

수능특강

과학 탐구 영역
지구과학 Ⅱ

정답과
해설

01 지구의 형성과 역장

수능 2점 테스트 본문 15~19쪽

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

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.

✕. 태양계의 형성은 태양계 성운의 수축과 회전 → 원시 태양의 형성 → 원시 행성의 형성 순이므로 (나) → (가) → (다)의 순으로 형성되었다.

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

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

02 지구의 탄생과 진화

원시 지구는 많은 미행성체의 충돌로 크기가 커졌고, 온도가 상승하여 마그마 바다 시기를 거치면서 내부에 층상 구조를 형성하게 되었다. 이후 미행성체들의 충돌이 감소하면서 지구의 온도가 하강하기 시작하였다.

✕. 지구의 진화는 마그마 바다 형성 → 맨틀과 핵의 분리 → 원시 지각과 원시 바다의 형성 순으로 일어났으므로, 지구는 C → A → B 단계 순으로 진화했다.

㉠. C의 마그마 바다가 형성되는 과정에서 수많은 미행성체들의 충돌로 지구의 크기는 커졌다.

㉠. 미행성체들의 충돌이 감소하면서 지구의 온도는 낮아졌고, 지표가 식으면서 단단한 원시 지각이 형성되었다. 이후 화산 활동 등으로 원시 대기에 공급된 수증기가 응결하여 많은 비가 내렸고 원시 바다를 형성하였다. 즉, 원시 지각이 형성된 이후에 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 식어가면서 지구의 표면 온도는 점점 하강하였다.

㉠. 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. 따라서 A 과정에서 지구 중심부의 밀도는 증가하였다.

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

✕. 밀도가 작은 규산염 물질은 지구 표면 쪽으로 떠올랐고 밀도가 큰 철질 물질은 지구 중심부로 가라앉으면서 층의 분화가 진행되었다. 이후 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.

㉠. A는 이산화 탄소로, 지구 형성 초기에 활발한 화산 활동에 의해 대기로 공급되었다. 원시 바다가 형성된 이후에 대기 중의 이산화 탄소가 바다에 용해되었고, 이후 탄산염의 형태로 퇴적되어 지권에 고정되었다.

✕. 약 4억 년 전에는 오존층이 형성될 수 있을 만큼 대기 중의 산소가 증가하였고, 오존층이 자외선을 차단함에 따라 육지에 생명체가 출현하였다. 따라서 육지에 생명체가 출현한 것은 25억 년 전보다 나중이다.

✕. B는 질소, C는 산소이다. 그래프에서 세로축은 같은 간격에서 10배씩 증가하므로 현재 대기 중 C의 분압은 B의 분압의 80%보다 낮다.

05 방사성 원소의 방출 열량

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

㉠. 방사성 원소의 단위 부피당 함량은 화강암이 현무암보다 많다.

㉠. 해양 지각은 주로 현무암질 암석으로 이루어져 있고, 대륙 지각은 주로 화강암질 암석으로 이루어져 있다. 화강암이 현무암보다 방사성 원소의 함량이 많으므로, 방사성 원소는 해양 지각보다 대륙 지각에 많이 포함되어 있을 것이다. 따라서 A는 주로 대륙 지각을 구성하는 화강암이고, B는 주로 해양 지각을 구성하는 현무암이다.

㉠. 지구 내부 에너지는 지구 내부에 저장된 열에너지이다. 지구 내부 에너지원에는 지구 형성 초기에 일어난 미행성체 충돌에 의한 열, 중력 수축에 의한 열, 방사성 원소의 붕괴열이 있다.

06 지진파의 속도 분포

연약권 내에서 지진파의 속도가 급격히 감소하는 층이 나타나는 데, 이를 저속도층이라고 한다. 지진파의 속도가 느리게 나타나는 저속도층은 깊이 약 110 km ~ 210 km의 범위에서 나타난다.

㉠. 지진파의 속도는 P파가 S파보다 빠르므로 A는 S파, B는 P

파의 속도 분포이다.

✕. 깊이 ㉠은 암석권에 해당하고, 깊이 ㉡은 연약권에 해당하므로 깊이 ㉠에서는 깊이 ㉡에서보다 암석의 유동성이 작고 맨틀 대류가 거의 일어나지 않는다.

✕. 모호면(모호로비치치 불연속면)은 지각과 맨틀의 경계면이므로 ㉠보다 얕은 깊이에 위치한다.

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 A보다 B에서 넓게 나타난다. 따라서 깊이에 따른 온도 상승률은 A보다 B에서 작다.

✕. 같은 깊이에서 온도가 높은 지역에는 해령, 호상 열도가 발달한다. 해령, 호상 열도 부근에서는 지각 열류량이 많다.

㉢. C에서는 대륙판 아래로 섭입한 해양판에서 방출된 물에 의해 상부 맨틀이 부분 용융되어 마그마가 생성되고, 이로 인해 화산 활동이 일어난다. 이와 함께, 판의 충돌에 의한 압축과 융기로 안데스산맥과 같은 습곡 산맥이 형성될 수 있다.

08 지진 기록

지진계에는 P파, S파, 표면파의 모습이 차례대로 기록된다.

㉠. 지진 관측소에서 관측한 기록을 보면, A, B, C 관측소에서 모두 P파가 먼저 도달한 후 S파가 도달한다.

㉢. 지진 기록에서 P파가 도달한 후 S파가 도달할 때까지의 시간 차이를 PS시라고 한다. 그림에서 PS시는 A가 B보다 길고, PS시는 진앙으로부터의 거리가 멀수록 증가한다. 따라서 진앙 거리는 A가 B보다 멀다.

㉢. P파의 속도를 V_p , S파의 속도를 V_s 라고 하면 관측소에서 진원까지의 거리(d)는 $d = \frac{V_p \times V_s}{V_p - V_s} \times \text{PS시}$ 로 구할 수 있다. P파와 S파의 속도는 각각 6 km/s, 4 km/s이며, C에서 PS시는 10 초이므로 C에서 진원 거리는 120 km이다.

09 진앙과 진원의 위치 결정

A, B, C 각 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.

㉢. 진원 거리가 긴 관측소일수록 PS시가 길게 나타나므로, A, B, C 중 PS시가 가장 짧은 곳은 B이다.

㉢. 관측소 A의 위치인 A점과 진앙의 위치인 O점을 연결하는 선분 AO를 긋고, O점에서 선분 AO에 직교하는 현 PP'을 그으면 현 PP'의 절반인 선분 OP 또는 선분 OP'의 길이가 진원의 깊이가 된다.

10 지구 내부의 구조

지구 내부는 구성 물질과 물리적 특징에 따라 지각, 맨틀, 외핵, 내핵으로 구분한다. 지구 내부 온도와 구성 물질의 용융 온도를 통해 지구 내부 물질의 상태를 알 수 있다.

✕. 지각, 맨틀, 내핵은 고체 상태이고, 외핵은 액체 상태이다. 따라서 A는 지구 내부의 온도이고, B는 구성 물질의 용융 온도이다.

㉢. ㉠은 맨틀과 외핵의 경계인 구텐베르크 불연속면이다. 지각과 맨틀은 규산염 암석, 핵은 철 합금으로 이루어져 있으므로 ㉠을 경계로 구성 물질의 성분이 크게 달라진다.

✕. 외핵과 내핵의 구성 성분은 철, 니켈, 황 등으로 비슷하지만, 외핵은 액체 상태이고 내핵은 고체 상태이다. 따라서 외핵과 내핵의 경계면인 ㉢(레만 불연속면)보다 깊은 곳은 고체 상태의 철 합금으로 이루어져 있다.

11 지진파의 전파

13°N~52°N 지역에 지진파 암영대가 형성되어 있다.

✕. 지진파 암영대는 진앙으로부터의 각거리가 약 103°~142°인 지역이다. 그런데 암영대는 13°N~52°N 지역에 형성되어 있으므로 진앙은 남극 부근에 위치한다.

㉢. P파 암영대는 진앙으로부터의 각거리 103°~142°이고, S파 암영대는 진앙으로부터의 각거리 103°~180°이다. A 지점은 S파 암영대에는 위치하지만 P파 암영대에는 위치하지 않으므로, A 지점에는 S파는 도달하지 않고 P파만 도달할 수 있다.

✕. 이 지진의 진앙은 남극 부근에 위치한다. 진앙으로부터의 각거리가 90°인 적도에 도달하는 지진파는 외핵을 통과하지 않은 지진파이다.

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 약 2900 km와 약 5100 km에서 급격히 증가하며, 맨틀과 외핵의 경계면인 깊이 약 2900 km의 구텐베르크 불연속면에서 가장 크게 변한다.

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

13 지구를 구성하는 원소

지각에는 산소, 규소 등이 많이 포함되어 있고, 핵에는 철이 가장 많이 포함되어 있다.

㉢. 지각을 구성하는 광물 중에는 규산염 광물이 가장 많다. 핵은 주로 철, 니켈 등의 원소로 이루어져 있다.

✗. 지각에 가장 많이 포함된 원소는 산소이다. 핵에 가장 많이 포함된 원소는 철이다.

㉠. 핵은 철, 니켈 등 주로 금속 원소로 이루어져 있다. 따라서 금속 원소의 질량비는 핵이 지각보다 크다.

14 지구의 중력장

중력은 지구상의 물체에 작용하는 만유인력과 지구 자전에 의한 원심력의 합력이다.

✗. 표준 중력의 크기는 저위도에서 고위도로 갈수록 커진다. 표준 중력의 크기는 A에서 978,033 Gal, B에서 983,219 Gal이므로 A는 B보다 저위도에 위치한다.

㉠. 단진자의 진동 주기는 표준 중력이 클수록 짧아진다. 표준 중력의 크기는 A가 B보다 작으므로 단진자의 주기는 A가 B보다 길다.

㉡. A와 B 모두 표준 중력 방향과 만유인력 방향이 일치하고, 표준 중력의 크기는 A가 B보다 작다. 따라서 A는 적도, B는 극에 위치하고, A와 B 모두 표준 중력이 지구 중심 방향을 향한다.

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 고도와 상관없이 해수면을 기준으로 한 모호면의 깊이가 같으므로 프래트의 지각 평형 이론이다.

✗. 프래트의 지각 평형 이론에서는 밀도가 서로 다른 지각이 맨틀 위에 떠 있으며, 밀도가 작은 지각일수록 해발 고도가 높다고 보았다. 따라서 지각의 밀도는 ㉠이 ㉡보다 작다.

✗. 프래트의 지각 평형 이론에서는 해발 고도와 상관없이 해수면을 기준으로 한 모호면의 깊이는 같고, 모호면에서의 압력도 같다.

16 지구의 중력장

만유인력과 표준 중력의 크기는 극에서 최대이고 지구 자전에 의한 원심력의 크기는 극에서 0이다.

㉠. 만유인력의 크기는 저위도에서 고위도로 갈수록 커진다. A보다 B가 고위도에 위치하므로 만유인력은 A보다 B에서 크다.

㉡. 지구 자전에 의한 원심력은 자전축에 수직인 지구 바깥쪽으로 작용하며, 원심력의 크기는 저위도에서 고위도로 갈수록 작아진다. 따라서 지구 자전에 의한 원심력은 A보다 B에서 작다.

✗. 표준 중력은 만유인력과 지구 자전에 의한 원심력의 합력이며, 표준 중력이 작용하는 방향은 물체의 연직 방향이다. 지구 자전에 의한 원심력의 방향은 자전축에 수직인 지구 바깥쪽이다. 따라서 표준 중력 방향과 지구 자전에 의한 원심력 방향이 이루는 각은 A보다 B에서 작다.

17 지진파의 암영대

지구 내부에서는 지진파의 전파 속도가 달라져 굴절하게 된다.

✗. 표면파는 지표면을 따라 전파되는 지진파이다. 이 지진파는 지구 내부를 진행하므로 표면파가 아니다.

✗. A는 진앙으로부터의 각거리가 약 $103^\circ \sim 142^\circ$ 인 지역으로, P파가 도달하지 않는 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.

18 지구의 중력장

만유인력과 표준 중력의 크기는 극에서 최대이고, 지구 자전에 의한 원심력의 크기는 극에서 0이다.

㉠. A는 지구 자전에 의한 원심력이다. 원심력의 크기는 고위도에서 저위도로 갈수록 커진다.

✗. B는 만유인력으로 항상 지구 중심을 향한다. 또한 지구 자전 속도가 변해도 만유인력의 크기와 방향은 변하지 않는다.

㉡. 표준 중력(C)은 만유인력(B)과 지구 자전에 의한 원심력(A)의 합력이다. 극에서는 지구 자전에 의한 원심력(A)의 크기가 0이므로 표준 중력(C)과 만유인력(B)의 크기가 같다.

19 지구 자기의 요소

편각, 복각, 수평 자기력 등을 지구 자기의 요소라고 한다.

