하며, 광상은 지질학적 형성 과정에 따라 화성 광상, 퇴적 광상, 변성 광상으로 구분한다.

① A는 지표의 광상이나 암석이 풍화, 침식, 운반되는 과정 중에 유용 광물이 집적되어 형성된 퇴적 광상이다. B는 마그마가 냉각되는 과정에서 마그마 속에 포함된 유용한 원소들이 분리되거나 한 곳에 집적되어 형성되는 화성 광상이다. C는 광물이 변성 작용을 받는 과정에서 재배열됨으로써 새로운 광물이 농집되거나 기존의 광상이 변성 작용을 받아 광물의 조성이 달라져 형성된 변성 광상이다.

02 화성 광상의 종류

마그마가 냉각되는 과정에서 마그마 속에 포함된 유용한 원소들이 분리되거나 한 곳에 집적되어 형성되는 광상을 화성 광상이라고 한다. 정마그마 광상에서는 석영과 같은 후기 정출 광물이 산출될 수 없으므로 A는 정마그마 광상, B는 페그마타이트 광상이다.

㉠ A는 정마그마 광상으로 고온의 마그마가 냉각되는 초기에 용융점이 높고 밀도가 큰 광물들이 정출되며, 자철석, 크로몰철석, 백금, 니켈 등이 산출된다.

㉡ B는 페그마타이트 광상으로 마그마 냉각 말기에 마그마가 주변의 암석을 뚫고 들어가서 형성되며, 석영, 장석, 운모, 녹주석 등의 광물과 희토류 원소들이 산출된다.

✕ 정마그마 광상(A)은 마그마가 냉각되는 초기에 형성되는 광상으로 용융점이 높고 밀도가 큰 광물이 정출된다. 따라서 A가 B보다 용융점이 높고 밀도가 큰 광물이 우세하게 산출된다.

03 퇴적 광상의 종류

퇴적 광상은 지표의 광상이나 암석이 풍화, 침식, 운반되는 과정 중에 유용 광물이 집중적으로 집적되어 형성된 광상이다.

㉠ 기존의 암석이 풍화 작용을 받은 후 풍화의 산물이 그 자리에 남아서 만들어진 광상을 풍화 잔류 광상이라고 하며, 고령토, 보크사이트, 갈철석, 적철석 등이 산출된다.

✕ 고령토가 풍화 작용을 받아 보크사이트가 만들어진다.

✕ 호상 철광층은 해수에 녹아 있던 철 이온이 남세균류가 광합성으로 생성한 산소와 결합하여 만들어진 산화 철(Fe_2O_3)이 퇴적된 환경에서 형성되므로 퇴적 광상 중 침전 광상에 해당한다. A는 풍화 잔류 광상이므로 호상 철광층은 A에 해당하지 않는다.

04 변성 광상의 종류

변성 광상은 광물이 변성 작용을 받는 과정에서 재배열됨으로써 새로운 광물이 농집되거나 기존의 광상이 변성 작용을 받아 광물의 조성이 달라져 형성된 광상이다.

㉠ A는 습곡 구조가 있는 곳에 형성되어 있는 것으로 보아 광역 변성 광상이며, 마그마와 접촉된 곳에 형성되어 있는 B는 접촉交代 광상이다.

✕ A는 광역 변성 광상으로 주로 수렴형 경계에서 형성된다.

㉡ 우라늄, 흑연, 활석, 석면, 납정석 등은 광역 변성 작용이 일어날 때 물과 휘발 성분이 빠져나와 생긴 열수에 의해 형성된 광상에서 주로 산출된다.

05 금속 광물 자원의 종류

인간에게 유용하고 가치 있는 물질이나 에너지로 쓸 수 있는 원료를 자원이라고 한다. 광물 자원에는 금, 구리, 아연과 같은 금속 광물 자원과 고령토, 석회석과 같은 비금속 광물 자원이 있다.

✕ 리튬과 납은 모두 금속 광물 자원에 해당한다.

㉠ 금속 광물은 제련 과정을 거쳐 추출된다.

✕ 도자기의 주원료는 고령토와 규사이며, 이는 비금속 광물 자원에 해당한다.

06 비금속 광물 자원의 종류

비금속 광물 자원은 암석으로부터 유용한 성분을 분리하거나 이용하기 쉽게 분쇄하는 과정이 필요하며, 석회석, 고령토, 점토, 규사, 운모, 장석, 금강석, 흑연 등이 있다.

㉠ 활석과 규사는 비금속 광물 자원이며, 활석은 종이, 페인트, 화장품의 원료 등에 쓰인다.

✕ 활석은 주로 광역 변성 광상에서 산출되며, 규사는 퇴적 광상에서 산출된다.

㉡ 규사는 도자기, 유리, 반도체 소자, 내화 벽돌의 원료 등으로도 사용된다.

07 희토류 원소

란타넘 계열 원소 15개에 원자 번호 21번인 스칸듐(Sc), 39번인 이트륨(Y) 등을 더한 총 17개 원소를 희토류 원소라고 한다.

㉠ 추정 매장량은 생산량보다 많기 때문에 (가)는 추정 매장량,

(나)는 생산량이다.

- ㉠. 희토류는 자연계에 매우 드물게 존재하는 금속 원소로, 경제성이 있을 정도로 농축된 형태로 산출되는 경우는 매우 드물다.
 ✕. 추정 매장량이 많은 나라일수록 생산량이 많은 것은 아니다.
 (가)에서 브라질, 베트남은 추정 매장량이 두 번째로 많지만 (나)의 생산량 그래프에서는 여섯 번째, 일곱 번째로 많다. 매장되어 있는 희토류 원소의 품위, 희토류 원소 채굴 및 제련 등의 기술력 등이 생산량에 영향을 미친다.

08 암석의 이용

지각을 구성하는 광물이나 암석은 우리 생활과 산업 활동에 다양한 형태로 사용되고 있다.

- ㉠. A는 현무암으로 건축 자재 및 댄돌 등에 이용되며, B는 대리암으로 건축 자재 및 조각 재료 등에 이용된다.
 ㉡. 대리암은 석회암이 변성 작용을 받아 형성된 것이다.
 ㉢. 대리암, 현무암 등의 암석은 건축 자재로 쓰인다.

09 해저 열수 광상

마그마에서 분리된 물 또는 마그마에 의해 가열된 열수가 암석의 틈을 지나가며 암석 틈을 넓히거나 주변 암석과 반응하여 다량의 중금속을 용해시키며, 이 성분을 해저로 운반하여 침전시켜 형성된 광상을 해저 열수 광상이라고 한다.

- ㉠. 열수에 의해 다양한 중금속이 용해되며, 해저 열수 광상에서 금, 구리, 납, 아연, 안티모니 등이 산출된다.
 ㉡. 해저 열수 분출 지역은 판의 경계 부근의 화산 활동이 활발한 중앙 해령과 섭입대에 주로 분포한다.
 ✕. 해저 열수 광상은 수심이 깊은 곳에 존재하므로 비교적 채광하기가 어렵다.

10 해양 자원

해양에서 이용 가능한 모든 것을 해양 자원이라고 한다. 해양 자원에는 해양 에너지 자원, 해양 생물 자원, 해양 광물 자원 등이 있다.

- ㉠. 해수 속의 광물 자원으로는 소금, 브로민, 마그네슘, 금, 은, 우라늄, 리튬 등이 있다.
 ✕. 해양 온도 차 발전은 표층수와 심층수의 온도 차를 이용하여 전기를 생산하는 방법이므로 심층수 온도는 변화가 크지 않지만, 표층수 온도는 비교적 변화가 크다. 따라서 해양 온도 차 발전은 계절에 따라 발전량의 차이가 있다.
 ✕. 바다에는 약 30만 종의 생물군이 분포하며, 해마다 약 6500만 톤의 식량을 공급받는다. 해양 생물은 육상 생물에 비하여 재생산력이 약 5~7배에 달하는데, 이와 같은 특징을 이용하여 바다 목장을 운영하기도 한다.

11 조력 발전

달과 태양의 인력에 의해 발생하는 해수면의 높이 차를 이용하는 발전을 조력 발전이라고 한다.

- ㉠. 조력 발전은 만조와 간조 때 발생하는 해수면의 높이 차를 이용하여 위치 에너지를 전기 에너지로 전환하는 발전 방식이다.
 ㉡. 우리나라의 서해안은 동해안보다 조석 간만의 차가 커서 조력 발전을 하기에 적절하다.
 ㉢. 조력 발전은 날씨나 계절과 관계없이 항상 전기 에너지를 생산할 수 있지만, 제방 안쪽에 해수가 간헐적으로 갯벌이 사라지고, 염분 농도가 변하는 등 해양 생태계에 좋지 않은 영향을 줄 수 있는 단점이 있다.

12 해양 에너지 자원

급격한 인구 증가와 산업화의 영향으로 환경 오염, 식량 자원 고갈 등의 문제점이 대두되며, 새로운 광물과 에너지 자원 확보 등의 해결 방안을 해양에서 찾을 수 있다.

- ㉠. 2001년부터 2017년까지 진행된 해양 에너지원별 프로젝트 수는 대체로 증가하는 경향을 보인다.
 ✕. 만조와 간조 때의 해수면 높이 차를 이용한 조력 발전 프로젝트는 2012년에 진행되었다.
 ㉢. 파력 발전 프로젝트 수가 차지하는 비율은 2017년에는 50% 이상이고, 2003년에는 30% 이하이기 때문에 2017년이 2003년보다 크다.

3점 수능 테스트

본문 52~57쪽

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

01 화성 광상의 종류

화성 광상은 마그마가 냉각되는 과정에서 유용한 광물이 정출되면서 형성되며, 형성 온도에 따라 정마그마 광상, 페그마타이트 광상, 기성 광상, 열수 광상으로 구분한다. B는 열수 광상, C는 기성 광상, D는 페그마타이트 광상이다.

✗. A는 정마그마 광상으로 형성 온도가 가장 높은 ㉠이다. B가 열수 광상으로 ㉡이다.

○. B는 형성 온도가 가장 낮은 ㉡에 해당하는 것으로 열수 광상이다.

○. C는 기성 광상, D는 페그마타이트 광상이다. 마그마 냉각 말기에 마그마가 압석을 뚫고 들어가 형성된 광상인 페그마타이트 광상(D)에서 희토류 원소들이 산출될 가능성이 높다.

02 화성 광상과 퇴적 광상

철 광상은 마그마 기원의 화성 광상으로도 만들어지기도 하지만, 대부분 퇴적 광상(침전 광상)으로 만들어진다.

✗. (가)는 화성 광상이므로 광역 변성 광상에서 주로 산출되는 흑연, 석면, 활석 등이 산출되지 않는다.

✗. 호상 철광층은 적철석 등의 침전으로 형성된 침전 광상이다.

○. (다)는 바다에서 침전되어 호상 철광층이 형성되는 과정이므로 퇴적 기원인 (나)에 해당한다.

03 변성 광상의 종류

변성 광상은 광물이 변성 작용을 받는 과정에서 재배열됨으로써 새로운 광물이 농집되거나 기존의 광상이 변성 작용을 받아 광물의 조성이 달라져 형성된 광상이다. A는 광역 변성 환경, B는 접촉 교대 변성 환경이다.

○. A는 고온·고압 환경인 광역 변성 환경이고, B는 고온·저압 환경인 접촉 교대 변성 환경이다.

○. 금속 광물은 대체로 광역 변성 광상(A)보다 접촉 교대 광상(B)에서 많이 산출되고, 비금속 광물은 대체로 광역 변성 광상(A)에서 많이 산출된다.

✗. (나)는 석면으로 광역 변성 광상(A)에서 산출된다. 광역 변성 광상에서는 우라늄, 흑연, 활석, 석면, 납정석 등이 산출된다.

04 한반도 광물 자원

한반도에 분포하는 금속 광물 자원은 금, 은, 동, 납, 아연, 철, 망

가니즈, 희토류 등이 있으며, 비금속 광물 자원으로는 석회석, 백운석, 규석, 규사, 장석, 고령토, 흑연, 활석, 석면, 운모 등이 있다. 우리나라 금속 광물 매장량은 총 1억 2천 8백만 톤, 비금속 광물 매장량은 총 166억 7천 6백만 톤으로 비금속 광물 매장량이 금속 매장량보다 많다.

○. 우리나라는 금속 광물보다 비금속 광물 매장량이 월등히 높고, 비금속 광물 매장량 중 석회석이 가장 높은 비율을 차지한다. (가)와 (나)를 비교하면 우리나라에 매장되어 있는 광물 중 석회석이 가장 많은 것을 알 수 있다.

✗. 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원은 매장량이 한정되어 있고 무한히 재생 가능한 자원은 아니다.

✗. (나)에서 고령토, 석회석, 규사 등은 퇴적 광상에서 산출되는 비금속 광물 자원에 해당한다.

05 광상의 종류와 광물 자원

(가)는 화성 광상, (나)는 변성 광상, (다)는 퇴적 광상에서 채취한 자원이다.

○. (가)는 금속 광물이기 때문에 제련 과정을 거쳐 원하는 금속 광물을 추출해 낸다.

✗. (나)는 남정석으로 광역 변성 작용과 관련 있는 편마암 등에 나타나는 광물이므로 변성 광상에서 채취한 것이다.

✗. (다)는 고령토가 고온 다습한 환경에서 화학적 풍화 작용을 받아 만들어진다. 주로 저위도 열대 지방에서 잘 형성된다.

06 한반도 희토류 광상

희토류는 LED, 스마트폰, 컴퓨터 등 첨단 산업에서 중요하게 이용된다.

○. 희토류는 자연계에 매우 드물게 존재하는 금속 원소로, 경제성이 있을 정도로 농축된 형태로 산출되는 경우가 드물다.

✗. 우리나라가 약 50년 동안 연간 3천 톤 정도의 희토류를 수입한다면 약 15만 톤의 희토류가 필요하다. 따라서 2364만 톤 광상에 함유된 희토류의 농축된 평균 함량은 약 1% 미만이다.

✗. 기존의 암석이 풍화 작용을 받은 후 만들어진 것은 풍화 잔류 광상에 해당하며, 고령토, 보크사이트, 갈철석, 적철석 등이 산출된다. 희토류 원소는 화성 광상에서 주로 산출된다.

07 한반도 광물 자원

A는 금·은, B는 흑연, C는 구리, D는 고령토이다.

○. A와 C는 금속 광물 자원이고, B와 D는 비금속 광물 자원이다.

✗. A~D 중 흑연은 B이다. 흑연은 포천, 여주 등 우리나라의 중부 지역에 주로 분포한다.

○. 고령토는 퇴적 광상에서 산출되는 비금속 광물 자원에 해당한다.

08 해저 열수 광상

해저에서 열수가 암석의 틈을 지나가며 암석 틈을 넓히거나 주변 암석과 반응하여 다량의 중금속을 용해시키며, 이 성분을 해저로 운반하여 침전시켜 형성된 광상을 해저 열수 광상이라 한다.

✗. 해저 열수 광상에서 얻은 시료는 망가니즈 단괴가 아니다. 망가니즈 단괴는 망가니즈가 가장 큰 비율을 차지하지만, 해저 열수 광상에서 얻은 시료는 대체로 아연의 비율이 가장 크다.

✗. 우리나라 울릉 분지에 6억 톤가량 매장되어 있는 것은 가스수 화물이다.

○. 해저 열수 광상은 현재까지 300여 곳 이상이 발견되었는데 대부분 화산 활동이 활발한 판의 경계인 중앙 해령과 섭입대에 분포한다.

09 우리나라 해양 에너지 자원

만조와 간조 때의 해수면 높이 차를 이용한 발전은 조력 발전이고 바람에 의해 생기는 파도의 상하좌우 운동을 이용하는 것은 파력 발전이다.

○. (가)에서 만조와 간조 때의 해수면 높이 차는 B보다 A에서 크기 때문에 A는 조력 발전 후보지가 위치하고 있는 해역이다.

✗. B에 적합한 발전은 파력 발전 방식이기 때문에 파도의 생성에 영향을 주는 바람의 세기에 영향을 받는다. 우리나라는 대체로 여름보다 겨울에 바람이 세기 때문에 계절별 발전량이 다르다.

✗. 조력 발전은 제방 안쪽에 해수가 갇힘으로써 갯벌이 사라지고, 염분 농도가 변하며, 해양 생태계에 좋지 않은 영향을 줄 수 있는 단점이 있다.

10 해저 광구

우리나라가 확보한 해저 광구는 현재 총 5곳으로 서태평양(망가니즈 각), 북태평양 C-C 지역(망가니즈 단괴), 피지 EEZ(열수 광상), 통가 EEZ(열수 광상), 인도양 중앙 해령(열수 광상)이 있다.

✗. 시료는 북태평양 C-C 지역에서 채취된 망가니즈 단괴이다. 이 자원은 재생 가능한 자원이 아니다.

○. 망가니즈 단괴는 수심이 4000 m 이상의 심해저 바닥에서 주로 발견된다.

✗. 화산 활동이 활발한 지역에서 형성되는 광상은 해저 열수 광상이다. 하지만 망가니즈 단괴는 비교적 화산 활동이 활발하지 않은 심해저 평원에서 생성된다.

11 해양 온도 차 발전

해양 온도 차 발전은 표층수와 심층수의 온도 차이를 이용하여 전기를 생산하는 방법으로, 표층수의 따뜻한 열로 액체를 기화시켜 터빈을 돌려서 전기를 생산하고, 사용한 기체를 온도가 낮은 심층

수로 다시 액화시킨다.

○. 표층수와 심층수 온도 차가 클수록 해양 온도 차 발전소 장소로 적절하다. 따라서 B 지점보다 A 지점이 적절하다.

○. 유입되는 표층수로 작동 유체를 기화시키기 때문에 유입되는 표층수는 열을 잃고 배출된다. 따라서 유입되는 표층수 온도는 배출되는 표층수 온도보다 높다.

○. 표층수와 심층수 온도 차는 계절마다 다르기 때문에 계절에 따라 발전량이 다르다. 하지만 계절적인 변동을 사전에 감안하면 계획적인 발전이 가능하다.

12 해양 에너지 자원

급격한 인구 증가와 산업화의 영향으로 환경 오염, 식량 자원 고갈 등의 문제점이 대두되며, 새로운 광물과 에너지 자원 확보 등의 해결 방안을 해양에서 찾을 수 있다.

○. (가), (나), (다) 모두 누적 설치 용량이 증가하는 경향을 보인다.

○. 2030년의 $\frac{\text{유럽 누적 설치 용량}}{\text{전 세계 누적 설치 용량}}$ 이 가장 작은 것은 조력 발전 누적 설치 용량인 (가)이다. 전 세계 조류 발전과 파력 발전 누적 설치 용량은 유럽의 조류 발전과 파력 발전 누적 설치 용량과 비슷하다.

✗. 전 세계의 누적 설치 용량의 평균 증가율이 가장 큰 것은 (나)이다. 같은 기간 동안 전 세계 조력, 조류, 파력 발전 누적 설치 용량 평균 증가율은 각각 약 2배, 약 4.5배, 약 3.5배이다.

04 한반도의 지질

2점 수능 테스트

본문 66~69쪽

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

01 클리노미터의 구조

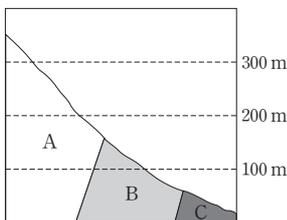
클리노미터를 이용하여 지층의 주향과 경사를 측정할 수 있다. 주향은 지층면과 수평면의 교선(주향선)이 가리키는 방향으로, 지층면에 클리노미터의 긴 모서리를 수평으로 대고 북쪽을 기준으로 자침이 가리키는 바깥쪽 눈금을 읽는다. 경사 방향은 주향에 직각으로 실제 방위에서 판단해야 하며, 경사각은 지층면과 수평면이 이루는 각으로 주향선에 수직이 되도록 클리노미터의 긴 모서리가 있는 면을 밀착시킨 후 경사추가 가리키는 안쪽 눈금을 읽는다.

① 주향은 진북을 기준으로 서쪽으로 60° 편향되어 있으며, 클리노미터의 자침 방향을 읽으면 $N60^\circ W$ 이다. 경사는 주향 방향(NW)과 직각 방향이므로 NE 또는 SW이다. 경사각은 E나 W를 기준으로 경사추의 값을 읽으면 40° 이므로 경사는 $40^\circ NE$ 또는 $40^\circ SW$ 이다.

02 지질도 해석

지질 평면도에서 지층 경계선의 휘 방향이 등고선의 휘 방향과 반대이면 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 같다. 지층 경계선과 등고선의 휘 방향이 같으나 지층 경계선이 더 완만하게 휘었으면 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 반대이다. 지층 경계선과 등고선의 휘 방향이 같으나 지층 경계선이 더 휘었으면 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 같다.

⑤ 이 지역 지층의 주향은 NS이므로 경사 방향은 E 또는 W이다. 지층의 경사 방향은 높은 고도의 주향선에서 낮은 고도의 주향선 방향으로 정할 수 있으므로 이 지역 지층의 경사 방향은 W이다. 하지만 지표면의 경사 방향은 E이므로 지층의 생성 순서는 $C \rightarrow B \rightarrow A$ 이다. 이 지역 지층의 지질 단면도는 다음과 같다.



03 지질도 해석

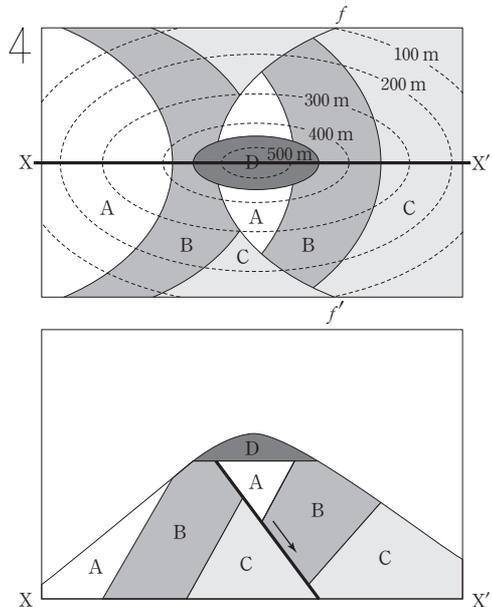
대칭축(습곡축)을 기준으로 양쪽에서 지층의 경사 방향이 대체로 대칭을 이룰 때, 대칭축에서 지층이 위로 볼록하게 경사져 있으면 배사 구조, 아래로 오목하게 경사져 있으면 향사 구조이다.

- ㉠ D(수평층)을 기준으로 마주보고 경사져 있기 때문에 향사 구조가 나타난다.
 ㉡ 이 지역 지층의 생성 순서는 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ 이다.
 ㉢ B층 ㉠ 지역의 경사는 $42^\circ E$ 이고, B층 ㉡ 지역의 경사는 $50^\circ W$ 이다. 따라서 B층의 경사는 ㉠보다 ㉡에서 더 급하다.

04 지질도 해석

주향은 지층 경계선과 등고선의 교점을 이은 직선의 방향이다. 경사 방향은 주향선과 직각 방향으로 나타나며 높은 고도의 주향선에서 낮은 고도의 주향선 방향으로 정한다.

- ㉠ 단층의 경사 방향은 등고선과 단층의 휘어진 방향과 휘어진 정도로 보아 E이다. 따라서 단층선을 중심으로 왼쪽에 위치한 지층은 하반, 오른쪽에 위치한 지층은 상반이다. 단층의 상반이 하반에 대하여 상대적으로 아래쪽에 위치하므로 정단층이다.
 ㉡ 수평층인 D층은 경사층인 A, B층을 덮고 있으므로 D층은 A, B층과 경사 부정합 관계이다.
 ㉢ 지질 단면도로 보아 이 지역 지층의 생성 순서는 $C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow D$ 이다.



05 지질도 해석

지층 A, B, C의 경사 방향은 북쪽이고 지층의 생성 순서는 $C \rightarrow$

B → A이다. D(수평층)는 지층 A, B, C와 경사 부정합 관계이므로 D는 지층 A, B, C보다 나중에 생성되었다. 따라서 이 지역 지층의 생성 순서는 C → B → A → D이다.

06 중생대의 지질 분포

중생대는 현생 누대 중 조산 운동과 화성 활동이 가장 활발했던 시기로 퇴적층은 크게 전기의 대동 누층군과 후기의 경상 누층군으로 구분되며, 화성암은 크게 쥐라기 후기에 관입한 대보 화강암과 백악기 말에 관입한 불국사 화강암으로 구분된다.

✕. 대동 누층군, 경상 누층군, A(대보 화강암), B(불국사 화강암)가 분포하는 것으로 중생대의 지층과 암석 분포를 나타낸 것이다.

○. 중생대에는 화성 활동이 활발했다.

✕. 화성암은 A가 B보다 먼저 생성되었기 때문에 B는 A에 의해 변형될 수 없다.

07 한반도의 지체 구조

암석의 종류와 연령, 지각 변동에 의한 특징적인 지질 구조 등에 따라 여러 지역으로 나눈 것을 지체 구조라고 한다. 지형적으로나 구조적으로 특정한 방향성을 나타내지 않는 암석들이 모여 있는 지역을 육괴, 고생대 이후에 바다나 호수에 퇴적층이 쌓여 퇴적암이 발달되어 있는 지역을 퇴적 분지, 암석이 습곡이나 단층에 의해 복잡하게 변형된 지역을 습곡대라고 한다.

○. A는 경기 육괴이며 주로 선캄브리아 시대의 변성암류인 편마암과 편암 및 이들을 관입한 중생대의 화강암류로 구성되어 있다.

✕. B는 경상 분지로 백악기에 하천과 호수에서 생성된 퇴적암과 화성 활동에 의한 화산암으로 이루어져 있고, C는 포항 분지로 신생대 네오기의 퇴적암으로 이루어져 있다.

✕. C는 신생대에 형성되었으므로 고생대 삼엽충 화석이 발견되지 않는다.

08 우리나라의 지질 계통

선캄브리아 시대에 형성된 변성암 복합체는 지층의 선후 관계와 정확한 지질 시대를 파악하기 어려우며 지층이 심하게 변형되어 지질 구조가 복잡하고 화석이 거의 산출되지 않는다. 신생대에 생성된 화성암은 주로 동해안을 따라 작은 규모로 분포하며, 소규모의 화산 활동이 일어났다.

✕. 고생대 전기에 퇴적된 조선 누층군은 해성층이며 후기에 퇴적된 평안 누층군의 하부는 해성층, 상부는 육성층이다.

○. 불국사 화강암이 관입한 시기는 백악기 말이므로 백악기에 퇴적된 경상 누층군은 접촉 변성 작용이 일어날 수 있다.

○. 신생대 제4기에 화산 활동으로 백두산, 울릉도와 독도, 제주도, 철원 등에 현무암이 생성되었다.

09 한반도의 시대별 지질 분포

A는 고생대의 조선 누층군, B는 신생대의 연일층군이다.

○. A는 고생대 캄브리아기부터 오르도비스기 중기까지 퇴적되었고, B는 신생대 네오기에 퇴적되었다. 따라서 A는 B보다 먼저 퇴적되었다.

✕. A는 석회암, 사암, 셰일 등의 두꺼운 해성층으로만 구성되어 있다. 또한 삼엽충, 완족류, 필석류, 코노돈트 등의 해양 생물 화석이 산출된다.

✕. 대보 조산 운동은 쥐라기 후기에 일어났으므로 그 이후에 퇴적된 B는 변형될 수 없다.

10 한반도의 지질 계통과 암석 분포

지질 시대별 한반도의 암석 분포는 선캄브리아 시대(약 43%) > 중생대(약 40%) > 고생대(약 11%) > 신생대(약 6%)이고, 암석 종류별 한반도의 암석 분포는 변성암(약 40%) > 화성암(약 35%) > 퇴적암(약 25%)이다.

○. A는 경상 누층군이다. 중생대에 퇴적된 대동 누층군과 경상 누층군은 모두 육성층이다.

✕. B는 평안 누층군, ○은 중생대, ◎은 고생대, ⊕은 선캄브리아 시대이다. 평안 누층군은 고생대 후기부터 트라이아스기 초기까지 퇴적된 지층이며, 주로 ◎ 시기에 형성되었다.

✕. 송림 변동은 중생대 트라이아스기에 발생했으므로 그 이전에 퇴적되었던 B는 변형되었지만, 그 이후에 퇴적되었던 A는 변형될 수 없다.

11 한반도 지층의 특징

A는 석탄층이 분포하고 소철류, 은행류 등의 화석이 산출되는 것으로 보아 대동 누층군이고, B는 응회암이 분포하고 공룡의 뼈와 발자국 등의 화석이 산출되는 것으로 보아 경상 누층군이며, C는 석회암이 분포하고 삼엽충, 완족류, 필석류 등의 화석이 산출되는 것으로 보아 조선 누층군이다.

✕. A는 중생대에 퇴적되었으므로 울릉도가 형성된 시기(신생대)와 다르다.

✕. B가 생성된 시기는 중생대이다. 선캄브리아 시대는 구성 암석이 다양하고 지층이 심하게 변형되어 지질 구조가 복잡하며 화석이 거의 산출되지 않는다.

○. 지층의 생성 순서는 C(고생대 캄브리아기부터 오르도비스기 중기까지) → A(중생대 트라이아스기 후기부터 쥐라기 중기까지) → B(중생대 백악기)이다.

12 한반도의 형성

한중 지괴와 남중 지괴의 통합이 진행되면서 격렬한 조산 운동이

진행되었고, 북동-남서 방향의 한반도 주요 산맥이 형성되었다.
 ✕. (가)는 쥐라기 초, (나)는 백악기 초에 해당한다. 쥐라기에는 두 지괴가 합쳐지면서 대보 조산 운동이 일어났으며, 이 과정에서 일어난 화성 활동으로 대보 화강암이 만들어졌다. 백악기에는 고태평양판이 한반도 아래로 섭입되면서 마그마의 관입과 분출이 활발하게 일어나 불국사 화강암과 화산 퇴적물이 만들어졌다.

㉠. 현재의 한반도는 한중 지괴, 남중 지괴, 영남 육괴, 경기 육괴 등이 합쳐져서 형성된 것이다.

㉡. 동해는 약 2천 5백만 년 전에 태평양판이 일본 아래로 섭입하면서 확장되어 형성되기 시작하였고, 약 450만 년 전에 화산 분출이 일어나서 독도가 만들어졌다.

13 한반도의 형성

쥐라기 말에 한중 지괴와 남중 지괴의 충돌과 결합이 마무리되면서 한반도가 현재의 모습을 갖추게 되었다.

✕. 중생대 이후 신생대 네오기 지층에서 육성층과 해성층이 발견된다.

㉠. 중생대 쥐라기 말에 일어난 화성 활동으로 대보 조산 운동이 있으며 이 결과 한반도 전역에 분포하는 대보 화강암이 형성되었다.

✕. 경상 분지에 주로 분포하는 화강암은 불국사 화강암이다. 백악기에 한반도 남부를 중심으로 화강암의 관입과 화산암의 분출이 활발하게 일어났다. 이 변동으로 경상 분지를 중심으로 여러 지역에 화강암류가 관입하였는데, 이 화강암을 불국사 화강암이라고 한다.

14 변성 작용과 변성암 특징

암석이 생성된 환경보다 높은 온도나 압력 조건에 놓이면 변성 작용을 받을 수 있다. 판 구조 운동으로 조산 운동이 일어나는 지역에서는 온도와 압력이 상승한다. 이와 같은 환경에서는 변성 작용이 대규모로 발생하며, 이러한 작용을 광역 변성 작용이라 하고, 기존의 암석이 위치한 곳에 마그마가 관입하면 열과 휘발 성분 때문에 마그마와의 접촉부에서 변성 작용이 일어나는데 이러한 작용을 접촉 변성 작용이라 한다.

㉠. 접촉 변성 작용은 입상 변정질 조직 또는 혼펠스 조직이 발달한다. 입상 변정질 조직은 방향성이 없이 원암의 구성 광물들이 재결정되어 크기가 커진 조직이며, 혼펠스 조직은 입자의 방향성이 없으며, 치밀하고 균질하게 짜여진 조직이다. A는 접촉 변성 작용, B는 광역 변성 작용이다.

✕. ㉠은 셰일이 접촉 변성 작용을 받아 만들어진 혼펠스이다. 혼펠스는 우리나라에서 많이 발견된다. 특히, 중생대 대보 화강암과 불국사 화강암 등이 관입할 때 퇴적암(셰일)이 접촉 변성 작용을 받아 혼펠스가 형성되었다.

㉡. ㉠은 점판암, ㉡은 편마암이다. 변성 정도가 클수록 재결정

작용이 잘 일어나기 때문에 입자 크기가 크다. 따라서 변성 정도가 작은 점판암(㉠)이 변성 정도가 큰 편마암(㉡)보다 입자 크기가 작다.

15 한반도의 변성암

한반도에서 가장 오래된 암석은 선캄브리아 시대의 경기 육괴에 속하며, 인천 앞바다에 있는 대이작도를 구성하는 혼성암이다. 중생대 중기와 말기 동안 일어난 대보 조산 운동과 불국사 변동은 접촉 변성 작용을 수반하였고, 그 결과 관입한 화성암체와 접하고 있는 기존의 셰일과 같은 퇴적암들은 고온의 마그마와 유체 때문에 변성되어 조직이 치밀하고 단단한 혼펠스로 변성되었다.

㉠. A는 대이작도를 구성하는 혼성암으로 선캄브리아 시대에 형성되었고, B는 중생대 화성 활동에 의해 기존의 퇴적암이 변성되어 형성된 혼펠스이다.

✕. A의 혼성암은 광역 변성 작용을 받아 형성된 것이고, B의 혼펠스는 접촉 변성 작용을 받아 형성된 것이다.

✕. 압력이 작용한 방향의 직각 방향으로 광물들이 배열되어 방향성을 갖는 조직을 엽리라고 하고 줄무늬의 두께에 따라 편리와 편마 구조로 구분한다. 엽리는 조산 운동이 일어나는 지역에서 넓은 범위에 걸쳐 열과 압력에 의해 발달할 수 있다. A는 엽리가 발달하지만 B는 엽리가 발달하지 않는다.

16 변성 환경과 변성암

변성 작용은 주된 변성 요인에 따라 접촉 변성 작용과 광역 변성 작용으로 구분할 수 있다.

㉠. 셰일은 A(광역 변성 환경)에서 변성 작용을 받으면 엽리가 발달한 편암, 편마암이 되며, B(접촉 변성 환경)에서 변성 작용을 받으면 혼펠스가 될 수 있다.

✕. 광역 변성 작용은 조산 운동과 같은 대규모 지각 변동이 일어나는 곳에서 주로 나타나므로 마그마의 접촉에 의해 변성 작용이 일어나는 접촉 변성 작용보다 기존 암석을 변성시킬 수 있는 범위가 대체로 더 넓다. 따라서 변성 작용이 진행되는 공간 범위는 B가 A보다 좁다.