㉠. 편각은 진북 방향과 지구 자기장의 수평 성분 방향이 이루는 각이다. 이 지역에서는 자침이 진북에 대해 서쪽으로 치우쳐 있고, 편각은 W 또는 (-)로 표시된다.

✗. A는 지구 자기장의 수평 성분 세기인 수평 자기력, C는 지구 자기장의 연직 성분 세기인 연직 자기력이다. 자북극에 가까워질수록 상대적으로 수평 자기력의 크기는 작아지고 연직 자기력의 크기는 커진다.

✗. B는 지구 자기장의 방향이 수평면에 대하여 기울어진 각인 복각이다. 복각은 자기 적도에서 0° 이고 자북극에서 $+90^\circ$ 이다. 이 지역에서 B는 (+)로 표시한다.

20 맨틀 대

맨틀 대는 태양에서 오는 대전 입자가 지구 자기장에 붙잡혀 밀집되어 있는 도넛 모양의 방사선대이다.

✗. 기원은 지표면으로부터 약 1000 km 높이까지에 불과하므로 자기권에 비해 매우 좁은 영역이다.

㉠. 자기권의 크기는 태양 쪽은 지구 반지름의 약 10배, 태양 반대쪽은 지구 반지름의 약 100배이다. 따라서 태양은 ㉠ 방향에 위치한다.

㉡. 맨틀 대의 내대는 주로 양성자, 외대는 주로 전자로 이루어져 있다. 따라서 외대보다 내대를 구성하는 입자의 평균 질량이 크다.

수능 3점 테스트

본문 20~29쪽

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

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 중심부로 모이면서 점점 회전 속도가 빨라져 납작한 원반 모양을 이루었다.

㉡. 성운의 중심부는 기체와 티끌을 끌어들이면서 밀도가 큰 핵이 성장하여 원시 태양이 형성되었다. 원시 태양이 형성되기 전까지 중력 수축에 의해 온도와 압력이 높아졌으나, 핵융합 반응이 일어나는 온도에는 도달하지 못하였다. 따라서 원시 태양의 형성 이전인 A 과정에서 태양계 성운의 중심부에서는 핵융합 반응이 일어나지 않았다.

㉢. 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.

㉠. 핵에서 가장 높은 비율을 나타내는 원소는 철이고, 맨틀에서 가장 높은 비율을 나타내는 원소는 산소이므로 ㉠은 철, ㉡은 산소이다. 따라서 ㉢은 금속, ㉣은 비금속 원소이다.

㉤. (가)의 핵은 철, 니켈 등으로 이루어져 있고, (나)의 맨틀은 산소, 규소 등으로 이루어져 있으므로 (가)는 (나)보다 평균 밀도가 크다.

㉥. 맨틀은 산소와 규소를 주성분으로 하는 규산염 물질로 이루어져 있고, 핵은 철과 니켈을 주성분으로 한다. 따라서 금속 원소의 함량비는 (가)가 (나)보다 크다.

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) 순으로 진화하였다.

㉢. 지구의 진화 초기에는 대기 중의 이산화 탄소 분압이 매우 높았다. 따라서 (나)보다 (가)에서는 많은 양의 이산화 탄소로 인해 온실 효과가 매우 크게 나타났다.

㉣. (다)에서는 철과 니켈 등 밀도가 큰 금속 성분들이 지구 중심부로 가라앉아 핵을 형성하였고 밀도가 작은 물질은 지구 표면 쪽으로 떠올라 맨틀을 형성하면서 층의 분화가 진행되었다. 이후 (나)에서 원시 지각과 원시 바다가 형성되었다.

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 이산화 탄소이다. 지구 탄생 초기에 이산화 탄소 분압이 높았던 것은 주로 화산 활동에 의해 공급되었기 때문이다. 따라서 지구 생성 초기에 형성된 ㉠은 주로 지권에서 공급되었다.

㉢. 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 형성 과정에서 주요 사건이 일어난 순서는 C → B → A이다.

05 불연속면

지구 내부를 통과하는 지진파가 굴절되거나 반사되는 성질을 이용하여 지구 내부가 층상 구조를 이루고 있음을 알아내었다.

㉡. (가)의 불연속면에서는 깊이가 깊어지면서 P파의 속도가 증가하고 있으므로 (가)는 외핵과 내핵의 경계면인 레만 불연속면이다. (나)의 불연속면에서는 깊이가 깊어지면서 P파의 속도가 급격히 감소하고 있으므로 (나)는 맨틀과 외핵의 경계면인 구텐베르크 불연속면이다. 따라서 불연속면의 깊이는 (나)가 (가)보다 얕다.

㉢. A와 B의 밀도 차이는 약 1 g/cm^3 이고, C와 D의 밀도 차이는 약 5 g/cm^3 이다. 따라서 밀도의 차이는 C와 D가 A와 B보다 크다.

㉣. C는 맨틀, D와 A는 외핵, B는 내핵에 위치한다. 따라서 D와 A는 액체 상태이다.

06 지각 열류량의 분포

맨틀 대류가 상승하는 곳에서는 지각 열류량이 많고, 맨틀 대류가 하강하는 곳이나 안정한 지역에서는 지각 열류량이 적다.

㉠. A는 동태평양 해령에 위치한다. 해령과 같이 맨틀 대류가 상승하는 곳에서는 지각 열류량이 많다.

㉡. B는 페루-칠레 해구 부근에 위치한다. 해구와 같이 맨틀 대류가 하강하는 곳에서는 지각 열류량이 적다. A에서의 지각 열류량은 $180 \sim 350 \text{ mW/m}^2$ 이고 B에서의 지각 열류량은 $40 \sim 85 \text{ mW/m}^2$ 이므로, A보다 B에서 지각 열류량이 적다.

✗. B는 페루-칠레 해구 부근이고, C는 대서양 중앙 해령에 위치한다. 따라서 B보다 C에서 평균 수심이 얕다.

07 지진파의 전파 경로

진앙으로부터의 거리가 멀어질수록 P파와 S파의 도달 시간 차이는 길게 나타난다.

㉠. ㉠은 S파, ㉡은 P파이다. A는 진앙으로부터의 각거리가 약 103° 인 지역으로 지진파가 외핵을 통과하지 않는 경로를 따라 이동한다. 따라서 A에는 ㉠과 ㉡이 모두 도달한다.

㉢. 진원에서 출발한 지진파가 B에 도달하려면 액체 상태인 외핵을 통과해야 한다. 따라서 B에는 ㉠이 도달하지 않는다.

✗. (가)에서 진원을 출발한 지진파는 지표면 쪽으로 굴절되며 전파된다. 이것은 맨틀에서 깊이가 깊어질수록 지진파의 속도가 증가하기 때문이다.

08 지구 내부 연구 방법

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

✗. 시추는 지구 내부를 연구하는 직접적인 방법이므로, A는 시추이다. 시추가 가능한 깊이는 약 15 km이므로 시추를 통해 하부 맨틀 물질을 알 수는 없다.

✗. 지구 내부를 통과하는 지진파를 분석하여 지구 내부 불연속면의 깊이 및 지구 내부를 구성하는 물질의 물리적 성질을 알 수 있다. 따라서 B는 지각 열류량 측정이다. 지각 열류량은 해령 부근보다 해구 부근에서 작은 값을 보인다.

㉢. C는 지진파 분석이다. 지진파 분석은 P파, S파 등을 이용하여 지구 내부를 연구하는 간접적인 방법이다.

09 지진파의 전파 경로와 지진파의 종류

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

㉠. ㉠은 매질의 진동 방향과 파의 진행 방향이 수직인 S파이고 ㉡은 매질의 진동 방향과 파의 진행 방향이 나란한 P파이다. S파는 P파보다 속도가 느리므로 A 영역에는 ㉠이 ㉡보다 나중에 도달한다.

✗. 진앙으로부터의 각거리가 약 $103^\circ \sim 142^\circ$ 인 B 영역은 P파와 S파의 암영대이다. 이 영역에 지진파가 도달하지 않는 이유는 외핵이 액체 상태이기 때문이다.

㉢. 진앙으로부터의 각거리가 약 $142^\circ \sim 180^\circ$ 인 C 영역은 S파의 암영대이다. 따라서 C 영역에는 ㉠은 도달하지 못하고 ㉡은 도달한다.

10 조류 운동

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

✗. 북아메리카 북동부 지역을 덮고 있던 빙하가 용해된 후 지각이 융기하여 최근 6000년 동안 해발 고도가 최대 120 m 정도 상승하였다. 퇴적 작용이 활발하게 진행되면 지각은 침강한다.

㉢. 이 지역에서는 빙하의 용해로 지각이 융기하여 해발 고도가 상승하는 조류 운동이 일어났다.

✗. 빙하의 용해로 지각이 융기했으므로 모호면이 상승한다.

$\rho_{\text{빙하}} g 400 = \rho_{\text{맨틀}} g 100$ 에서 $0.9 \times 400 = \rho_{\text{맨틀}} 100$ 이므로 맨틀의 평균 밀도는 3.6 g/cm^3 이다.

11 지구 내부의 온도와 지진파 속도 분포

지구 내부의 온도가 구성 물질의 용융점보다 낮으면 고체 상태, 지구 내부의 온도가 구성 물질의 용융점보다 높으면 액체 상태이다.

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

✗. 지구 구성 물질의 성분은 맨틀과 외핵의 경계인 ㉠에서 가장 크게 변한다. 외핵과 내핵의 경계인 ㉡에서는 구성 물질의 상태는 변하지만 구성 물질의 성분이 변하는 것은 아니다.

✗. 지표에서 지구 중심으로 갈수록 밀도는 지속적으로 상승하며 ㉠과 ㉡에서는 불연속적으로 급격히 증가한다.

12 지구 자기장

B는 자기 적도에 위치하므로 북각이 0° 이다. 북각은 자북극에서 $+90^\circ$ 이고 자남극에서 -90° 이다.

✗. 북각은 자북극에 가까울수록 크고 자기 적도에서는 0° 이므로, A에서 B까지 최단 경로로 이동할 때 북각은 작아진다.

㉢. C에서는 자침의 N극이 수평면에 대하여 위로 향하므로 북각은 (-)로 표시한다.

㉠. 수평 자기력에 대한 연직 자기력의 상대적 크기는 B보다 C에서 크다.

13 중력 탐사

단진자의 주기를 측정하여 중력 가속도를 구할 수 있고, 중력계를 이용하여 상대적인 중력의 크기를 측정할 수 있다.

✗. (가)의 B에서는 A에서보다 용수철이 늘어난 길이가 길기 때문에 A보다 중력 가속도가 크다. 따라서 (나)의 단진자 주기는 (가)의 A보다 B에서 짧다.

✗. 단진자의 주기가 T 일 때, $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ (l : 단진자의 길이, g : 중력 가속도)이다. 추의 질량(m)을 더 크게 하거나 작게 해도 단진자 주기는 변하지 않는다.

㉢. 단진자의 길이를 더 길게 하면 단진자 주기는 길어진다.

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.

- ㉠. 위도선을 따라 90°E까지 서쪽으로 이동할 때 편각의 변화는 A에서는 약 0°~3°이고 B에서는 약 -13°~+5°이다.
- ㉡. 자침의 N극과 진북 방향이 이루는 각은 편각이다. 편각은 A에서 0°이고 B에서 -10°이므로 A보다 B에서 크다.
- ㉢. A에서 B를 향해 최단 거리로 이동하는 동안 편각은 0° → -10°로 변하므로 자침은 시계 반대 방향으로 회전한다.

15 지각 평형의 모형실험

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

- ㉠. 나무토막 A에서 수면 아랫부분과 윗부분의 두께가 각각 22.5 cm와 7.5 cm이다. 압력이 P일 때, $P = \rho gh$ (ρ : 밀도, g : 중력 가속도, h : 높이)이고, 등압력면에서의 압력은 같으므로 $\rho_{나무}g30 = \rho_{물}g22.5$ 에서 나무토막의 밀도는 0.75 g/cm³이다.
- ㉡. 나무토막 B의 수면 윗부분의 두께는 5 cm이다. B의 부피가 300 cm³이므로, ㉠은 15이다.
- ㉢. 나무토막 A, B, C의 밀도가 같고, 나무토막의 두께가 두꺼울수록 수면 아랫부분의 두께가 두꺼우므로 이 실험의 결과는 에어리의 지각 평형설로 설명할 수 있다.

16 지구의 중력장

표준 중력은 만유인력과 지구 자전에 의한 원심력의 합력이다.

- ㉠. 만유인력은 지표면 어디에서나 지구 중심을 향하므로 a, b, c 모두에서 지구 중심을 향한다. 만유인력은 저위도에서 고위도로 갈수록 커지므로 a는 c보다 작다.
- ㉡. a는 지구 중심을 향하고 p는 a와 반대 방향을 향하며 a보다 크기가 작으므로 a와 p의 합력(적도에서의 표준 중력)은 지구 중심을 향한다.
- ㉢. 표준 중력은 위도에 따라 달라지는 이론적인 중력 값이다. 표준 중력은 만유인력과 원심력의 합력으로 저위도에서 고위도로 갈수록 커지므로, b와 q의 합력은 a와 p의 합력보다 크다.

17 중력의 측정

추가 달린 용수철이 중력의 크기에 따라 늘어나는 길이가 달라지는 원리를 이용하여 중력 가속도 크기의 상대적 차이를 알 수 있다.

- ㉠. A보다 B의 고도가 낮으므로 실측 중력은 A보다 B에서 크다.
- ㉡. B와 C는 고도가 같지만 지하 물질의 평균 밀도가 달라 용수철이 늘어난 길이가 다르다. C는 B보다 용수철이 늘어난 길이가 길게 나타나므로 지하 물질의 평균 밀도는 B보다 C에서 크다.

- ㉢. A, B, C 세 지점은 모두 동일 위도에 위치하므로 표준 중력이 같다. B에서의 중력 이상은 0인데, C는 B보다 실측 중력이 크므로 C에서의 중력 이상은 (+)이다.

18 중력 이상 분포

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

- ㉠. 표준 중력은 위도에 따라 달라지는 이론적인 중력 값이다. A보다 B는 저위도에 위치하므로 표준 중력은 A보다 B에서 작다.
- ㉡. 관측된 실측 중력과 이론적으로 구한 표준 중력의 차이를 중력 이상이라고 한다. 즉, (중력 이상 = 실측 중력 - 표준 중력)이다. C에서는 중력 이상이 (-) 값으로 나타나므로 표준 중력이 실측 중력보다 크다.
- ㉢. 지하에 밀도가 큰 물질이 매장되어 있으면 밀도 차이에 의한 중력 이상은 (+)로, 밀도가 작은 물질이 매장되어 있으면 중력 이상은 (-)로 나타난다. C에서는 중력 이상이 (-)이고 A에서는 (+)이므로 지하 물질의 평균 밀도는 C보다 A에서 크다.

19 지구 자기 요소

지구 자기 요소에는 편각, 북각, 수평 자기력 등이 있다.

- ㉠. 편각은 진북 방향과 지구 자기장의 수평 성분 방향이 이루는 각이므로 ㉠은 편각이다. 북각은 지구 자기장의 방향이 수평면에 대하여 기울어진 각이므로 ㉡은 북각이다.
- ㉢. 북각은 자침의 N극이 아래로 향하면 (+), 위로 향하면 (-)로 표시한다. (나)에서 자침의 N극이 수평면보다 아래로 향하고 있으므로 이 지점은 자기 적도보다 북쪽에 위치한다.
- ㉣. 자북극에 가까워질수록 북각의 크기는 증가하므로 ㉠의 크기는 증가한다.

20 지구 자기장의 일변화

하루 주기의 지구 자기장 변화를 일변화라고 한다.

- ㉠. 지구 자기장의 일변화의 변화 폭은 겨울보다 여름에 크게 나타난다. 따라서 A는 여름에, B는 겨울에 측정된 것이다.
- ㉡. 지구 자기장의 일변화의 변화 폭은 밤보다 태양의 영향을 많이 받는 낮에 크다.
- ㉢. 지구 자기장의 일변화는 태양의 영향으로 일어난다. 지구 자기의 방향과 세기가 긴 기간에 걸쳐 서서히 변하는 영년 변화는 지구 내부의 변화 때문에 일어난다.

02 광물

수능 2점 테스트

본문 36~37쪽

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

01 광물의 결정 형태

광물의 독특한 외부 형태를 결정형이라 하고, 결정면의 배열에 따라 나타나는 광물의 여러 가지 모양을 결정 형태라고 한다.

- ✗. A는 타형, B는 자형, C는 반자형이다. 따라서 광물은 B → C → A 순으로 정출되었다.
- ✗. 광물들은 고온의 마그마로부터 온도가 낮아지며 정출된다. 따라서 가장 고온에서 정출된 광물은 B이다.
- Ⓒ. 고유한 결정면을 갖추고 정출된 광물은 자형인 B이다.

02 광물의 물리적 성질

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

- Ⓒ. ①은 탄산염 광물인 방해석이다. 묽은 염산을 떨어뜨릴 때 기포가 발생하는 광물은 탄산염 광물이다.
- ✗. ②은 석영이다. 석영은 쪼개짐이 나타나지 않으며 깨짐이 나타난다.
- Ⓒ. 모스 굳기계는 두 종류의 광물을 서로 마찰시킬 때의 상대적인 단단함을 나타내는 것이다. ①과 ②의 모스 굳기는 각각 3과 7이므로 ①과 ②을 서로 긁으면 ①이 긁힌다.

03 라우에 점무늬

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

- ✗. 라우에 점무늬는 광물에 X선을 투영시켰을 때 나타나는 점무늬이다.
- Ⓒ. 라우에 점무늬로 광물 내부의 원자나 이온의 배열 상태를 알 수 있다. 광물 A는 점무늬가 규칙적으로 나타나므로 원자나 이온의 배열 상태가 규칙적인 결정질이다.
- ✗. 라우에 점무늬로는 광물 내부의 원자나 이온의 배열 상태를 알 수 있는 것이지 생성 시기를 알 수는 없다.

04 규산염 광물

규산염 광물은 1개의 규소와 4개의 산소가 결합된 SiO₄ 사면체를 기본 단위로 다른 이온과 결합되어 이루어진 광물이다. (가)는 복

사슬 구조를 나타내는 각섬석, (나)는 단사슬 구조를 나타내는 휘석의 결합 구조이다.

- Ⓒ. (가)의 각섬석과 (나)의 휘석은 모두 2방향의 쪼개짐이 나타난다.
- ✗. 규산염 광물은 감람석 → 휘석 → 각섬석 → 흑운모의 순으로 정출된다. 따라서 (가)는 (나)보다 저온에서 정출된다.
- ✗. $\frac{\text{Si 원자 수}}{\text{O 원자 수}}$ 는 (가)가 $\frac{4}{11}$, (나)가 $\frac{1}{3}$ 이므로 (가)보다 (나)가 작다.

05 광물의 광학적 성질

암염은 NaCl으로 이루어진 할로젠화 광물이고, 흑요석은 SiO₂를 주성분으로 하는 광물이다.

- ✗. 원소 광물은 다른 원소와 결합하지 않고 한 종류의 원소만으로 산출되는 광물이다. ①과 ②은 모두 원소 광물이 아니다.
- ✗. 흑요석은 쪼개짐이 나타나지 않고 깨짐이 발달한다.
- Ⓒ. 암염은 원자나 이온의 배열 상태가 규칙적인 결정질이다.

06 광물의 광학적 성질

광학적 이방체 광물을 개방 니콜에서 관찰하면 다색성이 나타나고, 직교 니콜에서 관찰하면 간섭색과 소광 현상이 나타난다.

- Ⓒ. 다색성은 개방 니콜 상태에서 관찰할 수 있는 광학적 성질이다.
- ✗. 흑운모는 복굴절을 일으키는 광학적 이방체이다.
- Ⓒ. 흑운모는 판상 구조를 나타내므로 1방향의 쪼개짐이 발달한다.

07 복굴절과 단굴절

(가)에서는 단굴절이 일어나고, (나)에서는 복굴절이 일어난다.

- ✗. (가)는 단굴절이 일어나므로 광학적 등방체인 암염이고, (나)는 복굴절이 일어나므로 광학적 이방체인 방해석이다. 암염은 할로젠화 광물이고 방해석은 탄산염 광물이다.
- Ⓒ. 굴절은 파동이 서로 다른 매질의 경계면을 지나면서 속도가 변해 진행 방향이 바뀌는 현상이다. 방해석은 복굴절이 일어나는 광학적 이방체이다.
- ✗. (가)에서는 단굴절이 일어나며 광물 내에서 방향에 관계없이 빛의 통과 속도가 일정하다.

08 화성암의 조직

심성암에서는 조립질 조직을 관찰할 수 있고, 화산암에서는 유리질 조직이나 세립질 조직을 관찰할 수 있다.

- ✗. (가)는 결정의 크기가 매우 작은 세립질 조직이 나타난다.
- ✗. (나)는 입자의 크기가 크고 비교적 고온 조립질 조직을 관찰할 수 있다. 조립질 조직은 심성암에서 나타난다.
- Ⓒ. (가)의 세립질 조직은 (나)의 조립질 조직보다 지표면 부근에서 냉각 속도가 빠른 환경에서 생성되었다.

수능 3점 테스트

본문 38~41쪽

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

01 광물의 분류

A는 방해석, B는 감람석, C는 석영이다. 방해석은 탄산염 광물이고 감람석과 석영은 규산염 광물이다.

✕. A, B, C는 조흔색이 모두 흰색이므로 광물 가루의 색인 조흔색으로 구분할 수 없다.

○. A와 C의 모스 굳기는 각각 3과 7이므로 A와 C를 서로 긁으면 A가 긁힌다.

○. B와 C는 모두 SiO_2 사면체 구조로 이루어진 규산염 광물이다.

02 광물의 물리적 성질

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

✕. 방해석과 감람석은 원자나 이온의 배열 상태가 규칙적인 결정질이다.

○. 감람석과 흑운모는 어두운색을 띠는 유색 광물이다.

✕. 감람석과 석영은 물리적인 힘을 가했을 때 일정한 방향이 없이 깨지는 성질이 나타난다.

03 규산염 광물의 결합 구조와 특징

SiO_2 사면체의 공유 산소 수는 저온에서 정출된 광물일수록 증가한다.

✕. 가장 고온에서 정출되는 광물은 감람석이고, 가장 저온에서 정출되는 광물은 석영이다. 저온에서 정출된 광물일수록 Na, K, Si가 풍부하다.

✕. 단사슬 구조를 갖는 휘석은 SiO_2 사면체에서 공유 산소 수가 2개이다.

○. $\frac{\text{Si 원자 수}}{\text{O 원자 수}}$ 의 값이 가장 큰 광물은 석영이다. 저온에서 정출되는 광물일수록 화학적 풍화에 강하다.

04 편광 현미경 관찰

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

✕. A는 개방 니콜 상태, B는 직교 니콜 상태이다. 다색성은 상부 편광판을 뺀 개방 니콜 상태로 흑운모와 같은 유색의 광학적 이방체 광물에서 관찰된다.

✕. 금은 불투명 광물이므로 얇게 가공하더라도 빛을 투과시키지 못하므로 간섭색을 관찰할 수 없다.

○. 직교 니콜 상태에서 광학적 이방체 광물 박편을 재물대에 놓고 회전시키면 간섭색이 변하는데, 어느 각도에서는 빛이 통과하지 않는 소광 현상이 일어난다. 재물대를 회전시킬 때 소광 현상은 90° 회전시킬 때마다 일어난다.

05 광물의 광학적 성질

직교 니콜에서 광학적 이방체 광물의 박편을 회전시키면 90° 회전시킬 때마다 소광 현상이 일어난다.

✕. 간섭색과 소광 현상은 직교 니콜 상태에서 관찰할 수 있다.

○. 간섭색은 직교 니콜 상태에서 광학적 이방체 광물의 박편을 재물대 위에 놓았을 때 관찰되는 색이다. 재물대를 회전시키면 간섭색이 변하다가 어느 각도에서는 빛이 통과하지 않는 소광 현상이 일어난다.

✕. 비금속 광물은 얇게 가공하면 빛을 투과시키므로 투명 광물이라고 한다.

06 화성암의 조직

화성암이 생성되는 장소는 마그마의 냉각 속도를 결정짓고 그에 따라 화성암의 조직도 달라진다.

○. A: 조립질 조직, 세립질 조직, 반상 조직 중 입자의 크기가 가장 작은 조직은 세립질 조직이다.

B: 유리질이나 세립질 조직의 바탕에 결정의 크기가 큰 반정이 섞여 있는 조직은 반상 조직이다.

C: 조립질 조직은 입자의 크기가 크고 비교적 고른 조직이다.

07 퇴적암의 조직

퇴적암의 조직에는 쇄설성 조직과 비쇄설성 조직이 있다. 역암이나 사암 등의 퇴적암을 관찰하면 입자의 모서리가 마모되어 있고, 입자 사이에 방해석, 점토 광물, 불투명 광물 등의 교결 물질이 채워져 있는 쇄설성 조직을 볼 수 있다.

○. (가)는 입자의 크기가 비교적 작은 쇄설성 조직을 보이는 사암을, (다)는 입자의 크기가 비교적 큰 쇄설성 조직을 보이는 역암을 나타낸다.

✕. (가)와 (다)는 쇄설성 조직이고, (나)는 비쇄설성 조직이다.

✕. 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.

08 변성암의 조직

변성암에는 마그마와의 접촉부에서 주로 열을 받아 생성된 접촉 변성암과 지하 깊은 곳에서 열과 압력을 받아 생성된 광역 변성암이 있다.

○. (가)는 치밀하고 단단한 혼펠스 조직이 나타나는 혼펠스이다.