✕. 불국사 변동, 대보 조산 운동 등에 의해 기존의 이암과 같은 퇴적암들은 접촉 변성 작용을 받아 조직이 치밀하고 단단한 혼펠스로 변성되었다. 따라서 B와 같은 환경에 의해 변성된 암석이 우리나라에 나타난다.

3점 수능 테스트

본문 70~77쪽

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

01 주향과 경사

지표에 노출된 지층의 공간적인 분포는 주향과 경사로 표시한다. 주향은 지층면이 수평면과 만나서 이루는 교선의 방향이고, 경사는 지층면이 수평면에 대해 기울어진 정도이다. ㉠은 주향, ㉡은 수직이다.

㉠. 주향은 지층면과 수평면의 교선(주향선)이 가리키는 방향으로, 지층면에 클리노미터의 긴 모서리를 수평으로 대고 북쪽을 기준으로 자침이 가리키는 바깥쪽 눈금을 읽는다. 그림은 ㉠(주향)을 측정하는 활동 모습이다.

㉡. 클리노미터에서 읽은 주향은 조사 지역의 편각을 고려하여 보정해야 한다.

㉢. 경사각은 지층면과 수평면이 이루는 각으로, 주향선에 수직이 되도록 클리노미터의 긴 옆면을 밀착시킨 후 경사추가 가리키는 안쪽 눈금을 읽는다.

02 지질도 해석

대칭축(습곡축)을 기준으로 양쪽에서 지층의 경사 방향이 대체로 대칭을 이룰 때 대칭축에서 지층이 위로 볼록하게 경사져 있으면 배사 구조, 아래로 오목하게 경사져 있으면 향사 구조이다.

✕. A의 주향은 NS이다.

㉠. 왼쪽 C층을 기준으로 배사 구조가, D층을 기준으로 향사 구조가 존재한다.

㉢. 지층의 생성 순서는 C → B → A → D이다. 따라서 A는 C보다 나중에 퇴적되었다.

03 지질도 해석

주향은 지층 경계선과 등고선의 교점을 이은 직선의 방향이다. 경사 방향은 주향선과 직각 방향으로 나타나며 높은 고도의 주향선에서 낮은 고도의 주향선으로 정한다.

✕. B의 주향은 북서 방향이므로 경사 방향은 남서 또는 북동쪽이다. 경사 방향은 어떤 지층 경계선상에서 고도가 높은 주향선에서 고도가 낮은 주향선에 수직이 되도록 그은 화살표 방향이므로 B의 경사 방향은 남서쪽이다.

㉠. E가 쌓인 뒤 F가 관입하였으므로 E는 F에 의해 변성되었다.

㉢. 지층 경계선의 휘 방향이 등고선의 휘 방향과 반대이므로 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 같다. 지층의 생성 순

서는 A → B → C → D → E → F이다.

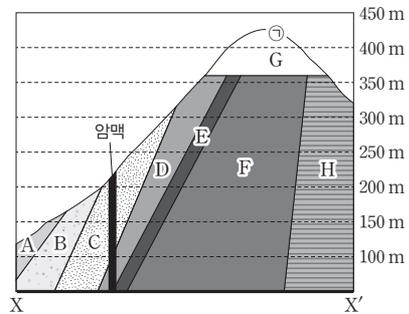
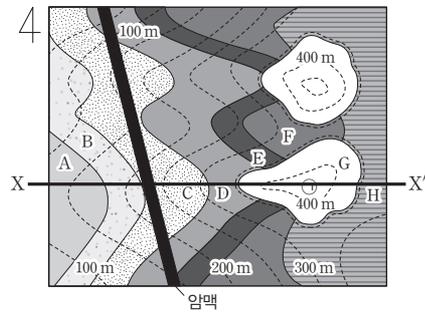
04 지질도 해석

지층 경계선이 등고선과 나란하면 수평층, 지층 경계선이 직선이면 수직층, 지층 경계선과 등고선이 서로 교차하면 경사층이다.

㉠. 부정합은 한 지층 경계선이 다른 지층 경계선을 덮으며, 덮은 선을 경계로 다른 지층이 나타난다. 먼저 쌓인 지층(E)과 나중에 쌓인 지층(G)이 평행이 아닌 부정합을 경사 부정합이라고 한다.

✕. 암맥 분포가 고도와 무관하게 직선으로 나타나므로 수직층으로 해석할 수 있다. 따라서 경사 방향은 없다.

✕. A층의 경사 방향은 서쪽 방향이므로, ㉠ 지점에서 연직 방향으로 시추할 경우 A층과는 만날 수 없다.



05 지질도 해석

지질도에서 지층 경계선의 휘 방향이 등고선의 휘 방향과 반대이면 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 같다. 지층 경계선과 등고선의 휘 방향이 같으나 지층 경계선이 더 완만하게 휘었으면 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 반대이다. 지층 경계선과 등고선의 휘 방향은 같지만 지층 경계선이 더 휘었으면 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 같다.

㉠. (가)에서 지표면의 경사 방향은 서쪽, 지층의 경사 방향도 서쪽이다. 따라서 지층의 생성 순서는 C → B → A이다.

✕. (가)에서 B층의 경사 방향은 서쪽이고, (나)에서 H층의 경사 방향은 동쪽이다.

✕. (가)와 (나) 모두 단층선의 휘 방향과 등고선의 휘 방향이 같지

만 단층선의 경계선이 더 완만하게 휘었으므로 단층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 반대이다. 또한 (가)와 (나)의 지표면 경사 방향이 서로 반대이므로, 단층면의 경사 방향도 서로 반대이다. (가)에서 단층선을 기준으로 왼쪽 지층은 하반, 오른쪽 지층은 상반이고 하반에 대하여 상반이 아래쪽으로 내려왔으므로 정단층이 존재한다. (나)에서 단층선을 기준으로 왼쪽 지층은 상반, 오른쪽 지층은 하반이고 하반에 대하여 상반이 아래쪽으로 내려갔으므로 정단층이 존재한다.

06 중생대 화성암 분포

중생대는 현생 누대 중 조산 운동과 화성 활동이 가장 활발했던 시기로 대보 화강암과 불국사 화강암 등이 관입하였다.

㉠. A의 생성 시기는 쥐라기 후기부터 백악기 초기이므로 대보 조산 운동에 의해 형성된 대보 화강암이다. 트라이아스기 후기부터 쥐라기 중기까지 퇴적되었던 대동 누층군은 A의 관입으로 변성되었다.

㉡. B의 생성 시기는 백악기 후기부터 신생대 초기이므로 불국사 변동에 의해 형성된 불국사 화강암이다.

✕. 울릉도와 독도는 신생대 제4기에 형성되었다.

07 한반도 퇴적층의 분포와 지질 계통

고생대 퇴적층으로는 조선 누층군과 평안 누층군이, 중생대 퇴적층으로는 대동 누층군과 경상 누층군이, 신생대 퇴적층으로는 연일층군과 제4기층이 있다.

✕. 고생대 초기에 퇴적된 지층 ㉠은 조선 누층군에 해당하며, 고생대 후기에 퇴적된 지층 ㉡은 평안 누층군에 해당한다. 조선 누층군은 해성층으로 구성되어 있지만, 평안 누층군 하부는 해성층으로, 상부는 육성층으로 구성되어 있다.

✕. A는 조선 누층군이고, B는 중생대 퇴적층인 경상 누층군이다. ㉠은 A에 해당한다.

㉡. A는 해성층으로 구성된 조선 누층군으로 석회암, 사암, 셰일 등이 나타난다.

08 한반도 퇴적층의 분포

조선 누층군은 해성층, 평안 누층군 하부는 해성층, 평안 누층군 상부는 육성층, 대동 누층군은 육성층, 경상 누층군은 육성층, 연일층군은 해성층과 육성층이 번갈아 가며 나타난다.

㉠. A는 고생대 초기에 퇴적된 조선 누층군, B는 중생대 중기에 퇴적된 대동 누층군, C는 신생대에 퇴적된 연일층군, D는 중생대 후기에 퇴적된 경상 누층군이다. 따라서 지층의 생성 순서는 A → B → D → C이다.

✕. 대보 조산 운동은 쥐라기 후기에 일어났으므로 A(조선 누층군)는 변성되었으나, C(연일층군)는 변성되지 않았다.

㉡. A는 해성층으로만, B와 D는 육성층으로만, C는 해성층과 육성층으로 구성되어 있다. 나뭇잎 화석은 육성층에서 발견될 수 있으며 상어이빨 화석은 해성층에서 발견될 수 있다. 따라서 해성층과 육성층이 모두 존재하는 C에서 발견된 것이다.

09 한반도의 화성암 지형

백두산, 울릉도와 독도, 제주도, 철원 등에 현무암이 형성된 시기는 신생대 제4기이다. A는 백두산, B는 북한산, C는 경주 남산, D는 한라산이다. ㉠은 신생대, ㉡은 중생대, ㉢은 고생대이다.

㉠. ㉠은 신생대이므로 A(백두산)와 D(한라산)가 형성되었고, B(북한산)와 C(경주 남산)는 중생대(㉡) 때 형성되었다.

㉡. B와 C의 형성 시기는 중생대로 같지만, B는 대보 조산 운동에 의해서 형성되었고 C는 불국사 변동에 의해 형성되었으므로, B가 C보다 먼저 생성되었다.

✕. 삼엽충은 고생대에 번성하였고, C는 중생대에 생성되었다. 따라서 C가 생성될 때 삼엽충은 번성하지 않았다.

10 지층의 특징

경상 누층군은 육성층으로 공룡의 뼈와 발자국 화석 등이 산출되며, 조선 누층군은 해성층으로 삼엽충, 완족류, 필석류, 코노돈트 등이 산출된다.

㉠. A는 경상 누층군으로 중생대 때 퇴적되었으며, B는 조선 누층군으로 고생대 때 퇴적되었다. 따라서 A는 B보다 나중에 생성되었다.

✕. 석탄층은 육성층에서 발견된다. B는 해성층이므로 석탄층이 존재하지 않는다.

㉡. 한반도 남부를 중심으로 화성 활동이 활발하게 일어난 이유는 백악기 후기 때 일어난 불국사 변동 때문이다. 따라서 불국사 변동 이전에 퇴적되었던 A(경상 누층군)는 C(불국사 화강암)의 관입으로 변성되었다.

11 한반도의 지질 계통

A는 조선 누층군, B는 회동리층, C는 평안 누층군, D는 대동 누층군, E는 경상 누층군, F는 연일층군이다.

㉠. A는 해성층이고 C의 하부는 해성층, 상부는 육성층이다. A는 석회암, 사암, 셰일 등으로 이루어져 있고, C의 하부는 사암, 셰일, 석회암 등으로 이루어져 있다. 따라서 A와 C 모두 석회암이 나타난다.

✕. 대보 조산 운동은 쥐라기 후기에 일어났으므로 D와 E 사이에 일어났다.

✕. 연일층군은 주로 동해안을 따라 작은 규모로 분포하기 때문에 가장 넓은 지역이 아니다.

12 한반도 퇴적층의 특징과 분포

㉠ ㉠은 조선 누층군, ㉡은 경상 누층군, ㉢은 연일층군이다. 서로 다른 세 지층 중 육성층으로만 구성되어 있는 특징을 가진 지층은 경상 누층군이다. 조선 누층군은 해성층만을 가지고 있고 연일층군은 해성층과 육성층이 번갈아 가며 나타난다. 따라서 ㉡에 해당하는 것은 A이다. 조선 누층군과 연일층군 중 대보 조산 운동에 의해 변형된 지층은 대보 조산 운동이 일어난 시기 이전에 퇴적된 조선 누층군이므로 ㉠은 B에 해당한다. 따라서 ㉢은 C에 해당한다.

13 한반도의 형성 과정

한중 지괴와 남중 지괴의 융합이 진행되면서 격렬한 조산 운동이 진행되었고, 북동-남서 방향의 한반도 주요 산맥이 형성되었다. ✕. 고지자기 분석에 의하면 고생대 한반도는 적도 부근에 위치한 곤드와나 대륙의 주변에 있었다. 바다에서 번성했던 삼엽충과 온난 다습한 곳에 살았던 고사리 화석이 강원도 일대에서 많이 발견된 것으로 보아 고생대에 이 지역은 저위도에 있었으며, 한때 바다에 잠겨 있었을 것으로 추정된다. ✕. 경상 누층군에 나타나는 응회암이 생성된 시기는 불국사 변동이 일어난 백악기 후기이다. 따라서 (다) 시기 이후에 생성되었다. ㉠. 현재의 한반도는 서로 다른 지괴가 합쳐져서 형성된 것이다.

14 한반도의 형성 과정

고생대 곤드와나 대륙은 남반구에 위치해 있었다. 고생대 후기에 들어 곤드와나 대륙이 분리되기 시작하여, 약 2억 6천만 년 전 곤드와나 대륙 북쪽 가장자리에서 한중 지괴와 남중 지괴들이 떨어져 나와 북쪽으로 이동하다가 중생대에 서로 충돌하면서 한반도가 형성되었다. ㉠. 시간에 따른 지괴의 위치는 고지자기 연구를 통해 알 수 있다. 편각과 복각 등을 고려하여 지괴의 이동 및 회전 등을 알 수 있다. ㉡. 에클로자이트는 고철질 화성암이 충돌대에서 광역 변성 작용을 받아 만들어지는 고온·고압형 변성암이다. 따라서 변성 환경은 A보다 B에 가깝다. ✕. 철원 지역의 현무암은 신생대의 화성 활동으로 생성된 것이다.

15 변성 작용과 변성암

접촉 변성 작용은 마그마의 접촉부를 따라 일어나는 변성 작용이고, 광역 변성 작용은 조산 운동이 일어나는 지역에서 열과 압력에 의해 일어나는 변성 작용이다. ✕. A는 접촉 변성 환경, B는 광역 변성 환경이다. 조산 운동이 일어나는 지역에서는 열과 압력이 주요 요인이 되기 때문에 변성 환경은 A보다 B에 가깝다.

㉢. A의 변성 환경의 특징은 넓은 온도 범위를 가지지만 압력은 비교적 낮은 것으로 보아 주요 요인은 열이다.

✕. (나)는 혼펠스로 마그마가 관입할 때 방출된 열에 의해 마그마와의 접촉부를 따라 형성된다. 따라서 혼펠스는 대체로 B보다 A에서 형성된다.

16 변성 작용과 변성암

세일은 광역 변성 작용을 받으면 변성 정도에 따라 엽리가 발달한 다양한 암석으로 변한다.

㉠. 세일이 광역 변성 작용을 받아 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암으로 변한다.

㉡. 광역 변성 작용에서 더 높은 열과 압력을 받을수록 엽리가 뚜렷하게 발달된다. 따라서 엽리가 더욱 뚜렷한 편마암이 더 높은 열과 압력을 받아 생성되었다.

㉢. 변성 정도가 클수록 암석을 구성하는 광물 입자의 크기는 커진다. 따라서 변성 정도가 더 큰 (나)가 (가)보다 입자의 크기가 크다.

05 해수의 운동과 순환

2점 수능 테스트

본문 92~97쪽

- 01 ② 02 ⑤ 03 ③ 04 ② 05 ② 06 ① 07 ④
 08 ④ 09 ③ 10 ③ 11 ② 12 ⑤ 13 ③ 14 ③
 15 ② 16 ③ 17 ② 18 ② 19 ③ 20 ③ 21 ③
 22 ④ 23 ② 24 ②

01 정역학 평형

A는 수압 경도력, B는 중력을 나타내며, 정역학 평형 상태에 있으므로 두 힘의 크기는 같다.

✗. 해수의 밀도가 커질수록 수압 경도력(A)은 감소하지만, 중력(B)은 변화가 없다. 따라서 A의 크기는 B보다 작아진다.

○. 정역학 평형 상태이므로 중력(B)이 일정하면 수압 경도력(A)도 일정하다. 수압 경도력(A)의 크기는 $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{(P_{(z+\Delta z)} - P_z)}{\Delta z}$ 로 나타낼 수 있으므로 Δz 의 크기를 증가시키면 두 지점의 압력 차 ($P_{(z+\Delta z)} - P_z$)는 커진다.

✗. 정역학 평형 상태의 해수는 연직 방향의 운동이 억제되어 주로 수평 방향의 운동이 활발하다.

02 수압 경도력

해수면의 높이가 다른 해수는 수평 방향으로 수압이 달라져서 수압 경도력이 발생한다. 이때 발생한 수압 경도력의 크기는 해수의 경사 크기와 중력 가속도의 곱에 비례한다.

○. A와 B 지점은 중력과 수심이 같고, 밀도는 A가 B보다 크다. 따라서 A 지점의 수압은 B 지점보다 크다.

○. 모든 지역의 중력 가속도가 같을 때, 동서 양끝의 해수면 높이 차는 (나)가 (가)의 2배이다. 따라서 단위 질량의 해수에 작용하는 수평 수압 경도력의 크기는 (나)가 (가)의 2배이다.

○. 수압 경도력은 해수면의 높이가 상대적으로 낮은 방향으로 작용한다. 따라서 두 지역에서 수평 수압 경도력은 모두 서쪽으로 작용한다.

03 수압 경도력

수온이 높을수록 해수의 밀도는 작아지고 부피가 팽창하여 해수면의 높이가 높아진다. 수온이 서로 다른 해수는 해수면의 높이 차로 인해 수압 경도력이 발생한다.

○. A는 B보다 수심에 따른 등압면의 간격이 좁고 해수면의 높이가 낮으므로 평균 수온은 A가 B보다 낮다.

✗. 대체로 수온이 높을수록 밀도는 작아진다. 따라서 A 영역의 밀도가 B보다 크다.

○. 그림의 등수압면의 기울기는 수심이 깊어질수록 완만해지므로 수평 수압 경도력은 P가 Q보다 크다.

04 전향력

(가)에서 공은 진행 방향의 오른쪽으로 편향되므로 원반은 시계 반대 방향으로 회전하고 있다. (나)에서 직선으로 이동하는 경로 B는 처음 운동 방향을, 오른쪽이나 왼쪽으로 편향되어 이동하는 A는 실제 물체의 이동 경로를 나타낸다.

✗. 공은 실제로 직선으로 이동하지만 원반 내의 관찰자가 회전하므로 공은 회전하는 방향의 반대 방향으로 휘어지는 것으로 보인다. 따라서 회전 원반은 공의 편향 방향의 반대인 시계 반대 방향으로 회전하고 있다.

✗. 전향력에 의해 물체는 진행 방향을 기준으로 북반구에서 오른쪽, 남반구에서 왼쪽으로 편향된다. 따라서 전향력에 의한 실제 운동 방향은 A이다.

○. (가)는 진행 방향의 오른쪽으로 공의 이동 방향이 바뀌므로 북반구에 위치한 P와 가장 비슷한 실험 결과를 나타낸다. Q는 적도이므로 전향력이 작용하지 않으며, R은 남반구에 위치하여 전향력이 작용하는 방향은 (가)와 반대이다.

05 해수를 움직이는 힘

해수의 운동과 관련된 힘은 수압 경도력, 전향력, 중력, 마찰력 등이 있다. 이 중 전향력은 지구 자전과 지구의 표면 모양에 따른 겉보기 힘이며, 수압 경도력, 중력, 마찰력은 물체에 실제로 작용하는 힘이다.

✗. 연직 수압 경도력과 중력이 평형을 이룰 때 정역학 평형이라고 한다.

✗. 운동하는 물체의 질량을 m , 이동 속도를 v , 위도를 φ , 지구 자전 각속도를 Ω 라고 할 때, 물체에 작용하는 전향력(C)의 크기는 $C = 2mv\Omega \sin\varphi$ 이다. 따라서 이동 속도가 빠를수록 전향력의 크기는 커진다.

○. 서로 다른 두 지점의 수평 방향의 거리를 Δx , 높이 차를 Δz , 압력 차를 ΔP , 해수의 밀도를 ρ , 중력 가속도를 g 라고 할 때, 수압 경도력(P_H)은 $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x}$ 이며, 정역학 평형에 의한 ΔP 는 $\Delta P = \rho g \Delta z$ 로 표현된다. 따라서 수평 수압 경도력은 $P_H = g \frac{\Delta z}{\Delta x}$ 로 표현되며, 기울기($\frac{\Delta z}{\Delta x}$)는 수평 수압 경도력에 비례하게 된다.

06 예크만 수송

예크만 수송은 해수 표면에서 마찰 저항 심도까지인 마찰층 내에

서 풍향을 기준으로 90° 오른쪽(북반구)이나 90° 왼쪽(남반구)으로의 평균 해수 이동을 나타낸다. 이 마찰층에서 해수는 수심이 깊어질수록 오른쪽(북반구)이나 왼쪽(남반구)으로 편향되며, 이를 한 평면에 두었을 때 나선의 형태를 하고 있어 에크만 나선으로 표현된다.

㉠. 표층을 기준으로 수심이 깊어질수록 해수의 이동 방향이 오른쪽으로 편향된다. 따라서 이 지역은 북반구에 위치한다.

㉡. 해수의 이동 방향은 마찰층 내에서 깊이가 깊어질수록 오른쪽(북반구)으로 편향되며, 표면 해수의 이동 방향과 반대가 되는 지점의 수심을 마찰 저항 심도라고 한다.

㉢. 마찰층 내에서 수심이 깊어질수록 해수의 이동 속력이 느려지는 주요 원인은 마찰력이며, 전향력은 이동 방향 변화의 원인이 된다.

07 지형류 평형

지형류는 수압 경도력과 전향력의 평형 관계에서 형성되는 해수의 흐름이다. 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 힘은 수압 경도력(B)이며, 양쪽 끝 압력 차(ΔP)의 변화가 없다면 크기와 방향의 변화가 없다. 초기 운동 방향(A)의 90° 오른쪽으로 약하게 작용하고 있는 힘이 전향력(C)이다. 운동 방향의 오른쪽으로 전향력이 나타나므로 북반구에서의 힘의 평형을 나타낸 것이다.

㉣. 지형류 평형에 도달하면 운동 속도는 수압 경도력 방향을 기준으로 90° 방향으로 처음보다 더 빠르게 나타나며, 속도가 빨라지면서 전향력의 크기도 증가한다. 평형이 될 때의 전향력은 최초의 수압 경도력과 크기는 같고 방향이 반대가 된다. 이러한 조건을 모두 만족하는 정답은 ㉣이다.

08 대기 대순환과 에크만 수송

에크만 수송은 북반구에서는 풍향의 오른쪽 90° 방향으로, 남반구에서는 풍향의 왼쪽 90° 방향으로 나타난다. 이로 인해 발생한 해수면의 높이 차로 수압 경도력이 발생하고, 전향력과의 평형으로 지형류가 형성된다. 지형류는 풍향과 방향이 거의 같다.

㉤. (나)의 에크만 수송이 특정 위도를 기준으로 대칭이며, 전향력 방향이 서로 다른 적도(B)이거나 풍향이 반대인 위도 30°(A, C)가 이와 같은 형태를 보인다. 그중 그림과 같이 특정 위도로 에크만 수송이 모이는 형태는 A 또는 C 지역이 적절하다.

㉥. 에크만 수송에 의해 해수면의 높이는 A와 C는 상대적으로 높아지고 B는 낮아진다. 따라서 C에서 B 방향으로 갈수록 평균 해수면 높이는 낮아진다.

㉦. A-B 사이와 B-C 사이는 모두 무역풍의 영향을 받는 지역이다. 두 지역에서 해수에 작용하는 전향력의 방향은 반대이므로 해수의 에크만 수송 방향은 A-B 사이에서 북쪽으로, B-C 사이에서 남쪽으로 나타난다.

09 지형류 발달 과정

수압 경도력에 의해 해수의 속도가 빨라지고, 이로 인한 전향력의 증가로 북반구에서 진행 방향의 오른쪽으로 편향된다. 이 과정에서 전향력이 수압 경도력과 평형을 이룰 때 지형류가 형성된다.

㉧. A는 전향력을 나타내며, 해수의 이동 속도에 비례한다.

㉨. 해수의 이동에 따른 전향력의 방향이 진행 방향의 오른쪽 90°이므로 북반구의 지형류 평형을 나타낸다.

㉩. 전향력이 지형류 평형에 충분한 영향을 주기 위해서는 운동의 규모가 충분히 커야 한다. 따라서 지형류를 잘 나타내기 위한 나무토막의 크기 척도인 l 은 충분히 커야 하며, 일반적인 실험실 환경에서는 전향력이 너무 미미하여 공이 직선 운동을 하게 된다.

10 지형류의 특징

수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 방향으로 작용하며, 지형류 평형을 이루기 위해서 전향력은 수압 경도력과 반대 방향으로 작용한다. 전향력은 북반구에서 지형류 방향의 90° 오른쪽, 남반구에서 지형류 방향의 90° 왼쪽으로 작용한다.

㉪. A에서 수압 경도력은 남쪽 방향이므로, 지형류 평형을 이루기 위한 전향력은 북쪽 방향이다.

㉫. 수압 경도력의 크기는 경사에 비례하므로 B의 수압 경도력은 D보다 크다.

㉬. C와 D의 수압 경도력 방향은 반대이다. 하지만 두 지역이 위치한 위도가 각각 북반구와 남반구이므로 전향력의 작용 방향이 서로 반대가 된다. 따라서 지형류의 이동 방향은 C와 D 모두 서쪽으로 같다.

11 서안 강화 현상과 해수면 높이

지구 자전에 의해 아열대 순환의 중심이 서쪽으로 편향되며, 이를 서안 강화 현상이라고 한다.

㉭. 서안 강화 현상으로 인해 북반구와 남반구 모두 해수면 높이는 서쪽이 동쪽보다 상대적으로 높게 나타난다.

㉮. A는 난류가 북쪽으로 흐르고 있는 서안 경계류이다. 따라서 이 지역의 표층 해류의 이동 방향은 북쪽이다.

㉯. 표층 해수의 평균 수온은 서안 경계류가 동안 경계류보다 높다. 따라서 A의 수온이 B보다 높다.

12 서안 강화 현상과 지구 자전

지구가 자전하지 않는다면 동서 대칭의 아열대 순환이 형성되며, 지구 자전으로 인해 순환의 중심이 서쪽으로 편향되어 나타난다.

㉺. 아열대 순환의 중심이 서쪽으로 편향되면서 A 지점의 경사는 (가)가 (나)보다 크다. 따라서 A 지점에서 수압 경도력은 (가)가 (나)보다 크다.

- ㉠. 해수면의 경사가 클수록 수평 방향의 수압 경도력이 증가하며, 이로 인해 지형류의 속도는 빨라진다. 따라서 A 지점에서 표층 해류의 유속은 (가)가 (나)보다 빠르다.
- ㉡. 지구 자전 유무와 관련 없이 적도 부근의 염분이 높은 난류가 A 지점으로 흐르고, 고위도의 염분이 낮은 한류가 B 지점으로 흐른다. 따라서 평균 염분은 (가)와 (나) 모두 A 지점이 B 지점보다 높다.

13 해파의 특징

해파 중 해수면의 높이가 가장 높은 곳을 마루, 가장 낮은 곳을 골이라고 한다. 마루에서 마루 사이의 거리를 파장, 마루와 골의 높이 차를 파고라 하며, 해파의 속도는 파장에 비례하고 주기에 반비례한다.

- ㉠. 파고는 (가)는 0.5 m, (나)는 0.3 m이다. 따라서 해파의 파고는 (가)가 (나)보다 높다.
- ㉡. 심해파의 속도는 파장이 길수록 빠르다. 따라서 해파의 속도는 (가)가 (나)보다 느리다.
- ㉢. 천해파와 심해파가 통과할 때 물 입자는 제자리에서 각각 원과 타원 모양으로 회전한다. 회전하는 물 입자가 해파의 마루에 위치했을 때의 접선 방향이 해파의 이동 방향이 된다. (가)에서 오른쪽으로 해파가 진행하고 있으므로 A에 위치한 물 입자의 회전 방향은 ㉠과 같다.

14 해안으로 접근하는 해파의 변화

A는 풍랑, B는 너울, C는 연안 쇄파이다.

- ㉠. A는 바람의 영향을 받고 있으므로 풍랑이다.
- ㉡. 너울(B)이 연안 쇄파(C)로 전환되면서 파장은 짧아지고 파고는 높아지는 경향을 보인다. 따라서 파장에 대한 파고의 비는 B가 C보다 작다.
- ㉢. 풍랑(A)은 너울(B)에 비해 마루가 상대적으로 뾰족하다.

15 심해파의 속도

심해파의 속도(v)는 파장(λ)에 비례하고 주기(T)에 반비례하여, $v = \frac{\lambda}{T}$ 의 관계가 성립한다.

- ㉡. 심해파가 통과할 때 해수면에서 물 입자는 원운동을 한다.
- ㉢. 주기(T)는 파장(λ)을 속도(v)로 나눈 값과 같다. 그래프에서 파장이 100 m일 때 속도는 약 12.5 m/s이므로 주기는 약 8초이다.
- ㉣. 파장과 속도의 그래프의 모양이 곡선이며, 파장이 길어짐에 따라 기울기가 완만해지므로 주기가 점차 길어짐을 알 수 있다. 따라서 해파의 주기는 A가 B보다 작다.

16 해파의 굴절

연안에 접근하는 해파는 천해파가 되면서 수심이 얕아질수록 속도가 느려진다. 해파의 마루 선이 육지에 다가가면서 A를 지날 때까지는 파장이 그대로 유지되므로 심해파의 성질을 나타내고, B를 통과할 때는 육지와 평행한 방향으로 꺾이므로 천해파의 성질을 나타낸다.

- ㉠. 해파의 마루를 연결한 선이 A 지점 부근에서와 같이 평행할 때는 심해파의 성질을 나타내고, B 지점 부근에서와 같이 굴절될 때는 전이파 또는 천해파의 성질을 나타낸다.
- ㉡. A를 지나는 해파는 파장이 거의 일정하지만 B 부근의 해파는 파장이 짧아진다. B는 천해파의 성질을 가지고 있으며, 속도가 느려지면서 파고가 높아진다. 따라서 파고는 A 지점이 B 지점보다 낮다.
- ㉣. 해파를 일으키는 해수는 한 자리에서 원 또는 타원 운동하며 에너지만 전달한다. 따라서 해파에 의해서는 A 지점의 해수가 육지로 이동하지 않는다.

17 심해파와 천해파에서 물 입자의 운동

해파가 지나갈 때 물 입자는 심해파일 때 원운동, 천해파일 때 타원 운동을 한다. (가)는 심해파, (나)는 천해파의 물 입자 운동을 나타낸다.

- ㉡. (가)는 심해파를 나타내며, 물 입자는 수심이 깊어질수록 반경이 더 작아지는 원운동을 한다. 수심이 깊어질수록 더 납작한 타원 운동을 하는 경우는 (나)와 같은 천해파의 특징이다.
- ㉣. (나)는 천해파를 나타내며, 파장은 수심의 20배보다 길어야 하므로 수심 500 m 환경에서 천해파가 되기 위해서는 파장은 10000 m보다 길어야 한다.
- ㉤. 천해파와 심해파 모두 물 입자의 회전 방향 중 표층 방향이 파의 진행 방향과 같다. 따라서 (가)와 (나) 모두 오른쪽으로 파가 진행하고 있다.

18 지진 해일

지진이 발생하면서 나타난 해파를 지진 해일이라고 한다. 지진 해일은 진원을 기준으로 동심원의 형태로 뻗어나가며, 진행되는 동안 에너지 손실이 거의 없어서 대양의 반대쪽까지 피해를 유발한다.

- ㉡. 지진 해일은 파장이 수백 km로 대부분의 해양에서 천해파의 성질을 보인다.
- ㉢. 지진 해일과 같은 천해파의 속도는 수심의 제곱근에 비례하므로 수심이 깊을수록 평균 속도는 빨라진다. 따라서 동일한 3시간 동안 이동 거리가 상대적으로 더 짧은 P 구간이 더 긴 Q 구간보다 평균 수심이 얕다.
- ㉣. 지진 해일은 대양 중심에서는 파고의 높이가 파장의 길이와

비교했을 때 매우 작아서 직접적인 피해를 유발하지 않는 반면, 육지에 다가갈수록 수심이 얕아지고 파고가 높아지면서 해일 피해를 유발한다.

19 폭풍 해일

태풍과 같은 강한 저기압에 위치한 해수 표면은 주변보다 해수면 높이가 더 높아진다. 따라서 태풍이 육지에 상륙할 때 높아진 해수면으로 인해 해일 피해가 발생한다.

- ㉠. 폭풍 해일에 의한 피해는 태풍의 상륙 지점인 A 지역이 B 지역보다 대체로 크다.
- ㉡. 10월 3일부터 일정한 주기를 가지고 변하는 해수면의 높이 변화는 조석 현상으로 나타나는 것이며, 10월 5일 12시 이전에 급격하게 상승하는 해수면의 높이 변화는 태풍의 상륙으로 인해 나타나는 현상이다.
- ㉢. h 는 태풍의 중심 기압이 낮을수록 더 높게 나타나므로 반비례 경향을 보인다.

20 조석과 해수면 높이 변화

달의 공전축이 지구의 자전축과 일치하지 않기 때문에 달의 위치와 지구의 위도에 따라 조석 주기가 달라진다. 달이 적도보다 위쪽에 위치할 경우 고위도 지역에서는 약 24시간 50분을 주기로 만조와 간조가 각 1회씩 나타나며, 중위도 지역에서는 약 24시간 50분을 주기로 서로 다른 해수면 높이를 보이는 만조와 간조가 각 2회씩 나타난다. 만조와 간조가 약 12시간 25분을 주기로 각 1회씩 나타나는 경우는 적도 지역에 해당된다.

- ㉠. 만조와 간조의 해수면이 거의 일정하게 유지되면서 약 12시간 25분의 주기로 반복하므로 적도 지역의 해수면 변화를 나타낸다.
- ㉡. 2일 12시에 해수면의 높이가 낮아지고 있으므로 썰물이 일어나고 있다.
- ㉢. 해수면의 높이 변화 주기는 약 12시간 25분이다.

21 조석과 조류

(가)는 밀물, (나)는 썰물을 나타낸다. 밀물과 썰물 사이에 만조가 나타나며, 만조 시기에는 달이 가장 높이 떠 있거나 지구 반대편에 위치하게 된다.

- ㉠. (가) 시기에는 조류가 육지 방향으로 흐르고 있으므로 밀물이다.
- ㉢. (가) 시기와 (나) 시기 사이에 만조가 있다. 만조 때 이 지역은 하루 중 달과 가장 가깝거나 가장 멀 때이다. (가) 시기에 달을 관측하였다면 만조 때 달에 가장 가까운 시기가 지나가고, 3시간 이내의 시간이 경과한 (나) 시기에 달을 관측할 수 있다.
- ㉡. (가)의 밀물과 (나)의 썰물 사이에는 해수면의 높이가 가장 높

은 만조가 있다.