㉠. (나)는 엽리가 나타나는 편마암이다. 엽리는 암석에 가해진 압력 방향과 수직으로 기존 광물이 재배열되거나 새로 만들어진 광물이 배열되어 만들어진다. 엽리는 변성 광물 입자의 크기에 따라 편리와 편마 구조로 나뉜다.

㉡. (가)의 혼펠스는 접촉 변성 작용을 받아 형성되고, (나)의 편마암은 광역 변성 작용을 받아 형성된다.

03 지구의 자원

수능 2점 테스트

본문 49~51쪽

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

01 자원과 광상

인간 활동과 생산에 필요한 모든 것을 자원이라고 한다.

㉠: 자원은 인간 생활에 가치 있고 유용한 물질 및 에너지로 쓸 수 있는 원료를 말하며, 특히 땅속에 묻혀 있는 채취 가능한 자원을 지하자원이라고 한다.

영향: 금, 구리, 아연과 같은 금속 광물과 고령토, 석회석과 같은 비금속 광물을 통칭하여 광물 자원이라고 한다.

만수: 광물 자원이 지각 내에 채굴이 가능할 정도로 집적되어 있는 장소를 광상이라고 한다. 그리고 광상에서 채굴한 경제성이 있는 암석을 광석이라 하고, 광상에서 광석을 채굴하는 장소를 광산이라고 한다.

02 화성 광상

마그마가 냉각되는 과정에서 마그마 속에 포함된 유용한 원소들이 분리되거나 한곳에 집적되어 형성되는 광상을 화성 광상이라고 한다. A는 페그마타이트 광상, B는 열수 광상, C는 기성 광상이다.

㉠. 마그마의 영향을 받아 형성된 광상이 화성 광상이므로 A, B, C는 모두 화성 광상에 속하는 광상이다.

㉡. 페그마타이트 광상(A)은 마그마의 냉각 말기에 마그마가 주변 암석에 영향을 미쳐서 형성된 광상이고, 열수 광상(B)은 마그마가 냉각되면서 남은 열수 용액이 주변 암석의 틈을 따라 상승하면서 이동하여 형성된 광상이므로 광상이 형성되는 평균 깊이는 페그마타이트 광상(A)이 열수 광상(B)보다 깊다.

✕. 화성 광상 중 광상이 형성될 때의 온도는 정마그마 광상 > 페그마타이트 광상(A) > 기성 광상(C) > 열수 광상(B)이다. 따라서 광상이 형성될 때의 평균 온도는 열수 광상(B)이 기성 광상(C)보다 낮다.

03 퇴적 광상

퇴적 광상은 지표의 광물이나 암석이 풍화되어 만들어진 퇴적물이 운반, 침전, 퇴적되어 형성되는 광상이다. A는 표사 광상, B는 풍화 잔류 광상, C는 침전 광상이다.

㉠. 표사 광상(A)은 일반적으로 광상이나 암석 중에 있던 광물들이 풍화 작용으로 분리되고 침식 작용으로 깎여 나가 강바닥으로 운반된 후, 모래 사이로 가라앉아 진흙층이나 기반암 위에 모여서

만들어진 광상이므로 광물이 광상 형성 과정에서 화학 결합을 통해 형성되지는 않는다. 백금은 화성 광상에서도 산출될 수 있지만 주로 퇴적 광상 중 표사 광상(A)에서 산출된다.

㉠. 풍화 잔류 광상(B)은 기존의 암석이 주로 화학적 풍화 작용을 받은 후, 풍화의 산물이 그 자리에 남아서 만들어진 광상이므로 고온 다습한 환경에서 잘 형성된다.

㉡. 침전 광상(C)은 해수가 증발하면서 해수에 녹아 있는 물질이 침전되어 형성된 광상이므로 주로 해저에서 형성되고, 표사 광상(A)은 주로 흐르는 물에 의해 암석이 운반되어 쌓인 하천의 바닥 등에서 주로 산출되는 광상이므로 지표 부근에서 잘 형성된다. 따라서 광상이 형성되는 평균 깊이는 침전 광상(C)이 표사 광상(A)보다 깊다.

04 변성 광상

지각 내에서 기존의 암석이 변성 작용을 받는 과정에서 새로운 광물이 형성되어 특정한 곳에 집중적으로 분포하거나 기존의 광상이 변성 작용을 받아서 광물의 조성이 변하여 형성된 광상을 변성 광상이라고 한다.

✕. 접촉 교대 광상은 기존의 퇴적암에 화성암체가 관입한 접촉부에서 새로운 광물이 침전되어 기존 광물을 교대하여 형성된 광상이고, 광역 변성 광상은 지구 내부에서 높은 열과 압력을 받는 과정에서 새로운 광물이 형성되어 특정한 곳에 집중되어 분포하는 광상이다. 따라서 마그마의 접촉부에 위치한 B가 접촉 교대 광상이고, A가 광역 변성 광상이다.

✕. 접촉 교대 광상은 기존의 암석이 화성암체의 관입에 의한 접촉부에서 고온의 규산염 용액과 반응하여 형성되는 광상이므로 주로 열수 용액에 의해 형성되지는 않는다.

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

05 호상 철광층

호상 철광층은 철 이온들이 산소와 결합하여 산화된 후 침전되어 형성된다.

✕. 호상 철광층은 바다에서 해수에 용해된 철 이온들이 남세균류가 광합성으로 생성한 산소와 결합하여 형성된다. 따라서 호상 철광층은 바다에서 주로 형성되었다.

✕. 호상 철광층은 해수에 녹아 있던 철 이온들이 산소와 결합하여 침전되어 형성되므로, 퇴적 광상 중에서 침전 광상에 해당한다.

㉢. 현재 발견된 대부분의 호상 철광층은 선캄브리아 시대의 해양 환경에서 주로 형성되었다.

06 광물 자원의 종류

광물 자원에는 금속이 주성분으로 함유된 금속 광물 자원과 주로 비금속 원소로 이루어진 비금속 광물 자원이 있다. 희토류 원소는

일반적으로 은백색 또는 회색 금속이다.

✕. 광물 자원은 일부 재생 가능한 것도 있지만, 대부분은 재생이 불가능하다.

㉠. 희토류 원소는 란타넘족 원소 15개에 원자 번호 21번인 스칸듐(Sc), 39번인 이트륨(Y)을 더한 총 17개 원소를 말한다. '자연계에 매우 드물게 존재하는 금속 원소'라는 의미를 가지고 있으므로 희토류는 금속 광물 자원에 해당한다.

㉡. 제련은 용광로 등을 활용하여 광석을 녹여낸 후, 원하는 금속 광물을 추출해 내는 방식이다. 따라서 비금속 광물 자원에서는 제련 과정이 필요 없다.

07 광물 자원의 이용

지구상에 분포하는 다양한 광물 중에서 우리가 일상생활이나 산업에 이용하는 광물을 광물 자원이라고 한다.

✕. 전지 원료 등에 이용되는 리튬은 금속 광물 자원이고, 일상 생활용품에 사용되는 흑연은 비금속 광물 자원이다.

✕. 탄소 원자가 육각형 평면 구조를 이루면서 층층이 배열된 흑연은 인공적인 방법으로도 얻을 수 있지만 대부분은 자연 상태에서 얻을 수 있다. 자연 상태에서 흑연은 탄소 화합물이 변성 과정을 거치면서 환원된 변성암에서 주로 발견되지만, 일부 화성암과 운석에도 존재한다. 따라서 (나)는 주로 변성 광상에서 산출된다.

㉢. 리튬은 높은 에너지 밀도를 갖는 리튬 전지와 리튬 이온 2차 전지의 양극 물질로 사용되어 휴대용 전자 제품의 중요한 원료로 이용되고, 흑연은 주로 내화물, 전지(배터리), 제강, 브레이크 라이닝, 구조 외장 및 윤활제로 이용된다. 따라서 (가)와 (나)는 모두 전지 원료로 이용된다.

08 광물과 암석의 이용

지각에 포함된 광물이나 암석은 우리 생활과 산업 부문에 다양한 형태로 이용되고 있다. A는 화강암이고, B는 구리이다.

㉠. A는 조각 재료로 이용된 화강암이다. 화강암은 석영과 장석류를 주성분으로 하는 조립질의 암석이고, 주로 흰색 또는 옅은 회색을 띤다. 특히 단단하고 아름다워서 조각 재료 및 건축 자재로 자주 사용되는 암석이다.

㉡. B는 구리이다. 구리는 전기와 열 전도율이 높은 유용한 금속으로, 지구상에 널리 매장되어 있고 비교적 저렴하게 대량 생산할 수 있는 장점이 있다. 또한 구리는 주로 합금의 재료로 사용된다. 주석, 아연, 니켈과 섞으면 각각 청동, 황동, 백동이 된다.

㉢. 화강암은 마그마가 지구 내부에서 천천히 식으면서 형성된 암석이고, 구리는 화성 광상 중 열수 광상에서 산출될 수 있다. 따라서 A와 B는 모두 마그마가 냉각되는 과정에서 산출될 수 있다.

09 에너지 자원

에너지 자원은 자연계에서 인간 활동에 필요한 에너지를 생산해 낼 수 있는 모든 자원을 통칭한다.

㉠. 가스수화물은 메테인과 같은 탄화수소 성분이 저온·고압의 환경에서 물 분자와 결합한 고체 물질이다. 자료에서 매장량은 가스수화물이 가장 많다.

㉡. 화석 연료는 고체 상태의 석탄, 액체 상태의 석유, 기체 상태의 천연가스와 같이 고생물의 유해가 지하에 매장되어 생성된 자원들을 통칭하는 용어이다. 따라서 화석 연료는 모두 고체 상태로 산출되지는 않는다.

㉢. 가스수화물은 온도가 낮고 압력이 높은 환경에서 주로 생성되는데, 대부분 영구동토나 심해저 환경에 매장되어 있다. 가스수화물이 전체 에너지 자원 매장량의 절반 이상을 차지하고 있고, 화석 연료 중 석유의 경우에도 현재 산유량의 약 50% 이상을 해저 유전에서 생산하고 있으므로 매장된 에너지 자원의 양은 해양보다 대륙에서 적다.

10 조력 발전

조력 발전은 해수면의 높이 변화를 이용한 발전 방식으로 바다와 호수의 수면 높이 차이가 클 때 전력 생산이 상대적으로 유리하다.

㉠. 만조와 간조 때 발생하는 해수면의 높이 차를 이용하는 발전 방식은 조력 발전이다.

㉡. 기상 현상에 크게 영향을 받는 파력 발전에 비해 조력 발전은 예측 가능한 발전 방식으로 대규모 전력 생산이 가능하다.

㉢. 조력 발전은 해수의 위치 에너지를 전기 에너지로 전환하여 전력을 생산하는 발전 방식이다.

11 해양 에너지 자원

해양 에너지 자원은 대부분 공해가 없고 무한히 재생 가능하여 에너지 자원으로서 가치가 높다. 해양에서 에너지를 생산하는 방식에는 조력 발전, 파력 발전(A), 조류 발전(B), 해양 온도 차 발전(C) 등이 있다.

㉠. 파력 발전(A)은 파도에 의해 운동하는 해수의 에너지를 전기 에너지로 변환하여 사용하는 발전 방식이므로 바람이 강할수록 많은 에너지를 생산할 수 있다. 따라서 파력 발전(A)의 근원 에너지는 태양 에너지이다.

㉡. 조류 발전(B)은 조석에 의해 자연적으로 발생하는 빠른 흐름인 조류에 직접 터빈을 설치함으로써 해수의 수평 흐름을 회전 운동으로 변환시켜 전기 에너지를 생산하는 방식이므로 조류의 유속이 빠를수록 발전량은 증가한다.

㉢. 해양 온도 차 발전(C)은 표층수와 심층수의 온도 차이를 이용하여 전기를 생산하는 방식으로 해양에서 표층수와 심층수의 공급만 있으면 되므로 에너지 공급원이 무한하다.

12 해양 자원

해양에서 얻을 수 있는 인간 활동과 생산에 이용 가능한 모든 것을 해양 자원이라고 한다.

㉠. 해양 생물은 약 30만 종 이상이 분포하고 있으며, 육상 생물

에 비하여 재생산력이 매우 높다. 따라서 바다 목장은 해양 생물 자원을 이용하는 대표적인 예이다.

㉡. 해양 자원 중에서 해양 에너지 자원은 에너지를 얻기 위해 발전소를 건설하는 과정에서 해양 생태계에 좋지 않은 영향을 줄 수도 있다. 따라서 에너지 자원을 개발할 때 생물 자원에 영향을 줄 수 있다.

㉢. 해양 광물 자원은 망가니즈 단괴 등과 같이 해저면 부근에서 산출되는 경우도 있지만, 브로민, 마그네슘, 우라늄 등과 같이 해수 속에 원소 및 이온의 형태로 존재할 수도 있다.