22 조석 주기

지구가 반 바퀴 자전하는 동안 소요되는 시간은 12시간이지만 그 사이 달이 공전하므로 다시 만조가 되기 위해서는 약 25분만큼의 시간을 더 자전해야 한다.

- ㉠. 지구는 360° 자전하는 데 24시간이 소요된다. 따라서 25분 동안 자전하는 각도(A)는 약 6.5° 이다.
- ㉡. 달의 공전 주기가 길어지면 더 느리게 공전하게 되므로 조석 주기는 지금보다 더 짧아진다.
- ㉢. 지구의 자전 속도가 빨라지면 만조에서 다시 만조가 되기까지 소요되는 시간이 줄어들기 때문에 조석 주기는 짧아진다.

23 위도에 따른 조석 현상

지구의 적도면과 달의 공전 궤도면이 일치하지 않으므로 조석에 의한 해수면의 변화 형태는 위도별로 다르게 나타난다.

- ㉠. 해수면이 높은 방향에 달이 위치하므로 달은 P와 Q 중 Q 방향에 위치한다.
- ㉡. R은 해수면의 높이가 높은 지역에 대하여 수직인 지역을 연결한 선이다. 따라서 간조인 지역을 연결한 선이 된다.
- ㉢. A 위도대는 해수면이 한쪽으로만 부풀어 있어서 만조와 간조가 각 1회씩 나타난다.

24 사리(대조)와 조금(소조)

태양과 달은 모두 지구에 기조력을 작용한다. 따라서 (가)와 같이 달과 태양이 일직선에 위치하면 해수면의 높이 차가 커지는 사리(대조)가 되고, (나)와 같이 수직으로 위치하게 되면 해수면 높이 차가 작아지는 조금(소조)이 된다.

- ㉠. 지구에 작용하는 기조력은 상대적으로 지구에 가까운 달이 태양보다 크다. 따라서 해수면의 높이 변화에 대한 영향은 태양이 달보다 작다.
- ㉢. (가)일 때 태양과 달이 일직선상에 놓인다. 정오가 되면 태양과 달이 모두 머리 위에 놓이게 되어 해수면의 높이가 가장 높아지는 만조가 된다.
- ㉡. (가)는 달과 태양의 기조력이 더해져서 해수면의 높이 차가 매우 커지지만, (나)는 달과 태양의 기조력이 수직한 방향으로 작용하여 해수면의 높이 차가 작아진다.

3점 수능 테스트

본문 98~109쪽

- 01 ① 02 ② 03 ② 04 ① 05 ① 06 ③ 07 ①
 08 ④ 09 ① 10 ① 11 ③ 12 ③ 13 ② 14 ④
 15 ⑤ 16 ④ 17 ② 18 ④ 19 ③ 20 ① 21 ②
 22 ③ 23 ② 24 ④

01 정역학 평형

정역학 평형은 수심이 깊어지는 방향으로 작용하는 중력과 반대 방향으로 작용하는 수압 경도력의 평형을 나타낸다. 수압 경도력은 단위 수심 변화에 대한 수압 변화가 클수록 증가한다.

㉠. 수심이 깊어질수록 수압(P)은 증가한다. 따라서 ΔP 는 양의 값을 갖는다.

✕. 수심이 다른 두 지점의 수압 차를 ΔP , 수심 차를 ΔZ , 해수의 밀도를 ρ , 중력 가속도를 g 라 할 때, 정역학 평형 상태의 해수는 $\Delta P = -\rho g \Delta Z$ 가 성립한다. (가)와 (나)의 압력 차(ΔP)는 일정하므로 밀도 ρ_1 이 ρ_2 보다 $\frac{1}{k}$ 배일 때, Z_1 은 Z_2 의 k 배가 된다.

✕. 정역학 평형 상태에 있으므로 연직 수압 경도력의 크기는 중력의 크기와 같다. (가)와 (나)의 중력 가속도의 크기가 같으므로 두 지역의 연직 수압 경도력도 같다.

02 해수면 경사와 수압 경도력

서로 다른 두 해수면에 대해 수평 거리를 X , 높이 차를 ΔZ , 압력 차를 ΔP 라 할 때, 수평 수압 경도력(P_H)은 $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{X}$ 가 된다. 정역학 평형 상태에서는 $\Delta P = \rho g \Delta Z$ 가 되므로 $P_H = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\rho g \Delta Z}{X} = g \frac{\Delta Z}{X}$ 가 성립한다. $\frac{\Delta Z}{X}$ 는 해수면의 기울기(i)를 의미하므로 $P_H = gi$ 로 표현할 수 있다.

✕. 기울기(i)가 유지된 상태에서 밀도(ρ)가 2배 커지더라도 중력 가속도(g)가 일정하기 때문에 수평 수압 경도력(A)의 값은 일정하다.

✕. 두 지역의 수심의 차에 의해 수압 경도력이 발생되므로 두 지역에서 공통적인 수심(Z)의 변화는 해수면의 경사나 수압 경도력에 영향을 주지 않는다.

㉠. 수평 수압 경도력(A)은 중력 가속도와 해수면 기울기의 곱에 비례하므로 수평 수압 경도력(A)을 일정하게 유지하면서 중력 가속도(g)를 늘리면 기울기(i)는 감소한다. 기울기가 감소하여 경사가 완만해지면 경사각(θ)인 B의 크기가 감소한다.

03 밀도 차에 의한 수압 경도력

표층의 기압이 일정할 경우 해수의 밀도가 클수록 수심에 따른 수

압의 증가량은 커진다. 2000 kPa 등압면의 수심은 거의 일정하므로 1000 kPa 등압면의 수심이 깊을수록 수심에 따른 수압의 변화량이 커진다. 따라서 1000 kPa 등압면의 수심이 깊을수록 해수의 밀도가 더 크다.

✕. 1000 kPa의 등압면 깊이가 A는 100 m보다 얕고, B는 100 m보다 깊다. 따라서 100 m에서의 수압은 A는 1000 kPa보다 크고, B는 1000 kPa보다 작다. 수압 경도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 방향으로 작용하므로 남동쪽으로 작용하게 된다.

✕. 1000 kPa의 등압면과 2000 kPa 등압면의 수심 차는 A가 B보다 크므로 밀도는 A가 B보다 작다.

㉠. 등압면의 경사는 100 m 부근인 1000 kPa에서가 200 m 부근인 2000 kPa에서보다 크다. 따라서 수평 수압 경도력은 100 m에서가 200 m에서보다 크다.

04 수압 경도력 실험

U자관의 양쪽에서 수압은 각각 물의 높이에 비례한다. 따라서 왼쪽의 수압이 오른쪽의 수압보다 높다. 콧을 열었을 때 수압 차에 의해 X에 작용하는 수평 수압 경도력이 오른쪽 방향으로 발생한다.

㉠. 수평 수압 경도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 X 지점에 작용하는 수평 수압 경도력의 방향은 오른쪽이다.

✕. 시간이 지남에 따라 양쪽의 높이 차가 작아지면서 수압 차도 줄어들어 수압 경도력이 감소한다. 따라서 콧을 통해 이동하는 물의 양은 시간이 지남에 따라 감소하므로 A에는 '감소한다'가 적절하다.

✕. 수압은 밀도, 중력 가속도, 높이에 비례한다. 식용유는 물보다 밀도가 작으므로 높이 차(Δh)가 같을 때 압력 차가 작다. 따라서 콧을 연 직후 수압 경도력은 식용유를 넣었을 때가 물을 넣었을 때보다 작다.

05 전향력

전향력은 지구의 모양이 구형이며, 자전에 따른 위도별 접선 속도가 달라져서 나타나는 겉보기 힘이다. 북반구에서는 진행 방향의 오른쪽, 남반구에서는 진행 방향의 왼쪽으로 작용한다.

㉠. 남반구는 전향력의 작용 방향이 진행 방향의 왼쪽이다. 따라서 공이 왼쪽으로 편향되는 (가)는 남반구, 오른쪽으로 편향되는 (나)는 북반구의 전향력을 나타낸다.

✕. 회전하는 원판 밖에서 관찰할 때 공은 직선으로 움직이는 것으로 관찰된다.

✕. 회전 원판에서 원판 내의 관찰자에게는 어느 방향에서 공을 굴러도 편향되는 방향이 일정하다. (나)는 시계 반대 방향으로 회전하는 북반구의 환경과 비슷하므로 진행 방향의 오른쪽으로 편향된다.

06 에크만 나선

표면 해수는 전향력의 영향으로 북반구에서는 바람 방향의 오른쪽으로 약 45° , 남반구에서는 왼쪽으로 약 45° 편향되어 흐른다. 또한 수심이 깊어짐에 따라 해수의 이동 방향은 북반구는 오른쪽, 남반구는 왼쪽으로 편향된다. 표층 해수의 이동 방향과 반대가 되는 깊이를 마찰 저항 심도라고 하며, 표층에서 마찰 저항 심도까지의 깊이를 마찰층 또는 에크만층이라고 한다.

㉠ A와 B 지역 모두 수심이 깊어질수록 오른쪽으로 편향되므로 북반구에 위치한다.

㉡ A 지역에서 해수의 이동 방향이 표면(수심 0 m)의 반대 방향으로 나타나는 60 m가 마찰 저항 심도가 된다.

㉢ 마찰층 내 해수의 평균 이동 방향을 에크만 수송이라 하고, 북반구에서 해수면 풍향의 90° 오른쪽 방향이다. 표층 해수의 이동 방향이 북쪽을 향하고 있으므로 해수면 풍향은 남동풍에 가깝다. 따라서 B 지역의 에크만 수송 방향은 북동쪽이다.

07 지형류

지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이룰 때 나타나는 해수의 흐름이다. 같은 깊이에서 수온이 높을수록 밀도가 작아지며 해수의 부피가 증가하고 해수면의 경사가 발생한다. 해수면 경사에 의해 수압 경도력은 수온이 상대적으로 높은 곳에서 낮은 방향으로, 이와 평형을 이루는 전향력은 수온이 상대적으로 낮은 곳에서 높은 방향으로 작용한다.

㉠ 수온 약층의 깊이는 동쪽이 서쪽보다 깊다. 따라서 같은 수심에서 수온은 A 지역이 B 지역보다 낮다. 따라서 전향력은 동쪽으로 작용한다.

㉡ 해수의 평균 수온이 낮을수록 밀도가 커져서 해수면의 높이가 상대적으로 낮아지는 경향을 나타낸다. 따라서 해수면의 높이는 A가 B보다 낮다.

㉢ 북반구인 이 해역에서 전향력은 동쪽으로, 수압 경도력은 서쪽으로 작용하고 있으므로 지형류는 전향력의 왼쪽 90° 방향으로 흐르고 있다.

08 서안 강화 현상

현재의 아열대 순환의 방향은 북태평양에서 시계 방향, 남태평양에서 시계 반대 방향이다. 지구의 자전 방향이 지금과 반대가 되면 북태평양과 남태평양의 순환 방향이 반대가 된다. 따라서 그림의 아열대 순환은 북태평양의 아열대 순환을 나타낸다. 또한 지구의 자전 방향이 지금과 반대이므로 서안 강화 현상과 같은 현상이 동안 강화 현상으로 나타나게 된다.

㉢ 서안 강화 현상으로 순환의 중심이 서쪽으로 치우치는 것과 같이 동안 강화 현상에서는 해수 순환의 중심이 동쪽(B 방향)으

로 치우쳐 나타난다. 따라서 해수 순환의 중심까지의 거리는 A가 B보다 멀다.

㉣ 저위도에서 고위도로 흐르는 해류는 난류, 고위도에서 저위도로 흐르는 해류는 한류의 성질을 유지한다. 따라서 고위도로부터 해수가 흘러오는 A는 저위도로부터 해수가 흘러오는 B보다 수온이 낮다.

㉤ 서안 강화 현상에서 서안 경계류의 유속이 동안 경계류보다 빠르다. 따라서 동안 강화 현상에서는 A가 B보다 유속이 느리다.

09 지형류 평형

편서풍에 의한 지형류는 동쪽으로, 무역풍에 의한 지형류는 서쪽으로 흐른다. 북반구에서 지형류가 진행되는 방향의 오른쪽으로 전향력, 왼쪽으로 수압 경도력이 작용한다. 따라서 수압 경도력은 A는 북쪽, B는 남쪽으로 작용하며 전향력은 A는 남쪽, B는 북쪽으로 작용한다.

㉠ 지형류 평형 상태에서 해수면의 높이는 전향력이 작용하는 방향이 수압 경도력이 작용하는 방향보다 높다. 따라서 해수면 경사는 수압 경도력이 작용하는 방향으로 점차 낮아지는 형태를 보이며, B와 같이 고위도의 해수면이 더 높은 경우를 나타낸 것은 (나)이다.

㉡ 두 지역의 중력 가속도가 같다고 가정하면 해수면 경사가 같은 경우 두 지역의 수압 경도력이 같고, 이와 균형을 이루는 전향력의 크기도 같다. 전향력은 물질의 이동 속도와 위도에 비례하므로 전향력의 크기가 같다면 위도가 높을수록 유속이 느려진다. 따라서 지형류의 유속은 A가 B보다 느리다.

㉢ 위도 30°N 의 해수면 높이가 가장 높고 적도나 60°N 방향으로 경사가 형성되어 있다. 따라서 수압 경도력은 A는 고위도, B는 저위도 방향으로 작용한다.

10 에크만 나선

해수 표면의 풍향에 대해 북반구는 45° 오른쪽, 남반구는 45° 왼쪽으로 표면 해수의 이동이 발생한다. 수심이 깊어지면서 해수의 이동 속도는 느려지고 방향은 북반구는 오른쪽, 남반구는 왼쪽으로 편향된다.

㉠ 수심이 깊어지면서 오른쪽으로 편향되고 있으므로 북반구에서의 에크만 나선을 나타낸다.

㉡ 표면부터 표층 해수의 이동과 반대 방향인 깊이까지를 마찰층 또는 에크만층이라 한다. 표층 해수의 이동이 서쪽으로 흐르고 있으므로 동쪽으로 흐르는 50 m까지가 마찰층이므로 마찰층의 두께는 50 m이다.

㉢ 에크만 수송을 일으키는 바람은 북반구에서 표층 해수의 이동 방향의 45° 왼쪽이다. 표면 해수가 서쪽으로 흐르고 있으므로 표층의 풍향은 북동풍이 된다.

11 지형류와 서안 강화 현상

서안 강화 현상으로 인해 아열대 순환의 중심이 서쪽으로 치우쳐지면서 서안이 동안보다 유속이 빠르고 해수면의 높이가 높다.

㉠. (나)의 수온 약층은 동쪽으로 갈수록 깊어진다. 동일한 수심에서의 수온은 동쪽으로 갈수록 높아지고, 밀도는 서쪽으로 갈수록 커진다. 이에 따라 밀도 차로 인한 수압 경도력은 서쪽으로, 전향력은 동쪽으로 형성되어 북쪽으로 흐르는 지형류가 나타난다. 따라서 A 지역의 동서 단면을 나타낸 것이다.

㉡. 서안 강화 현상으로 인해 A 지역이 B 지역보다 유속이 더 빠르다.

㉢. (나)의 수심 500 m에서 동쪽으로 갈수록 수온이 높아져서 밀도가 상대적으로 작아진다. 밀도가 작아질수록 해수의 부피가 달라져서 해수면의 높이가 상대적으로 높아진다. 따라서 수압 경도력은 서쪽으로 작용한다.

12 서안 강화 현상

지구가 자전하지 않는 경우 전향력이 작용하지 않으므로 위도에 따른 전향력의 크기 변화는 나타나지 않는다. 반대로 지구가 자전하는 경우 위도가 높을수록 전향력이 커져서 아열대 순환의 중심이 서쪽으로 치우친다.

㉠. (가)와 (나) 모두 시계 방향의 아열대 순환을 나타내고 있으므로 북반구의 아열대 순환을 나타낸다.

㉡. 지형류는 해수면 경사에 의한 수압 경도력과 전향력의 평형에 의해 형성된다. B와 C 지역의 해수면 경사의 크기가 같다면 수압 경도력이 동일하고, 수압 경도력과 평형을 이루는 전향력의 크기도 두 지역 모두 동일하다. 전향력은 위도가 높을수록, 유속이 빠를수록 커지는 경향이 있기 때문에 위도가 더 높은 B 지역의 유속이 위도가 더 낮은 C 지역보다 느리다.

㉢. 수압 경도력은 해수면의 경사가 클수록 커진다. 지구 자전으로 인해 아열대 순환의 중심이 서쪽으로 치우치면서 서안의 해수면 경사가 증가한다. 해수면의 경사는 B가 A보다 커지므로 수압 경도력의 크기는 A가 B보다 작다.

13 천해파와 심해파

A, B, C의 수심 7 cm는 파장인 160 cm의 $\frac{1}{20}$ 보다 얕으므로 천해파의 성질을 갖는 조건이다. 천해파의 속도는 수심의 제곱근에 비례한다. 따라서 A, B, C에서의 측정 결과는 각각 I, II, III이다.

㉡. 해파가 가장 늦게 도달한 III의 경우 평균 수심이 가장 얕은 C에서의 측정 결과이다.

㉢. 평균 수심이 가장 깊은 A의 경우 수심이 7 cm로 파장의 $\frac{1}{20}$

보다 얕은 천해파 환경이다. 따라서 이보다 얕은 B와 C에서도 천해파가 발생한다.

㉣. 해파의 속도가 느려지면 파장이 짧아지고 해파 에너지의 밀도가 커지면서 파고가 높아진다. 파고의 최대 높이가 가장 높은 III(C)은 가장 낮은 I(A)보다 평균 파장이 짧다.

14 수심에 따른 해파의 진행

천해파의 속도는 수심의 제곱근에 비례하므로 연안으로 다가오는 해파의 속도는 점차 느려진다. 따라서 해안선과 비스듬한 각도로 접근하는 해파 중 해안 쪽 해파의 속도가 외해 쪽보다 빠르게 감소하므로 해수면이 상대적으로 얕은 방향으로 해파가 편향된다.

㉡. 수심 30 m를 지나기 전까지 해파의 이동 방향의 변화가 없으므로 심해파의 특징을 보인다. 따라서 파장은 수심의 2배인 60 m보다 짧다.

㉢. 연안으로 다가오는 천해파는 속도가 느려지면서 파고가 높아진다. 따라서 해파의 파고는 A 지점이 B 지점보다 낮다.

㉣. C 지점을 지난 해파는 육지에 가까워지면서 상대적으로 수심이 더 얕은 남쪽으로 편향되어 이동한다.

15 천해파와 심해파

해파가 발생하는 구역의 수심(d)과 파장(L)의 관계가 $d < \frac{1}{20}L$ 인

경우에는 천해파, $d > \frac{1}{2}L$ 인 경우에는 심해파가 나타난다. 따라서 수심이 100 m인 지역에서 A는 천해파, B는 심해파이다.

㉠. B는 심해파이므로 그림의 자료와 일치한다. 따라서 파장 100 m의 주기는 8초이다.

㉡. A는 천해파이므로 속도는 $\sqrt{\text{중력 가속도} \times \text{수심}} = \sqrt{10 \text{ m/s}^2 \times 100 \text{ m}} = \sqrt{1000} \text{ m/s}$ 가 된다. B는 심해파이므로 그림의 자료에서 파장 100 m의 이동 속도를 찾으면 약 12.5 m/s가 된다. 따라서 A의 이동 속도는 B의 2배보다 빠르다.

㉢. A는 천해파이므로 수심이 현재보다 얕아지면 속도가 느려지면서 파장은 짧아지고 파고는 높아진다. 반면 B는 심해파이므로 수심 50 m에 도달하기 전까지 속도 변화가 없으며, 50 m보다 더 얕아지면 속도가 느려지면서 파장은 짧아지고 파고는 높아지기 시작한다. 따라서 수심이 5 m인 얕은 지역에서의 파고는 A가 B보다 높다.

16 수심에 따른 해파의 진행

심해파는 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서 수심이 변하더라도 속도가 일정하다. 해파 A와 B의 속도가 수심 변화와 관련 없이 일정해지는 최저 수심은 각각 80 m, 60 m이므로, 해파 A와 B의 파장은 각각 160 m, 120 m이다.

✕. 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서 해파는 심해파의 특징을 보이며, 해수면의 물 입자는 원운동을 한다. 반면 이보다 얇은 곳에서 물 입자는 타원 운동을 한다.

㉠. B는 수심이 60 m보다 깊을 때 심해파의 특징을 나타내므로, 파장은 120 m이다.

㉡. 수심 100 m에서 두 해파는 모두 심해파의 특징을 나타낸다. 해파의 속도(v)는 $\frac{\text{파장}(L)}{\text{주기}(T)}$ 으로도 나타낼 수 있으므로, 주기(T)= $\frac{\text{파장}(L)}{\text{속도}(v)}$ 이 된다. 따라서 해파 A와 B의 주기는 각각 $\frac{160 \text{ m}}{15.8 \text{ m/s}}$
 $\approx 10.1 \text{ s}$, $\frac{120 \text{ m}}{13.7 \text{ m/s}} \approx 8.7 \text{ s}$ 가 된다.

17 천해파와 심해파의 수심에 따른 물 입자 운동

해파에 의한 물 입자 운동은 해수면에서 천해파는 타원 운동, 심해파는 원운동이다. 수심이 깊어짐에 따라 천해파는 더 찌그러진 타원으로, 심해파는 반경이 더 작은 원운동으로 변해간다. 물 입자의 운동이 A와 같이 원운동인 경우는 심해파를, B와 같이 왕복 운동인 경우는 해지면 부근의 천해파를 나타낸다.

✕. 천해파와 심해파는 모두 A와 같은 마루에 위치할 때 해파 진행 방향과 동일한 방향으로 해수가 회전한다. 반대로 B와 같이 골에 위치할 때는 해파 진행 방향과 반대 방향으로 이동한다.

㉠. 해파의 파장이 거의 일정한 상태에서 A는 심해파, B는 천해파의 특징을 보이므로 수심은 A 지점이 B 지점보다 깊다.

✕. 심해파에서 해수 입자는 수심이 깊어질수록 회전 반경이 더 작아지는 원운동을 하며, 일정 깊이 이상에서는 회전 반경이 너무 작아서 입자 운동이 거의 없다.

18 지진 해일

지진에 의해 발생하는 해파인 지진 해일은 파장이 매우 긴 해파이므로 천해파의 성질을 나타낸다. 따라서 수심이 깊어질수록 해파의 진행 속도가 빨라지며 연안으로 접근할수록 수심이 얕아지면서 파고가 높아져서 많은 피해를 유발한다.

✕. 지진 해일은 연안에 접근하기 전까지 대부분의 에너지를 유지한 채 이동한다. 그림의 해파가 우리나라 동해안에 도달하는 것을 통해 지진 해일이 우리나라에 피해를 유발할 수 있음을 알 수 있다.

㉠. 지진 해일의 이동 속도는 수심의 제곱근에 비례한다. 10분 동안 이동한 거리가 P 지점이 Q 지점보다 크므로 수심은 P 지점이 Q 지점보다 깊다.

㉡. 지진 해일은 천해파의 성질을 가지며, 수심의 변화로 속도가 느려지면 파장이 짧아지고 파고가 높아진다. 따라서 파고는 P 지점이 Q 지점보다 낮다.

19 폭풍 해일

폭풍 해일은 태풍이나 저기압과 같이 주변보다 기압이 낮은 경우에 해수면의 높이를 높게 만들어 해안가 지방에 피해를 주는 현상이다. 태풍이나 저기압의 중심이 통과하는 시각이 해안가의 만조 시기와 겹치게 되면 큰 피해를 유발한다.

㉠. 상현달은 달과 태양이 지구를 중심으로 수직일 때 나타나며, 이 시기는 조차가 비교적 작아지는 조금이다. 따라서 조차의 크기가 상대적으로 작은 (가)일 때 상현달을 관측하였다.

㉡. 태풍에 의해 높아진 해수면이 만조 시기와 겹칠 때 가장 큰 피해가 발생한다. 태풍 상륙 시점을 기준으로 (가)는 만조에 가깝고 (나)는 간조에 가깝다. 따라서 태풍 상륙에 의한 예상 피해는 (가)가 (나)보다 크다.

✕. 기존 태풍 상륙 시점보다 6시간 전에 (가)는 간조, (나)는 만조에 가깝다. 따라서 (가)는 피해가 감소하고, (나)는 피해가 증가했을 것이다.

20 지진 해일

지진 해일은 파장이 150~200 km 정도이고, 대부분의 해양 수심은 지진 해일 파장의 $\frac{1}{20}$ 을 넘지 못하므로 천해파의 성질을 보인다. 태평양의 평균 수심이 4 km일 때, 태평양에서 지진 해일의 이동 속도는 약 200 m/s이다.

㉠. 지진 해일은 해안 지역에 접근하면서 급격하게 높아진 파고로 인해 피해가 발생한다. 평균 수심이 깊은 곳에서는 파고가 높지 않아서 해상 위의 선박에 거의 피해를 주지 않는다.

✕. 중력 가속도를 g , 깊이를 h 라고 할 때, 천해파의 속도(v)는 $v = \sqrt{gh}$ 이다. 평균 수심은 4 km, 중력 가속도는 10 m/s^2 이므로 평균 속도는 200 m/s가 된다. 따라서 총 6000 km를 진행하는 데 소요되는 시간은 500분으로, 8시간 20분이 소요된다.

✕. 지진 해일은 천해파의 성질을 지니고 있기 때문에 파고가 높아지기 시작하는 지점은 C보다 동쪽이다.

21 기조력

달이 지구에 작용하는 기조력은 달의 인력과 달-지구의 공통 질량 중심을 돌면서 발생하는 원심력의 합력으로 나타난다. 달의 인력은 달 방향으로, 원심력은 지구의 중심과 달의 중심을 연결짓는 직선 중 달의 반대 방향으로 작용한다. 따라서 A는 원심력, B는 기조력, C는 달의 인력이 된다.

✕. 기조력은 달의 인력과 달-지구의 공통 질량 중심을 돌면서 발생하는 원심력의 합력이므로 달이 시계 반대 방향으로 공전할 때 기조력의 방향도 같은 방향으로 회전하게 된다.

㉠. 기조력(B)은 원심력(A)과 달의 인력(C)의 합력이다. 원심력(A)과 달의 인력(C)이 향하는 방향이 서로 반대이므로 두 힘의

합력인 기조력(B)은 달의 인력(C)보다 작다.

✗. 기조력에 의한 해수면 높이는 달 방향과 달 반대 방향이 가장 높고, 달과의 각이 90°인 지점이 가장 낮다. 따라서 달-지구 중심-X가 이루는 각이 90°가 될 때까지 해수면의 높이가 점차 감소하다가 90°를 넘게 되면 다시 증가하게 된다.

22 조석 현상

지구에 작용하는 기조력의 크기는 달이 태양보다 크다. 따라서 달과 태양이 일직선상에 있을 경우 두 천체의 기조력이 더해져 조차가 커지고, 달과 태양이 수직인 경우 기조력이 서로 상쇄되어 조차가 작아진다.

㉠. 최고 수위가 높아질 때 최저 수위는 낮아지는 경향을 보인다.

✗. 하루 중 해수면의 높이가 변화하는 주요 원인은 지구의 자전이지만 약 한 달을 주기로 최고 수위와 최저 수위가 변화하는 주요 원인은 달과 지구의 공전 때문이다.

㉡. 10월 14일에 달의 위상은 보름달보다 이후의 위상을 가진다. 달의 위상이 보름달일 때 태양과 달이 일직선상에 있어서 조차가 가장 큰 사리(대조)이며, 이후 조차가 점차 감소한다. 따라서 최고 수위는 689 mm보다 낮을 것이다.

23 달의 위상에 따른 기조력 변화

약 30일 동안 달의 광도 변화는 위상 변화로 인해 나타난다. 광도가 가장 밝을 때가 망이다. 달의 위상이 망이나 삭일 때는 달과 태양의 위치가 일직선상에 있으므로 조차가 가장 큰 사리(대조) 시기가 된다.

✗. 10월 17일은 조차가 작아지는 조금(소조) 시기이다. 이때 태양-지구-달이 이루는 각은 90°에 가까우며, 위상은 상현 또는 하현이 된다. 따라서 (나)의 7일 또는 22일 전후가 적절하다.

㉠. 약 한 달을 주기로 해수면의 높이 차가 가장 클 때가 사리이며, 10월 중에는 10일 전후와 25일 전후에 해당된다. 따라서 10월에는 사리가 2회 있다.

✗. 1일부터 15일까지 광도는 꾸준히 증가하지만 같은 기간 중 조차는 사리 → 조금 → 사리를 거친다. 따라서 해수면 높이 차는 약 10일까지 증가하고, 그 이후 다시 감소한다.

24 달의 기조력과 해수면의 높이 변화

지구의 자전축과 달의 공전축의 차이로 인해 달의 기조력에 의한 해수면은 위도 분포와 일정한 각을 이룬다. 이로 인해 1주기(24시간 50분) 동안 고위도 지역(A)은 만조와 간조가 각 1회, 중위도 지역(C)은 해수면의 높이가 다른 만조와 간조가 각 2회, 적도 지역(B)은 일정한 해수면 높이의 만조와 간조가 각 2회 나타난다.

✗. (나)는 만조의 높이(12시, 24시 부근)가 서로 다르므로 중위도 지역(C)의 해수면 변화를 나타낸다.

㉠. 간조는 달의 방향과 90°가 되는 지역에서 일어난다. A는 달과 가장 먼 곳에서 간조가 되며, 이곳과 같은 경도를 가진 B와 C의 지역 중 달과 90°에 먼저 위치하는 곳은 B이다.

㉡. X는 간조를 나타내므로 달 방향의 수직면 위에 위치한다. Y는 두 개의 만조 중 상대적으로 조위가 낮은 만조이므로 X에서 Y로 시간이 흐를수록 지구 자전으로 인해 달의 방향으로 다가가게 된다. 기조력은 달 방향의 수직면을 기준으로 대칭적으로 나타난다. 달의 인력은 항상 달의 방향으로 향하고 있으므로 X에서 Y로 진행할수록 기조력이 향하는 방향은 달의 인력 방향에 가까워지게 된다. 따라서 두 힘의 방향이 이루는 각의 크기는 X가 Y보다 크다.

06

대기 안정도

2점 수능 테스트

본문 114~115쪽

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

01 단열 변화

공기 덩어리가 외부와의 열 교환 없이 주위 기압 변화에 의한 부피 변화로 인해 공기 덩어리 내부의 온도가 변하는 현상을 단열 변화라고 한다.

- ㉠ 공기 덩어리가 단열 상승하면 공기 덩어리 내부의 온도가 낮아지므로 공기 분자의 평균 속력은 감소한다.
- ㉡ 공기 덩어리가 상승할수록 부피가 증가하기 때문에 단위 부피 안에 들어 있는 수증기량은 감소한다. 따라서 공기 덩어리의 절대 습도(g/m^3)는 감소한다.
- ㉢ 공기 덩어리가 상승하면 주위 기압이 낮으므로 공기 덩어리가 팽창하면서 주변 공기에 일을 하고 내부 에너지가 감소한다.

02 단열선도

상승 또는 하강하는 공기 덩어리의 성질 변화를 효과적으로 분석하기 위해 건조 단열선, 습윤 단열선, 이슬점 감률선 등을 함께 나타낸 도표를 단열선도라고 한다.

- ✕ 높이에 따른 단열 감률은 건조 단열 감률 > 습윤 단열 감률 > 이슬점 감률 순이다. 그림에서 ㉠은 100 m마다 1 °C씩 하강하고, ㉡은 100 m마다 0.5 °C씩 하강하며, ㉢은 100 m마다 0.2 °C씩 하강한다. 따라서 ㉠은 건조 단열선, ㉡은 습윤 단열선, ㉢은 이슬점 감률선을 나타낸다.
- ✕ 지표면에서 A는 기온과 이슬점이 같으므로 포화 상태이다. 포화 공기가 상승할 때는 습윤 단열선(㉡)을 따라 기온이 낮아진다. 따라서 A가 200 m까지 상승하면 기온이 11 °C가 된다.
- ㉣ 지표면에서 B는 기온이 이슬점보다 높으므로 불포화 상태이다. 불포화 공기가 상승할 때 기온은 건조 단열선을 따라 100 m마다 1 °C씩 하강하고, 이슬점은 이슬점 감률선을 따라 100 m마다 0.2 °C씩 하강한다. 따라서 B가 500 m까지 상승하면 기온과 이슬점이 모두 11 °C가 되어 같아진다.

03 상승 응결 고도

공기 덩어리가 단열 상승하여 구름이 생성되기 시작하는 고도를 상승 응결 고도라고 한다. 상승 응결 고도는 공기 덩어리의 기온과 이슬점의 차가 클수록 높다.

㉠ 공기 덩어리가 지표면에서 1000 m까지 상승하는 동안 기온이 30 °C에서 20 °C로 10 °C 하강했다. 따라서 이 공기 덩어리는 1000 m까지 상승하는 동안 불포화 상태였다. 이 공기 덩어리는 높이 1000 m에서 이슬점이 18 °C이고, 이슬점 감률은 2 °C/km 이므로 지표면에서 이슬점 ㉠은 20 °C이다.

㉡ 지표면에서 기온이 T 이고, 이슬점이 T_d 인 공기 덩어리가 단열 상승할 때 상승 응결 고도 $H(\text{m})=125(T-T_d)$ 이다. 이 공기 덩어리는 지표면에서 기온과 이슬점이 각각 30 °C, 20 °C이므로 상승 응결 고도 $H=125 \times (30-20)=1250 \text{ m}$ 이다.

✕ 이 공기 덩어리의 상승 응결 고도는 1250 m이므로 지표면에서 공기 덩어리가 상승할 때 1250 m까지는 건조 단열선을 따라 기온이 낮아져 1250 m에서의 기온은 $30 \text{ °C} - 12.5 \text{ °C} = 17.5 \text{ °C}$ 가 된다. 이후에는 습윤 단열선을 따라 기온이 낮아지며 상승하므로 17.5 °C에서 12.5 °C까지 5 °C가 하강하기 위해서는 1000 m를 더 상승해야 한다. 따라서 ㉢은 2250 m이다.

04 핀 현상

산 사면을 따라 공기 덩어리가 상승할 때에는 단열 팽창이 일어나서 상승 응결 고도 이상에서는 구름이 생성되어 비가 내리고, 산 정상을 넘어 하강할 때는 단열 압축이 일어나므로, 산을 넘기 전에 비하여 고온 건조한 상태가 된다.

✕ A의 공기 덩어리가 산을 넘어 C에 도달하면 기온은 상승하고 절대 습도는 감소하므로 상대 습도가 낮아진다. 따라서 상대 습도는 A보다 C에서 낮다.

㉣ 이 공기 덩어리는 지표면에서 높이 1 km까지는 건조 단열선을 따라 기온이 하강하며 이동하고, 1 km에서 B까지는 습윤 단열선을 따라 기온이 하강하며 이동한다. 이 공기 덩어리는 높이 1 km에서 기온이 15 °C이고, B에서는 기온이 10 °C이다. 높이 1 km에서 B까지는 구름이 형성되어 있으므로 포화 상태이고 기온과 이슬점이 같다. B에서 C로 이동하는 동안은 공기 덩어리가 불포화 상태이므로 이슬점 감률을 고려하면 C에서 이 공기 덩어리의 이슬점은 14 °C이다.

✕ B에서 C로 하강하는 동안 단열 압축에 의해 절대 습도가 증가한다.

05 대기 안정도

기온 감률이 단열 감률보다 작으면 기층은 안정하고, 기온 감률이 단열 감률보다 크면 기층은 불안정하다.

✕ h 보다 높은 구간에서는 기온 감률이 단열 감률보다 작으므로 h 보다 높은 구간의 기층은 안정하다.

㉣ h 의 불포화 공기 덩어리를 아래로 내리면 주위보다 기온이 낮으므로 지표 쪽으로 계속 하강한다.

㉤ 지표면에서 주위 공기보다 기온이 높은 불포화 공기 덩어리는

자발적으로 상승하면서 건조 단열 감률로 기온이 낮아진다.

06 대기 안정도와 굴뚝의 연기

안정한 기층에서는 공기의 연직 운동이 활발하지 않으므로 연기가 수평 방향으로 퍼져 나가고, 불안정한 기층에서는 공기의 연직 운동이 활발하므로 연기가 굽이치는 모양으로 퍼져 나간다.

㉠. (가)의 A 구간에서는 굴뚝에서 나온 연기가 아래위로 굽이치며 퍼져 나가는 것으로 보아 대기가 불안정함을 알 수 있다. 불안정한 기층은 기온 감률이 단열 감률보다 클 때 형성된다.

✕. (나)에서 B 구간으로는 굴뚝에서 나온 연기가 퍼져 나가지 않는다. 이것으로 보아 B 구간에는 대기가 안정한 부분이 있다는 것을 알 수 있다.

✕. (나)에서 B보다 높은 곳에서는 굴뚝에서 나온 연기가 넓은 범위로 퍼져 나가므로 대기가 불안정함을 알 수 있다. 역전층은 높이가 높아질수록 기온이 상승하는 층으로, 역전층에서는 기층이 안정하다.

07 구름의 생성

지표면에서 공기 덩어리가 가열되어 주위 공기보다 가벼워지면 상승하기 시작한다. 상승하는 공기 덩어리의 온도와 이슬점이 같아지면 포화 상태에 도달하여 구름이 생성되기 시작한다.

✕. 지표 부근에서 상승하는 공기 덩어리는 높이가 높아질수록 기온과 이슬점의 차가 점점 작아지다가 기온이 이슬점과 같아지면 포화 상태에 도달한다. 따라서 공기 덩어리가 지표면에서 h_1 까지 상승하는 동안 상대 습도는 점점 증가한다.

㉠. $h_1 \sim h_2$ 의 구간에서 상승하는 공기 덩어리는 포화 상태이므로 공기 덩어리의 내부에서는 수증기가 응결하면서 응결열이 방출된다.

㉡. 지표에서 가열된 불포화 공기 덩어리는 건조 단열선을 따라 기온이 낮아지면서 상승하다가 포화 상태에 도달하는 높이(h_1)에서부터 구름이 생성되기 시작한다. 이후 습윤 단열선을 따라 기온이 낮아지면서 공기 덩어리의 온도와 주변 공기의 온도가 같아지는 높이(h_2)까지 상승한다. 지표면에서 공기 덩어리의 이슬점이 높을수록 구름이 생성되기 시작하는 높이(h_1)가 낮고, 상승하는 공기 덩어리의 온도와 주변 공기의 온도가 같아지는 높이(h_2)가 높으므로 생성되는 구름의 두께($h_2 - h_1$)가 두껍다.

08 안개

지표 부근에서 수증기가 응결되어 생성된 작은 물방울이 공기 중에 떠 있는 것을 안개라고 한다. 안개는 공기의 냉각이나 수증기량의 증가에 의해 생성된다.

㉠. 전선 안개, 증발 안개는 수증기량의 증가에 의해 생성되는 안개(A)이고, 활승 안개, 이류 안개, 복사 안개는 공기의 냉각에 의해 생성되는 안개(B)이다.

✕. 전선 안개는 전선 부근에서 약한 비가 내려 수증기가 증발할 때 생성된다. 단열 팽창에 의해 생성되는 안개는 지형을 따라 공기가 상승할 때 단열 팽창에 의해 냉각되면서 생성되는 활승 안개이다.

✕. 복사 안개는 복사 냉각에 의해 지표면의 기온이 하강할 때 생성된다. 가을철 바람이 거의 없는 맑은 날 새벽에는 지표면의 복사 냉각이 활발하게 일어나므로 복사 안개가 잘 생성된다.

3점 수능 테스트

본문 116~119쪽

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

01 단열 변화

공기 덩어리가 외부와의 열 교환 없이 주위 기압 변화에 의한 부피 변화로 인해 공기 덩어리 내부의 온도가 변하는 현상을 단열 변화라고 한다. 공기가 단열 팽창하면 온도가 하강하고, 단열 압축하면 온도가 상승한다.

ㄱ. (나)에서 주사기의 피스톤을 밀어 넣으면 밀폐 용기에 들어 있는 풍선 내부의 공기가 압축되므로 단열 압축에 해당한다. 따라서 풍선 내부의 온도는 (가)보다 (나)가 높다.

ㄴ. (다)에서 조절 밸브를 열면 밀폐 용기 내부의 공기가 밖으로 빠져나오면서 풍선의 부피가 팽창한다. 따라서 풍선의 부피는 (나)보다 (다)가 크다.

ㄷ. 공기 덩어리가 하강하면 주위의 기압이 높으므로 공기 덩어리가 압축되면서 내부 에너지가 증가하여 온도가 높아지므로 (나)에 해당한다.

02 상승 응결 고도

건조 단열 감률은 $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$, 습윤 단열 감률은 $5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 이다. 불포화 공기가 건조 단열선을 따라 기온이 낮아지면서 상승하다가 포화 상태에 도달하면 구름이 생성되는데, 이 높이를 상승 응결 고도라고 한다.

ㄱ. 포화 상태에 도달하기 전까지는 $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 의 비율로 기온이 낮아지며, 포화 상태에 도달한 후에는 $5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 의 비율로 기온이 낮아진다. 불포화 상태로 상승하는 높이를 $x(\text{km})$, 포화 상태로 상승하는 높이를 $y(\text{km})$ 라고 하면 $x+y=4$ 이며, (가)에서 $30-(10x+5y)=5$, (나)에서 $35-(10x+5y)=5$ 가 성립한다. (가)에서 $x=1, y=3$ 이므로 (가)의 상승 응결 고도는 1 km이고 (나)에서 $x=2, y=2$ 이므로 (나)의 상승 응결 고도는 2 km이다.

ㄷ. 지표면에서 기온이 T 이고, 이슬점이 T_d 인 공기 덩어리가 단열 상승할 때, 상승 응결 고도 $H(\text{m})=125(T-T_d)$ 이다. (가)에서 $1000=125 \times (30-T_d)$ 이므로 (가)의 지표면에서의 이슬점은 22°C 이다. (나)에서 $2000=125 \times (35-T_d)$ 이므로 (나)의 지표면에서의 이슬점은 19°C 이다.

ㄹ. (가)의 상승 응결 고도는 1 km로, 이 높이까지는 건조 단열선을 따라 기온이 낮아지므로 이 높이에서 공기 덩어리의 온도는 20°C 이다. (나)의 상승 응결 고도는 2 km로, 이 높이에서 공기 덩어리의 온도는 15°C 이다.

03 핀 현상

공기 덩어리가 산을 넘을 동안 구름이 생성되어 비가 내리면 산을 넘은 후 공기 덩어리는 산을 넘기 전과 비교했을 때 기온은 상승하고, 이슬점은 하강하며, 상대 습도와 절대 습도는 감소한다.

㉠. 공기 덩어리가 첫 번째 산을 오를 때 상승 응결 고도는 $125 \times (34-26)=1000 \text{ m}$ 이다. 공기 덩어리가 1000 m까지 상승하는 동안 건조 단열선을 따라 10°C 하강하고, 이후 1000 m를 상승하는 동안 습윤 단열선을 따라 5°C 하강한다. 따라서 첫 번째 산 정상에서 공기 덩어리의 온도는 19°C 이다.

㉡. 첫 번째 산 정상에서 공기 덩어리의 온도는 19°C 이고 산을 내려올 때 건조 단열선을 따라 기온이 상승하므로 B에서 공기 덩어리의 온도는 39°C 이다. 첫 번째 산 정상에서 공기 덩어리는 포화 상태이므로 이슬점은 공기 덩어리의 온도와 같은 19°C 이며 산을 내려와 B에 도달하면 이슬점은 23°C 가 된다. B에 도달한 공기 덩어리의 상승 응결 고도는 $125 \times (39-23)=2000 \text{ m}$ 이므로 공기 덩어리가 높이 1400 m인 두 번째 산을 넘을 때는 구름이 형성되지 않는다.

㉢. 공기 덩어리가 첫 번째 산을 오를 때는 구름이 형성되어 비가 내린다. 하지만 두 번째 산을 오를 때는 구름이 형성되지 않는다. 따라서 A, B, C에서의 절대 습도는 $A > B = C$ 이다.

04 핀과 기후

바람의 진행 경로에 높은 산이 위치하면 바람이 불어 올라가는 쪽에 구름이 형성되어 비가 내리고, 바람이 정상을 넘어 불어 내려가는 쪽에는 건조한 날씨가 나타난다.

㉠. 적도에서 위도 30° 사이에서는 동풍 계열의 무역풍이 분다. 이 섬은 위도 약 $19^{\circ}\text{N} \sim 20^{\circ}\text{N}$ 부근에 위치하므로 무역풍대에 위치한다.

ㄱ. 이 섬에서는 동풍 계열의 무역풍에 의해 주로 산의 동쪽에 구름이 형성되어 비가 내리므로 강수량은 A 지역이 B 지역보다 적다. 따라서 ㉠은 B 지역, ㉡은 A 지역의 월별 강수량 분포를 나타낸 것이다.

㉢. 이 섬은 무역풍대에 속하므로 동풍 계열의 바람이 지속적으로 불고 있다. 공기 덩어리가 섬의 중앙에 위치한 높은 산을 넘을 때 산의 동쪽 지역에서 구름이 형성되어 비가 내리고 산을 넘은 공기 덩어리는 산을 넘기 전에 비하여 기온은 상승하고 상대 습도는 감소한다. 따라서 연평균 기온은 A 지역이 B 지역보다 높을 것이다.

05 구름의 생성과 대기 안정도

공기 덩어리는 같은 높이의 주변보다 기온이 높으면 상승하려는 성질이 있고, 기온이 낮으면 하강하려는 성질이 있다. 불포화 상태의 공기 덩어리가 상승할 때는 1 km마다 기온이 약 10°C 씩 낮아지고, 이슬점은 약 2°C 씩 낮아진다.

✕. 상승 응결 고도 $H(m) = 125(T - T_d)$ 이고, 상승 응결 고도에서는 기온(T)과 이슬점(T_d)이 같다. 높이 1000 m에서 기온과 이슬점의 차가 0이므로 상승 응결 고도는 1000 m이고, 지표면에서 A의 기온이 25 °C이므로 이슬점은 17 °C이다.

㉠. 공기 덩어리 A의 상승 응결 고도는 1000 m이므로 1000 m에서 구름이 생성되기 시작하고, 이후 습윤 단열선을 따라 기온이 낮아지면서 주변의 기온과 같아지는 2500 m까지 상승한다. 따라서 이 지역에서는 두께 약 1500 m의 구름이 생성된다.

✕. 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 절대 불안정 상태이고, 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으면 절대 안정 상태이다. 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 크고, 건조 단열 감률보다 작으면 조건부 (불)안정 상태이다. 높이 2500~3000 m 구간의 기온 감률은 4.2 °C/km이므로 습윤 단열 감률보다 작다. 따라서 높이 2500~3000 m 구간의 기층은 절대 안정 상태이다.

06 구름의 생성

불포화 공기가 건조 단열선을 따라 기온이 낮아지면서 상승하다가 포화 상태에 도달하면 구름이 만들어진다. 이후 공기 덩어리는 습윤 단열선을 따라 상승해야 하는데 주위보다 기온이 높으면 계속 상승할 수 있지만 주위보다 기온이 낮으면 상승이 억제된다.

㉠. (가)와 (나) 모두 상승하는 공기 덩어리가 포화 상태에 도달하는 높이가 1 km이다. 따라서 구름 밑면의 높이는 (가)와 (나)가 같다.

✕. (가)에서는 높이 1 km 이후 습윤 단열선을 따라 상승하는 공기는 높이 약 1.2 km 이후 주위보다 기온이 낮으므로 상승이 억제되어 두께 약 200 m의 구름이 형성된다. (나)에서는 높이 1 km 이후 습윤 단열선을 따라 상승하는 공기는 주위보다 기온이 높으므로 계속 상승하며, 습윤 단열선과 주위 기온선이 같아지는 높이 2 km까지 상승하여 두께 약 1 km의 적운을 만든다. 따라서 생성되는 구름의 두께는 (가)보다 (나)에서 두껍다.

✕. (가)에서 높이 1 km까지 상승한 공기 덩어리를 강제로 상승시키면 습윤 단열선을 따라 기온이 낮아지므로 주변의 공기보다 기온이 낮다. 따라서 높이 1 km까지 상승한 공기 덩어리를 높이 2 km까지 강제로 상승시키면 다시 원래의 위치로 하강한다.

07 대기 안정도

기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으면 기층은 안정하고, 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 기층은 불안정하다. 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 크고 건조 단열 감률보다 작으면 공기 덩어리가 포화 상태인 경우에는 불안정하고, 불포화 상태인 경우에는 안정하다.

㉠. 불포화 상태의 공기가 상승할 때는 건조 단열선을 따라 기온이 낮아지고, 포화 상태의 공기가 상승할 때는 습윤 단열선을 따

라 기온이 낮아진다. 높이 h_1 의 공기는 $h_2 \sim h_3$ 구간에서 습윤 단열선을 따라 기온이 낮아지므로 포화 상태이다.

㉠. 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 절대 불안정 상태이고, 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으면 절대 안정 상태이다. 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 크고, 건조 단열 감률보다 작으면 조건부 (불)안정 상태이다. 높이 $h_3 \sim h_4$ 구간에서는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크므로 기층의 안정도는 절대 불안정이다.

㉠. 높이 $h_1 \sim h_2$ 구간에서 기온 감률은 습윤 단열 감률보다 작고, 높이 $h_3 \sim h_4$ 구간에서 기온 감률은 건조 단열 감률보다 크다. 건조 단열 감률은 습윤 단열 감률보다 크므로 높이에 따른 기온 감률은 높이 $h_1 \sim h_2$ 구간이 $h_3 \sim h_4$ 구간보다 작다.

08 역전층과 대기 오염

하층의 공기 온도가 상층의 공기 온도보다 낮아서 안정한 상태의 기층을 역전층이라고 한다. 역전층이 형성되면 공기의 상승이나 하강 운동이 억제된다.

㉠. $t_1 \sim t_2$ 시기에 지표 부근의 기온 변화는 약 14 °C이고, 높이 500 m 부근의 기온 변화는 약 3 °C이다. 따라서 $t_1 \sim t_2$ 시기에 기온 변화는 지표 부근이 높이 500 m 부근보다 크다.

✕. t_1 일 때 높이 200~600 m 구간에서는 높이에 따른 기온 변화가 거의 없고, t_2 일 때 높이 200~600 m 구간의 평균 기온 감률은 약 1 °C/100 m이다. 따라서 높이 200~600 m 구간의 평균 기온 감률은 t_1 일 때보다 t_2 일 때가 크다.

✕. t_1 일 때 지표 부근에서는 높이가 높아질수록 기온이 높아지고, t_2 일 때 지표 부근에서는 높이가 높아질수록 기온이 낮아진다. 따라서 t_1 일 때는 이 지역의 지표 부근에 역전층이 형성되었고, t_2 일 때는 역전층이 소멸하였다. 역전층은 절대 안정한 층이므로 공기의 연직 운동이 일어나지 않아 지표 부근에서 배출되는 대기 오염 물질이 위아래로 퍼져 나가지 않고 지표 부근에 쌓이게 된다. 따라서 지표 부근에서 배출되는 대기 오염 물질의 연직 확산은 t_1 일 때보다 t_2 일 때가 활발했을 것이다.

07

대기의 운동과 대기 대순환

2점 수능 테스트

본문 128~131쪽

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

01 토리첼리의 기압 측정

기압은 단위 면적에 작용하는 공기의 무게를 뜻하며, 공기 기둥의 평균 밀도를 ρ , 중력 가속도를 g , 공기 기둥의 높이를 h 라고 하면 기압 P 는 다음과 같다.

$$P = \rho gh$$

✗. 압력은 단위 면적에 작용하는 힘으로 유리관의 지름이 더 큰 것으로 실험을 해도 수는 기둥의 높이는 변하지 않는다.

○. 수는 기둥의 압력과 대기압은 같다. 기압이 낮을수록 평형을 이루는 수는 기둥의 압력도 작아지기 때문에 수는 기둥의 높이는 낮아진다. 따라서 기압이 1000 hPa인 곳에서 실험하면 수는 기둥의 높이는 76 cm보다 낮다.

✗. 액체나 공기 기둥의 압력 P 는 $P = \rho gh$ 를 이용하여 구할 수 있다. 같은 기압에서 밀도가 7.6 g/cm^3 인 액체로 실험할 때 액체 기둥의 높이를 h 라고 하면 $13.6 \text{ g/cm}^3 \times 980 \text{ cm/s}^2 \times 76 \text{ cm} = 7.6 \text{ g/cm}^3 \times 980 \text{ cm/s}^2 \times h$ 의 관계가 성립하므로 h 는 136 cm가 된다.

02 기압 경도력

두 지점 사이의 기압 차이에 의해 생기는 힘을 기압 경도력이라고 하며 기압 경도력은 바람을 일으키는 근원적인 힘이다.

○. 직육면체의 부피가 $S\Delta L$ 이므로 공기 덩어리의 질량은 $\rho S\Delta L$ 이다.

○. A면에 작용하는 힘이 B면에 작용하는 힘보다 크다. 따라서 기압 경도력의 방향은 서쪽이다.

✗. 기압 차에 의한 힘은 A면에서 B면 쪽으로 작용하고, 그 크기는 $S\Delta P$ 이다. 직육면체의 공기 덩어리의 질량은 $\rho S\Delta L$ 이므로 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력(P_H)은 $P_H = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{S\Delta P}{S\Delta L} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$ 이다. 따라서 ΔP 와 ΔL 이 일정할 때 공기 덩어리의 밀도 ρ 가 클수록 기압 경도력은 작다.

03 전향력

전향력은 지구 자전에 의해 나타나는 겉보기 힘으로 지구상에서

운동하는 물체에 작용한다. 북반구에서는 물체가 진행하는 방향의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구에서는 물체가 진행하는 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용한다. 공기 1 kg에 작용하는 전향력(C)은 $C = 2v\Omega \sin\varphi$ (v : 운동 속도, Ω : 지구 자전 각속도, φ : 위도)이다.

○. 그림에서 위도가 높아질수록 전향력이 커지는 것을 확인할 수 있다. 위도가 φ 일 때 전향력의 크기는 $\sin\varphi$ 에 비례한다.

✗. 전향력은 물체의 운동 속력에 비례한다. 속력이 A m/s인 물체에 작용하는 전향력은 같은 위도에서 속력이 20 m/s인 물체에 작용하는 전향력보다 작으므로 A는 20보다 작다.

○. 적도에서 운동하는 물체에는 수평 방향의 전향력이 작용하지 않으며, 북극과 남극에서 전향력은 최댓값을 갖는다.

04 지균풍

지표면의 마찰력이 작용하지 않는 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 직선으로 나란할 때 부는 바람을 지균풍이라고 한다. 지균풍에서는 기압 경도력과 전향력이 평형을 이룬다. 지균풍은 북반구의 경우 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구의 경우 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 분다.

○. 지균풍에서는 기압 차이에 의한 기압 경도력과 지구 자전에 의한 전향력이 평형을 이룬다. ㉠은 기압이 높은 곳에서 기압이 낮은 곳으로 작용하는 힘이므로 기압 경도력이고, ㉡은 풍향의 왼쪽 직각 방향으로 작용하는 전향력이다.

○. B에서는 공기 덩어리가 기압 경도력에 의해 처음 움직이기 시작할 무렵이므로 풍속이 느리지만, 이후 풍속이 점점 증가하여 지균풍이 부는 A에서 가장 빠르다.

○. ㉠은 기압 경도력이며 바람이 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 불고 있다. 따라서 이 지역은 남반구에 위치해 있다.

05 경도풍

지표면의 마찰이 작용하지 않는 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 원형이나 곡선일 때 부는 바람을 경도풍이라고 한다. 경도풍은 기압 경도력, 전향력, 구심력이 균형을 이루며 등압선과 나란하게 분다.

✗. 등압선의 중심부가 바깥쪽보다 기압이 낮으므로 A는 기압이 높은 곳에서 기압이 낮은 곳으로 작용하는 기압 경도력이고, B는 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 전향력이다.

✗. 경도풍에서는 기압 경도력과 전향력의 차가 구심력으로 작용한다. 따라서 A와 B의 차는 구심력이다.

○. 북반구에서 경도풍은 중심부가 고기압일 때는 시계 방향으로 불고, 중심부가 저기압일 때는 시계 반대 방향으로 분다. 남반구에서 경도풍은 중심부가 고기압일 때는 시계 반대 방향으로 불고, 중심부가 저기압일 때는 시계 방향으로 분다. 이 지역은 북반구에

위치하고 중심부가 저기압이므로 바람은 시계 반대 방향으로 등압선과 나란하게 분다.

06 지상풍

지표면의 마찰력이 작용하는 높이 1 km 이하의 대기 경계층(마찰층)에서 등압선이 직선일 때 부는 지상풍에는 기압 경도력, 전향력, 마찰력이 작용한다.

✕. 지상풍은 기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 등압선과 비스듬하게 불고, 기압 경도력은 기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 등압선에 수직으로 작용하므로 B는 기압 경도력이다. 기압 경도력이 등압선 X에서 등압선 Y 쪽으로 작용하므로 X의 기압은 Y의 기압보다 높다.

✕. 바람의 왼쪽 직각 방향으로 작용하는 A는 전향력이고, 등압선에 수직으로 작용하는 B는 기압 경도력이다.

㉠. 기압 경도력에 대하여 왼쪽으로 비스듬하게 바람이 불고 있으므로 이 지역은 남반구이다.

07 지상풍과 경도풍

마찰력이 작용하는 지상에 원형의 등압선이 형성되면 마찰력에 의해 바람이 등압선에 비스듬하게 분다.

✕. (가)는 등압선과 나란하게 시계 방향으로 바람이 부는 것으로 보아 남반구 상층 대기에 형성된 저기압이다. (나)는 저기압의 중심부를 향해 시계 반대 방향으로 바람이 불어 들어가므로 북반구 지상에 형성된 저기압이다.

㉠. (가)는 등압선에 나란하게 바람이 부는 것으로 보아 상층 대기에서 부는 경도풍이며, (나)는 등압선에 비스듬하게 바람이 부는 것으로 보아 지상풍이다. 따라서 바람이 부는 높이는 (가)가 (나)보다 높다.

㉡. 바람에 작용하는 기압 경도력은 고기압에서 저기압으로 등압선에 직각인 방향으로 작용한다. (가)와 (나) 모두 중심부가 저기압이므로 A와 B에서 기압 경도력은 모두 서쪽으로 작용한다.

08 지군풍과 지상풍

지군풍은 마찰력이 작용하지 않는 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루며 부는 바람이고, 지상풍은 마찰력이 작용하는 높이 1 km 이하의 대기 경계층(마찰층)에서 전향력과 마찰력의 합력이 기압 경도력과 평형을 이루며 부는 바람이다.

㉠. 지상풍은 높이가 높아질수록 마찰력이 감소하므로 바람과 등압선이 이루는 각이 작아지고, 풍속이 증가하며, 바람에 작용하는 전향력이 커진다. A는 B보다 등압선과 이루는 각이 크고, 풍속이 느리므로 전향력은 A가 B보다 작다.

㉡. B는 등압선에 대하여 비스듬하게 불고, C는 등압선과 거의 나란하게 분다. 따라서 바람에 작용하는 마찰력은 B가 C보다 크다.

㉢. 기압 경도력은 기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 등압선에 직각 방향으로 작용하고, 북반구에서 전향력은 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 작용한다. C에서는 기압 경도력이 북쪽으로 작용하고 전향력이 남쪽으로 작용한다.

09 편서풍 파동의 발생 원인

편서풍 파동은 저위도와 고위도의 기온 차와 지구 자전에 의한 전향력 때문에 발생한다.

㉠. 고위도는 저위도보다 기온이 낮기 때문에 등압면이 저위도에서 고위도 쪽으로 기울어진다. 등압면이 Y에서 X 쪽으로 기울어져 있으므로 위도는 X가 Y보다 높다.

✕. 기압 경도력은 기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 작용한다. 기압은 A보다 B가 높으므로 A와 B 사이에서 기압 경도력은 B에서 A 쪽으로 작용한다.

㉡. 저위도와 고위도의 기온 차가 작아지면 등압면의 기울기가 작아지고 기압 경도력이 작아지므로 A와 B 사이에서 부는 바람의 풍속이 작아진다.

10 편서풍 파동과 지상의 기압 배치

편서풍 파동의 기압골 서쪽 지상에는 고기압, 기압골 동쪽 지상에는 저기압이 형성된다.

㉠. 기압골의 서쪽에 위치한 A에서는 풍속이 느려지며 공기의 수렴이 일어난다.

㉡. 기압골의 서쪽에 위치한 A에서는 상층 공기의 수렴으로 지상에 고기압이 발달할 가능성이 크다.

㉢. 기압골의 동쪽에 위치한 B에서는 상층 공기의 발산으로 지상에서는 상승 기류가 발달할 가능성이 크다.

11 대기 순환의 규모

대기 순환은 공간 규모와 시간 규모에 따라 미규모, 중간 규모, 종관 규모, 지구 규모로 구분하며, 공간 규모가 클수록 시간 규모도 크다. (가)는 토네이도, (나)는 태풍, (다)는 뇌우이다.

✕. 토네이도의 시간 규모는 수 분~수 시간이고, 태풍의 시간 규모는 수일~1주일이다. 따라서 지속 시간은 태풍이 토네이도보다 길다.

✕. 태풍은 뇌우에 비하여 대체로 공간 규모가 크다.

㉠. 공간 규모가 작은 대기 순환은 전향력의 효과가 무시할 수 있을 정도로 작다. (가), (나), (다) 중 전향력의 영향을 가장 크게 받는 것은 공간 규모와 시간 규모가 가장 큰 태풍이다.

12 해륙풍과 산곡풍

맑은 날 해안의 약 1 km 이하의 고도에서 육지와 바다의 온도 차에 의해 발생하는 바람을 해륙풍이라고 한다. 하루를 주기로 낮에는 해풍이, 밤에는 육풍이 분다. 맑은 날 산등성이와 골짜기의 온도 차에 의해 발생하는 바람은 산곡풍이다. 주기는 하루이고, 낮에는 곡풍이, 밤에는 산풍이 분다.

㉠. 기온이 높을수록 공기가 팽창하여 등압면의 간격이 넓어진다. (가)에서 등압면의 간격이 육지가 바다보다 넓으므로 기온은 육지가 바다보다 높다.

㉡. 낮에는 산의 경사면이 빠르게 가열되면서 경사면과 접해 있는 공기가 같은 고도의 주위 공기에 비해 온도가 높아 경사면을 따라 상승하게 된다. 이를 곡풍이라고 한다. 밤에는 산의 경사면이 빠르게 냉각되면서 경사면과 접해 있는 공기가 같은 고도의 주위 공기에 비해 온도가 낮아 경사면을 따라 하강하게 된다. 이를 산풍이라고 한다. (나)에서는 산의 경사면이 같은 고도의 주위보다 기압이 낮으므로 곡풍이 불고 있다.

㉢. (가)는 육지 쪽의 등압면이 바다보다 더 넓으므로 육지 쪽이 고온인 낮이다. (나)에서는 산 경사면이 같은 고도의 주위보다 기압이 낮으므로 산 경사면이 가열된 낮이다.

13 지구의 열수지

지구 전체가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양과 지구 전체가 우주 공간으로 방출하는 지구 복사 에너지의 양은 같다.

㉠. 빙하는 반사율이 매우 높으므로 빙하의 면적이 증가하면 지구에서 반사되는 에너지의 양이 증가하여 지표에 흡수되는 에너지 A의 양은 감소한다.

㉡. B는 지표면이 방출하는 복사 에너지이다. 지표는 평균 온도가 낮기 때문에 복사 에너지를 주로 적외선의 형태로 방출한다.

㉢. 대기 중 온실 기체의 양이 증가하면 대기에서 지표로 복사하는 에너지 C의 양이 증가하고, 그 결과 지표의 평균 기온이 상승하여 지표가 방출하는 에너지 B의 양도 증가한다.

14 대기 대순환

(가)는 지구가 자전하지 않는 경우, (나)는 지구가 자전하는 경우의 대기 대순환 모델을 나타낸 것이다. 지구가 자전하지 않는 경우 북반구와 남반구에 각각 하나의 순환 세포가 형성되고, 지구가 자전하는 경우 북반구와 남반구에 각각 세 개의 순환 세포가 형성된다.

㉡. (가)에서는 위도 60°N 부근에서 북풍, 위도 60°S 부근에서 남풍이 불고 대기의 연직 운동은 일어나지 않는다. 그러나 (나)에서는 위도 60° 부근에서 편서풍과 극동풍이 만나 한대 전선대가 형성된다. 따라서 위도 60° 부근의 강수량은 (가)보다 (나)가 많다.

㉢. 지구가 자전하는 경우 위도 30° 부근에서는 하강 기류가 발달하여 고압대가 형성된다.

㉣. 지구가 자전하지 않는 경우 북반구의 지표 부근에서는 고위도에서 저위도 쪽으로 북풍이 불고, 남반구의 지표 부근에서는 고위도에서 저위도 쪽으로 남풍이 분다. 그러나 지구가 자전하는 경우 북반구와 남반구의 위도가 45°인 지역에서는 전향력의 영향으로 편서풍이 분다.

15 대기 대순환과 제트류

지구 전체 규모에서 일어나는 대기 대순환은 적도~위도 30°에서 일어나는 해들리 순환, 위도 30°~60°에서 일어나는 페렐 순환, 위도 60°~90°에서 일어나는 극순환으로 이루어져 있다. 제트류는 대류권 계면 부근에서 부는 매우 빠른 서풍 계열의 흐름으로 위도 30° 부근에서 형성되는 아열대 제트류와 한대 전선대 부근에서 형성되는 한대 전선 제트류가 있다.

㉠. A는 극순환, B는 페렐 순환, C는 해들리 순환이다. 극순환과 해들리 순환은 직접 순환이고, 페렐 순환은 간접 순환이다.

㉡. 제트류 J₁은 한대 전선 제트류이다. 한대 전선 제트류는 겨울철이 여름철보다 남북 간의 기온 차이가 크기 때문에 기압 경도력이 커져서 제트류의 풍속이 더 빠르게 나타난다.

㉢. 제트류 J₂는 아열대 제트류이다. 한대 전선 제트류와 아열대 제트류는 모두 서풍 계열이다.

16 대기와 해수에 의한 에너지 수송

지구 전체적으로는 복사 평형 상태이지만 저위도는 흡수하는 태양 복사 에너지의 양이 방출하는 지구 복사 에너지의 양보다 많아서 에너지 과잉 상태이고, 고위도는 흡수하는 태양 복사 에너지의 양보다 방출하는 지구 복사 에너지의 양이 많아서 에너지 부족 상태이다. 대기와 해수의 순환에 의해 저위도의 과잉 에너지가 고위도로 이동하므로 지구는 전체적으로 에너지 평형을 이루고 있다.

㉠. 저위도는 에너지 과잉, 고위도는 에너지 부족 상태이므로 에너지 수송의 방향은 주로 저위도로부터 고위도로 향한다.

㉡. 위도 20°N 부근에서는 대기에 의한 에너지 수송량보다 해수에 의한 에너지 수송량이 더 많다.

㉢. 위도가 60°N보다 높은 고위도에서는 해수에 의한 에너지 수송량은 매우 적고 대부분의 에너지 수송은 대기에 의해 이루어진다.

3점 수능 테스트

본문 132~139쪽

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

01 토리첼리의 기압 측정

기압은 단위 면적에 작용하는 공기의 무게를 뜻하며, 지표면에서 위로 올라갈수록 공기의 밀도가 작아지고, 공기 기둥이 짧아지므로 기압이 낮아진다.

㉠. 기압이 1013 hPa일 때 토리첼리의 기압 측정 실험을 하면 유리관 속 수은 기둥의 높이는 76 cm가 되고 유리관을 기울여도 수은 기둥의 수직 높이는 변하지 않는다. 그림에서 기압이 1013 hPa 이면 $\cos 60^\circ = \frac{76 \text{ cm}}{l}$ 이므로, $l = \frac{76 \text{ cm}}{\cos 60^\circ} = 152 \text{ cm}$ 이다. 따라서 기압이 1013 hPa일 때 l 은 152 cm이다.

㉡. 지표면에서 위로 올라갈수록 공기의 밀도가 작아지고, 공기 기둥이 짧아지므로 기압이 낮아진다. 따라서 수은 기둥의 높이가 감소하고 l 도 감소한다.

㉢. 유리관을 수직으로 세우면 유리관 속 수은 기둥의 높이는 변하지 않으므로 유리관 내부의 수은의 양은 감소한다.

02 지균풍

지표면의 마찰력이 작용하지 않는 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 직선으로 나란할 때 부는 바람을 지균풍이라고 한다. 지균풍에서는 기압 경도력과 전향력이 평형을 이룬다. 지균풍은 북반구의 경우 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구의 경우 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 분다.