수능 3점 테스트						본문 52~57쪽
01 ②	02 ③	03 ⑤	04 ①	05 ④	06 ⑤	
07 ④	08 ②	09 ②	10 ④	11 ①	12 ⑤	

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. A는 페그마타이트 광상, B는 기성 광상, C는 열수 광상이다.

㉠. 석영맥은 주로 석영으로 이루어진 암맥으로 석영맥에서는 수정이 생성되거나, 황화물, 금, 은 등을 함유하여 광맥을 이루기도 한다.

㉡. 석영맥은 마그마에 의한 열수 용액에 의해 주로 형성된다. 따라서 석영맥은 주로 C에서 산출된다.

㉢. 화성 광상은 형성되는 온도와 밀도에 따라서 구분할 수 있다. 각각의 화성 광상에서는 모두 금속 광물이 산출된다.

02 페그마타이트 광상

페그마타이트 광상에서 나타나는 페그마타이트 광맥은 거친 질감을 특징으로 하는 화성암의 한 종류로, 일반적으로 직경이 1cm 보다 큰 서로 맞물린 결정으로 구성된다.

㉠. 페그마타이트 광맥은 마그마의 냉각 말기에 마그마가 주변의 암석을 뚫고 들어가서 형성된 페그마타이트 광상에서 나타나며 석영, 장석, 운모, 녹주석 등의 광물과 희토류 원소들이 산출된다.

㉡. 자료에서 살펴보면 페그마타이트 광맥의 두께가 두꺼울수록 리튬 함량이 감소하기 시작하는 시점이 상대적으로 늦어진다는 것을 알 수 있다.

㉢. 냉각 시간이 100년일 때 페그마타이트 광맥에 포함된 리튬의 함량은 페그마타이트 광맥의 두께가 두꺼울수록 상대적으로 많다.

03 호상 철광층

A 유형은 화산 활동 주변의 바닷속에서 형성된 것으로 시생대에

좁은 지역에 많이 분포하는 특징이 있고, B 유형은 원생대에 넓은 바다에서 형성되어 분포 수는 적지만 철 함량이 매우 많은 특징이 있다.

㉠ (가)에서 호상 철광층의 시간에 따른 분포수는 A 유형이 B 유형보다 많다.

㉡ 호상 철광층은 대부분 약 35억 년 전~약 18억 년 전 신캄브리아 시대의 바다에서 형성되었으므로, 전 세계적으로 시생 누대와 원생 누대 암석이 나타나는 지역에 널리 분포한다. 그중에서도 자료를 살펴보면 A 유형이 B 유형보다는 먼저 형성되었다.

㉢ 호상 철광층에서는 산화철의 함유량이 많을수록 철의 함량이 많다. (나)에서 살펴보면 30억 년 전~20억 년 전 사이에서 철의 함량이 가장 높게 나타나는 호상 철광층이 존재한다는 것을 알 수 있다.

04 침전 광상

침전 광상은 해수가 증발하면서 해수에 녹아 있는 물질이 침전되어 형성된 광상으로, 퇴적 광상의 한 종류이다.

㉠ 석고는 해수가 약 85% 증발되었을 때 침전하는 광물이고, 마그네슘염은 해수가 약 95% 증발되었을 때 침전하는 광물이다. 따라서 해수에서 침전되는 순서는 석고가 마그네슘염보다 먼저이다.

㉡ 고립된 해양 분지에서 침전 광물은 해수의 증발 비율이 낮을수록 먼저 침전되어 형성된다. 따라서 가장 나중에 침전된 A는 암염이고, 가장 먼저 침전된 B는 탄산칼슘이다.

㉢ 침전 광상은 해수의 증발이 활발한 곳에서 잘 형성되므로 주로 고온 건조한 환경에서 잘 형성된다.

05 광상의 종류

광상은 광상이 형성되는 과정에 따라 화성 광상, 퇴적 광상, 변성 광상으로 구분한다.

㉠ 화성 광상은 마그마의 영향을 받아서 형성된 광상이고, 퇴적 광상은 지표의 광상이나 암석이 풍화, 침식, 운반되는 과정에서 유용한 광물들이 집적되어 형성된 광상이다. 그리고 변성 광상은 지각 내에 들어 있는 광물이 변성 작용을 받는 과정에서 재배열됨으로써 새로운 광물이 농집되거나 기존의 광상이 변성 작용을 받아 광물의 조성이 달라져 생성된 광상이다. 따라서 광상이 형성될 때의 평균 온도는 퇴적 광상에서 가장 낮다.

㉡ 땀납은 납땀에 사용되는 재료로서 녹는점이 낮은 합금이다. 주로 납과 주석을 주성분으로 한 것이 사용된다.

㉢ 주석은 화성 광상의 기성 광상 등에서 산출되고, 퇴적 광상의 표사 광상 등에서도 산출된다. 따라서 주석은 A와 B에 모두 해당한다.

06 희토류

희토류 원소는 자연계에 매우 드물게 존재하는 금속 원소로서 농

축된 형태로 산출되는 경우는 매우 드물다. 희토류 원소는 일반적으로 은백색 또는 회색 금속이다.

㉠ 그림에서 살펴보면 희토류의 매장량 중 중국과 베트남의 매장량 합계가 52.5%이므로 대륙별 희토류의 매장량 비율은 아시아가 가장 크다.

㉡ 희토류의 매장량은 미국이 1.8%이고, 중국이 35%이다. 또한 희토류의 생산량은 미국이 14.3%이고, 중국이 68.9%이다.

따라서 희토류의 $\frac{\text{생산량}(\%)}{\text{매장량}(\%)}$ 은 미국이 $\frac{14.3\%}{1.8\%} \approx 7.9$ 이고, 중국이 $\frac{68.9\%}{35.0\%} \approx 2.0$ 이므로 미국이 중국보다 크다.

㉢ 희토류는 자연계에서 매우 드물게 존재하는 금속 원소이다. 따라서 희토류는 제련 과정을 거쳐서 생산된다. 하지만 희토류의 제련 과정 중에서 유해한 성분들이 대기로 배출된다는 단점이 존재한다.

07 광물 자원의 이용

자수정은 석영질의 광물 중에서 투명하게 결정된 보랏빛을 띠는 보석이고, 건전지는 망가니즈와 아연 등을 이용한 전지 제품이다.

㉠ A는 석영이다. 석영은 광물 자원 중에서 비금속 광물 자원으로 광학 기구 및 전자 제품 등에 주로 이용된다.

㉡ 망가니즈는 강철 합금 및 건전지 등에 이용되는 금속 광물 자원으로서 해양의 심해저에서 침전되어 망가니즈 단괴의 형태로 발견된다.

㉢ 석영과 망가니즈는 모두 마그마의 영향에 의해 형성된 화성 광상에서도 산출된다.

08 광물 자원의 매장량

우리나라에 매장된 광물 자원 중에서 가장 많은 양을 차지하는 광물 자원은 석회석이다.

㉠ 금의 매장량은 2016년에 5973(천 톤)이고, 2023년에 5922(천 톤)으로 변화 폭은 51(천 톤)이다. 그리고 철의 매장량은 2016년에 45083(천 톤)이고, 2023년에 53562(천 톤)으로 변화 폭은 8479(천 톤)이다. 따라서 매장량의 변화 폭은 금이 철보다 작다.

㉡ 석회석의 매장량은 2016년에 12699881(천 톤)이고, 2023년에 13888121(천 톤)이므로 $\frac{2023\text{년 매장량}}{2016\text{년 매장량}} = \frac{13888121}{12699881} \approx 1.09$ 이다.

그리고 고령토의 매장량은 2016년에 113354(천 톤)이고, 2023년에 112906(천 톤)이므로 $\frac{2023\text{년 매장량}}{2016\text{년 매장량}} = \frac{112906}{113354} \approx 1.00$ 이다.

따라서 $\frac{2023\text{년 매장량}}{2016\text{년 매장량}}$ 은 석회석이 고령토보다 크다.

㉢ 금과 철은 금속 광물 자원이고, 석회석과 고령토는 비금속 광물 자원이다. 자료에서 살펴보면 광물 자원의 매장량은 금속 광물이 비금속 광물 자원보다 적다.

09 조류 발전과 파력 발전

조류 발전은 밀물과 썰물에 의해 발생하는 조류의 흐름(운동 에너지)을 직접 이용하고, 파력 발전은 바람에 의해 발생하는 파도의 상하좌우 운동을 이용한다.

✗. 조류 발전은 주기적인 조석 현상에 따른 조류의 흐름을 이용하므로, 반일주조가 나타나는 지역에서는 에너지 생산량의 최대치가 하루에 약 4회 나타나며, 대조와 소조가 바뀌는 약 7일을 주기로 최대 에너지 생산량이 연속적으로 변한다. 따라서 (나)가 조류 발전 방식으로 생산한 에너지 분포이다.

㉠. 조류 발전은 특정 지역의 시간대별 조류의 유속을 알고 있으면 발전량의 예측이 가능하지만, 파력 발전은 파도를 이용하여 발전하는 방식이므로 바람이 강할수록 많은 에너지를 생산할 수 있다. 따라서 발전량의 예측 가능성은 (나)의 발전 방식이 (가)의 발전 방식보다 크다.

✗. 조류 발전은 조석에 의해 자연적으로 발생하는 빠른 흐름인 조류를 이용하는 발전 방식이고, 파력 발전은 바람에 의해 발생하는 파도의 운동 에너지를 이용하여 전기 에너지를 생산하는 발전 방식이다. 따라서 바람에 의한 영향은 (나)의 발전 방식이 (가)의 발전 방식보다 작다.

10 해양 온도 차 발전과 파력 발전

해양 온도 차 발전은 표층수의 따뜻한 열로 액체를 기화시켜 터빈을 돌려서 전기 에너지를 생산하는 방식이고, 파력 발전 중 고정식 발전은 압축 공기를 이용하여 터빈을 돌려서 전기 에너지를 생산하는 발전 방식이다.

✗. 해양에서 수온 변화는 위도의 변화에 따른 표층수의 온도 변화는 크지만 심층수의 온도 변화는 거의 없다. 따라서 해수의 표층수와 심층수의 온도 차이를 이용하는 해양 온도 차 발전은 표층의 수온이 낮은 고위도 해역보다 표층의 수온이 높은 저위도 해역에 설치하는 것이 적합하다.

㉠. 파력 발전(고정식)은 바람에 의한 파도의 운동에 의해 얻어지는 압축 공기를 이용하여 터빈을 돌려서 전기 에너지를 생산하는 발전 방식이므로 발전 과정에서 이산화 탄소를 배출하지 않아 지구 온난화와 같은 환경 문제를 일으키지 않는다.

㉡. 해양 온도 차 발전은 표층수와 심층수의 온도 차가 큰 해역에서 적합한 발전 방식이고, 고정식 파력 발전은 강한 파도가 발생하는 해역 및 지역에서 적합한 발전 방식이다. 따라서 (가)와 (나)는 모두 설치 지역의 제한성이 있다.

11 해양 생물 자원

바다에는 약 30만 종의 해양 생물군이 분포하며, 해마다 약 6500만 톤의 식량을 바다로부터 공급받고 있다. 해양 생물들은 육상 생물들에 비해 재생산력이 높다.

㉠. 2019년부터 2023년까지 우리나라의 해양 생물 자원 보유종 수는 해양 무척추동물이 가장 많고, 해양 식물이 가장 적은 편이다.

✗. 2019년부터 2023년까지 보유종 수의 변화 폭은 해양 척추동물이 $990 - 877 = 113$, 해양 무척추동물이 $3933 - 3321 = 612$, 해양 식물이 $870 - 732 = 138$, 해양 원생 생물이 $946 - 839 = 107$, 해양 미생물이 $3057 - 2443 = 614$ 이다. 따라서 2019년부터 2023년까지 보유종 수의 변화 폭이 가장 큰 생물 자원은 해양 미생물이다.

✗. 해양 생물 자원 보유종 수에서 차지하는 비율은 해양 생물 자원 보유종 수가 적은 해양 척추동물이 보유종 수가 많은 해양 미생물보다 작다.

12 해양 광물 자원

망가니즈 단괴는 심해저의 저온·고압 환경에서 생성되며, 망가니즈, 구리, 코발트, 카드뮴 등이 포함된 금속 광물 자원이다. 가스수화물은 메테인이 주성분인 천연가스가 저온·고압의 환경에서 물 분자와 결합한 고체 물질로 비금속 광물 자원이다.

㉠. (가)는 가스수화물이다. 가스수화물은 저온·고압의 조건뿐만 아니라 유기물과 퇴적물이 풍부한 환경에서 잘 형성되므로, 대양의 중앙부보다 퇴적물이 많은 대양의 가장자리 부근에서 주로 발견된다.

㉡. (나)는 망가니즈 단괴이다. 망가니즈 단괴는 퇴적물이 거의 쌓이지 않는 수심 약 4000m 이상의 태평양 심해저 등의 저온·고압 상태의 환경에서 주로 발견된다.