㉠. P 지점에서는 기압 경도력이 북쪽으로, 전향력이 남쪽으로 작용한다. 북반구에서는 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 지균풍이 분다. 따라서 이 지역에서 지균풍은 서에서 동으로 분다. Q 지점에서는 기압 경도력이 남쪽으로, 전향력이 북쪽으로 작용한다. 남반구에서는 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 지균풍이 분다. 따라서 이 지역에서 지균풍은 서에서 동으로 분다.

㉡. 지균풍에서는 기압 경도력과 전향력이 평형을 이룬다. 따라서 다음의 관계가 성립한다.

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L} = 2v\Omega \sin \varphi$$

(ρ : 공기의 밀도, ΔP : 두 등압선 사이의 기압 차, ΔL : 등압선 간격, v : 운동 속도, Ω : 지구 자전 각속도, φ : 위도)

따라서 지균풍의 풍속(v)은 $v = \frac{1}{2\rho\Omega \sin \varphi} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$ 로 구할 수 있다.

$\frac{1}{\sin \varphi}$ 은 P 지점이 Q 지점의 $\frac{\sqrt{6}}{2}$ 배이고, $\frac{\Delta P}{\Delta L}$ 는 P 지점이 Q 지점의 2배이므로 지균풍의 풍속은 P 지점이 Q 지점의 $\sqrt{6}$ 배이다.

㉢. 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력의 크기는 $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$ 이다.

Q 지점의 등압선 간 거리가 P 지점의 2배이므로 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력은 P 지점이 Q 지점보다 2배 크다.

03 지상풍과 지균풍

지상풍은 마찰력 때문에 등압선과 비스듬하게 기압이 높은 쪽에서 기압이 낮은 쪽으로 분다. 고도가 높아지면서 마찰력이 감소하므로 풍속은 증가하고 풍향은 등압선에 나란해진다.

㉠. a는 지상풍의 방향과 반대 방향으로 작용하는 마찰력이다. 마찰력이 커지면 바람의 방향이 등압선과 이루는 각 θ 는 증가한다.

㉡. b는 전향력이고, c는 기압 경도력이며, a와 b의 합력은 지상풍에 작용하는 기압 경도력과 평형을 이룬다. 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력의 크기는 $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$ 이다. 지상과 상층에서 등압면 사이의 거리 ΔL 과 기압 차 ΔP 는 같고 공기의 밀도 ρ 는 상층이 작으므로, 기압 경도력의 크기는 지상이 상층보다 작다. 따라서 a와 b의 합력의 크기는 c보다 작다.

㉢. 지상에서는 남서풍이 불다가 고도가 높아짐에 따라 풍향이 점점 등압선에 나란한 방향으로 변하고 마찰력이 작용하지 않는 고도에 도달하면 풍향이 등압선과 나란한 서풍이 된다. 따라서 지표면으로부터 고도가 높아짐에 따라 풍향은 시계 방향으로 변한다.

04 경도풍과 지상풍

높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 원형이나 곡선일 때 부는 바람을 경도풍이라고 한다. 이때 기압 경도력과 전향력의 차이가 구심력으로 작용한다. 마찰력이 작용하는 지상에서는 마찰력에 의해 바람이 등압선에 대하여 비스듬하게 분다.

㉠. (가)와 (나)는 등압선에 나란하게 바람이 불고 있는 것으로 보아 마찰력이 작용하지 않는 상층 대기에서 부는 경도풍이고, (다)는 등압선에 비스듬하게 바람이 부는 것으로 보아 지상에서 부는 지상풍이다. 공기 1 kg에 작용하는 기압 경도력의 크기는 $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$ 이다. (다)는 (가)에 비하여 공기의 밀도가 크기 때문에 기압 경도력이 작고, 지표면과의 마찰력이 작용하기 때문에 (가)에 비하여 풍속이 작다.

㉡. (가)는 고기압에서 시계 방향으로 바람이 불고 있고, (나)는 저기압에서 시계 반대 방향으로 바람이 불고 있다. 따라서 (가)와 (나)는 북반구에 위치해 있다. (다)는 기압 경도력에 대하여 오른쪽으로 비스듬하게 바람이 불고 있으므로 이 지역은 북반구이다.

㉢. (가)에서 $|전향력| = |기압 경도력 + 구심력|$, (나)에서 $|전향력|$

력 = |기압 경도력 - 구심력|으로 (가)의 전향력이 (나)보다 크다. (다)는 전향력과 마찰력의 합력이 기압 경도력과 평형을 이루므로 전향력은 기압 경도력보다 작다.

05 지상풍과 경도풍

지표 부근에서는 지표면과의 마찰 때문에 등압선에 비스듬하게 바람이 불고, 상층 대기에서는 지표면과의 마찰이 없기 때문에 등압선에 나란하게 바람이 분다.

✕. A 지역에는 기압 경도력, 전향력, 마찰력의 영향으로 북풍 계열의 바람이 분다.

○. B는 상층 대기로 지표면과의 마찰이 없기 때문에 등압선에 나란하게 바람이 분다. 저위도 쪽이 고위도 쪽보다 기압이 높기 때문에 기압 경도력은 고위도 쪽으로, 전향력은 저위도 쪽으로 작용하므로 서풍 계열의 바람이 분다.

○. 저위도가 고위도보다 기온이 높기 때문에 등압면은 고위도 쪽으로 기운다. 따라서 500 hPa 등압면의 높이는 B가 C보다 낮다.

06 편서풍 파동 실험

회전 원통 실험에서 회전판을 이용하여 원통을 회전시키면 물의 흐름이 파동을 형성하는데, 회전 속도가 빠를수록 파동의 수가 늘어난다.

○. (가)에서 열선이 든 바깥쪽 원통은 가열된 공기가 상승하는 저위도 지역에 해당하고, 열음이 든 안쪽 원통은 냉각된 공기가 침강하는 고위도 지역에 해당한다.

○. (나)는 회전 원통을 빠르게 회전시킬 때 물의 흐름을 나타낸 것이다. 회전 원통을 빠르게 회전시키면 파동의 안쪽과 바깥쪽에 회전 방향이 서로 반대인 소용돌이가 만들어진다.

○. 회전판을 빠르게 회전시킬 때는 편서풍 파동에 해당하는 흐름이 나타나고, 회전판을 느리게 회전시킬 때는 물이 따뜻한 외벽을 따라 상승하고 열음이 든 내벽을 따라 하강하는 해들리 순환에 해당하는 흐름이 나타난다. (다)는 (나)에 비하여 회전 원통의 회전 속도가 느릴 때 물의 흐름을 나타낸 것이다. 따라서 해들리 순환에 해당하는 흐름은 (나)보다 (다)에서 뚜렷하게 나타난다.

07 편서풍 파동과 지상의 고기압, 저기압

상층 대기의 운동은 지상에 형성되는 저기압, 고기압과 밀접한 관련이 있다. 상층 대기에 나타나는 편서풍 파동은 시간이 지남에 따라 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 지상의 기압 배치도 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

○. 편서풍 파동의 기압골 동쪽에는 상층 발산 영역이 형성되며, 이로 인해 하층 공기의 상승 운동이 유도되어 지상에 저기압이 발달한다. 따라서 중위도 저기압의 발달 단계에서 상층 기압골은 지상 저기압의 서쪽에 위치한다.

✕. 상층의 기압골과 기압 마루는 편서풍 파동에 의해 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 지상의 고기압과 저기압도 서쪽에서 동쪽으로 이동해 간다. 상층 기압골이 (나)에서는 지상 저기압의 서쪽에 위치했는데, (다)에서는 지상 저기압과 거의 수직선상에 위치했다. 따라서 상층 기압골의 이동 속도는 지상 저기압의 이동 속도보다 빠르다.

✕. (나)에서는 지상 저기압의 상층에서 공기의 발산이 일어나지만, (다)에서는 지상 저기압의 상층에서 공기의 발산이 일어나지 않는다. 따라서 지상 저기압의 중심에서 공기의 연직 운동은 (다)보다 (나)에서 강하게 일어난다.

08 편서풍 파동의 변동

편서풍 파동은 저위도와 고위도의 기온 차이와 지구 자전에 의한 전향력에 의해 발생하며, 저위도의 남는 에너지를 고위도로 수송하여 전 지구적 에너지 평형에 중요한 역할을 한다.

✕. A는 편서풍 파동에서 고위도의 차가운 공기가 저위도 쪽으로 남하하는 것이다. 따라서 A는 같은 위도의 주변 공기보다 온도가 낮다.

○. B는 편서풍 파동의 기압골에서 분리된 소용돌이로 시계 반대 방향으로 회전하는 저기압성 회전을 한다.

○. 진폭이 커지면 저위도의 따뜻한 공기가 고위도로, 고위도의 차가운 공기가 저위도로 이동하여 남북 사이의 에너지 수송이 활발하게 일어난다. 따라서 (가) → (나) → (다) 과정에서 남북 간의 에너지 불균형이 감소한다.

09 대기 대순환과 지상의 기압 배치

실제 지구에서 일어나는 대기 순환은 수륙 분포, 지형, 계절에 따른 남북 간의 온도 차이 등에 의해 복잡하게 나타난다. 지상의 기압 배치는 등압선 분포와 지상에서 부는 바람의 방향을 분석하여 추정할 수 있다.

○. 북태평양에 위치한 A에서는 바람이 시계 방향으로 불어 나오는 것으로 보아 북태평양 고기압이 발달해 있다. 북태평양 고기압은 해들리 순환의 하강 기류에 의해 형성된다.

○. 북태평양과 남태평양의 고기압 사이의 적도 부근에 위치한 B에는 저기압이 발달해 있으며, B 주변에는 북동 무역풍과 남동 무역풍이 만나는 열대 수렴대가 분포한다. 열대 수렴대는 북반구가 겨울철에 남하하고 여름철에 북상한다.

✕. 제트류는 한대 전선대와 중위도 고압대 부근의 상공에 나타난다. 따라서 열대 수렴대가 위치한 B 부근의 상공보다는 중위도 고압대가 위치한 A 부근의 상공에 나타날 가능성이 크다.

10 해륙풍

맑은 날 해안의 약 1 km 이하의 고도에서 낮에는 육지가 바다보

다 빨리 가열되고, 밤에는 육지가 바다보다 빨리 냉각되어 육지와 바다의 온도 차에 의해 발생하는 바람을 해륙풍이라고 한다. 하루를 주기로 하며, 낮에는 해풍이, 밤에는 육풍이 분다.

✕. 낮에는 육지가 바다보다 빨리 가열되므로 육지 쪽에 저기압, 바다 쪽에 고기압이 형성된다. 밤에는 육지가 바다보다 빨리 냉각되어 육지 쪽에 고기압, 바다 쪽에 저기압이 형성된다. (가)는 육지에 저기압, 바다에 고기압이 분포하므로 낮의 기압 분포이고, (나)는 육지에 고기압, 바다에 저기압이 분포하므로 밤의 기압 분포이다.

✕. 해안에서 수평 거리에 따른 기압 차는 (가)가 (나)보다 크다. 따라서 풍속은 (가)가 (나)보다 크다.

㉠. 육지와 바다의 하층 기압 차는 (가)가 (나)보다 크다. 따라서 A와 B의 기온 차는 (가)가 (나)보다 크다.

11 계절풍

여름에는 대륙이 해양보다 빨리 가열되므로 해양에서 대륙으로 바람이 불고, 겨울에는 대륙이 해양보다 빨리 냉각되므로 대륙에서 해양으로 바람이 분다.

✕. (가)에서 해양에서 대륙으로 계절풍이 불고 있으므로 해양 쪽에 고기압, 대륙 쪽에 저기압이 분포한다. 이는 대륙이 해양보다 빨리 가열되어 나타나는 현상이다. 따라서 해양이 대륙보다 평균 기온이 낮다.

㉠. (나)는 대륙에서 해양으로 계절풍이 불고 있으므로 겨울철의 계절풍을 나타낸다. 오스트레일리아는 남반구에 위치하므로 6월부터 8월 사이가 이 시기에 해당한다.

✕. (가)에서는 해양에서 대륙으로 계절풍이 불고 있으므로 공기 중에 수증기가 많이 포함되어 있다. 따라서 오스트레일리아 북부 지역의 강수량은 (가)가 (나)보다 많다.

12 대기 순환의 규모

대기 순환은 공간 규모와 시간 규모에 따라 미규모, 중간 규모, 종관 규모, 지구 규모로 구분하며, 공간 규모가 클수록 시간 규모도 크다.

✕. A는 등압선 간격이 조밀한 태풍이고, B는 전선을 동반한 온대 저기압이다. 지구 규모 순환은 공간 규모가 가장 큰 대기 순환으로, 대기 대순환이나 편서풍 파동 등이 이에 속한다. 태풍과 온대 저기압은 모두 지구 규모 순환보다 공간 규모와 시간 규모가 작다.

㉠. 열대 저기압은 상승하는 수증기가 응결하면서 방출하는 응결열을 에너지원으로 하며, 온대 저기압은 기층의 위치 에너지가 운동 에너지로 전환되며 발달한다. A는 열대 저기압인 태풍이므로 주요 에너지원은 수증기가 응결하면서 방출하는 응결열이다.

✕. 편서풍 파동의 기압골 동쪽에는 상층 공기의 발산이 일어나며

하층 공기의 상승 운동을 유도하고, 서쪽에는 상층 공기의 수렴이 일어나며 하층 공기의 하강 운동이 유도된다. B는 온대 저기압으로 대체로 편서풍 파동의 기압골 동쪽 지상에 발달한다.

13 해수에 의한 에너지 수송

지구 전체적으로는 복사 평형 상태이지만 저위도는 흡수하는 태양 복사 에너지의 양이 방출하는 지구 복사 에너지의 양보다 많아서 에너지 과잉 상태이고, 고위도는 흡수하는 태양 복사 에너지의 양보다 방출하는 지구 복사 에너지의 양이 많아서 에너지 부족 상태이다. 대기와 해수의 순환에 의해 저위도의 과잉 에너지가 고위도로 이동하므로 지구는 전체적으로 에너지 평형을 이루고 있다.

㉠. 북반구에서는 인도양에 의한 에너지 수송은 거의 일어나지 않으며, 지구 전체를 보았을 때도 인도양에 의한 에너지 수송량이 가장 적다.

㉠. 북반구에서는 대서양의 에너지 수송량이 태평양보다 많다. 남반구에서는 태평양의 에너지 수송량이 대서양보다 많다.

✕. 모든 해양에서 에너지 수송은 저위도에서 고위도 쪽으로 일어나는 것은 아니다. 예를 들어 남반구의 대서양에서는 에너지 수송량이 양(+)의 값을 갖는다. 이는 북쪽으로(고위도에서 저위도 쪽으로)의 에너지 수송이 발생함을 의미한다.

14 지구의 열수지

지구는 흡수하는 태양 복사 에너지량과 방출하는 지구 복사 에너지량이 같아서 온도가 일정하게 유지되는 복사 평형 상태이다.

㉠. 적도에서 구름에 의한 흡수량과 반사량의 차이는 약 80 W/m^2 이고, 극지방에서 구름에 의한 흡수량과 반사량의 차이는 약 30 W/m^2 이다. 따라서 구름에 의한 흡수량과 반사량의 차는 적도가 극지방보다 크다.

㉠. 저위도와 중위도에서는 지표면에 의한 반사량이 구름에 의한 반사량의 약 $\frac{1}{4}$ 이며 고위도에서만 지표면에 의한 반사량이 증가한다. 따라서 구름과 대기에 의한 반사량은 지표면에 의한 반사량보다 많다.

㉠. 남극과 북극 부근의 고위도에 분포하는 빙하와 눈은 반사율이 매우 높다. 고위도에서 지표면에 의한 반사량이 증가하는 것은 반사율이 높은 빙하와 눈의 영향 때문이다.

15 제트류

제트류는 편서풍 파동에서 축이 되는 좁고 강한 흐름으로 대류권 계면 부근에서 나타나며, 아열대 고압대는 편서풍과 무역풍의 경계 지역에 형성된다.

✕. 대류권 계면 부근에서 최대 속도가 나타나는 곳이 제트류의 위치이다. (가)는 위도 약 30°N 부근, (나)는 위도 약 40°N 부근

에 제트류가 나타난다. 제트류는 겨울철에 저위도 쪽으로 남하하므로 (가)는 겨울철, (나)는 여름철의 풍속 분포이다.

✗. 제트류의 평균 풍속은 (가)에서 약 40 m/s, (나)에서 약 15 m/s이다. 따라서 제트류의 평균 속도는 겨울철이 여름철보다 크다.

㉠. 편서풍과 무역풍의 경계에 아열대 고압대가 형성된다. 그림에서 풍속 0인 지점이 편서풍과 무역풍의 경계로 겨울철인 (가)보다 여름철인 (나)에서 더 고위도에 나타난다.

16 대기 대순환

대기 대순환은 위도 간 기온 차이와 전향력에 의해 북반구와 남반구에 각각 세 개의 순환 세포가 형성된다. 해들리 순환의 무역풍과 극순환의 극동풍은 동풍 계열, 페렐 순환의 편서풍은 서풍 계열이다.

✗. 열대 수렴대에서는 공기의 수렴과 상승이 일어나며 적도 부근에서 동서 방향 풍속이 약하게 나타난다. 열대 수렴대는 북반구가 여름철일 때 북상하고 겨울철일 때 남하하며, 남반구가 여름철일 때는 이와 반대로 나타난다. 따라서 위도 약 7° 부근에서 풍속이 약한 (나)는 여름철의 풍속을 나타낸 것이다.

㉡. 북반구의 해수면 부근에서 무역풍의 풍속은 겨울철인 (가)에서는 최대 약 5.5 m/s이고, 여름철인 (나)에서는 약 3 m/s이다. 따라서 북반구의 해수면 부근에서 무역풍의 최대 풍속은 겨울철이 여름철보다 크다.

㉢. (가)와 (나) 모두 중위도 해수면 부근에서 편서풍의 풍속은 남반구가 북반구보다 대체로 크다.

08 행성의 운동 (1)

2점 수능 테스트

본문 151~154쪽

01 ㉢ 02 ㉤ 03 ㉢ 04 ㉠ 05 ㉣ 06 ㉠ 07 ㉤
08 ㉡ 09 ㉣ 10 ㉡ 11 ㉢ 12 ㉡ 13 ㉡ 14 ㉠
15 ㉡ 16 ㉣

01 지구상의 위치와 시각

위도는 적도를 기준으로 북쪽과 남쪽을 북위 90°와 남위 90°까지 나타내며, 경도는 그리니치 천문대를 지나는 경선을 기준으로 어떤 위치를 지나는 경선이 이루는 각을 동경과 서경으로 180°까지 나타낸다.

㉠. 위도는 A가 45°N, B가 15°N이므로 A가 B보다 높다.

㉡. 경도는 그리니치 천문대를 지나는 경선을 기준으로 어떤 위치를 지나는 경선이 이루는 각을 동쪽으로는 동경, 서쪽으로는 서경으로 나타낸다. C는 경도가 0°인 경선으로부터 동쪽으로 75° 떨어져 있으므로 경도는 75°E이다.

✗. 표준시는 경도 0°의 시각인 세계 표준시를 기준으로 어떤 지점의 시각을 나타내는 것으로 동쪽으로 갈수록 빠르며, 경도 15°가 1시간에 해당한다. A의 경도는 90°W이므로 A의 표준시는 세계 표준시보다 약 6시간 느리다.

02 천구의 기준점과 기준선

지구의 자전축을 연장할 때 천구와 만나는 두 점은 천구의 북극과 천구의 남극이며, 천구의 적도는 지구의 적도를 연장했을 때 천구와 만나는 대원이다.

✗. 천정 방향에 수직인 대원은 지평선이며, A는 지평선에 위치한다.

✗. B는 천구의 북극과 천구의 남극을 지나는 천구상의 대원이므로 시간권에 해당한다.

✗. 지구 자전축을 연장할 때 천구와 만나는 점은 천구의 북극과 천구의 남극이다. C는 관측자를 지나는 수직선이 위쪽에서 천구와 만나는 점인 천정이다.

✗. D는 천정과 천저를 지나는 천구상의 대원이므로 수직권에 해당한다.

㉤. 자오선은 북점, 천구의 북극, 천정, 남점, 천구의 남극, 천저를 지나는 천구상의 대원이므로, 북점인 A, 천정인 C, 남점인 E는 모두 자오선상에 위치한다.

03 천체의 방위각과 고도

방위각은 북점(또는 남점)을 기준으로 지평선을 따라 시계 방향으로 천체를 지나는 수직권까지 잰 각이며, 고도는 지평선에서 수직권을 따라 천체까지 잰 각이다.

㉠. A는 천구의 적도에 위치하므로 동점에서 떠서 서점으로 진다. 동점에 위치한 천체의 방위각은 90° , 서점에 위치한 천체의 방위각은 270° 이므로 A의 방위각은 뜰 때보다 질 때가 크다.

㉡. 북극성과 천구의 북극의 위치는 거의 일치하며, 지평선으로부터 천체까지 수직권을 따라 잰 각인 고도는 현재 B가 북극성보다 높다.

㉢. A는 일주 운동하는 동안 남쪽 자오선상에 위치할 때 고도가 가장 높으며, B는 그림의 위치에서 고도가 가장 높다. 따라서 이날 최대 고도는 A가 B보다 낮다.

04 태양의 연주 운동과 적도 좌표

태양이 황도를 따라 천구의 남반구에서 북반구로 올라가면서 천구의 적도와 만나는 점은 춘분점이며, 적경은 춘분점을 기준으로 시계 반대 방향(서 → 동)으로 측정한다.

㉠. A와 C는 천구의 적도에 위치하므로, 적위는 0° 로 서로 같다.

㉡. B는 태양이 황도를 따라 천구의 남반구에서 북반구로 올라가면서 천구의 적도와 만나는 점에 위치하므로 춘분점에 위치한다.

㉢. B는 춘분점에 위치하므로 B의 적경은 0^h 이다. 적경은 춘분점을 기준으로 시계 반대 방향(서 → 동)으로 측정하므로 C, D, A의 적경은 각각 6^h , 12^h , 18^h 이다. 따라서 적경은 C가 D보다 작다.

05 천체의 남중 고도

북반구에서 남중 고도는 천체가 남쪽 자오선에 위치할 때 천체의 고도이며, 천체의 적위를 δ , 관측자의 위도를 φ 라고 할 때, $\varphi > \delta$ 인 경우 천체의 남중 고도 $= 90^\circ - \varphi + \delta$ 이다.

㉠. 관측자의 위도는 천구의 적도로부터 천정 방향까지의 각인 θ_2 와 같다. 따라서 북반구에 위치한 관측자의 위도는 $\theta_2 N$ 이다.

㉡. 천체의 적위는 천구의 적도로부터 시간권을 따라 천체까지 잰 각에 해당한다. 천구의 적도로부터 A까지의 각은 θ_3 이며, A는 천구의 북반구에 위치하고 있으므로 A의 적위는 $+\theta_3$ 이다.

㉢. 천체의 적위를 δ , 관측자의 위도를 φ 라고 할 때, 천체의 남중 고도 $= 90^\circ - \varphi + \delta$ 이므로 A의 남중 고도는 $90^\circ - \theta_2 + \theta_3$ 이다.

06 태양의 적위와 일주권

하짓날과 동짓날 태양의 적위는 각각 $+23.5^\circ$, -23.5° 이며, 천체가 일주 운동하는 경로는 천구의 적도와 나란하다.

㉠. (가) 지역은 태양의 일주권이 비스듬하게 기울어져 있으므로 중위도 지역이며, (나)는 태양의 일주권이 지평선과 수직 방향으

로 나타나므로 적도 지역이다.

㉡. (나)는 적도 지역이며, 하짓날에는 태양의 적위가 $+23.5^\circ$ 이므로 태양이 북동쪽 지평선에서 수직으로 떠올라 북서쪽 지평선으로 진다. 동짓날에는 태양의 적위가 -23.5° 이므로 태양이 남동쪽 지평선에서 수직으로 떠올라 남서쪽 지평선으로 진다. 따라서 (나)는 동짓날에 관측한 것이다.

㉢. (가)는 하짓날 관측한 것이므로 춘분날 태양의 남중 고도는 (가)에서의 태양의 고도보다 낮다. (나)는 적도 지역이므로 춘분날 태양은 동점에서 수직으로 떠올라 천정을 지나 서점으로 지므로 남중 고도는 90° 이다. 따라서 춘분날 태양의 남중 고도는 (가) 지역이 (나) 지역보다 낮다.

07 천체의 위치와 일주 운동

천구의 적도보다 위쪽에 위치한 천체의 적위는 (+) 값을 가지며, 태양, A, B는 천구의 적도와 나란한 경로로 일주 운동한다.

㉠. 태양은 천구의 적도보다 위쪽에 위치하고 있으므로 적경은 $0^h \sim 12^h$ 사이의 값을 갖는다. 적경은 천구의 적도를 따라 시계 반대 방향(서 → 동)으로 측정하므로, 적경은 A가 B보다 크다.

㉡. B는 자오선상에 위치하므로 B의 현재 고도는 남중 고도에 해당한다. A는 천구의 적도와 나란하게 일주 운동하며, 자오선상에 위치할 때의 고도는 B보다 높으므로 이날 남중 고도는 A가 B보다 높다.

㉢. 태양은 천구의 적도보다 위쪽에 위치하므로 적위는 (+) 값을 가진다. 따라서 이날 태양은 북동쪽에서 떠서 북서쪽으로 지므로 낮의 길이가 밤의 길이보다 길다.

08 천체의 위치와 좌표계

지구 공전 궤도면은 황도에 해당하며, 동짓날 태양의 적경은 18^h 이다.

㉠. A와 B는 지구 공전 궤도면에 위치하므로 황도상에 위치한다. A는 동짓날 태양과 같은 방향에 위치하므로 A의 적위는 -23.5° 이고, B는 A와 반대 방향에 위치하므로 적위는 $+23.5^\circ$ 이다. 따라서 A와 B의 적위는 같지 않다.

㉡. B는 적경이 18^h 인 동짓날 태양의 반대 방향에 위치하므로 적경은 6^h 이다.

㉢. 동짓날 태양의 적위는 (-) 값을 가지므로 남동쪽에서 떠서 남서쪽으로 진다. 따라서 이날 우리나라에서 태양이 뜰 때의 방위각은 90° 보다 크다.

09 내행성의 위치 관계

A는 내합과 서방 최대 이각 사이, B는 서방 최대 이각, C는 외합에 해당한다.

㉠. A는 내행성이 내합과 서방 최대 이각 사이에 위치할 때이므

로 우리나라에서 내행성은 그믐달 모양으로 관측된다.

㉠ B는 서방 최대 이각에 위치할 때이며, 태양보다 서쪽에 위치하므로 새벽에 동쪽 하늘에서 관측 가능하다.

㉡ 내행성은 내합 부근에서 역행하며, 외합 부근에서는 순행한다. C는 외합에 위치할 때이므로 C 부근에서 내행성은 순행한다.

10 외행성의 위치 관계

A는 충, B는 동구와 합 사이, C는 합에 해당한다.

✕. 외행성은 충에 위치할 때 지구로부터의 거리가 가장 가깝고 가장 보름달에 가까운 위상이 나타나므로 겉보기 밝기가 가장 밝다. 따라서 외행성의 겉보기 밝기는 A에 위치할 때가 B에 위치할 때보다 밝다.

✕. 외행성의 공전 속도는 지구보다 느리므로 지구를 기준으로 한 외행성의 상대적인 위치 변화는 공전 방향의 반대 방향으로 나타난다. B는 동구와 합 사이에 위치하고 있으므로 합에 가까워지고 있다.

㉠. 외행성은 충 부근에서 역행하며 적경이 감소한다. C는 합이므로 C 부근에서 외행성은 순행하며 적경이 증가한다.

11 행성의 관측

내행성은 태양과의 이각이 작아 새벽이나 초저녁에만 관측된다.

✕. 금성은 내행성이므로 태양 부근에서만 관측된다. 그림에서 금성은 서쪽 지평선 부근에서 관측되고 있으므로 태양은 서쪽 지평선 아래에 위치한다. 따라서 관측 시각은 초저녁이다.

✕. 화성이 서구에 위치하는 경우 태양의 오른쪽인 서쪽 90° 방향에 위치하므로 초저녁에는 화성이 지평선 아래에 위치하여 관측되지 않는다. (가)에서 동쪽 하늘에 화성이 관측되고 있으므로 화성은 서구에 위치하지 않는다.

㉠. 금성은 태양보다 동쪽에 위치하고 있으므로 지구로부터의 거리가 점점 가까워지고 있다. 따라서 다음 날 금성의 시지름은 이 날보다 크다.

12 외행성의 순행과 역행

지구에서 같은 시기의 외행성을 향하는 직선을 그려 보면 $b \rightarrow d$ 기간에는 행성의 겉보기 운동이 동 \rightarrow 서 방향으로 나타나므로 역행하고 있음을 알 수 있다.

✕. a 시기에 외행성은 태양의 오른쪽 방향에 위치하며 이각이 90°보다 크므로 충과 서구 사이에 위치하였다.

㉠. a \rightarrow b 기간에는 외행성의 겉보기 운동이 서 \rightarrow 동 방향으로 나타나며, b \rightarrow c 기간에는 외행성의 겉보기 운동이 동 \rightarrow 서 방향으로 나타나므로 a \rightarrow c 기간 동안 순행에서 역행으로 바뀌는 유인 시기가 1번 있었다.

✕. c \rightarrow d 기간에는 외행성이 역행하며 외행성의 겉보기 운동이

동 \rightarrow 서 방향으로 나타나므로 배경별에 대해 서쪽으로 이동한다.

13 프톨레마이오스의 우주관

프톨레마이오스의 우주관에서는 태양과 달을 제외하고 태양계 행성들의 역행 현상을 설명하기 위해 주전원을 도입하였다.

✕. A는 주전원 없이 지구 가장 가까이에서 지구를 직접 공전하고 있으므로 수성이 아니라 달에 해당한다.

㉠. 수성과 금성의 주전원 중심은 지구와 태양을 잇는 직선 위에 위치하며, 태양이 지구 주위를 한 바퀴 공전하는 동안 수성과 금성의 주전원 중심도 같은 주기로 지구 주위를 한 바퀴 공전한다.

✕. A는 주전원 없이 지구 주위를 직접 공전하는 달이므로 역행 현상이 나타나지 않으며, B는 수성이나 금성이므로 주전원을 회전하는 동안 역행 현상이 나타난다.

14 여러 가지 우주관의 특징

(가)는 지구를 중심으로 태양이 공전하고 있으며, 태양계 행성들은 태양을 중심으로 공전하고 있으므로 티코 브라헤의 우주관이다. (나)는 모든 천체가 지구를 중심으로 공전하고 있으며, 행성들은 주전원을 회전하고 있으므로 프톨레마이오스의 우주관이다.

㉠. 티코 브라헤의 우주관에서 지구를 제외한 태양계 행성들은 태양을 중심으로 공전한다.

✕. 금성의 보름달 모양의 위상은 금성이 태양의 뒤편에 위치할 때 나타난다. 프톨레마이오스의 우주관인 (나)에서 금성은 지구와 태양 사이에서 주전원을 회전하므로 태양 뒤편에 위치할 수 없다. 따라서 (나)에서는 금성의 보름달 모양의 위상을 설명할 수 없다.

✕. 별의 연주 시차는 태양을 중심으로 지구가 공전하는 경우에만 설명할 수 있다. (가)와 (나) 모두 우주의 중심은 지구이므로 두 우주관에서는 별의 연주 시차를 설명할 수 없다.

15 프톨레마이오스의 우주관과 금성의 관측

(가)에서 금성은 지구와 태양 사이에서 주전원을 회전하고 있다. (나)는 갈릴레이가 관측한 금성의 위상과 시지름 변화로, 보름달 모양의 금성 위상이 나타나 있다.

✕. 금성이 A에 위치할 때 태양은 금성의 동쪽에 가까이 위치하므로, 북반구에서는 그믐달 모양의 위상으로 나타날 것이다. ㉠은 초승달 모양으로, 태양이 금성보다 서쪽에 위치할 경우에 나타난다.

㉠. ㉠은 보름달 모양의 금성 위상으로, 이러한 위상은 금성이 태양 뒤편에 위치할 경우에 나타난다. (가)에서는 금성이 태양 뒤편에 위치할 수 없으므로 ㉠과 같은 위상이 나타나지 않는다.

✕. 금성이 ㉠과 같이 보름달 모양으로 관측되는 시기는 외합 부근에 위치할 때이며, 이때 금성은 순행한다. 금성은 내합 부근에서 역행한다.

16 티코 브라헤와 코페르니쿠스의 우주관

우주관 A는 행성의 역행과 금성의 보름달 모양의 위상 및 별의 연주 시차를 모두 설명할 수 있으므로 코페르니쿠스의 우주관이며, 우주관 B는 행성의 역행과 금성의 보름달 모양의 위상은 설명이 가능하지만, 별의 연주 시차는 설명할 수 없으므로 티코 브라헤의 우주관이다.

✕. 코페르니쿠스의 우주관인 A와 티코 브라헤의 우주관인 B 모두 주전원 없이 행성의 역행을 설명할 수 있다.

㉠. A에서 행성들은 태양을 중심으로 공전하며, 금성은 태양 가까이에서 공전하고 있으므로 한밤중에는 관측되지 않는 현상을 설명할 수 있다.

㉡. 티코 브라헤는 태양 중심설의 증거인 연주 시차를 측정하려고 노력하였으나 연주 시차가 너무 작아 측정에 실패하면서, 태양 중심설을 포기하고 B와 같은 자신만의 태양계 모형을 제시하였다. 따라서 우주관이 등장한 순서는 A가 B보다 먼저이다.

3점 수능 테스트

본문 155~161쪽

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

01 천체의 위치와 좌표계

천구의 적도는 지구 자전축에 수직이며, 동점과 서점을 지나는 천구상의 대원이다. 황도는 지구가 공전함에 따라 태양이 천구상에서 이동하는 경로로 태양은 황도를 따라 서 → 동으로 이동해간다.

✕. ㉠은 서점을 지나는 천구상의 대원이므로 천구의 적도이다.

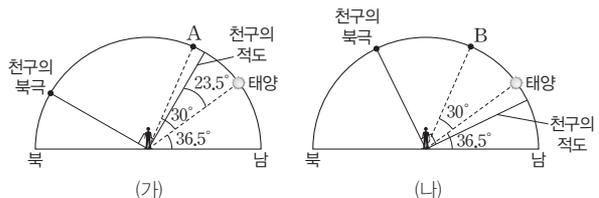
✕. 태양은 천구의 적도보다 아래에 위치하므로 적위는 (-) 값을 갖는다. 태양은 일주 운동하는 동안 천구의 적도와 나란하게 이동하므로 태양은 남서쪽 지평선으로 진다. 동점의 방위각은 90°, 남점의 방위각은 180°, 서점의 방위각은 270°이므로 이날 태양이 질 때의 방위각은 270°보다 작다.

㉡. 그림에서 천구의 적도와 황도가 만나는 점은 태양이 황도를 따라 서 → 동으로 이동하는 동안 적위가 (+)에서 (-)로 바뀌는 지점에 해당하므로 추분점이며, 추분점의 적경은 12h이다. A는 추분점보다 서쪽에 위치하므로 A의 적경은 추분점의 적경인 12h보다 작다.

02 천체의 위치와 좌표계

동짓날 태양의 적위는 -23.5° 이므로 태양은 천구의 적도보다 23.5° 아래에 위치한다. 천구의 적도는 천구의 북극 방향과 수직이며, 천구의 북극의 고도는 그 지역의 위도에 해당한다.

㉠. (가)는 동짓날 관측한 것이므로 천구의 적도는 태양보다 23.5° 위에 위치한다. 따라서 천구의 적도와 천구의 북극의 위치는 아래 그림의 (가)와 같다. (나)는 (가)를 관측한 날로부터 4개월 후이므로, 태양의 적위는 (+) 값을 가지며, 천구의 적도는 태양보다 아래에 위치한다. 따라서 천구의 적도와 천구의 북극의 위치는 아래 그림의 (나)와 같다. 관측자의 위도는 천구의 북극의 고도와 같으므로 관측자의 위도는 천구의 북극의 고도가 더 낮은 (가)가 (나)보다 낮다.



✕. A와 B의 고도는 66.5° 로 서로 같지만, 적위는 천구의 적도로부터 시간권을 따라 잰 각이므로 천구의 적도로부터 천구의 북극 방향으로 잰 각이 더 큰 B의 적위가 더 크다.

✕. 태양은 위도와 관계없이 천구의 적도와 나란하게 일주 운동한다. 따라서 (가)에서는 태양이 천구의 적도보다 아래에서 천구의 적도와 나란하게 일주 운동하며 남동쪽에서 떠서 남서쪽으로 진다. 따라서 지평선 위에 떠 있는 시간은 12시간보다 짧다. (나)에서는 태양이 천구의 적도보다 위에서 천구의 적도와 나란하게 일주 운동하며 북동쪽에서 떠서 북서쪽으로 진다. 따라서 지평선 위에 떠 있는 시간은 12시간보다 길다. 결국, 하루 중 태양이 지평선 위에 떠 있는 시간은 (가)가 (나)보다 짧다.

03 천체의 위치와 좌표계

천정에서 천구의 북극을 지나 지평선까지 내려왔을 때 지평선과 만나는 지점이 북점이다. 그림에서 북점으로부터 시계 반대 방향으로 90° 떨어진 지점은 동점이며, 180° 떨어진 지점은 남점, 270° 떨어진 지점은 서점이다.

㉠. 천구의 북극의 고도는 30° 이며 이는 관측 지역의 위도가 $30^\circ N$ 임을 의미한다. 천구의 적도는 천구의 북극 방향과 수직이므로 천구의 적도가 남쪽 자오선과 만나는 지점의 고도는 60° 이다. 따라서 남쪽 자오선상에서의 고도가 30° 인 A의 적위는 -30° 이다.

㉡. 천구의 북극을 기준으로 같은 방향의 시간권에 위치하는 A와 B의 적경은 서로 같다.

㉢. C는 그림에서 천구의 북극을 중심으로 시계 반대 방향으로 일주 운동한다. C는 아래쪽의 북점과 오른쪽의 동점 사이에 위치하므로 방위각이 $0^\circ \sim 90^\circ$ 사이의 값을 갖지만, 한 시간 동안 약 15° 일주 운동을 하게 되면 천정과 천구의 북극 사이의 자오선에 가까워지며 방위각은 0° 에 가까워진다. 따라서 이로부터 한 시간 동안 C의 방위각은 계속 작아진다.

04 황도와 천구의 적도

공전축에 수직인 평면은 공전 궤도면이며 공전 궤도면이 천구와 만나는 대원은 황도에 해당한다. 천구의 적도는 천구의 북극 방향에 수직인 천구상의 대원이다.

✕. ㉠은 공전축에 수직인 공전 궤도면이 천구와 만나는 대원이므로 황도이다.

㉡. 천구상에서 천구의 북극을 지나서 대원은 시간권에 해당하며, A와 B는 천구의 북극을 지나서 대원의 같은 방향에 위치하므로 같은 시간권에 위치한다.

✕. 적위는 천구의 적도를 기준으로 측정한다. 천구의 적도는 천구의 북극 방향에 수직이면서 천구와 만나는 대원이므로 그림 오른쪽의 천구의 북극 방향에서는 황도보다 아래에 위치한다. 따라서 C는 천구의 적도보다 위쪽에 위치하므로 적위는 (+) 값을 갖는다.

05 태양의 위치와 좌표

(가)와 (나)에서 점선은 동점과 서점을 지나며 정남쪽을 기준으로 대칭적인 모양을 하고 있으므로 시기에 따라 위치가 변하지 않는 천구의 적도이다. 따라서 실선은 황도이다. 태양은 황도를 따라 시계 반대 방향(서 \rightarrow 동)으로 이동하는 동안 천구의 적도를 아래에서 위로 지나가면서 천구의 적도와 만나며, 실선과 점선이 만나는 이 교점은 춘분점이다.

✕. 그림에서 천구의 적도의 최대 고도는 40° 이다. 이는 $(90^\circ - \text{위도})$ 와 같으므로 관측 지역의 위도는 $50^\circ N$ 이다.

㉠. (가)와 (나)의 관측 날짜는 2월 10일과 3월 10일 중 하나이므로 두 시기 모두 태양의 적경은 $20^h \sim 24^h$ 사이이다. 그림에서 황도와 천구의 적도가 교차하는 점은 춘분점이며 적경이 $24^h (= 0^h)$ 이므로 태양은 춘분점보다 약간 오른쪽에 위치한다. 결국 (가)에서는 태양이 남서쪽에, (나)에서는 태양이 남동쪽에 위치하므로 (가)는 초저녁인 2월 10일 17시에 관측한 것이다.

㉡. 태양의 남중 고도는 적위가 클수록 높다. 적위는 춘분날에 가까운 (나)일 때 더 크므로 남중 고도는 (가)보다 (나)일 때 높다.

06 행성의 위치 관계

A는 지구에서 A의 공전 궤도에 점선을 그렸을 때 점점에 위치하며, 태양보다 오른쪽인 서쪽에 위치하므로 서방 최대 이각에 위치한다. B는 동구를 지나 합에 가까워지고 있다.

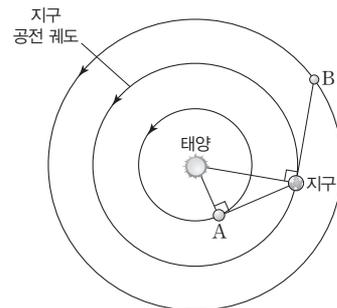
✕. A는 서방 최대 이각에 위치하고 있으므로 우리나라에서 관측했을 때 왼쪽이 빛나는 반달 모양인 하현달 모양으로 관측된다.

✕. B는 태양 뒤편에서 이각이 0° 인 합과 태양의 왼쪽인 동쪽으로 이각이 90° 인 동구 사이에 위치하고 있다.

㉠. 그림에서 이날 A-지구-B가 이루는 각은 90° 이다. A는 서방 최대 이각에 위치하고 있으므로 다음 날 태양과의 이각이 작아지며, B는 합과 동구 사이에 위치하고 있어 다음 날 합에 가까워지므로 태양과의 이각이 작아진다. 결국 다음 날 A, B 모두 태양과의 이각이 작아지므로 A-지구-B가 이루는 각은 이날보다 작다.

07 행성의 위치 관계

내행성인 A는 최대 이각에, 외행성인 B는 구에 위치하므로 궤도 상에 지구의 위치를 그려 보면 아래 그림과 같다.



㉠. 만약 앞의 그림에서 A가 서방 최대 이각에 위치한다고 가정하면 지구가 A를 기준으로 지금의 반대 방향에 위치해야 하는데, 그렇게 되면 B는 구에 위치할 수 없게 된다. 따라서 A는 동방 최대 이각에 위치해야 한다.

✕. B는 태양의 오른쪽인 서쪽으로의 이각이 90°인 지점에 위치하므로 서구에 위치한다. 태양보다 오른쪽인 서쪽으로의 이각이 90°이므로 초저녁에는 지평선 아래에 위치하여 관측이 불가능하다.

㉡. 다음 날 A는 이각이 작아지므로 남중 시각이 빨라지며, B는 충에 가까워지므로 남중 시각이 빨라진다. 따라서 다음 날 A와 B의 남중 시각은 모두 이날보다 빠르다.

08 행성의 위치 관계와 관측상의 특징

금성은 3월 말에 외합에 위치하였고 10월 말에 동방 최대 이각에 위치할 때까지 지구로부터의 거리가 가까워지면서 순행한다. 천왕성은 5월 초에 합에 위치하였고, 이후 서구를 지나 11월 초에 충에 위치하였다.

✕. 2월 말에 금성은 외합에 가까워지는 시기이므로 태양보다 오른쪽인 서쪽에 위치하여 새벽에 관측 가능하다. 같은 시기에 천왕성은 합에 가까워지고 있으므로 태양보다 왼쪽인 동쪽에 위치하여 새벽에는 관측이 불가능하다.

㉢. 4월에 금성은 외합을 지나 동방 최대 이각에 접근하고 있으므로 지구로부터의 거리가 가까워진다. 따라서 시지름은 점차 커진다.

㉣. 내행성은 내합 부근에서 역행하는데 6월에 금성은 외합과 동방 최대 이각 사이에 위치하므로 순행한다. 외행성은 충 부근에서 역행하는데, 6월에 천왕성은 합을 지나 충에 가까워지고 있으며 8월 말의 유가 나타나기 전이므로 순행한다. 두 행성 모두 순행하고 있으므로 배경별에 대해서 → 동으로 이동하는 겉보기 운동이 나타난다.

09 행성의 뜨는 시각과 위치 관계

태양보다 서쪽에 위치한 행성은 태양보다 먼저 뜨고 먼저 진다.

㉠. 6월 중순에 A는 자정에 떴다. 내행성의 이각은 90°보다 작으므로 내행성은 자정에 뜰 수 없다. 따라서 A는 외행성이다.

㉢. 5월에 B는 태양보다 늦게 떴다. 따라서 B는 태양보다 동쪽에 위치하므로, 새벽에는 관측이 불가능하고, 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측 가능하다.

㉣. 7월에 수성은 태양보다 먼저 떴다. 태양보다 먼저 뜬 수성은 태양보다 서쪽에 위치하므로 지구로부터 멀어진다. 같은 시기에 화성은 태양보다 나중에 떴으므로 태양보다 동쪽에 위치한다. 따라서 화성은 합에 가까워지므로 지구로부터 멀어진다.

10 행성의 시지름 변화와 위치 관계

행성의 시지름은 지구로부터의 거리가 가까울수록 크다. 내행성

이 지구에 가장 가까울 때의 위치는 내합 부근이므로 내행성의 시지름은 내합 부근에서 가장 크며, 외행성이 지구에 가장 가까울 때의 위치는 충 부근이므로 외행성의 시지름은 충 부근에서 가장 크다.

✕. T_1 일 때 화성의 시지름이 최대이다. 따라서 T_1 일 때 화성은 충 부근에 위치하였으며, 이때 화성은 태양의 반대편에 위치하므로 약 12시간 동안 관측 가능하다.

✕. T_2 일 때 금성의 시지름이 최대이다. 내행성의 시지름은 내합 부근에 위치할 때 가장 크므로 T_2 일 때 금성은 내합 부근에 위치한다. 금성이 보름달에 가까운 모양으로 관측되는 시기는 금성이 외합 부근에 위치할 때이다. 따라서 T_2 일 때 금성은 보름달 모양으로 관측되지 않는다.

㉢. T_3 일 때는 금성과 수성의 시지름이 최대였다가 점차 작아지는 시기이므로 지구로부터의 거리가 멀어지는 시기이다. 따라서 이 시기에 금성과 수성은 태양보다 오른쪽인 서쪽에 위치하므로 모두 새벽에 동쪽 하늘에서 관측 가능하다.

11 목성의 겉보기 운동

목성의 겉보기 운동이 서 → 동으로 일어나면 순행, 동 → 서로 일어나면 역행이다. 목성은 공전하는 동안 대부분 순행하며 충 부근에서 잠시 역행이 일어난다.

㉠. 목성의 역행은 충 부근에서 일어난다. 그림에서 목성은 순행하다가 역행한 후 다시 순행하였으므로 이 기간 동안 목성은 동구와 충 사이에 위치한 적이 있다.

✕. 목성은 공전하는 동안 대부분 순행하며 충 부근에서 잠시 역행한다. 그림에서 적경이 감소하며 잠시 역행하는 시기가 나타나므로 이 기간 동안 목성의 겉보기 운동은 ㉠의 반대 방향으로 일어났다.

✕. 목성이 가장 밝게 관측되는 시기는 충 부근에 위치할 때이며, 이때 천구상에서 목성의 위치는 역행하는 경로의 가운데 즈음에 해당한다. 그림에서 목성은 A와 B 사이에서 겉보기 운동을 하였으므로 이 시기에 목성의 적경은 약 22^{h} 이다. 충일 때 태양은 목성의 반대 방향에 위치하므로 이때 태양의 적경은 약 10^{h} 이다. 따라서 목성이 가장 밝게 관측되는 시기에 우리나라의 계절은 여름과 가을 사이였다.

12 행성까지의 거리 변화와 위치 관계

토성은 외행성이며, 토성까지의 거리가 가장 가까운 시기인 7월 말~8월 초에는 토성이 충에 위치한 적이 있다.

✕. 8월 초에 토성은 충 부근에 위치하였으므로 태양과 토성은 지구를 중심으로 반대 방향에 위치한다. 8월 초에 태양의 적경은 약 9^{h} 이므로 토성의 적경은 약 21^{h} 이다.

㉢. 7월 초는 토성이 충에 위치하기 얼마 전이므로 토성이 서구와

층 사이에 위치한다. 서구와 층 사이에 위치한 토성은 새벽에 관측 가능하다.

✕. 지구로부터 토성까지의 거리가 가장 가까울 때는 층 부근에 위치할 때이며, 거리는 약 8.9 AU이다. 지구 공전 궤도 반지름은 1 AU이므로 지구로부터 합에 위치한 토성까지의 거리는 약 10.9 AU이다. 4월 1일에 지구로부터 토성까지의 거리는 이보다 훨씬 가까우므로 4월 1일에 토성은 합에 위치하지 않았다.

13 적도 좌표와 행성의 위치 관계

적경은 서 → 동으로 갈수록 커지므로 적경이 상대적으로 큰 천체가 상대적으로 동쪽에 위치한다. 행성은 순행하는 동안 적경이 증가하며, 역행하는 동안 적경이 감소한다.

✕. 우리나라에서 남중 고도는 적위가 클수록 높다. 9월 8일에 적위는 태양이 수성보다 크므로, 남중 고도도 태양이 수성보다 높다.

✕. 9월 초에는 수성과 화성의 적경이 태양보다 크다. 따라서 수성과 화성은 태양보다 상대적으로 동쪽에 위치하므로 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

✕. 10월 말에는 화성의 적경이 태양의 적경보다 작다. 따라서 화성은 합과 서구 사이에 위치하므로 지구로부터 화성까지의 거리는 점점 가까워진다.

㉠. 10월 28일에 태양과의 적경 차는 수성이 화성보다 크므로 태양과의 이각은 수성이 화성보다 크며, 적위도 수성이 화성보다 크므로 관측할 수 있는 시간은 수성이 화성보다 길다.

✕. 이 기간 동안 수성의 적경은 증가하다가 감소한 후 다시 증가하므로 역행한 적이 있지만, 화성의 적경은 계속 증가하였으므로 화성은 역행한 적이 없다.

14 연주 시차와 티코 브라헤의 우주관

연주 시차는 지구가 태양 주위를 공전함에 따라 지구의 위치가 달라지고, 이로 인해 배경별에 대해 가까운 별의 상대적인 위치가 달라지면서 나타난다. 티코 브라헤의 우주관에서 우주의 중심은 지구이다.

㉠. 연주 시차는 지구가 태양 주위를 공전하면서 지구의 위치가 달라지기 때문에 나타난다.

✕. (가)에서 연주 시차는 지구로부터 별까지의 거리가 멀수록 작아진다.

㉡. 티코 브라헤는 태양 중심설의 증거인 연주 시차를 측정하려 하였으나 연주 시차가 너무 작아 측정에 실패하였다. 이후 티코 브라헤는 태양 중심설을 포기하고, 우주의 중심은 지구이고 달과 태양은 지구를 중심으로 공전하며, 수성, 금성, 화성, 목성, 토성은 태양을 중심으로 공전한다는 (나)와 같은 태양계 모형을 주장하였다.

09 행성의 운동 (2)

2점 수능 테스트

본문 169~171쪽

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

01 태양계 행성들의 회합 주기

내행성의 지구와의 회합 주기는 공전 궤도 반지름이 클수록 길며, 외행성의 지구와의 회합 주기는 공전 궤도 반지름이 클수록 짧다.

㉠. 공전 주기는 공전 궤도 반지름이 클수록 길다. 금성은 수성보다 공전 궤도 반지름이 크므로 공전 주기가 길다.

㉡. 수성은 지구보다 공전 속도가 매우 빠르므로 회합 주기가 매우 짧다. 또한 외행성의 회합 주기는 지구에서 멀어질수록 1년에 가까워지므로, 그래프에서 회합 주기가 외행성들보다 짧은 수성의 회합 주기는 1년보다 짧다.

㉢. 외행성은 공전 주기가 길수록 회합 주기가 짧아지며 1년에 가까워진다.

02 공전 속도와 회합 주기

A는 60일 동안 공전한 각도가 30°이므로 하루에 0.5°씩 공전하며, B는 60일 동안 공전한 각도가 60°이므로 하루에 1°씩 공전한다.

㉠. A는 하루에 0.5°씩 공전하므로, 한 바퀴인 360°를 공전하는데 720일이 걸린다. 따라서 A의 공전 주기는 720일이다.

㉡. A의 공전 주기는 720일이며, B의 공전 주기는 360일이다. A의 공전 주기를 P_A , B의 공전 주기를 P_B , 회합 주기를 S 라고

할 때 $\frac{1}{S} = \frac{1}{P_B} - \frac{1}{P_A}$ 이므로 $\frac{1}{S} = \frac{1}{360\text{일}} - \frac{1}{720\text{일}}$ 이다. 따라서 A와 B의 회합 주기인 S 는 720일이므로 A의 공전 주기와 같다.

✕. 두 행성이 하루 동안 공전한 각도 차가 작을수록 회합 주기는 길어진다. B가 60일 동안 공전한 각도가 60°보다 작다면 A와 B가 하루 동안 공전한 각도 차가 작아지므로 A와 B의 회합 주기는 더 길어질 것이다.

03 공전 주기와 회합 주기

그림에서 태양이 서쪽 지평선으로 지고 있으며 금성과 화성이 서쪽 하늘에서 관측되고 있으므로, 금성과 화성은 모두 태양보다 동쪽에 위치하고, 화성은 태양과의 이각이 금성보다 작으므로 동구와 합 사이에서 합 부근에 위치하고 있다.

㉠. 화성의 공전 주기가 1.88년이므로 이날로부터 1년째 되는 날

화성은 반 바퀴보다 약간 더 공전한 곳에 위치하며, 지구의 위치는 그대로이다. 이날 화성은 합보다 약간 동쪽에 위치하므로 지구로부터의 거리가 매우 멀지만, 이날로부터 1년째 되는 날 화성은 서구와 충 사이에 위치하므로 지구로부터 화성까지의 거리는 이날보다 가깝다.

✕. 금성의 공전 주기는 0.62년이다. 지구의 공전 주기를 E , 금성의 공전 주기를 P , 금성의 회합 주기를 S 라고 할 때 $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$ 이다. 따라서 금성의 회합 주기는 약 1.63년이며, 이날로부터 1.63년째 되는 날 금성, 지구, 태양의 위치 관계는 이날과 거의 같다. 따라서 이날로부터 1.63년째 되는 날에는 이날과 같이 초저녁에 서쪽 하늘에서 금성을 관측할 수 있다.

㉔. 화성의 공전 주기는 1.88년이므로 이날로부터 2년째 되는 날에 화성은 한 바퀴보다 약간 더 공전한 곳에 위치하며, 지구의 위치는 그대로이다. 따라서 이날로부터 2년째 되는 날 화성의 이각은 이날보다 크다.

04 회합 주기와 공전 주기

내행성의 회합 주기는 공전 주기가 길수록 길어지며, 외행성의 회합 주기는 공전 주기가 길수록 짧아진다.

㉑. X보다 바깥쪽에서 공전하는 행성은 중심별로부터의 평균 거리가 멀수록 공전 주기가 길어지므로 회합 주기가 짧아져야 한다. 만약 X가 A와 B 사이에서 공전한다면 외행성인 B와 C 중 중심별로부터의 거리가 더 먼 C의 회합 주기가 더 짧아야 하지만, 자료에서는 C의 회합 주기가 더 길기 때문에 맞지 않는다. 따라서 X는 B보다 바깥쪽에서 공전해야 하므로 중심별로부터의 평균 거리는 X가 B보다 멀다.

㉒. A는 X보다 안쪽에서 공전하므로 X를 기준으로 할 때 A는 내행성에 해당한다. A의 공전 주기를 P_A , X의 공전 주기를 P_X , 회합 주기를 S 라고 할 때 $\frac{1}{S} = \frac{1}{P_A} - \frac{1}{P_X}$ 이므로 $\frac{1}{120} = \frac{1}{100} - \frac{1}{P_X}$ 이다. 따라서 X의 공전 주기는 600일이다. 마찬가지로 B의 공전 주기를 계산해 보면 ㉑는 300이다.

㉓. X는 B와 C 사이에 공전하므로 C와 D는 외행성에 해당하며, D는 C보다 공전 주기가 길어 더 바깥쪽에서 공전하므로 X와의 회합 주기는 C보다 짧아야 한다. 따라서 ㉑는 4200보다 작다. 회합 주기를 구하는 공식을 이용하여 계산한 ㉑의 값은 1800이다.

05 타원 궤도 법칙

공전 궤도 긴반지름을 a , 초점 거리를 c , 공전 궤도 이심률을 e 라고 할 때, $e = \frac{c}{a}$ 이다.

㉑. 그림에서 공전 궤도 긴반지름은 5 AU, 초점 거리는 1.5 AU

이므로 이심률(e)은 $e = \frac{c}{a}$ 에서 $\frac{1.5}{5} = 0.3$ 이다.

✕. 행성이 공전하는 동안 태양으로부터 행성까지의 평균 거리는 공전 궤도 긴반지름에 해당한다. 따라서 이 행성이 공전하는 동안 태양으로부터 행성까지의 평균 거리는 공전 궤도 긴반지름인 5 AU이다.

✕. 근일점 거리는 공전 궤도 긴반지름에서 초점 거리를 뺀 값과 같다. 공전 궤도 긴반지름은 5 AU, 초점 거리는 1.5 AU이므로 근일점 거리는 3.5 AU이다.

06 면적 속도 일정 법칙

T_1 과 T_2 기간 동안 공전한 궤도상의 길이는 서로 같지만, 태양과 행성을 잇는 선분이 각각의 기간 동안 쓸고 지나간 면적은 다르다.

㉑. T_1 과 T_2 기간에 궤도상에서 이동한 거리는 서로 같다. 태양으로부터의 평균 거리는 T_2 기간보다 T_1 기간에 멀기 때문에 평균 공전 속도는 T_1 기간에 더 느리다. 따라서 같은 거리를 공전하는 데 걸린 시간은 평균 공전 속도가 느린 T_1 기간이 T_2 기간보다 길다.

㉒. 태양과 행성을 잇는 선분이 같은 시간 동안 쓸고 지나간 면적은 같다. 행성이 공전한 시간은 T_1 기간이 T_2 기간보다 길기 때문에 태양과 행성을 잇는 선분이 쓸고 지나간 면적은 T_1 기간일 때가 T_2 기간일 때보다 넓다.

✕. 행성은 T_1 기간 동안 전체 공전 궤도 길이의 $\frac{1}{4}$ 을 공전하였지만, 태양으로부터의 거리가 멀어 공전 속도가 느린 부분을 공전하였으므로 실제 공전한 시간은 공전 주기의 $\frac{1}{4}$ 보다 길다. 따라서 이 행성의 공전 주기는 $4T_1$ 보다 짧다.

07 행성의 공전 궤도 긴반지름과 이심률

공전 궤도 긴반지름을 a , 초점 거리를 c , 공전 궤도 이심률을 e 라고 할 때, $e = \frac{c}{a}$ 이다.

✕. 공전 궤도가 원에 가까울수록 이심률이 작다. 네 행성 중 공전 궤도 이심률이 가장 작은 행성은 이심률이 0.017인 지구이다.

㉑. 공전 주기를 P (년), 공전 궤도 긴반지름을 a (AU)라고 할 때, $\frac{a^3}{P^2} = 1$ 이다. 화성의 공전 궤도 긴반지름은 1.524 AU이므로 $\frac{1.524^3}{P^2} = 1$ 이다. 따라서 화성의 공전 주기는 $1.524^{\frac{3}{2}}$ 년이므로 $1.5^{\frac{3}{2}}$ 년보다 길다.

㉒. 원일점 거리=(공전 궤도 긴반지름+초점 거리)이며, 근일점 거리=(공전 궤도 긴반지름-초점 거리)이다. 따라서 (원일점 거리-근일점 거리)는 초점 거리의 2배에 해당한다. $e = \frac{c}{a}$ 에서 지

구 공전 궤도의 초점 거리는 0.017 AU이므로, (원일점 거리-근일점 거리)는 0.034 AU가 되어 0.03 AU보다 크다.

08 케플러 법칙

㉠은 ㉡보다 안에서 공전하고 있으므로 공전 주기는 ㉠이 ㉡보다 짧다.

㉢. A는 1년 동안 전체 면적의 $\frac{1}{4}$ 을 공전하였으므로, 전체 면적을 공전하는 데에는 4년이 걸린다. 따라서 A의 공전 주기는 4년이다.

✕. A의 공전 주기는 4년이며, B는 1년 동안 전체 면적의 $\frac{1}{32}$ 을 공전하였으므로 B의 공전 주기는 32년이다. 따라서 B의 공전 주기는 A보다 8배 길다. 케플러 제3법칙에서 공전 주기를 P (년), 공전 궤도 긴반지름을 a (AU)라고 할 때, $\frac{a^3}{P^2}=1$ 이므로, 공전 주기가 8배 길면 공전 궤도 긴반지름은 4배 길다. 따라서 공전 궤도 긴반지름은 B가 A보다 4배 길다.

✕. A의 공전 주기는 4년이므로 이날로부터 16년째 되는 날에는 현재와 같은 곳에 위치한다. B의 공전 주기는 32년이므로, 이날로부터 16년째 되는 날 B는 원일점에 위치한다. 따라서 A로부터 B까지의 거리는 이날이 이날로부터 16년째 되는 날보다 가깝다.

09 쌍성계와 케플러 법칙

쌍성계를 구성하는 두 별 A와 B의 질량을 각각 m_A , m_B , 공통 질량 중심으로부터의 거리를 각각 a_A , a_B 라고 할 때 $m_A \cdot a_A = m_B \cdot a_B$ 가 성립한다.

㉠. 쌍성계를 구성하는 두 별 A와 B의 공전 주기는 서로 같다.

✕. 쌍성계를 구성하는 두 별의 질량과 공통 질량 중심으로부터의 거리를 곱한 값은 서로 같으므로 $m_A \cdot a_A = m_B \cdot a_B$ 이다. 따라서 A의 질량인 $m_A = m_B \times \frac{a_B}{a_A}$ 이다.

✕. A와 B 사이에 작용하는 만유인력은 A와 B의 원운동을 일으키는 구심력으로 작용하며, 그 크기는 서로 같다.

10 조화 법칙

공전 주기를 P (년), 공전 궤도 긴반지름을 a (AU)라고 할 때, $\frac{a^3}{P^2}=1$ 이다.

✕. 공전 궤도 긴반지름이 2 AU인 가상의 태양계 행성은 공전 궤도 긴반지름이 지구보다 2배 크다. $\frac{a^3}{P^2}=1$ 이므로, a 가 2배일 때 이 행성의 공전 주기인 P 는 지구보다 $2\sqrt{2}$ 배 길다.

㉢. 지구에서 A의 공전 주기를 직접 측정하기는 어려우므로, A와 지구와의 회합 주기를 구하면 A의 공전 주기를 계산할 수 있

다. 또한 공전 주기를 알면 그래프에서와 같은 공전 주기와 공전 궤도 긴반지름과의 관계를 이용하여 공전 궤도 긴반지름을 구할 수 있다.

✕. 그래프에서 B의 공전 궤도 긴반지름을 세제공한 값이 3.5보다 크다. 따라서 공전 주기를 세제공한 값도 3.5보다 커야 한다. B의 공전 주기가 1.8년이라고 할 때 $(1.8)^2=3.24$ 이므로 3.5보다 작다. 따라서 B의 공전 주기는 1.8년보다 길다.

11 쌍성계의 운동

쌍성계를 구성하는 두 별의 공전 주기는 서로 같으므로 A와 B의 공전 주기는 모두 3년이다. A와 B의 공통 질량 중심으로부터의 거리는 각각 3 AU와 1 AU이다.

✕. A와 B의 질량을 각각 m_A , m_B 라고 할 때 $m_A \cdot a_A = m_B \cdot a_B$ 가 성립한다. a_A 와 a_B 는 각각 3 AU와 1 AU이므로 질량은 B가 A보다 3배 크다.

✕. a_A , a_B 가 각각 3 AU, 1 AU이므로 공전 궤도의 길이는 A가 B보다 3배 길다. A와 B의 공전 주기가 같으므로 공전 속도는 A가 B보다 3배 빨라야 한다.

㉢. 태양의 질량을 M_\odot , 두 쌍성 사이의 거리를 a 라고 할 때, 케플러 제3법칙에 따르면 $m_A + m_B = \frac{a^3}{P^2} M_\odot$ 가 성립한다. 공전 주기는 3년, 두 쌍성 사이의 거리는 4 AU이므로 $m_A + m_B = \frac{4^3}{3^2} M_\odot$ 이다. 따라서 A와 B의 질량을 더한 값은 태양 질량의 7배보다 크다.

12 쌍성계와 케플러 법칙

두 쌍성계 (가)와 (나)의 공전 주기는 서로 같다. 태양의 질량을 M_\odot , 두 쌍성 A와 B의 질량을 각각 m_A , m_B , A와 B 사이의 거리를 a , 공전 주기를 P 라고 할 때, $m_A + m_B = \frac{a^3}{P^2} M_\odot$ 이다.

✕. (가)에서 두 별 A, B의 공통 질량 중심으로부터의 거리는 각각 3 AU, 1 AU이다. A와 B의 공통 질량 중심으로부터의 거리를 각각 a_A , a_B 라고 할 때 $m_A \cdot a_A = m_B \cdot a_B$ 가 성립하므로 질량은 B가 A보다 크다.

㉢. 쌍성계 (나)에서 C와 D의 질량은 각각 $16M_\odot$, $8M_\odot$, C와 D 사이의 거리는 6 AU이므로, $m_C + m_D = \frac{a^3}{P^2} M_\odot$ 에서 $(16+8)M_\odot = \frac{a^3}{P^2} M_\odot$ 이다. 따라서 C와 D의 공전 주기 P 는 3년이다.

✕. 쌍성계 (가)에서 A와 B 사이의 거리는 4 AU, 공전 주기는 (가)와 (나)가 같으므로 3년이다. $m_A + m_B = \frac{a^3}{P^2} M_\odot$ 에서 $m_A + m_B = \frac{4^3}{3^2} M_\odot$ 이므로 쌍성계 (가)의 질량은 약 $7M_\odot$ 이다. D의 질량은 $8M_\odot$ 이므로 질량은 (가)가 D보다 작다.

3점 수능 테스트

본문 172~177쪽

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

01 하루 평균 공전 각도와 회합 주기

공전 궤도 긴반지름이 작을수록 하루 평균 공전 각도가 크고, 공전 궤도 긴반지름이 클수록 하루 평균 공전 각도가 작다. 실제 A는 금성, B는 화성, C는 토성이다.

✕. A는 하루 평균 공전 각도가 1.602°로 지구보다 크다. 따라서 A는 내행성이다.

✕. 지구와 행성의 하루 평균 공전 각도 차가 누적되어 360°가 될 때까지 걸린 시간이 회합 주기에 해당한다. 따라서 지구와 행성의 하루 평균 공전 각도 차가 클수록 회합 주기가 짧아진다. 지구와의 하루 평균 공전 각도 차는 A가 B보다 크므로 지구와의 회합 주기는 A가 B보다 짧다.

◎. C는 하루 평균 공전 각도가 0.033°로 지구에 비해 매우 작은 외행성이다. 외행성은 하루 평균 공전 각도가 매우 작으므로 공전 궤도상에서 1년 동안의 위치 변화가 매우 작다. 따라서 회합 주기가 지구의 공전 주기인 1년보다 약간 길다.

02 행성의 겉보기 등급 변화와 회합 주기

행성의 겉보기 등급 변화는 지구, 태양, 행성의 상대적인 위치에 따라 달라지므로, 겉보기 등급 변화가 나타나는 주기가 곧 회합 주기에 해당한다.

◎. ①은 겉보기 등급 변화가 나타나는 주기가 약 4개월로 매우 짧다. 태양계 행성 중 회합 주기가 1년보다 짧은 행성은 수성이 유일하다.

✕. 목성은 외행성이며, 외행성은 총 부근에 위치할 때 지구로부터의 거리가 가장 가깝고 보름달에 가장 가까운 위상으로 관측되므로 겉보기 밝기가 가장 밝다. 목성은 8월에 겉보기 등급이 가장 작아 최대 밝기가 나타나므로 8월에 총 부근에 위치하였다. 따라서 지구로부터 목성까지의 평균 거리는 2월이 8월보다 멀다.

◎. 2021년에 최대 밝기가 나타나는 시기는 목성과 토성이 모두 8월이지만 토성이 8월 초로 목성보다 조금 빠르다. 목성과 토성 모두 외행성이므로 회합 주기가 1년보다 조금 길며, 공전 궤도 긴반지름이 더 긴 토성의 회합 주기가 목성보다 짧다. 따라서 2022년에 최대 밝기가 나타나는 시기는 토성이 목성보다 빠르다.

03 행성의 공전과 회합 주기

한 달 동안 공전한 각도는 금성이 지구보다 조금 크다. 목성은 공전 속도가 매우 느리므로 한 달 동안 공전한 각도가 매우 작다.