㉢. 금속 광물 자원인 망가니즈 단괴는 해수에 녹아 있던 물질이 심해에서 화학적 침전에 의해 생성된 것으로, 망가니즈 단괴를 제련하면 망가니즈, 구리, 코발트, 카드뮴 등을 얻을 수 있다. 이에 비해 가스수화물은 에너지 자원이다. 따라서 유용한 광물을 얻기 위해서 제련 과정이 필요한 자원은 (나)이다.

04 한반도의 지질

수능 2점 테스트

본문 66~69쪽

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

01 지질도의 종류

지질 조사에서 얻은 정보를 지도에 표기한 것을 지질도라고 한다. 지질도에는 지표층을 이루고 있는 암석을 여러 가지 특징에 따라 구분하여 표기하고, 그 지역에 나타난 층서 관계나 단층, 습곡과 같은 지질 구조 등이 기호로 기입되어 있다.

㉠. (가)는 지질 조사를 통해 알게 된 암석이나 지층의 정보 등을 지형도에 표시하여 나타난 평면 지질도이고, (나)는 도로나 골짜기 같은 노선을 따라 조사한 내용을 적어 넣은 지질도이므로 노선 지질도이다.

✕. 지질 조사의 순서는 문헌 조사 → 노두 조사 → 노선 지질도 작성 → 평면 지질도 작성 → 지질 단면도 작성 → 지질 주상도 작성이다. 따라서 (가)보다 (나)가 먼저이다.

㉡. 노선 지질도와 평면 지질도를 해석하여 조사 지역의 지질 구조를 규명하는 연구 외에 유용한 광상이나 지하수의 개발 등을 할 수 있다.

02 클리노미터의 구조

클리노미터는 지층의 주향과 경사를 측정할 때 사용하는 도구이다. 클리노미터의 자침을 이용하여 주향을 측정하고, 클리노미터의 경사추가 가리키는 안쪽 눈금을 읽으면 지층의 경사각을 측정할 수 있다.

㉠. 주향은 클리노미터의 자침이 가리키는 바깥쪽 눈금인 A를 읽어서 측정한다. B는 경사각을 측정하는 안쪽 눈금이다.

✕. C는 경사추이다. 경사추가 가리키는 안쪽 눈금으로 경사각을 측정할 때 사용하는 것이다.

✕. 클리노미터에 표시된 E와 W는 주향을 측정할 때 자침이 가리키는 방향을 그대로 읽으면 주향이 되도록 편의상 바꾸어 놓아서 보통의 나침반과는 반대로 표시되어 있다. 따라서 ㉠은 E, ㉡은 W이다.

03 주향과 경사의 측정

지질도에는 지질 조사를 통해 알아낸 내용을 여러 가지 색과 지질 기호로 표시한다. 지층면과 수평면의 교선을 주향선이라 하며, 진북(N)을 기준으로 한 주향선의 방향을 주향이라고 한다. 또한 주향선에 대해 직각이 되는 지층면의 경사진 방향은 경사 방향이다.

㉠. 지층의 주향과 경사 표시 기호에서 긴 직선의 방향(A)은 주향이고, 짧은 선의 방향(B)은 경사 방향을 나타낸다. 그리고 주향과 경사 방향은 항상 직각을 이룬다.

✕. 지층면과 수평면의 교선이 가리키는 방향은 주향이다. 그림에서 살펴보면 주향선이 진북을 기준으로 37° 동쪽으로 돌아가 있으므로 주향은 N37°E이다.

㉡. 지층의 지층면과 수평면이 이루는 각은 경사각이고, 지층면의 기울어진 방향인 경사 방향은 주향에 직각으로 실제 방위에서 판단해야 한다. 그림에서 살펴보면 경사각은 27°이므로 30°보다 작다.

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.

㉠. (가)는 지층 경계선이 지형도의 등고선과 나란하게 나타나고 있으므로 지층이 수평일 때이다. 따라서 지질 기호는 수평층을 나타내는 ⊕ 또는 +가 사용된다.

✕. (나)는 지층 경계선이 지형도의 등고선을 교차하면서 직선으로 나타나고 있으므로 지층이 수직일 때이다. 수직층일 때 경사 방향은 정할 수 없다.

✕. 인접한 두 지층면이 이루는 각은 수평층인 (가)에서는 0°이고, 수직층인 (나)에서는 90°이다. 따라서 수평면을 기준으로 할 때 인접한 두 지층 사이의 지층면이 이루는 각은 (가)보다 (나)에서 크다.

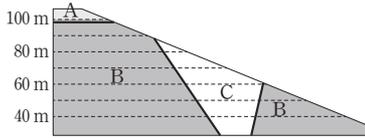
05 지질도 해석

대칭되는 지층의 경사 방향이 서로 반대 방향이면서 멀어지는 방향이면 배사 구조이고, 서로 마주보고 있으면 향사 구조이다. 평면 지질도에서 경사층의 경사를 보는 방법에는 첫째, 지층 경계선의 흰 방향이 등고선의 흰 방향과 반대이면 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 같다. 둘째, 지층 경계선과 등고선의 흰 방향이 같으나 지층 경계선이 더 완만하게 휘었으면 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 반대이다. 셋째, 지층 경계선과 등고선의 흰 방향이 같으나 지층 경계선이 더 휘었으면 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 같다.

㉠. A층과 B층의 지층 경계선이 등고선과 나란하게 나타나고 있으므로 A층은 수평층이고, B층과 C층의 지층 경계선이 등고선과 교차하면서 휘어져 있으므로 B층과 C층 사이에는 경사층이 존재한다. 따라서 이 지역의 지층에는 A층과 B층 사이에 부정합면이 나타난다.

㉡. 지층 경계선이 같은 고도의 등고선과 만나는 두 점을 연결한 직선(주향선)의 방향이 주향이다. 따라서 C층의 주향은 NS이다.

㉢. 지층의 주향과 경사 방향으로 지층의 선후 관계를 파악할 수 있다. 그림에서 지층이 아래로 볼록한 향사 구조가 나타나므로 지층의 생성 순서는 B → C → A이다. 따라서 지층의 생성 순서는 A가 B보다 나중이다.



06 노선 지질도

중앙을 기준으로 양쪽의 지층이 대칭적으로 반대 방향으로 경사져 있으면 배사 구조가 나타나고, 중앙을 기준으로 양쪽의 지층이 서로 마주보고 경사져 있으면 향사 구조가 나타난다.

✕. 이 지역의 지층은 C층을 경계로 동서 방향으로 지층의 경사 방향이 서로 마주보고 있으므로 향사 구조가 나타난다.

㉠. 지층이 수평 방향으로 압력을 받으면 지층면이 경사지게 되어 습곡이 형성된다. 이 지역의 지층에서는 향사 구조가 나타나므로 과거에 횡압력을 받았다.

✕. 향사 구조에서는 습곡축에 가까운 지층이 나중에 생성된 것이다. 따라서 가장 먼저 생성된 지층은 D층이다.

07 한반도의 지체 구조

지체 구조는 암석의 종류와 연령, 지각 변동에 의한 특징적인 지질 구조 등에 따라서 여러 지역으로 나눈 것을 말한다. 한반도의 대표적인 지체 구조로는 육괴, 퇴적 분지, 습곡대가 있다.

㉠. 육괴는 주로 선캄브리아 시대에 형성된 변성암류로 이루어져 있고, 퇴적 분지는 고생대 이후에 바다나 호수에 퇴적층이 쌓여서 형성된 지역이다. 따라서 구성하는 암석들의 평균 연령은 육괴가 퇴적 분지보다 많다.

㉡. 육괴는 우리나라에 전체적으로 넓게 분포되어 있고, 습곡대는 우리나라의 일부에 좁게 분포되어 있다. 따라서 분포 면적은 육괴가 습곡대보다 넓다.

✕. 화석은 지질 시대에 살았던 생명체들의 유해나 흔적이 퇴적물과 함께 퇴적된 후 퇴적암의 형태로 남아있는 것으로 퇴적 분지에서 주로 발견된다.

08 한반도의 암석 분포

한반도의 지체 구조는 암석의 종류와 연령, 지각 변동에 의한 특징적인 지질 구조 등에 따라 여러 지역으로 나누어져 있다.

✕. 한반도 암석의 약 40%는 변성암(B), 약 35%는 화성암(A), 약 25%는 퇴적암으로 구성되어 있다. 따라서 A는 B보다 작다.

㉠. 한반도의 지질 시대별 암석 분포는 선캄브리아 시대(㉠)가 약 43%, 중생대(㉡)가 약 40%, 고생대가 약 11%, 신생대가 약 6%이다. 따라서 지질 시대는 ㉠(선캄브리아 시대)이 ㉡(중생대)보다 먼저이다.

㉡. 한반도에서 조산 운동과 화성 활동이 가장 활발했던 시기는 중생대이다. 따라서 한반도에서 화성암의 대부분은 중생대에 형성되었다.

09 한반도의 주요 지체 구조

한반도의 지체 구조는 지형적으로나 구조적으로 특정한 방향성을 나타내지 않는 암석들이 모여 있는 지역인 육괴와 주로 고생대나 중생대에 바다나 호수에 퇴적층이 쌓여 형성된 지역인 퇴적 분지로 구성되어 있다. 또한 암석이 습곡이나 단층에 의해 복잡하게 변형된 지역인 습곡대도 나타난다.

✕. A는 평남 분지이다. 평남 분지는 고생대에 생성된 퇴적암으로 구성되어 있다.

㉠. B는 태백산 분지이다. 태백산 분지는 옥천 습곡대의 일부분으로 변성 작용을 받지 않은 비변성대이다. C는 경상 분지이다. 경상 분지는 중생대 백악기에 하천이나 호수에서 생성된 퇴적암과 화산암 등으로 구성되어 있다. 태백산 분지에는 고생대의 평안 누층군이 분포하고, 경상 분지에는 중생대의 경상 누층군이 분포한다. 따라서 B와 C에서는 육지에서 퇴적된 육성층이 나타난다.

㉡. 평남 분지(A), 태백산 분지(B), 경상 분지(C)에는 퇴적암이 분포하므로 모두 화석이 발견된다.

10 대동 누층군과 평안 누층군

대동 누층군은 중생대 트라이아스기 후기에서 쥐라기 중기까지 형성된 육성층으로 대부분 사암, 셰일, 역암으로 이루어져 있고, 지역에 따라 석탄층이 포함되어 있다. 평안 누층군은 고생대 석탄기에서 중생대 트라이아스기 전기까지 형성된 퇴적층으로 대부분 사암, 셰일, 석회암, 무연탄층 등으로 이루어져 있다.

㉠. A에서는 육지에서 퇴적된 무연탄층과 바다에서 퇴적된 석회암이 모두 발견되므로 평안 누층군이고, B에서는 석탄층과 소철류 등이 발견되므로 대동 누층군이다.

㉡. 평안 누층군(A)은 고생대 후기부터 중생대 초기까지 형성된 퇴적층이고, 대동 누층군(B)은 중생대 중기에 형성된 퇴적층이다. 따라서 형성 시기는 A가 B보다 먼저이다.

✕. 평안 누층군(A)의 하부에는 해성층, 상부에는 육성층이 존재하고, 중생대에 퇴적된 대동 누층군(B)은 육성층이다. 따라서 B에는 바다에서 퇴적된 지층이 존재하지 않는다.

11 고생대와 중생대의 퇴적층

고생대 퇴적층은 크게 전기 고생대의 조선 누층군과 후기 고생대의 평안 누층군으로 구분되며, 중생대의 퇴적층은 전기 중생대의 대동 누층군과 후기 중생대의 경상 누층군으로 구분한다.

㉠. 공룡은 중생대의 육상에서 살았던 거대 파충류를 통칭하는 의미이다. 따라서 공룡알 화석은 육상 환경에서 형성된 것이다.

㉡. 고생대의 해양 환경에서 살았던 삼엽충은 고생대의 해양 환경에서 퇴적된 지층에서 발견된다. 따라서 우리나라에서는 강원도 일대에서 주로 산출된다.

㉢. 공룡은 중생대의 표준 화석이고, 삼엽충은 고생대의 표준 화석이다. 따라서 화석이 산출된 지층의 연령은 (가)보다 (나)가 많다.

12 한반도의 지질 계통

조선 누층군은 시멘트의 원료가 되는 석회암층이 두껍게 발달해 있고, 평안 누층군은 하부에 사암, 석회암 등의 해성층이, 상부에 셰일, 무연탄층 등의 육성층이 형성되어 있다. 연일층군은 동해안 일대에 소규모로 존재한다.

㉠ A는 조선 누층군이다. 조선 누층군은 고생대 캄브리아기에서 오르도비스기 중기까지 평남 분지와 태백산 분지에 퇴적된 두꺼운 해성층이다.

✕ B는 평안 누층군이다. 평안 누층군은 평안도와 강원도 일대에 소규모로 존재한다. 따라서 분포 면적은 B가 가장 넓지는 않다.