◎. 외행성은 외행성-태양-지구 순으로 놓여 외행성의 이각이 0°일 때의 위치가 합, 태양의 오른쪽인 서쪽으로 이각이 90°인 위치가 서구이다. 3월 한 달 동안 목성은 합과 서구 사이에 위치하였다.

✕. 3월에 금성은 외합에 위치한 적이 있다. 그림에서 지구와 금성이 한 달 동안 공전한 각도의 차는 20°보다 작으므로 1, 2월에는 합에 위치하지 않았으며, 2021년 말까지 남은 9개월 동안의 공전 각도 차도 180°보다 작으므로 다시 외합에 위치할 수 없다. 또한 금성의 회합 주기는 1년보다 길기 때문에 2021년에는 금성이 외합에 한 번 위치한다.

✕. 한 달 동안 공전한 각도는 지구가 금성보다 작다. 따라서 목성과 행성의 한 달 동안의 공전 각도 차는 지구가 금성보다 작다. 따라서 목성과의 회합 주기는 지구가 금성보다 길다.

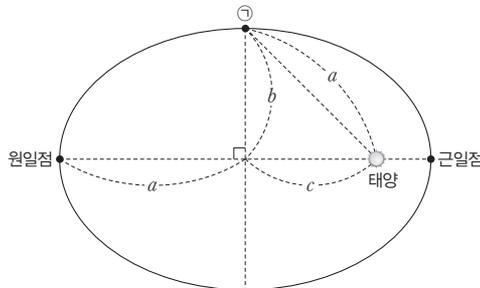
04 타원 궤도 법칙

공전 궤도 긴반지름을 a , 초점 거리를 c , 공전 궤도 이심률을 e 라고 할 때, $e = \frac{c}{a}$ 이다.

◎. 이심률은 공전 궤도 긴반지름에 대한 초점 거리의 비율을 의미하므로 이심률이 클수록 $\frac{c}{a}$ 의 값은 커진다.

◎. 원일점 거리는 공전 궤도 긴반지름에 초점 거리를 더한 값인 $(a+c)$ 이며, $e = \frac{c}{a}$ 이므로 $c = ae$ 이다. 따라서 원일점 거리는 $(a+ae)$ 이다.

◎. 타원 궤도상의 임의의 한 점에서 두 초점까지의 거리를 합한 값은 공전 궤도 긴반지름의 2배와 같으므로, 아래 그림에서 태양으로부터 ①에 위치한 행성까지의 거리는 공전 궤도 긴반지름인 a 와 같다. 따라서 $a^2 = b^2 + c^2$ 이 성립한다. 따라서 $b = \sqrt{a^2 - c^2} = \sqrt{(a+c)(a-c)}$ 이다. $(a+c)$ 와 $(a-c)$ 는 각각 원일점 거리와 근일점 거리에 해당하므로, $b = \sqrt{(\text{근일점 거리}) \times (\text{원일점 거리})}$ 이다.



05 토성 위성의 궤도 요소

행성 주위를 공전하고 있는 위성들도 케플러 법칙에 따라 운동한다.

◎. 평균 공전 속도는 공전 궤도 긴반지름이 작을수록 빠르다. 따

라서 평균 공전 속도는 공전 궤도 긴반지름이 작은 이아페투스가 공전 궤도 긴반지름이 큰 파리아크보다 빠르다.

㉠. 공전 궤도 이심률이 작을수록 공전 궤도가 원에 가깝다. 이심률은 이아페투스가 0.029, 파리아크가 0.333이므로 공전 궤도는 이아페투스가 파리아크보다 원에 가깝다.

㉡. 공전 궤도 긴반지름은 파리아크가 이아페투스의 4배보다 크므로, 케플러 제3법칙에서 공전 주기는 8배보다 길어야 한다. 따라서 파리아크의 공전 주기는 이아페투스 공전 주기의 8배인 (0.217 × 8)년보다 길다. 실제 파리아크의 공전 주기는 약 1.882년이다.

06 행성의 공전 궤도

공전 궤도 긴반지름이 같다고 하더라도 이심률이 다른 경우에는 전체 궤도 면적과 평균 공전 속도가 달라진다. A와 B는 공전 궤도 긴반지름이 같지만, A의 공전 궤도가 더 원에 가까우므로 이심률은 A가 작다.

ㄱ. 공전 궤도 긴반지름이 클수록 공전 주기가 길다. A와 B의 공전 궤도 긴반지름은 5 AU로 서로 같으므로 공전 주기도 서로 같다.

ㄴ. A와 B는 공전 주기가 서로 같다. 그러나 이심률은 A가 더 작으므로 A의 공전 궤도가 원에 가까우며 공전 궤도의 길이가 더 길다. 따라서 평균 공전 속도는 같은 시간 동안 더 긴 궤도를 공전해야 하는 A가 B보다 빠르다. 또한 이심률은 A가 더 작으므로 태양으로부터 원일점까지의 거리는 A가 B보다 가깝다. 공전 속도는 태양으로부터의 거리가 가까울수록 빠르므로, 결국 원일점에서 공전 속도는 평균 공전 속도가 더 빠르고, 태양으로부터 원일점까지의 거리가 더 가까운 A가 B보다 빠르다.

㉠. A와 B의 공전 주기가 같으므로 전체 공전 궤도 면적에 대한 1개월 동안 중심별과 행성을 잇는 선분이 쓸고 지나간 면적의 비율은 서로 같다. 그러나 전체 궤도 면적은 이심률이 작은 A가 더 크므로, 1개월 동안 중심별과 행성을 잇는 선분이 쓸고 지나간 면적은 A가 B보다 넓다.

07 화성의 위치 결정

화성의 위치를 관측한 자료를 통해 화성의 위치와 궤도를 결정할 수 있다.

㉠. 적경은 춘분점을 기준으로 지구의 공전 방향과 같은 방향으로 측정하므로, 지구가 E₁과 E₂에 위치했을 때 태양의 적경은 모두 0°~6° 사이의 값을 가지며, 적경은 지구가 E₁에 위치했을 때와 E₂에 위치했을 때보다 크다.

ㄱ. 지구가 E₁에 위치했을 때와 E₂에 위치했을 때 화성의 위치는 동일하므로, 이 기간은 화성의 공전 주기에 해당한다.

ㄴ. 지구가 E₂에 위치했을 때 춘분점-태양-지구 사이의 각이 208.5°이므로, 지구가 E₂에 위치했을 때 춘분점-지구-화성 사

이의 각이 208.5°라면 화성은 춘에, 이보다 90°가 더 큰 298.5°라면 서구에 위치하게 된다. 지구가 E₂에 위치했을 때 춘분점-지구-화성 사이의 각은 256.5°이므로 이때 화성은 춘과 서구 사이에 위치하였다.

08 주기 행성의 궤도 요소

근일점 거리는 A가 B보다 가깝고, 이심률은 A가 B보다 작다.

ㄱ. A는 2021년 3월에 근일점을 통과하였다. 행성의 공전 속도는 근일점 부근에서 가장 빠르므로, 한 달 평균 공전 속도는 2021년 3월이 2021년 9월보다 빠르다.

㉠. B는 근일점 거리가 2.89 AU이므로 태양에 가장 가까울 때의 거리가 2.89 AU이다. B가 근일점을 통과할 때 지구로부터 B까지의 거리가 최소인 경우는 B-지구-태양이 일직선상에 위치할 때이므로, 이때 지구로부터 B까지의 거리는 약 1.89 AU이다. 따라서 B가 근일점을 통과할 때 지구로부터 B까지의 거리는 1 AU보다 멀다.

㉡. 이심률을 e , 초점 거리를 c , 공전 궤도 긴반지름을 a 라고 할 때, $e = \frac{c}{a}$ 이다. $c = (a - \text{근일점 거리})$ 이므로 $e = \frac{(a - \text{근일점 거리})}{a}$

이며, 이 식을 정리하면 $a = \frac{\text{근일점 거리}}{1 - e}$ 이다. 따라서 e 가 작을수록, 근일점 거리가 가까울수록 공전 궤도 긴반지름인 a 가 작아진다. A는 B보다 이심률이 작고 근일점 거리가 가까우므로 공전 궤도 긴반지름이 작아 공전 주기도 짧다.

09 행성의 궤도 그리기

공전 궤도상의 한 점으로부터 두 초점까지의 거리를 합한 값은 항상 공전 궤도 긴반지름의 2배와 같으며, 공전 궤도 긴반지름을 a , 초점 거리를 c , 공전 궤도 이심률을 e 라고 할 때, $e = \frac{c}{a}$ 이다.

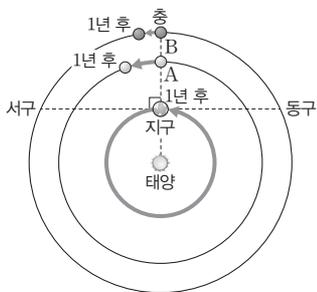
㉠. A의 공전 궤도 긴반지름이 0.8 AU, 이심률이 0.2이므로 $e = \frac{c}{a}$ 에서 초점 거리인 $c = 0.16$ AU이다. A의 공전 궤도를 그릴 때 초점에 꽃을 두 압정 사이의 거리는 초점 거리의 2배에 해당하며, 1 AU를 10 cm로 가정하였으므로 ㉠은 3.2 cm이다.

ㄱ. ㉠은 두 압정에 묶을 실의 길이이다. 공전 궤도상의 한 점으로부터 두 초점까지의 거리를 합한 값은 항상 공전 궤도 긴반지름의 2배와 같으므로 두 압정에 묶을 실의 길이인 ㉠은 공전 궤도 긴반지름의 2배에 해당하는 16 cm이다.

㉡. ㉠은 초점 거리의 2배, ㉡은 공전 궤도 긴반지름의 2배에 해당하므로 (㉡-㉠)=2(공전 궤도 긴반지름-초점 거리)이다. 공전 궤도 긴반지름에서 초점 거리를 뺀 값은 근일점 거리와 같으므로, 결국 (㉡-㉠)은 A의 근일점 거리의 2배와 같다.

10 외행성의 공전 주기와 회합 주기

(가)에서 자정에 외행성 A와 B가 남쪽 자오선상에 위치하고 있으므로 A와 B는 충에 위치한다. (나)는 (가)로부터 1년 후의 모습이며, A와 B 모두 남동쪽 하늘에 위치하고 있다. 이를 궤도상에 나타내면 아래 그림과 같다.



- ㉠. (나)에서 자정에 A는 남동쪽 하늘에 위치하고 있으므로 충과 서구 사이에 위치한다.
- ㉡. (가)에서 B는 자정에 남중하고 있으므로 충에 위치하고 있었으며, 이로부터 1년 후 충과 서구 사이에 위치하고 있으므로, (가) → (나) 기간 동안 B는 충 → 동구 → 합 → 서구를 지나 충에 가까워지고 있다. 따라서 (가) → (나) 기간 동안 B는 합에 위치한 적이 있다.
- ✕. 위의 그림에서 1년 동안 행성이 공전한 각도는 A가 B보다 크다. 따라서 A가 B보다 안에서 공전하며, 공전 궤도 긴반지름은 A가 B보다 짧다. 따라서 지구와의 회합 주기는 A가 B보다 길다.

11 케플러 제3법칙의 응용

- 쌍성계와 태양계 모두 케플러 제3법칙에 따라 운동한다.
- ✕. (가)는 쌍성계이므로 A와 B의 공전 주기가 서로 같다. (나)는 태양계이므로 공전 궤도 긴반지름이 클수록 공전 주기가 길다. 따라서 공전 주기는 C가 D보다 길다. B와 D의 공전 주기가 서로 같으므로 공전 주기는 A가 C보다 짧다.
 - ㉠. 태양의 질량을 M_{\odot} , A와 B의 질량을 각각 m_A, m_B , 공전 주기를 P , A와 B 사이의 거리를 a 라고 할 때, 케플러 제3법칙에 따르면 $m_A + m_B = \frac{a^3}{P^2} M_{\odot}$ 가 성립한다. 따라서 공전 주기가 일정할 때 두 별의 질량 합인 $(m_A + m_B)$ 가 8배 증가하면 a 가 2배 증가하므로 $(r_A + r_B)$ 는 2배 증가할 것이다.
 - ㉡. C와 D는 태양계 행성이므로, C와 D의 공전 주기를 각각 P_C, P_D 라고 할 때 $\frac{r_C^3}{P_C^2} = \frac{r_D^3}{P_D^2}$ 이 성립한다. 식을 정리하면 $P_C = P_D \times \sqrt{\left(\frac{r_C}{r_D}\right)^3}$ 이므로, C의 공전 주기는 D의 공전 주기보다 $\sqrt{\left(\frac{r_C}{r_D}\right)^3}$ 배 길다.

12 쌍성계의 운동

- 쌍성계를 구성하는 두 별 A, B는 공통 질량 중심을 기준으로 서로 반대 방향에 위치하며, 공전 주기는 서로 같다. 1년 동안 A와 B는 90° 를 공전하였다.
- ㉠. A와 B는 공전 주기가 서로 같은데 공통 질량 중심으로부터의 거리는 A가 B보다 멀어 공전 궤도의 길이는 A가 B보다 길다. 따라서 공전 속도는 A가 B보다 빠르다.
 - ㉡. (나)에서 A는 공통 질량 중심을 기준으로 B의 반대 방향에 위치한다. 따라서 A는 (가)로부터 1년 동안 90° 를 공전하였으므로 A의 공전 주기는 4년이다.
 - ㉢. 태양의 질량을 M_{\odot} , A와 B의 질량을 각각 m_A, m_B , 공전 주기를 P , A와 B 사이의 거리를 a 라고 할 때, 케플러 제3법칙에 따르면 $m_A + m_B = \frac{a^3}{P^2} M_{\odot}$ 이 성립한다. 따라서 $m_A + m_B = \frac{(5+3)^3}{4^2} M_{\odot} = 32M_{\odot}$ 이다. A와 B의 공통 질량 중심으로부터의 거리 비가 5 : 3이므로 $m_A : m_B = 3 : 5$ 이다. 결국, B의 질량인 m_B 는 $32M_{\odot} \times \frac{5}{8} = 20M_{\odot}$ 에서 태양 질량의 20배이다.

10

우리은하와 우주의 구조

2점 수능 테스트

본문 191~196쪽

- 01 ③ 02 ① 03 ② 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ① 07 ③
 08 ① 09 ② 10 ② 11 ③ 12 ① 13 ⑤ 14 ①
 15 ② 16 ④ 17 ③ 18 ⑤ 19 ⑤ 20 ③ 21 ②
 22 ④ 23 ④ 24 ①

01 천체의 거리 측정 방법

(가)는 연주 시차를 이용한 천체의 거리 측정 방법이고, (나)는 주계열 맞추기를 이용한 천체의 거리 측정 방법이다. 연주 시차는 별까지의 거리에 반비례하므로 지구에 가까운 별일수록 크게 나타나고, 지구에서 먼 별일수록 작게 나타난다. 또한 성단을 구성하는 별의 색지수와 겉보기 등급을 표준 주계열성의 색지수 및 절대 등급과 비교하면 성단까지의 거리와 성단의 나이를 알 수 있다.

- ㉠ 지구에서 별을 6개월 동안 관측했을 때 생기는 최대 시차의 절반($\frac{1}{2}$)을 연주 시차라고 한다.
 ㉡ 거리 지수는 $m - M = 5 \log r - 5$ (m : 겉보기 등급, M : 절대 등급, r : 거리)이다. 이 값이 클수록 별까지의 거리가 멀다.
 ✕ 별까지의 거리가 너무 멀어서 연주 시차가 너무 작은 별들은 정밀한 측정값을 얻기 어렵기 때문에 다른 방법(주계열 맞추기 등)을 사용하여 천체까지의 거리를 측정한다.

02 세페이드 변광성

세페이드 변광성의 변광 주기를 관측하여 별의 절대 등급을 구한 후, 겉보기 등급과 비교하여 별이 속한 성단이나 외부 은하까지의 거리를 구할 수 있다. 세페이드 변광성과 같은 맥동 변광성은 변광 주기와 절대 등급 사이에 일정한 관계가 있어서 변광성의 변광 주기를 관측하면 변광성의 절대 등급을 알 수 있다.

- ㉠ A의 변광 주기는 약 27일이고, B의 변광 주기는 약 15일이다. 따라서 변광 주기는 A가 B보다 길다.
 ✕ 세페이드 변광성은 변광 주기가 길수록 광도가 크고 절대 등급이 작다. 따라서 절대 등급은 A가 B보다 작다.
 ✕ 그림에서 살펴보면 변광성 A의 평균 겉보기 등급은 약 13.5 등급이고, 변광성 B의 평균 겉보기 등급은 약 14.4등급이다. 따라서 평균 겉보기 등급은 A가 B보다 작다.

03 별의 표면 온도와 색지수

색지수는 짧은 파장대에서 측정한 등급과 긴 파장대에서 측정한

등급의 차이로서, 별의 표면 온도를 나타내는 기준이 된다. 색지수가 작을수록 파란색을 띠고, 색지수가 클수록 붉은색을 띤다.

✕ (가)의 색지수($B - V$)는 (-)이고, (나)의 색지수($B - V$)는 (+)이다. 색지수가 (-)인 경우는 색지수가 (+)인 경우보다 파장이 짧은 빛을 많이 방출하여 플랑크 곡선이 파란색 쪽으로 치우치고, 표면 온도가 더 높다. 따라서 별의 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높다.

㉠ 색지수($B - V$)는 B 등급과 V 등급의 차이이다. (가)는 색지수가 (-)이고, (나)는 색지수가 (+)이므로 색지수($B - V$)는 (가)가 (나)보다 작다.

✕ B 필터를 이용하여 측정한 등급을 B 등급, V 필터를 이용하여 측정한 등급을 V 등급이라고 한다. 청색 파장대에서 측정한 B 등급은 사진 등급과 비슷하고, 우리 눈이 민감하게 반응하는 황색 파장대에서 측정한 V 등급은 안시 등급과 비슷하다.

04 성단의 색등급도

산개 성단을 구성하는 별들은 대부분 주계열성이고, 구상 성단을 구성하는 별들은 대부분 거성 또는 질량이 작은 주계열성이다. (가)는 구상 성단, (나)는 산개 성단의 색등급도이다.

- ㉠ 구상 성단은 수만~수십만 개의 많은 별이 뭉뚱하게 모여 있고, 산개 성단은 수백~수천 개의 별이 상대적으로 느슨하게 모여 있다. 따라서 별의 평균 밀집도는 (가)가 (나)보다 높다.
 ㉡ 색등급도에서 살펴보면 구상 성단의 전향점은 산개 성단의 전향점보다 오른쪽 아래에 위치한다. 전향점이 아래에 위치할수록 절대 등급이 크다. 따라서 전향점의 절대 등급은 (가)가 (나)보다 크다.
 ㉢ 전향점이 오른쪽 아래에 위치할수록 오래된 성단이다. 따라서 성단을 구성하는 별들의 평균 나이는 구상 성단인 (가)가 산개 성단인 (나)보다 많다.

05 산개 성단과 구상 성단

성단은 거대한 분자운에서 수십~수십만 개의 별들이 거의 동시에 형성되어 서로의 중력으로 모여 있는 천체이다.

- ㉠ (가)는 젊은 별이 많은 산개 성단이고, (나)는 늙은 별이 많은 구상 성단이다.
 ㉡ 산개 성단은 주로 은하면에 분포하고, 구상 성단은 주로 은하 중심부 또는 헤일로에 분포한다. 따라서 은하의 중심 부근에는 (가)보다 (나)가 많이 분포한다.
 ㉢ (가)는 수백~수천 개의 별들이 허술하게 모여 있고, (나)는 수만~수십만 개의 별들이 구형으로 매우 조밀하게 모여 있다. 따라서 성단을 구성하는 별의 개수는 (가)보다 (나)가 많다.

06 우리은하의 발견

허셜은 밤하늘에 있는 별의 수를 세어 최초로 우리은하의 지도를 작성하였고, 캅테인은 하늘을 여러 구역으로 나누어 별의 분포를 통계적으로 연구하였다. 새플리는 변광성을 이용하여 구상 성단의 공간 분포를 알아내서 우주의 크기를 구하였다.

㉠수: 허셜은 태양이 우리은하의 중심에 위치한다고 생각하였다.

㉡희: 캅테인은 우주의 크기가 허셜의 우주보다 약 9배 더 크다고 주장하였다.

㉢수: 새플리는 성간 소광을 고려하지 않아서 우리은하의 지름이 실제보다 큰 약 100 kpc이라고 생각하였다.

07 우리은하의 모습

우리은하의 중심부에는 은하핵을 포함하는 막대 모양의 은하 중심부가 있고, 막대 구조의 양 끝에서 나선팔이 하나씩 뻗어 있다.

㉠. A는 은하 원반이고, C는 헤일로이다. 나이가 많고 붉은색을 띠는 별들의 분포 비율은 주로 A보다 C에서 크다.

㉡. B는 중앙 팽대부이다. B에는 은하핵을 포함하는 막대 모양의 구조가 가로지르고 있다.

㉢. 우리은하에서 젊은 별들로 구성되어 있는 ㉠(산개 성단)은 새로운 별이 탄생하는 은하 원반에 주로 분포하고, 늙은 별들로 구성되어 있는 ㉡(구상 성단)은 우리은하 전체에 걸쳐 비교적 골고루 분포하고 있다.

08 성간 티끌

성간 티끌은 규산염 또는 흑연, 얼음 등으로 이루어진 미세한 고체 입자이다.

㉠. A는 규산염 또는 흑연을 둘러싸고 있는 얼음이다.

㉡. 성간 티끌은 별빛을 흡수하거나 산란시켜 우리 눈에 도달하는 별빛의 양을 감소시키기 때문에 실제보다 별이 어둡게 관측된다. 이로 인해 별의 겉보기 등급은 커진다.

㉢. 성간 티끌은 대부분 자신의 온도에 해당하는 적외선 영역의 전자기파를 방출한다.

09 성간 소광

성간 소광량은 빛의 파장대에 따라 다르게 나타나기 때문에 전체를 관측하는 전자기파의 파장대에 따라 달라진다.

㉠. (가)는 우리은하의 은하면 부근을 적외선으로 관측한 것이고, (나)는 우리은하의 은하면 부근을 가시광선으로 관측한 것이다.

㉡. 우리은하의 중심부를 자세히 관측하기 위해서는 성간 소광량이 적어야 한다. 상대적으로 파장이 긴 적외선에서 소광 효과가 훨씬 작으므로 가시광선으로는 잘 관측되지 않는 우리은하의 중심부를 자세히 관측할 수 있다.

㉢. 성간 티끌은 적외선 영역보다 가시광선 영역의 빛을 더 잘 흡

수하거나 산란시켜 성간 소광을 일으킨다. 따라서 성간 소광량은 적외선으로 관측한 (가)보다 가시광선으로 관측한 (나)에서 더 많다.

10 성간 적색화

별빛이 성간 티끌을 통과하는 동안 파장이 짧은 파란색 빛은 감소하고, 파장이 긴 붉은색 빛이 상대적으로 많이 도달하기 때문에 별이 실제 색깔보다 붉게 보이는 것을 성간 적색화라고 한다.

㉠. 별빛이 성간 티끌층을 통과하면 별빛의 세기는 약해진다.

㉡. 시선 방향에 위치하는 관측자에게는 성간 티끌을 통과하기 전보다 통과한 후에 파장이 짧은 파란색 빛보다 파장이 긴 붉은색 빛이 상대적으로 더 많이 도달하게 된다.

㉢. 별빛이 성간 티끌이 분포하는 영역을 통과할 때 성간 적색화가 나타나므로 별까지의 거리를 구할 때는 성간 적색화 효과를 보정해 주어야 한다.

11 방출 성운

방출 성운은 H β 영역의 전리된 수소가 자유 전자와 재결합하는 과정에서 빛을 방출하여 밝게 보이는 성운이다.

㉠. 방출 성운은 붉은색의 가시광선에 해당하는 방출선을 강하게 방출하기 때문에 붉게 보이게 된다.

㉡. 방출 성운은 주요 구성 물질인 중성 수소 원자가 고온의 별에서 방출되는 자외선을 흡수하여 이온화되고, 이온화된 수소가 다시 자유 전자와 결합하여 중성 수소로 되돌아가는 과정에서 에너지를 방출하여 나타나므로 방출 성운 주변에는 온도가 높은 별이 존재한다.

㉢. 수소 분자가 많은 지역에서는 새로운 별이 주로 생성된다. 방출 성운은 전리된 수소가 많이 분포하는 H β 영역에서 주로 관측된다.

12 성운

성간 기체나 성간 티끌과 같은 물질들이 다양한 형태로 밀집되어 있어서 구름처럼 보이는 것을 성운이라고 한다.

㉠. A는 성간 티끌에 의해 별빛이 통과하지 못해서 어둡게 보이는 암흑 성운이다.

㉡. 반사 성운(C)은 성간 티끌에 의해 주로 파장이 짧은 파란색의 빛이 산란이 잘 일어나서 주로 파란색으로 관측된다. B는 방출 성운이다.

㉢. C는 반사 성운이다. 반사 성운은 성간 티끌이 성운 주변에 있는 밝은 별의 별빛을 산란시켜서 보이는 성운이다.

13 성간 기체

성간 기체는 전체 성간 물질의 약 99%를 차지하고, 대부분 수소

로 이루어져 있다. (가)는 분자운, (나)는 HI 영역, (다)는 HII 영역이다.

- ㉠ 표에서 살펴보면 온도가 높을수록 개수 밀도는 작아진다.
 ㉡ 낮은 온도와 높은 수소 밀도를 가진 분자운은 초기 별 생성에서 반드시 필요한 중력 수축 작용이 잘 일어날 수 있는 환경적 조건을 갖추고 있기 때문에 새로운 별의 생성이 활발하다.
 ㉢ HII 영역은 분자운에서 갓 태어난 O형 별이나 B형 별이 방출하는 자외선에 의해 주위의 수소들이 완전히 전리된 영역이다. 따라서 주 구성원은 수소 원자핵과 자유 전자이다.

14 별의 운동

별이 우주 공간에서 실제로 운동하는 것을 공간 운동이라 하고, 시선 속도를 V_r , 접선 속도를 V_t 라고 할 때, 별의 공간 속도(V)는 $V = \sqrt{V_r^2 + V_t^2}$ 이다.

㉠ 별 A는 시선 방향에 대해 운동 방향이 30° 의 각도를 이루고 있으므로, 공간 속도를 V 라고 할 때 시선 속도(V_r)는 $V_r = V \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}V$ 이다. 그리고 별 B는 시선 방향에 대해 운동 방향이 45° 의 각도를 이루고 있으므로 시선 속도(V_r)는 $V_r = V \cdot \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}V$ 이다. 따라서 별 A의 시선 속도($\frac{\sqrt{3}}{2}V$)가 별 B의 시선 속도($\frac{\sqrt{2}}{2}V$)보다 크다.

㉡ 별 A의 접선 속도(V_t)는 $V_t = V \cdot \sin 30^\circ = \frac{V}{2}$ 이고, 별 B의 접선 속도(V_t)는 $V_t = V \cdot \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}V$ 이다. 따라서 별 A의 접선 속도($\frac{V}{2}$)가 별 B의 접선 속도($\frac{\sqrt{2}}{2}V$)보다 작다.

㉢ 별이 1년 동안 천구상을 움직인 각거리를 고유 운동이라고 한다. 별의 접선 속도 식 $V_t(\text{km/s}) \approx 4.74\mu r$ (μ : "/년, r : pc)을 이용하면 고유 운동은 거리(r)에 반비례하고, 접선 속도(V_t)에 비례하여 나타난다. 두 별 A와 B의 거리(r)는 서로 같고, 접선 속도(V_t)는 별 A가 별 B보다 작으므로 고유 운동은 별 A가 별 B보다 작다.

15 중성 수소와 21 cm 전파

고온의 별에서 멀리 떨어져 있어서 원자 상태로 존재하는 중성 수소는 양성자와 전자의 스핀 방향에 따라 두 종류의 에너지 상태로 존재한다.

- ㉠ 에너지 상태는 양성자와 전자의 스핀 방향이 같을 때가 양성자와 전자의 스핀 방향이 다를 때보다 높다.
 ㉡ 중성 수소는 에너지가 높은 상태에서 에너지가 낮은 상태로

자발적으로 바뀔 때 21 cm 수소를 방출한다.

㉢ 21 cm 수소는 전파 영역에 해당하므로 성간 물질에 거의 흡수되지 않아서 성간 소광이 일어나지 않는다.

16 나선팔 구조

은하의 나선팔 구조는 은하면에 풍부하게 존재하는 중성 수소에서 방출되는 21 cm 수소를 관측하면 알 수 있다.

㉠ (가)는 21 cm 수소선으로, (나)는 가시광선으로 관측한 모습이다.

㉡ 21 cm 수소선으로 관측한 모습을 보면 은하의 나선팔을 구분할 수 있다.

㉢ (가)에서는 은하의 중심부를 확인할 수 없지만, (나)에서는 은하의 중심부를 확인할 수 있다.

17 중성 수소 구름의 시선 속도 관측

시선 속도가 (+)인 것은 태양계에서 멀어지는 것이고, 시선 속도가 (-)인 것은 태양계에 가까워지고 있는 것이다.

㉠ 시선 속도가 (-) 값으로 나타나는 A는 태양계에 가까워지고 있고, 시선 속도가 (+) 값으로 나타나는 B, C, D는 태양계에서 멀어지고 있다. 따라서 은하 중심에서 거리가 가장 먼 것은 A이다.

㉡ 21 cm 수소선의 상대적 세기는 시선 방향에 놓인 중성 수소 구름의 수소 원자 수에 비례한다. 따라서 상대적 세기가 가장 큰 B에서 중성 수소 원자 수가 가장 많다.

㉢ C와 D는 모두 시선 속도가 (+) 값이지만, C에서의 방출선이 D에서의 방출선보다 시선 속도가 더 크다. 따라서 C와 태양계에서 가장 가까운 중성 수소 구름인 D는 서로 멀어지고 있으므로 C에서 D를 관측하면 적색 편이가 나타난다.

18 우리은하의 회전 속도

태양계 근처에서는 별의 시선 속도를 직접 측정하여 은하의 회전 속도를 알아낼 수 있다.

㉠ 태양계에서 관측할 때 A는 은하 중심 방향에 대해 직각 방향으로 이동하는 것처럼 보이므로 시선 속도는 0이다.

㉡ 우리은하에서 태양 근처는 케플러 회전을 하고 있다. 케플러 회전에서 별들의 궤도 운동 속도는 중심에서 멀어질수록 느려진다. 따라서 회전 속도는 은하 중심으로부터 가까운 B가 은하 중심으로부터 먼 C보다 빠르다.

㉢ 현재 태양계에서 C를 관측하면 멀어지는 것처럼 보이므로 적색 편이가 나타난다.

19 태양계 부근 별들의 공간 운동

태양계 부근 별들의 공간 운동을 분석하면 은하 중심으로부터 거

리가 멀어질수록 회전 속도가 느려진다.

- ㉠ A(은경 45°)는 태양계에서 멀어지는 것처럼 보이므로 시선 속도는 (+) 값으로 관측된다.
- ㉡ A(은경 45°)에서 C(은경 270°)를 관측하면 C가 멀어지는 것처럼 보이므로 적색 편이가 나타난다.
- ㉢ 우리은하 중심에 대해 케플러 회전을 하고 있는 천체의 회전 속도(v)는 은하 중심으로부터의 거리(r)와 $v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$ 의 관계를 만족한다. 따라서 은하 중심으로부터 거리가 가까운 B가 거리가 먼 C보다 회전 속도가 더 빠르다.

20 우리은하의 회전 속도 곡선

케플러 회전은 회전 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 작아지는 회전이고, 강체 회전은 회전 중심으로부터의 거리에 관계없이 각 속도가 일정한 회전이다.

- ㉠ A는 우리은하의 실제 회전 속도 곡선이고, B는 질량의 대부분이 은하 중심부에 집중되어 있다고 가정했을 때의 회전 속도 곡선이다.
- ㉡ 태양계 바깥쪽에서는 우리은하의 실제 회전 속도가 우리은하의 질량이 중심부에 집중되어 있다고 가정했을 때의 회전 속도보다 더 크게 나타난다. 이는 태양계 바깥쪽에도 질량을 가진 물질이 많이 분포하고 있다는 것을 의미한다.
- ㉢ 우리은하는 은하 중심 부근에서는 속도가 급격히 증가하는 강체 회전이 나타나고, 태양 부근에서는 케플러 회전과 비슷하게 나타난다. 또한 은하 중심에서 약 13 kpc 이후부터는 거의 일정한 속도로 회전을 유지한다.

21 암흑 물질

암흑 물질은 중력적인 방법으로 그 존재를 추정할 수 있으며, 정확한 성질과 정체는 현재까지 알려지지 않았다.

- ㉠ 암흑 물질은 빛을 방출하지 않으므로 전자기파를 이용하여 관측할 수 없다.
- ㉡ 암흑 물질은 직접 관측할 수 없기 때문에 중력 렌즈 현상과 같은 방법으로 간접적으로 존재를 추정한다.
- ㉢ 암흑 물질은 우리은하 질량의 약 90%를 차지하면서 우리은하 전체를 에워싸고 있다고 추정한다.

22 은하의 집단

은하들은 독립적으로 존재하는 것이 아니라 다양한 규모의 집단을 이루고 있다. 은하들의 집단 규모는 (나) 초은하단 > (가) 은하단 > (다) 은하군이다.

- ㉠ 은하들의 집단 규모가 클수록 대체로 질량이 크다. 따라서 규모가 작은 (가)가 규모가 큰 (나)보다 질량이 작다.

- ㉡ (가)와 (다)를 구성하는 은하들은 서로 중력적으로 묶여 있다.
- ㉢ 은하의 집단을 구성하는 가장 작은 단위는 수십 개의 은하들이 서로의 중력에 속박되어 구성된 은하군이다.

23 초은하단

초은하단은 은하들의 집단으로서 가장 큰 단위이고, 은하군과 은하단으로 이루어진 대규모 은하의 집단이다.

- ㉠ 은하군과 은하단은 각각 구성하는 은하들이 중력적으로 묶여 있으므로 규모가 작은 은하군들이 모여 규모가 큰 은하단을 형성하지는 않는다.
- ㉡ 우리은하는 국부 은하군에 속해 있고, 국부 은하군은 처녀자리 초은하단에 속해 있다. 따라서 우리은하는 처녀자리 초은하단에 속한다.
- ㉢ 초은하단을 이루는 각 은하단들은 서로 중력적으로 묶여 있지 않고, 우주가 팽창함에 따라 흩어지고 있다.

24 우주 거대 구조

우주 거대 구조는 거대 가락이 거대 공동을 둘러싼 거품처럼 생긴 구조이다.