㉡ C는 연일층군이다. 연일층군에서는 화산 활동의 흔적으로 덮고화된 화산 쇄설암 등이 발견된다.

13 한반도의 형성 과정

한중 지괴와 남중 지괴는 중생대 무렵에 충돌하고 봉합되면서 북상하여 현재의 한반도를 형성하였다.

㉠ (가)는 중생대 쥐라기 초기에 한반도와 동아시아를 구성하는 지괴들의 모습이고, (나)는 중생대 쥐라기 말에 한반도와 동아시아를 구성하는 지괴들의 모습이다. 따라서 시간 순서는 (가)보다 (나)가 나중이다.

✕ 한반도를 구성하는 지괴들은 고생대의 대부분을 남반구에 위치하다가 중생대에 서로 충돌하여 합쳐지면서 지각 변동이 활발하게 일어났다. 따라서 두 지괴의 충돌이 일어난 (가)와 (나)의 지질 시대는 중생대이다.

✕ 불국사 화강암은 중생대 백악기 후기에 일어난 불국사 변동에 의해 형성되었다. 따라서 불국사 화강암은 시간 순서가 늦은 (나) 이후에 형성되었다.

14 동해의 형성

약 2천 5백만 년 전에 태평양판이 일본 열도 아래로 섭입하면서 한반도와 붙어 있던 일본 열도가 대륙에서 분리되어 동해가 확장되기 시작하였다. 독도는 약 450만 년 전에 해저 약 2000 m에서 분출한 용암이 굳어져 생성되기 시작한 우리나라에서 가장 오래된 화산섬이다.

✕ 동해는 신생대에 확장을 시작하였으며, (가)는 약 1천 2백만 년 전의 모습이고, (나)는 약 2천 5백만 년 전의 모습이다. 따라서 시간 순서는 (가)보다 (나)가 먼저이다.

✕ 독도는 약 450만 년 전에 해저 화산 활동에 의해 생성되기 시작하였으므로 (가) 이후에 형성되었다.

㉡ (나)의 A는 동해가 확장되면서 대륙에서 쪼개진 대륙 지각의 일부이다.

15 접촉 변성 작용

접촉 변성 작용은 마그마가 관입할 때 방출된 열에 의해 마그마와의 접촉부를 따라 일어나는 변성 작용이다. 접촉 변성 작용으로

혼펠스 조직이나 입상 변정질 조직이 발달할 수 있다.

㉠ 규암은 사암이 접촉 변성 작용을 받아서 생성된 변성암이고, 혼펠스는 셰일이 접촉 변성 작용을 받아서 생성된 변성암이다. 따라서 (가)와 (나)는 모두 접촉 변성 작용을 받아 생성될 수 있다.

✕ 혼펠스에서 나타나는 혼펠스 조직은 주로 셰일이 접촉 변성 작용을 받아서 생성된 조직이다.

㉡ 사암이 접촉 변성 작용을 받아서 생성된 규암은 원암의 구성 광물들이 재결정되어 입자의 크기가 커진 입상 변정질 조직이 발달하고, 셰일이 접촉 변성 작용을 받아서 생성된 혼펠스에서는 구성 입자가 치밀하고 균질하게 짜여진 혼펠스 조직이 발달한다. 따라서 구성 입자의 평균 크기는 (가)보다 (나)가 작다.

16 변성 작용이 일어나는 환경

접촉 변성 작용은 마그마가 관입할 때 방출된 열에 의해 마그마의 접촉부를 따라 일어나는 변성 작용이고, 광역 변성 작용은 조산 운동이 일어나는 지역에서 넓은 범위에 걸쳐 높은 열과 압력에 의해 일어나는 변성 작용이다.

㉠ A는 고온·저압의 환경에서 변성 작용이 일어나므로 접촉 변성 작용이 일어나는 환경이고, B는 고온·고압의 환경에서 변성 작용이 일어나므로 광역 변성 작용이 일어나는 환경이다.

㉡ 엽리는 암석을 구성하는 광물들이 압력이 작용한 방향의 직각 방향으로 배열되어 방향성을 갖는 조직이므로 접촉 변성 작용보다는 광역 변성 작용이 우세하게 일어나는 환경에서 잘 발달한다. 따라서 엽리는 A보다 B에서 발달한다.

㉢ 송림 변동은 고생대 말에서 중생대 초기 사이에 한반도에 영향을 미친 조산 운동으로, 기존 암석에 광역 변성 작용을 주로 유발하였다. 따라서 송림 변동은 주로 A보다 B의 변성 환경을 일으켰다.

본문 70~77쪽

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

01 지질 조사

지질도를 작성하려면 먼저 야외에서 노출된 노두에서 관찰한 내용을 지형도에 기록하여 노선 지질도를 작성해야 한다. 이후 노선 지질도를 종합하여 같은 종류의 암석이 나타나는 곳을 연결하여 평면 지질도를 만든다.

✕ 노두는 암석이나 지층이 지표에 드러난 것으로, 평원 지대보다는 산과 해안 지역의 절벽, 계곡, 절개지 등에 잘 나타난다.

㉠. 지질 구조는 넓은 의미로는 지각 중의 암석이나 지층의 공간적 분포를 말하고, 좁은 의미로는 습곡이나 단층, 부정합처럼 지각 변동에 의한 암석이나 지층의 변형된 상태를 말한다. 따라서 부정합은 지질 구조의 예이다.

㉡. 야외에서 지질 조사를 하여 노선 지질도를 작성한 후에는 여러 노선 지질도를 종합하여 평면 지질도를 작성해야 한다.

02 주향과 경사의 측정

지표에 노출된 지층의 공간적인 분포는 주향과 경사로 표시한다. 주향은 지층이 수평면과 만나서 이루는 교선의 방향이고, 경사는 지층면이 수평면에 대해 기울어진 정도이다. 회전이 자유로운 경사추를 이용하여 경사각을 측정한다.

㉠. A는 주향선에 수직이 되도록 클리노미터의 긴 모서리가 있는 면을 지층면에 밀착시켜 측정하고 있는 것으로 경사를 측정하는 모습이고, B는 클리노미터를 수평면에 나란하게 놓고 측정하는 것으로 주향을 측정하고 있는 모습이다.

㉡. (나)의 그림에서 클리노미터의 자침이 가리키는 바깥쪽 눈금이 40°이고 자침은 북쪽을 기준으로 동쪽으로 기울어져 있으므로 이 지층의 주향은 N40°W이다.

㉢. 중력 방향에 대해 수직인 평면은 수평면이고, 연직 방향에서 지층면으로 물을 흘리면 물은 경사 방향으로 흘러간다. 그러므로 이 지층의 주향이 N40°W이고, 경사 방향은 주향에 항상 직각이므로 연직 방향에서 지층면으로 물을 흘렸을 때 물은 주향의 왼쪽 직각 방향인 남서쪽으로 흘러간다.

03 노선 지질도 해석

노선 지질도에 기입된 지질 기호를 통해 지표면에서의 암석 분포와 지질 구조 등을 알 수 있다. 습곡 구조는 횡압력에 의해 형성되며, 위로 볼록한 부분을 배사, 아래로 볼록한 부분을 향사라고 한다.

㉠. A층과 A층의 왼쪽에 위치한 지층의 경사 방향이 서로 마주보고 있으므로 이 지역의 지층에서는 아래로 볼록한 향사 구조가 나타난다. 따라서 A층과 B층은 횡압력을 받은 적이 있다.

㉡. A층을 기준으로 지층들의 경사 방향이 서로 마주보고 있으므로 A층은 B층보다 습곡축에 가까운 지층이다.

㉢. 향사 구조에서 지층의 생성 순서는 향사축에 가까울수록 나중에 생성된 지층이다. 따라서 향사축이 A층 부근에 위치하므로 지층의 생성 순서는 A층이 B층보다 나중이다.

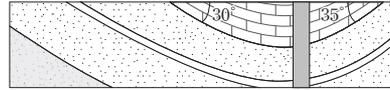
04 지질도 해석

습곡은 지층 경계선이 대체로 대칭적인 분포를 보이고, 지구 내부에서 마그마가 관입하면 이전에 형성된 지층 경계선을 교차하여 나타난다.

㉠. 그림에서 살펴보면 D층을 기준으로 지층들의 경사 방향이 서로 마주보고 있으므로 이 지역의 지층에는 향사 구조가 나타난다.

㉡. 이 지역에서는 암맥(E)이 기존의 지층 경계선을 교차하여 나타나고 있으므로 암맥(E)이 가장 나중에 형성되었다.

㉢. C층이 퇴적층이라면 C층이 퇴적되기 전에 형성된 B층과 이후에 형성된 D층의 경사각이 같아야 한다. 따라서 C층이 퇴적층이라면 C층의 경사각은 약 30°이다.



05 지질도 해석

지질도에서 단층은 하나의 지층 경계선이 다른 지층 경계선을 끊으면서 지층 경계선의 양쪽에서 같은 지층이 반복적으로 나타난다.

㉠. 고도가 일정한 지역에서 단층이 나타날 때 단층면이 경사진 방향에 단층의 상반이 위치한다. 그리고 단층선을 기준으로 상반이 위치하는 곳에 상대적으로 더 오래된 지층이 분포한다면, 그 지역의 지층에는 역단층이 발달한다. 이 지역에서 단층선 f-f'을 경계로 상반에 위치한 북서쪽의 지층이 하반에 위치한 남동쪽의 지층보다 먼저 퇴적된 지층이므로 단층 f-f'은 역단층이다.

㉡. 습곡이 형성된 이후에 지각 변동으로 인해 단층이 발생하여 습곡이 잘려져 나갔으므로 습곡이 단층 f-f'보다 먼저 형성되었다.

㉢. 이 지역의 지층에서는 배사축과 향사축을 경계로 마주보고 있는 지층이 동일한 경사각을 나타내고 있으므로 습곡의 유형은 정 습곡이다. 따라서 다른 조건이 동일하다면 과거에 이 지역에서는 양쪽에서 수평 방향으로 동일한 힘을 받은 적이 있다.

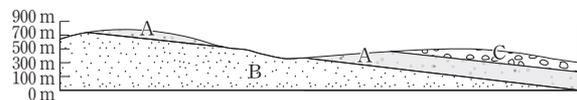
06 지질도 해석

지질도에서 경사 방향은 하나의 지층 경계선이 만드는 주향선 중 고도가 높은 주향선에서 고도가 낮은 주향선 쪽으로 수직이 되도록 그은 화살표의 방향이다.

㉠. 지질도에서 지층의 주향은 지층 경계선이 같은 고도의 등고선과 만나는 두 점을 연결한 직선의 방향이다. 따라서 A층의 주향은 거의 NS이다.

㉡. 지층 경계선의 휘 방향이 등고선의 휘 방향과 반대이면 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 같고, 지층 경계선과 등고선의 휘 방향이 같으나 지층 경계선이 더 완만하게 휘었으면 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 반대이다. 그리고 지층 경계선과 등고선의 휘 방향이 같으나 지층 경계선이 더 휘었으면 지층면의 경사 방향은 지표면의 경사 방향과 같다. B층과 접하고 있는 지층의 경계선이 등고선의 휘 방향과 반대 방향으로 나타나면서 지층 경계선과 등고선의 휘 방향이 같으나 지층 경계선이 더 휘었으므로 B층의 경사 방향은 동쪽 계열이다.

㉢. 이 지역의 지층에는 동쪽 방향으로 경사진 경사층이 분포한다. 따라서 지층의 형성 순서는 B층 → A층 → C층이다. 따라서 B층이 C층보다 먼저 형성되었다.



07 한반도의 암석 분포

한반도에 분포하는 암석 중 가장 넓은 면적을 차지하는 것은 변성암류로 대부분 선캄브리아 시대에 생성되었다. A는 화성암, B는 퇴적암, C는 변성암이다.

✕. 한반도에 분포하는 암석의 분포 면적은 변성암(약 40%) → 화성암(약 35%) → 퇴적암(약 25%) 순으로 줄어진다. 따라서 퇴적암은 B이다.

○. 우리나라에서 퇴적암은 대부분 고생대 이후부터 형성되기 시작하였으며, 특히 중생대에는 영남 지방을 중심으로 경상 분지가 형성되었다. 따라서 (나)는 퇴적암(B)의 분포도이다.

✕. 화성암(A)은 주로 중생대와 신생대에 생성되었고, 변성암(C)은 선캄브리아 시대에 생성되었다. 따라서 암석이 생성된 시간 순서는 A가 C보다 나중이다.

08 선캄브리아 시대와 고생대의 지층

우리나라에서 선캄브리아 시대의 지층들은 구성 암석이 다양하고, 지층이 심하게 변형되어 지질 구조가 매우 복잡하다. 고생대의 지질 계통은 크게 해성층인 전기 고생대의 조선 누층군과 해성층과 육성층이 모두 존재하는 후기 고생대의 평안 누층군으로 구분한다.