- ㉠ A는 밀도가 우주 평균 밀도의 $\frac{1}{10}$ 보다 낮으며, 우주에서 은하가 거의 없는 공간인 거대 공동(void)이다.
- ㉡ 암흑 물질은 질량을 가지고 있으므로 보통 물질을 중력적으로 끌어당긴다.
- ㉢ 우주 전체 공간에서 은하가 차지하는 부피는 일부분이고, 거대 공동(void)이 대부분을 차지하고 있다.

3점 수능 테스트

본문 197~208쪽

01 ② 02 ⑤ 03 ② 04 ③ 05 ③ 06 ④ 07 ③
 08 ① 09 ① 10 ③ 11 ④ 12 ② 13 ② 14 ④
 15 ⑤ 16 ① 17 ① 18 ⑤ 19 ③ 20 ① 21 ⑤
 22 ② 23 ② 24 ④

01 연주 시차를 이용한 거리 측정

지구는 태양 주위를 공전하기 때문에 먼 별을 배경으로 비교적 가까운 거리에 위치하는 별들의 연주 시차를 이용하면 별까지의 거리를 구할 수 있다.

✗. 지구에서 6개월 간격으로 관측한 별 S의 천구상의 위치 변화(시차)는 지구 공전의 증거이다.

○. 별 S의 시차는 $0.76''$ 이므로 연주 시차는 시차의 절반인 $0.38''$ 이다. 별까지의 거리(d)는 $d(\text{pc}) = \frac{1}{\text{연주 시차}('')}$ 이므로 별 S의 거리는 $\frac{1}{0.38''} \approx 2.63(\text{pc})$ 이다. 따라서 별 S는 (나)의 별 B이다.

✗. 연주 시차는 지구 공전 궤도의 양 끝에서 별을 바라보았을 때 생기는 각의 $\frac{1}{2}$ 이다. 화성은 지구보다 공전 궤도가 크므로 지구가 아닌 화성에서 별 S를 관측하면 연주 시차가 더 커진다. 따라서 별 S의 천구상의 위치 변화폭도 더 커진다.

02 별의 밝기와 색지수

어떤 별의 겉보기 등급(m)과 절대 등급(M)을 알면 그 별까지의 거리를 구할 수 있으며, 이때 $(m-M)$ 의 값을 거리 지수라고 한다. A는 안타레스, B는 시리우스, C는 리젤이다.

✗. 색지수($B-V$)가 작을수록 별의 표면 온도가 높다. 따라서 색지수($B-V$)가 큰 별 A가 색지수($B-V$)가 작은 별 B보다 표면 온도가 더 낮다.

○. 실제 밝기(L)에 대한 눈에 보이는 밝기(l)의 비는 거리 지수를 사용하여 $m-M = \frac{5}{2} \log \frac{L}{l}$ 로 나타낼 수 있고, 이를 B와 C에 대해 나타내면 다음과 같다.

$$m_B - M_B = \frac{5}{2} \log \frac{L_B}{l_B} = -2.8, \log \frac{L_B}{l_B} = 2.8 \times \frac{2}{5}$$

$$m_C - M_C = \frac{5}{2} \log \frac{L_C}{l_C} = 7.4, \log \frac{L_C}{l_C} = -7.4 \times \frac{2}{5}$$

따라서 실제 밝기(L)에 대한 눈에 보이는 밝기의 비(l)는 B가 C보다 크다.

○. 태양으로부터의 거리가 10 pc에 위치하는 별의 거리 지수($m-M$)는 0이다. 따라서 거리 지수($m-M$)가 0에 가까울수록 10 pc 부근에 위치한다. 별 A의 거리 지수($m-M$) = $0.9 - 1.83$

= -0.93 , 별 B의 거리 지수($m-M$) = $-1.4 - 1.4 = -2.8$, 별 C의 거리 지수($m-M$) = $0.1 - (-7.3) = 7.4$ 이므로 태양으로부터의 거리가 10 pc에서 가장 멀리 위치하는 것은 별 C이다.

03 세페이드 변광성을 이용한 거리 측정

세페이드 변광성은 주기적으로 수축과 팽창을 반복하면서 별의 광도가 변하는 맥동 변광성으로서, 변광 주기는 대부분 3~50일에서 나타난다. A는 종족 I 세페이드 변광성이고, B는 종족 II 세페이드 변광성이다.

✗. 세페이드 변광성의 주기와 절대 등급(광도)의 관계에서 살펴보면 주기가 길어질수록 절대 등급은 작아진다. 따라서 변광 주기가 길어질수록 밝은 별이다.

✗. 그림에서 살펴보면 세페이드 변광성은 밝아질 때(최소 밝기 → 최대 밝기)의 시간 변화가 어두워질 때(최대 밝기 → 최소 밝기)의 시간 변화보다 짧다. 따라서 시간 변화에 대한 밝기 변화의 정도($\frac{\text{밝기 변화}}{\text{시간 변화}}$)는 밝아질 때가 어두워질 때보다 크다.

○. (나)에서 세페이드 변광성의 평균 겉보기 등급은 약 13.1등급이고, 변광 주기는 약 42일이다. 변광 주기가 42일인 세페이드 변광성의 절대 등급은 A(종족 I)에서 약 -5등급이고, B(종족 II)에서 약 -4등급이다. (나)에서 세페이드 변광성의 거리 지수($m-M$)의 값이 18.1이므로 (나)의 세페이드 변광성은 (가)의 A에 속한다.

04 주계열 맞추기

성단의 별들은 거의 같은 시기에 같은 장소에서 생성되었으므로 성단을 구성하는 모든 별들은 거의 같은 거리에 위치한다고 생각할 수 있다. 따라서 성단의 색등급도를 표준 주계열성의 색등급도와 비교하여 성단까지의 거리를 구할 수 있다.

○. 색지수와 절대 등급이 알려진 표준 주계열성은 A이다.

✗. 주계열 맞추기에서는 표준 주계열성에서 알려진 절대 등급과 주계열 맞추기를 하는 성단의 겉보기 등급을 사용하여 성단까지의 거리를 구한다. 따라서 성단의 주계열 맞추기에서 A는 절대 등급, B는 겉보기 등급을 사용한다.

○. ①은 거리 지수($m-M$)이다. 거리 지수($m-M$)의 값이 0일 때 관측한 성단의 별들은 표준 주계열성에 일치하므로 거리 지수($m-M$)가 0에 가까울수록 성단까지의 거리는 10 pc에 가까워진다.

05 성단의 색등급도

산개 성단의 색등급도에서 전향점은 온도가 높고, 광도가 큰 곳에 위치하므로 산개 성단을 구성하는 별들의 나이는 대체로 젊다는 것을 알 수 있다. A는 히아데스 성단, B는 플레이아데스 성단이다.

㉠ 산개 성단은 대부분 주계열성으로 구성되어 있으며, 표면 온도가 높고 광도가 큰 별들이 많다.

㉡ 거리 지수($m-M$)가 클수록 별까지의 거리는 멀다. 절대 등급(M)의 경우 표준 주계열을 적용하여 두 성단에 같은 값이 적용되므로 겉보기 등급이 작아야 거리 지수가 작아진다. 동일한 색지수에서 A가 B보다 겉보기 등급이 작으므로 성단까지의 거리는 A가 B보다 가깝다.

✕. 전향점은 성단이 처음 만들어지면 존재하지 않다가 시간이 지나면서 전향점이 생긴다. 성단의 나이가 많아질수록 색등급도에서 전향점의 위치는 색지수와 등급이 모두 커지는 방향으로 이동한다.

06 구상 성단과 산개 성단

산개 성단의 별들은 대부분 주계열성으로, 대체로 표면 온도가 높고 광도가 크며, 구상 성단의 별들은 대부분 적색 거성 또는 질량이 작은 주계열성으로, 대체로 붉은색을 나타낸다. (가)의 A는 구상 성단, B는 산개 성단의 색등급도이다.

✕. 구상 성단은 적색 거성 가지와 접근 거성 가지가 나타나고, 산개 성단은 주계열이 길면서 거성이 거의 보이지 않으므로 (나)의 색등급도는 (가)의 A이다.

㉠. (나)는 구상 성단이다. 구상 성단에서 관측되는 별들은 대부분 적색 거성 또는 질량이 작은 주계열성이기 때문에 성단은 대체로 붉은색을 띤다.

㉡. 구상 성단은 산개 성단보다 나이가 훨씬 많은 별들이 분포하므로 성단에서 주계열성이 차지하는 개수 비율은 구상 성단인 A가 산개 성단인 B보다 작다.

07 우리은하의 모형

캡테인은 별의 분포를 통계적으로 연구하여 우주의 크기를 구하였고, 새플리는 구상 성단의 공간 분포를 이용하여 우주의 크기를 구하였다. (가)는 새플리가 주장한 우리은하의 모습이고, (나)는 캡테인이 주장한 우리은하의 모습이다.

㉠. 새플리는 구상 성단의 공간 분포를 통해 우주의 크기를 구하였고, 우리은하의 중심이 태양계가 아니라는 사실을 밝혀냈다. 따라서 (가)에서 태양의 위치는 A이고, B는 은하 중심이다.

㉡. ㉠은 구상 성단이고, ㉡은 별이다. 따라서 천체가 차지하는 공간 규모는 ㉠이 ㉡보다 크다.

✕. 새플리는 변광성의 주기-광도 관계를 이용하여 구상 성단의 공간 분포를 알아내고, 이를 이용하여 우리은하의 크기를 구하였다. 이에 반해 캡테인은 하늘을 여러 구역으로 나누어 별의 분포를 통계적으로 연구하여 우주의 크기를 구하였다. 따라서 변광성의 주기-광도 관계를 이용하여 알아낸 우리은하의 모습은 (가)이다.

08 우리은하의 모습

우리은하는 태양과 같은 별이 약 2000억 개가 모여 있는 별들의 집단으로, 형태는 막대 나선 은하이고 지름은 약 30 kpc이다.

㉠. A는 우리은하 팽대부의 중심 부분으로, 은하핵에는 붉은색을 띠는 늙은 별들이 주로 분포한다. B는 우리은하의 원반에 분포하는 중성 수소 구름이 밀집되어 있는 나선팔이다.

✕. 우리은하의 나선팔(B)에는 성간 물질인 수소가 많이 포함되어 있는데, 성간 물질 중에서 중성 수소에서는 21 cm 전파가 방출되어 우리은하의 나선팔 구조를 파악할 수 있게 되었다.

✕. 21 cm 전파는 별들이 탄생하는 거대 수소 분자운보다 중성 수소가 많이 분포하는 HI 영역에서 주로 방출된다.

09 성간 물질

별과 별 사이의 공간에서 원자와 분자의 형태로 존재하는 성간 기체와 미세한 고체 입자인 성간 티끌 등을 성간 물질이라고 한다.

A는 성간 기체이고, B는 성간 티끌이다.

㉠. 성간 기체는 주로 수소와 헬륨 그리고 미량의 다양한 원소들로 이루어져 있으며, 성간 물질의 약 99%를 차지하는 성분으로, 이온과 원자, 분자 등으로 존재하는 수소가 대부분을 차지한다.

✕. 성간 티끌은 자신의 온도에 해당하는 전자기파를 방출하는데, 대부분 적외선 영역에서 방출한다.

✕. 성운 내부에서 전자를 잃은 이온화된 수소가 모여 있는 곳을 HII 영역이라 하고, 비교적 저온의 수소 분자로 구성된 영역을 분자운이라고 한다. 평균 온도는 HII 영역이 분자운보다 높다.

10 성간 소광량과 항성 계수법

암흑 성운을 찍은 사진에서 암흑 성운의 안쪽과 바깥쪽에서 같은 면적에 포함된 별의 개수를 이용하면 성간 소광 정도를 알 수 있다.

㉠. 성간 소광량을 정확하게 측정하기 위해서는 별의 크기와 개수에 따른 밝기를 다르게 계산해야 한다. 하지만 탐구 활동에서는 조건을 통제시키기 위해서 별들의 밝기와 같은 영역 안에는 별의 개수가 동일하다고 하는 조건이 필요하다.

㉡. 별의 개수가 암흑 성운의 중심 영역에서는 3개이고, 암흑 성운이 나타나지 않는 영역에서는 24개이다. 따라서 성간 소광량은 ㉠이 ㉡보다 더 많다.

✕. 성간 소광은 파장대에 따라 다르게 나타난다. 파장이 긴 적외선 영역이 파장이 짧은 가시광선 영역보다 성간 소광량이 적다. 따라서 가시광선 영역으로 촬영하면 적외선 영역으로 촬영할 때보다 별의 개수가 적어진다.

11 성간 소광량

성간 소광의 정도는 빛의 파장대에 따라 다르게 나타나며, 우리는

하의 은하면에 수직인 방향에 위치한 별들보다 은하면에 위치한 별들에서 더 크게 나타난다.

- ✗. 성간 소광량은 파장이 증가할수록 대체로 감소한다.
- ㉠. ㉠ 파장대보다 ㉡ 파장대에서 소광량이 많은 이유는 성간 티끌이 ㉠ 파장대의 빛과 더 활발히 상호 작용하기 때문이다.
- ㉢. 성간 소광이 일어나면 별이 더 어둡게 관측되므로 별의 겉보기 등급은 실제보다 크게 관측된다. 따라서 별까지의 정확한 거리를 측정하기 위해서는 거리 지수($m-M$)에서 소광량을 고려해 주어야 한다.

12 성간 적색화

성간 적색화의 정도는 우리은하의 은하면에 위치한 별들이 은하면에 수직인 방향에 위치한 별들보다 크고, 성간 적색화의 정도가 심할수록 관측된 색지수와 고유 색지수의 차인 색초과 값이 커진다.

- ✗. 별빛은 성간 티끌을 통과하면서 성간 티끌을 구성하는 특정 성분들에 의해 파장이 짧은 푸른색 빛은 흡수되거나 산란되어서 대부분 소멸된다. 따라서 (가)의 성간 티끌을 통과하기 전인 A에서 나타나는 스펙트럼은 성간 티끌의 성분에 의한 흡수선이 나타나지 않은 (나)의 ㉠이다.
- ✗. 도플러 효과는 실제로 빛의 파장이 증가 또는 감소되면서 배경인 연속 스펙트럼에 대해 흡수선의 위치가 이동되는 것이지만, 성간 적색화는 흡수선이 이동되는 것이 아니라 흡수선의 수와 강도가 변하는 것이므로, 흡수선이 관측되는 파장은 ㉠과 ㉡에서 같다.
- ㉢. 성간 티끌을 통과하여 적색화된 별빛의 색지수는 성간 티끌을 통과하기 전 별빛의 색지수보다 더 크게 나타난다. 따라서 성간 적색화가 나타나면 별이 실제보다 붉게 관측되므로 관측된 색지수가 고유의 색지수보다 크다.

13 암흑 성운과 방출 성운

암흑 성운은 성간 티끌에 의해 별빛이 흡수되거나 산란되어서 우리 눈에 도달하지 못해 어둡게 보이는 성운이고, 방출 성운은 고온의 별 주위의 HII 영역에서 이온화된 물질이 방출선을 내는 성운이다. A는 암흑 성운, B는 방출 성운이다.

- ✗. 별은 거대 분자운이 분포하는 영역에서 잘 탄생한다. 따라서 거대 분자운이 많이 분포하는 A가 B보다 별이 잘 탄생한다.
- ㉢. 수소가 이온화된 상태인 HII 영역이 많은 B가 거대 수소 분자운이 밀집되어 있는 A보다 평균 온도가 더 높다.
- ✗. 성간 물질은 별빛의 파장이 짧을수록 대체로 별빛을 잘 흡수한다. 따라서 성간 물질은 파장이 긴 적외선 영역보다 파장이 짧은 가시광선 영역의 별빛을 잘 흡수한다.

14 태양계 부근 별들의 공간 운동

케플러 회전은 회전 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 느려지는 회전이다. 별들은 은하 중심을 중심으로 회전하고 있으며, 은하 중심으로부터의 거리에 따라 회전 속도가 다르게 나타난다.

- ✗. 현재 태양과 태양 주변의 별들은 은하 중심에 대해 케플러 회전을 하고 있으므로 은하 중심에서 멀어질수록 회전 속도는 느려진다. 따라서 은하 중심으로부터 거리가 먼 A가 은하 중심으로부터 가까운 태양보다 회전 속도가 작다.
- ㉢. B(은경 270°)는 태양과 동일한 궤도를 따라서 공전하고 있으므로 시선 속도는 0이고, C(은경 45°)는 태양보다 회전 속도가 빠르므로 시선 속도가 (+) 값을 나타낸다. 따라서 태양에서 관측한 시선 속도는 B가 C보다 작다.
- ㉢. (나)의 ㉠은 은경이 225° 인 별의 시선 속도이므로 (가)의 A에 해당한다.

15 21 cm 수소선 관측과 나선팔 구조

전파 망원경으로 21 cm 수소선을 관측하면 우리은하에서는 중성 수소 원자가 은하 원반에 납작한 모양으로 얇은 층을 이루며 분포한다는 것을 알 수 있다.

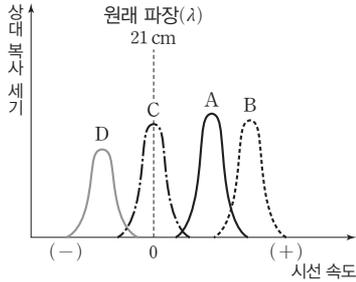
- ㉢. 그림에서 살펴보면 우리은하의 나선팔 구조가 관측된다.
- ㉢. 우리은하의 나선팔 구조는 은하면에 풍부하게 분포하는 중성 수소에서 방출되는 21 cm 수소선을 관측하여 밝혀냈다.
- ㉢. 21 cm 수소선을 이용하면 우리은하의 나선 구조를 확인할 수 있다. 왜냐하면 우리은하의 각 지점에서 방출하는 21 cm 수소선의 세기는 수소 원자 수에 비례하고, 도플러 효과를 통해 알아낸 시선 속도는 각 지점이 은하 중심에 대해 회전하는 속도와 관련이 있기 때문이다.

16 중성 수소 구름의 시선 속도 관측

우리은하의 원반에 분포하는 중성 수소 구름은 대부분 나선팔에 집중되어 있고, 나선팔은 서로 다른 속도로 회전하고 있다.

- ㉢. 중성 수소 구름 C는 관측자와 은하 중심에 대한 회전 속도가 같으므로 시선 속도는 0이다. 따라서 중성 수소 구름 C의 방출선은 (나)의 ㉠이다.
- ✗. 중성 수소 구름에 포함된 수소 원자 수는 상대 복사 세기에 비례하여 나타난다. 중성 수소 구름 A의 복사 세기는 그림 (나)의 ㉢에 해당하므로 상대 복사 세기가 가장 강하고, 중성 수소 구름에 포함된 중성 수소 양도 가장 많다. 중성 수소 양이 가장 적은 것은 상대 복사 세기가 가장 약한 D(㉡)이다.
- ✗. 우리은하가 강체 회전을 한다면 은하 중심으로부터의 거리와 관계없이 회전 각속도가 일정하다. 이때 관측자가 어느 중성 수소 구름을 관측하더라도 시선 속도는 0이고 접선 속도만 존재한다. 왜냐하면 중성 수소 구름들의 상대적인 위치가 고정되어 있어 회

전에서 더 앞서나가거나 뒤처지는 것이 없기 때문이다.



17 별의 운동

연주 시차는 지구에서 가까운 거리에 있는 별일수록 크고, 별의 공간 운동에 의한 접선 속도는 시선 방향에 수직인 방향의 선속도이다.

㉠. 고유 운동은 천구상에서 별이 1년 동안 움직인 각거리이다. 1991년부터 2007년까지 바너드별은 164"만큼 이동하였으므로 평균 고유 운동은 $\frac{164''}{16\text{년}} = 10.25''/\text{년}$ 이다.

㉡. 연주 시차는 별까지의 거리가 가까울수록 커진다. 따라서 별 A, B, C 중 연주 시차는 지구에서 가장 가까운 별 B가 가장 크다. ㉢. 별 B와 C는 같은 시선 방향에 위치하면서 시선 방향에 수직인 방향으로 공간 운동 속도가 같으므로 시선 속도가 0이고, 접선 속도는 서로 같다.

18 우리은하의 회전 속도 곡선

우리은하는 질량이 중심부에 집중되어 있지 않고, 은하 외곽에도 상당히 분포하고 있다. (가)에서 ㉠은 우리은하의 실제 회전 속도 곡선, ㉡은 은하 중심부에 질량이 집중되어 있다고 가정했을 때의 회전 속도 곡선이다. 또한 (나)에서 A는 케플러 회전이고, B는 강체 회전이다.

㉢. 태양계 외곽의 은하 회전 속도는 일정하게 감소하지 않고, 어느 정도 감소하다가 다시 증가한 후 약 13 kpc 이후로는 일정해진다. 이는 우리은하의 질량이 중심부에 집중되어 있지 않고 은하 외곽에도 상당히 분포하고 있음을 의미한다.

㉣. 태양을 중심으로 한 행성들의 공전은 회전 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 작아지는 케플러 회전(A)에 해당한다.

㉤. 회전 중심으로부터의 거리에 상관없이 모든 지점에서 회전 주기가 동일한 회전은 강체 회전(B)이다.

19 우리은하의 질량

우리은하의 질량을 구하기 위해서는 은하핵을 중심으로 회전하는 별의 안쪽에 있는 물질의 총 질량이 은하 중심부에 집중되어 있

고, 질량 분포는 구 대칭을 이룬다고 가정한다. A는 은하 원반, B는 암흑 물질, C는 은하 팽대부이다.

㉠. 별의 운동을 이용한 우리은하의 질량 계산 방법에서는 은하핵을 중심으로 회전하는 별의 안쪽에 있는 물질의 총 질량이 은하 중심에 집중되어 있으며, 질량 분포는 구 대칭을 이룬다고 가정하고 우리은하의 질량을 계산한다.

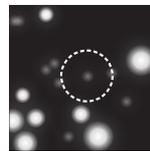
㉡. 태양 궤도 안쪽 물질의 총 질량은 은하 질량이 별에 미치는 만유인력과 별이 원운동하기 위해 필요한 구심력이 같다는 것으로 계산한다. 따라서 $M = \frac{rv^2}{G}$ 이다.

㉢. 별의 운동을 이용한 우리은하의 질량 계산 방법은 구상 성단의 운동을 통해 알아낸 우리은하 질량의 약 10%이다. 이는 암흑 물질을 고려하지 않은 결과이다.

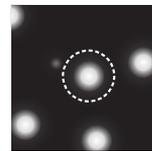
20 중력 렌즈 현상

중력 렌즈 현상은 멀리 있는 천체(배경 천체)에서 나온 빛이 중간에 있는 천체(전경 천체)에 의해 휘어짐으로 인해 배경 천체의 형태가 변하거나 개수가 여러 개로 보이는 현상을 의미한다.

㉠. 중력 렌즈 현상을 일으키는 천체의 질량이 클수록 중력이 더 커져서 시공간을 더 크게 휘게 만들기 때문에 중력 렌즈 현상의 영향으로 관측되는 배경 천체의 밝기는 대체로 증가하게 된다.



중력 렌즈 현상 이전



중력 렌즈 현상

㉡. 암흑 물질은 질량을 가지고 있으나 전자기파를 방출하지 않아서 직접 관측을 통해 확인할 수 없다.

㉢. 천체의 중력은 천체의 질량에 비례한다. 따라서 암흑 물질의 질량이 클수록 중력 렌즈 현상은 강하게 나타난다.

21 국부 은하군

국부 은하군은 우리은하가 속해 있는 은하군으로 지름은 약 3 Mpc이고, 50여 개의 크고 작은 은하들로 구성되어 있다. A는 IC 1613이고, B는 NGC 205이다.

㉠. 그림에서 살펴보면 우리은하와 안드로메다은하 주변에 은하가 집중적으로 분포하고 있다. 이를 통해 국부 은하군의 무게 중심이 우리은하와 안드로메다은하 사이에 위치하고 있다고 판단할 수 있다.

㉡. 수십 개의 은하들로 구성된 국부 은하군은 구성하는 은하들이 서로의 중력에 의해 묶여 있다. 대부분이 작고 어두운 은하들이기 때문에 발견하기가 쉽지 않다.

㉠ 은하 A가 은하 B보다 우리은하와 가까이 위치하고 있고, 시선 속도도 가까워지는 방향(-)으로 더 크므로 은하 A가 은하 B보다 우리은하와 먼저 충돌할 것으로 예상된다. 국부 은하군은 처녀자리 은하단에 의해 특이(무더기) 운동의 영향을 받고 있으므로 은하들은 서로 가까워질 수 있다.

22 처녀자리 초은하단

처녀자리 초은하단은 국부 은하군을 포함하여 적어도 100여 개의 은하군과 은하단으로 구성되어 있고, 지름은 약 33 Mpc로 추정된다.

✕. 그림에서 살펴보면 우리은하는 초은하 좌표계의 중심이며, 처녀자리 초은하단을 이루는 대다수의 은하는 처녀자리 은하단에 위치한다. 따라서 처녀자리 은하단은 처녀자리 초은하단의 중심핵에 해당한다. 초은하 좌표계에서 처녀자리 초은하단의 중심은 초은경 값이 90°보다 조금 더 큰 곳에 위치하고 있다.

㉡. 초은하단은 은하들의 집단으로는 가장 큰 단위이며, 초은하단을 구성하는 각 은하단과 은하군들은 우주가 팽창함에 따라 흩어지고 있다. 따라서 초은하단을 구성하는 은하군과 은하단들은 서로 중력적으로 묶여 있지 않다.

✕. 은하단의 반지름을 R , 각반지름을 θ , 은하단까지의 거리를 d 라고 하면, $R \propto (\theta \times d)$ 를 만족한다. 그리고 거리 d 와 적색 편이 z 는 서로 비례하므로 $d \propto z$ 이다. 따라서 두 식을 정리하면 $R \propto (\theta \times d) \propto (\theta \times z)$ 로 나타낼 수 있다. 그러므로 은하단 A의 반지름에 대한 은하단 B의 반지름의 비($\frac{R_B}{R_A}$)는 $\frac{\theta_B \times z_B}{\theta_A \times z_A} = \frac{20' \times 0.03}{30' \times 0.04} = \frac{1}{2}$ 이다.

23 우주 거대 구조

우주 거대 구조는 비누 거품 막처럼 속은 비어 있고, 이 공간을 둘러싼 가장자리 부근에만 은하가 존재한다. A는 슬론 은하 장성, B는 CfA2 은하 장성, C는 거대 공동(void)이다.

✕. 우주 거대 구조를 연구하기 위해서는 하늘의 넓은 영역에 걸쳐 아주 어두운 은하까지 체계적으로 관측하여 방대한 관측 자료를 축적하고 분석하는 방법이 필요하다. 따라서 우주 거대 구조에서 ㉠은 은하를 나타낸다.

㉡. 슬론 은하 장성(A)은 2000년대 초반에 SDSS라는 대규모 탐사 관측 프로젝트에 의해 발견되었고, CfA2 은하 장성(B)은 1980년대 후반에 하버드 대학의 천체 물리 연구 센터의 주도로 발견되었다. 따라서 발견된 시기는 A가 B보다 나중이다.

✕. 암흑 물질은 질량을 가지고 있으므로 중력적으로 우리가 관측할 수 있는 보통 물질을 끌어당길 수 있다. 즉, 암흑 물질이 많이 분포하는 곳에서는 은하 장성과 같은 구조가 형성된다고 할 수 있다.

24 우주 거대 구조의 형성

초기 우주의 에너지 밀도에 따른 온도 분포에 의해 현재와 같은 우주 거대 구조를 형성하였고, 우주 거대 구조의 형태 변화는 우주 팽창의 결과 중 일부이다.

✕. 우주 거대 구조의 형태는 시간이 지남에 따라 조금씩 변해 왔는데, 밀도가 평균보다 높은 곳에서는 은하들이 계속 성장하여 거대 가락 구조를 형성하였다. 따라서 거대 가락 구조가 두드러지게 나타나는 (가)가 거대 가락 구조가 거의 나타나지 않는 (나)보다 시간 순서는 나중이다. 또한 (가)의 적색 편이량은 0이고, (나)의 적색 편이량은 5.7이다. 이를 빅뱅 이후 우주 팽창에 의한 시간으로 환산하면 (가)는 13.6×10^9 년 이후이고, (나)는 1.0×10^9 년 이후이다. 따라서 형성 시기는 (가)가 (나)보다 나중이다.

㉡. 우주 배경 복사에서 상대적으로 뜨거운 영역은 은하 장성의 분포, 차가운 영역은 거대 공동의 분포와 관련이 있으며, 우주 거대 구조의 형태가 시간에 따라 조금씩 변하여 왔다는 것은 우주 거대 구조는 우주 팽창의 결과 중 일부라는 것을 의미한다.

㉢. 초기 우주의 에너지 밀도에 따른 온도의 분포로 인해서 현재와 같은 우주 거대 구조가 형성되었다.

[인용 사진 출처]

33p_반상 조직: ©J.M.Derochette

33p_세립질 조직: ©J.M.Derochette

35p_입상 변정질 조직: ©Alessandro Da Mommio

42p_해저 열수 분출: ©한국해양과학기술원(KIOST)

44p_운모로 만든 절연체: ©(주)스웨코

46p_시화호 조력 발전소: ©경기관광포털사이트(ggjour.or.kr)

46p_울돌목 조류 발전소: ©한국해양과학기술원(KIOST)

47p_해양 생물 자원: ©해양수산부

73p_상어 이빨 화석: ©김수환, 박진영, 이용남

74p_한라산: ©이치우

01 지구의 형성과 역장

2점 수능 테스트 본문 15~19쪽

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

3점 수능 테스트 본문 20~29쪽

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

04 한반도의 지질

2점 수능 테스트 본문 66~69쪽

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

3점 수능 테스트 본문 70~77쪽

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

02 광물

2점 수능 테스트 본문 36~37쪽

- 01 ① 02 ① 03 ③ 04 ① 05 ⑤ 06 ③ 07 ③
- 08 ①

3점 수능 테스트 본문 38~41쪽

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

03 지구의 자원

2점 수능 테스트 본문 49~51쪽

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

3점 수능 테스트 본문 52~57쪽

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

05 해수의 운동과 순환

2점 수능 테스트 본문 92~97쪽

- 01 ② 02 ⑤ 03 ③ 04 ② 05 ② 06 ① 07 ④
- 08 ④ 09 ③ 10 ③ 11 ② 12 ⑤ 13 ③ 14 ③
- 15 ② 16 ③ 17 ② 18 ② 19 ③ 20 ③ 21 ③
- 22 ④ 23 ② 24 ②

3점 수능 테스트 본문 98~109쪽

- 01 ① 02 ② 03 ② 04 ① 05 ① 06 ③ 07 ①
- 08 ④ 09 ① 10 ① 11 ③ 12 ③ 13 ② 14 ④
- 15 ⑤ 16 ④ 17 ② 18 ④ 19 ③ 20 ① 21 ②
- 22 ③ 23 ② 24 ④

06 대기 안정도

2점 수능 테스트 본문 114~115쪽

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

3점 수능 테스트 본문 116~119쪽

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

09 행성의 운동 (2)

2점 수능 테스트 본문 169~171쪽

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

3점 수능 테스트 본문 172~177쪽

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

07 대기의 운동과 대기 대순환

2점 수능 테스트 본문 128~131쪽

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

3점 수능 테스트 본문 132~139쪽

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

08 행성의 운동 (1)

2점 수능 테스트 본문 151~154쪽

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

3점 수능 테스트 본문 155~161쪽

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

10 우리은하와 우주의 구조

2점 수능 테스트 본문 191~196쪽

- 01 ③ 02 ① 03 ② 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ① 07 ③
- 08 ① 09 ② 10 ② 11 ③ 12 ① 13 ⑤ 14 ①
- 15 ② 16 ④ 17 ③ 18 ⑤ 19 ⑤ 20 ③ 21 ②
- 22 ④ 23 ④ 24 ①

3점 수능 테스트 본문 197~208쪽

- 01 ② 02 ⑤ 03 ② 04 ③ 05 ③ 06 ④ 07 ③
- 08 ① 09 ① 10 ③ 11 ④ 12 ② 13 ② 14 ④
- 15 ⑤ 16 ① 17 ① 18 ⑤ 19 ③ 20 ① 21 ⑤
- 22 ② 23 ② 24 ④

고2~N수 수능 집중 로드맵

과목	수능 입문	기출 / 연습	연계+연계 보완	고난도	모의고사
국어	수능 감(感)잡기		수능연계교재의 국어 어휘	수능연계완성 3/4주 특강 고난도 · 신유형	FINAL 실전모의고사
영어		수능 기출의 미래	수능연계교재의 VOCA 1800 수능연계 기출 Vaccine VOCA		만점마무리 봉투모의고사
수학	수능특강 Light	강의노트 수능개념	연계 수능특강	수능의 7대 함정	만점마무리 봉투모의고사 RED EDITION
한국사 사회		수능특강Q 미니모의고사	수능완성	박봄의 사회 · 문화 표 분석의 패턴	고난도 시크릿X 봉투모의고사
과학					

구분	시리즈명	특징	수준	영역
수능 입문	수능 감(感) 잡기	동일 소재 · 유형의 내신과 수능 문항 비교로 수능 입문	●	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 연계교재 입문서	●	국/영
	수능개념	EBSi 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	●	전영역
기출/연습	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	●	전영역
	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분으로 연습하는 고퀄리티 미니모의고사	●	전영역
연계 + 연계 보완	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 분석한 종합 개념서	●	전영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 지문 · 자료 · 문항 분석	●	전영역
	수능특강 연계 기출	수능특강 수록 작품 · 지문과 연결된 기출문제 학습	●	국/영
	수능완성	유형 분석과 실전모의고사로 단련하는 문항 연습	●	전영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어 · 영어 지문 분석	●	국/영
	수능연계교재의 국어 어휘	수능 지문과 문항 이해에 필요한 어휘 학습서	●	국어
	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	●	영어
고난도	수능연계완성 3/4주 특강	단기간에 끝내는 수능 킬러 문항 대비서	●	국/수/영/과
	수능의 7대 함정	아깝게 틀리기 쉬운 영역별 수능 함정 문제 유형 분석	●	국/수/영/사/과
	박봄의 사회 · 문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회 · 문화 표 분석 문항의 패턴 연습	●	사회탐구
모의고사	FINAL 실전모의고사	수능 동일 난도의 최다 분량, 최다 과목 모의고사	●	전영역
	만점마무리 봉투모의고사	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실제 훈련 모의고사	●	전영역
	만점마무리 봉투모의고사 RED EDITION	신규 문항 2회분으로 국어 · 수학 · 영어 논스톱 모의고사	●	국/수/영
	고난도 시크릿X 봉투모의고사	제대로 어려운 고퀄리티 최고난도 모의고사	●	국/수/영