○. (가)에서는 산호 화석이 관찰되고, (나)에서는 스트로마톨라이트가 관찰되므로 두 지역 모두 해양 환경에 노출된 적이 있다.

○. (가)는 고생대 후기에 형성된 평안 누층군이고, (나)는 선캄브리아 시대 후기인 원생 누대의 암석 및 지층이다. 따라서 암석 및 지층이 형성된 순서는 (가)보다 (나)가 먼저이다.

○. 선캄브리아 시대의 지층은 오랜 시간 동안 심한 변성 작용과 구조 변형을 받아 원래의 퇴적 구조나 화석이 남아 있지 않기 때문에, 지층의 선후 관계를 판단하기 어렵다.

09 고생대와 중생대의 지층

우리나라에서 고생대는 조산 운동과 같은 큰 지각 변동이 일어나지 않았던 평온한 시기였고, 중생대는 현생 누대 중 조산 운동과 화성 활동이 가장 활발했던 시기였다.

○. (가)에서 해양 생물 화석인 필석류와 코노돈트 화석이 발견되었으므로 (가)는 고생대의 바다에서 퇴적된 지층이다.

✕. B가 관입한 이후 A가 관입하였으므로 시간 순서는 A가 B보다 나중이다. 따라서 A는 불국사 화강암이고, B는 대보 화강암이다. 우리나라에서 화강암의 분포 면적은 A가 B보다 좁다.

✕. (가)는 고생대 전기에 바다에서 퇴적된 지층으로 조선 누층군에 속하고, A와 B는 모두 중생대에 형성된 화강암이므로 (가)는 A와 B가 관입한 시기의 사이에 퇴적되지 않았다.

10 대동 누층군과 경상 누층군

중생대는 다른 지질 시대에 비해 상대적으로 기온이 가장 온화한

시기였고, 우리나라에 퇴적된 지층은 모두 육지에서 퇴적된 지층이다. 중생대의 퇴적층으로는 대동 누층군과 경상 누층군이 존재한다.

✕. A는 석탄층과 소철류 및 은행류 화석이 발견되므로 대동 누층군이고, B는 응회암과 새 발자국 화석 등이 발견되므로 경상 누층군이다. 대동 누층군(A)은 육성층이므로 해양 생물 화석인 암모나이트 화석이 발견되지 않는다.

✕. 경상 누층군의 하부에서는 사암, 셰일, 역암 등이 나타나고, 상부로 갈수록 화산 활동에 의한 응회암과 같은 화산 쇄설성 퇴적암이 빈번히 나타난다.

○. 대보 조산 운동은 쥐라기 말에 나타난 대규모의 화성 활동을 동반한 조산 운동이다. 따라서 이전에 형성된 대동 누층군의 지층은 크게 변형되었으므로 대보 조산 운동에 의한 영향 정도는 A보다 B에서 작았다.

11 우리나라의 지질 계통

한반도에는 선캄브리아 시대에서 고생대와 중생대를 거쳐 신생대에 이르기까지 여러 지질 시대의 암석과 지층이 다양하게 분포하며, 이들 지층은 긴 지질 시대 동안 다양한 지각 변동과 화성 활동을 통해 현재의 한반도를 형성하였다.

○. (가)는 경상 누층군이다. 경상 누층군은 백악기 말에 불국사 변동으로 인해 관입한 화강암의 영향을 받았다.

○. (나)는 평안 누층군이고, (다)는 회동리층이다. 코노돈트는 고생대의 해양 환경에서 살았던 생물이고, 고생대의 해성층에서 나타나는 대표적인 화석으로 (나)의 하부층과 (다)에서 모두 산출되는 화석이다.

○. 지질 시대를 구분하는 기준으로는 생명체의 급변과 부정합이 있다. 아직까지는 (가), (나), (다)의 직전 시대를 밝힐 수 있는 지층이 발견되지 않아서 결론으로 남아있다. 따라서 (가), (나), (다)의 지층에서는 모두 부정합의 흔적이 나타난다.

12 한반도의 지체 구조 형성

한반도의 암석에 남아 있는 과거 기록을 이용하여 분석하면 한반도의 형성 과정을 파악하고 이해할 수 있다.

✕. 대보 화강암은 중생대 쥐라기에 일어났던 대보 조산 운동에서 대규모 화강암류의 관입으로 형성되었다. 따라서 A에는 '쥐라'가 적절하다.

✕. 고생대 초기에 한반도를 구성하던 지괴들인 한중 지괴와 남중 지괴는 모두 남반구에 위치한 곤드와나 초대륙으로부터 분리되어 중생대까지 북쪽으로 이동하여 현재의 자리에 위치하였다. 따라서 한중 지괴와 남중 지괴는 남반구에서 적도를 지나 북반구로 이동하였으므로 고위도로 계속 이동한 것은 아니다.

○. 중생대 백악기에 한반도의 육지에서는 공룡이 매우 많이 서식하였다. 따라서 중생대 백악기에 형성된 경상 분지에는 공룡이 서식한 흔적들이 남아있으므로 여러 화석으로 공룡이 서식하였다는 사실을 확인할 수 있다.

13 동해의 형성 과정

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

㉠. (가)는 약 1천 8백만 년 전 우리나라 주변의 모습이다. 이후에도 동해는 계속 확장하였으므로 A와 B 사이의 거리는 멀어진 적이 있었다.

㉡. 울릉도는 약 450만 년 전에 해저 약 2000 m에서 화산 분출이 일어나서 독도가 형성된 이후에 형성되기 시작하였고, 제주도는 약 170만 년 전에 일어난 화산 활동으로 형성되기 시작하였다. 따라서 형성 시기는 제주도의 한라산이 울릉도의 성인봉보다 나중이다.

㉢. (가)는 약 1천 8백만 년 전 우리나라 주변의 모습이므로 제주도의 한라산과 울릉도의 성인봉은 (가) 시기 이후에 형성되었다.

14 변성 작용이 일어나는 환경

변성 작용의 온도와 압력 범위에 따라 변성 작용의 종류와 생성되는 변성암의 종류가 달라진다. 수렴형 경계 부근에서는 높은 열과 압력에 의해서 광역 변성 작용이 나타난다. A는 접촉 변성 작용이 일어나는 환경이고, B는 광역 변성 작용이 일어나는 환경이다.

㉠. 재결정 작용은 변성 작용이 일어날 때 원래의 암석을 구성하는 광물들이 재결정되어 새로운 광물을 생성하는 작용이다. 따라서 A와 B에서는 재결정 작용이 모두 일어난다.

㉡. 편마암은 세일이 넓은 범위에 걸쳐 높은 열과 압력에 의해 일어나는 광역 변성 작용을 받아서 형성된 변성암으로 구성하는 입자의 크기가 크고, 혼펠스는 세일이 마그마가 관입할 때 방출된 열에 의해 마그마의 접촉부를 따라 생성된 변성암으로 구성하는 입자가 치밀하고 균질하다. 따라서 암석을 구성하는 입자의 평균 크기는 편마암이 혼펠스보다 크다.

㉢. 편마암은 높은 열과 압력에 의해 일어나는 광역 변성 작용을 받아서 형성된 암석이므로 (가)의 B와 같은 환경에서 형성될 수 있다.

15 광역 변성 작용과 변성암

광역 변성 작용은 고온 고압의 환경에서 우세하게 일어난다. 세일이 광역 변성 작용을 받으면 변성 정도에 따라 엽리가 발달한 암석으로 다양하게 변한다.

㉠. 천매암은 점판암보다 더 높은 열과 압력을 받아 형성되는 암석이므로 암석을 구성하는 조직이 더 조립질이고, 쪼개짐이 두드러지게 나타난다. 따라서 (가)는 천매암이고, (나)는 점판암이다.

㉡. 천매암과 점판암이 형성되기 전의 암석은 모두 세일이다. 세일이 변성 작용을 받으면 변성 정도에 따라 다양한 변성암이 형성된다.

㉢. 천매암이 점판암보다 조직의 입자가 더 큰 이유는 더 큰 변성도(고온 고압의 환경)를 받았기 때문이다. 따라서 암석에 작용된

변성도의 크기는 (가)보다 (나)가 작다.

16 우리나라에서 산출된 변성암

접촉 변성암의 종류에는 규암, 대리암, 혼펠스 등이 있고, 광역 변성암의 종류에는 점판암, 천매암, 편암, 편마암 등이 있다.

㉠. A는 인천광역시 대이작도에서 관찰된 혼성암이다. A에는 원래의 암석이 광역 변성 작용을 받아서 형성된 편마암에 화성암이 관입되어 나타나므로 엽리가 나타난다.

㉡. B는 부산광역시 태종대에서 관찰된 혼펠스이다. 혼펠스는 원래의 암석인 셰일이 접촉 변성 작용을 받아서 형성된 암석이다. 따라서 B는 마그마의 관입에 의해 형성되었다.

㉢. 대이작도에서 발견된 혼성암은 우리나라에서 발견된 암석 중에서 가장 이른 시기에 형성된 암석이다. 따라서 암석의 형성 시기는 A가 B보다 먼저이다.

05 해수의 운동과 순환

수능 2점 테스트

본문 92~97쪽

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

01 정역학 평형

정역학 평형은 위쪽 방향으로 작용하는 연직 수압 경도력과 아래쪽 방향으로 작용하는 중력이 평형을 이루는 상태이다.

㉠. 해수의 밀도가 일정한 경우, 해수에 작용하는 수압은 깊이가 깊을수록 커진다. 따라서 (가)에서 수압은 A 지점이 B 지점보다 작다.

㉡. 연직 수압 경도력은 위쪽 방향으로 작용한다. 따라서 (나)에서 연직 수압 경도력은 D 지점에서 C 지점 방향으로 작용한다.

㉢. A와 B 지점의 깊이 차는 C와 D 지점의 깊이 차와 같다. 해수의 밀도는 (가)가 (나)보다 작으므로 A와 B 지점 사이의 물기둥에 작용하는 중력은 C와 D 지점 사이의 물기둥에 작용하는 중력보다 작다. (가)와 (나) 모두 정역학 평형 상태이므로 단위 부피의 물기둥에 작용하는 연직 수압 경도력은 (가)가 (나)보다 작다. 따라서 A와 B 지점의 수압 차는 C와 D 지점의 수압 차보다 작다.

02 정역학 평형과 수압

수압은 물속의 한 점에서 받는 압력의 세기로 수심이 깊어질수록 증가한다.

㉠. A와 B는 해수의 밀도와 부피가 같고 중력 가속도가 같으므로 각각에 작용하는 중력도 같다. 정역학 평형 상태에서는 중력과 연직 수압 경도력의 크기가 같으므로 A와 B에 작용하는 연직 수압 경도력의 크기는 같다.

㉡. A와 B의 밀도가 같고 A와 B가 합쳐진 해수 덩어리의 부피는 A 부피의 2배이므로 작용하는 중력도 2배이다.

㉢. 중력 가속도와 해수의 밀도가 일정할 때, 해수의 수압은 수심에 비례한다. 수심은 z_3 이 z_2 의 2배보다 얕으므로, z_3 에서의 수압은 z_2 에서의 수압의 2배보다 작다.

03 전향력

전향력은 지구의 자전에 의해 나타나는 가상의 힘으로 물체의 이동 속력과 $\sin(\text{위도})$ 에 비례한다.

㉠. 북반구에서 물체를 던지면 전향력에 의해 던진 방향의 오른쪽으로 휘어진다. A는 60°N 에서 서쪽을 향해 던져졌으므로 던진

방향의 오른쪽인 북쪽으로 휘어진다.

㉡. 전향력은 물체의 이동 속력과 $\sin(\text{위도})$ 를 곱한 값에 비례하므로 위도 0° 에서는 전향력이 작용하지 않는다.

㉢. 전향력은 물체의 속력이 빠를수록, 위도가 높을수록 크게 작용한다. A는 C보다 고위도에 위치하므로 A와 C에 작용하는 전향력의 크기가 같다면 처음 던질 때의 속력은 A가 C보다 느리다.

04 지형류

지형류의 유속은 위도가 낮을수록, 수평 수압 경도력이 클수록 빨라진다.

㉡. 해수면의 경사 $\left(\frac{\Delta z}{\Delta x}\right)$ 가 클수록 수평 수압 경도력이 커지고 지형류의 유속이 빨라진다.

㉢. 수평 수압 경도력은 중력 가속도와 해수면의 경사에 비례한다. 따라서 중력 가속도가 클수록 지형류의 유속은 빨라진다.

㉣. 지형류의 유속은 지형류가 흐르는 위도가 낮을수록 빨라진다.

05 정역학 평형과 지형류 평형

연직 수압 경도력과 중력이 평형을 이루는 상태를 정역학 평형이라 하고, 수평 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루는 상태를 지형류 평형이라고 한다.

㉠. ㉠은 연직 위 방향으로 작용하는 연직 수압 경도력이고, ㉡은 연직 아래 방향으로 작용하는 중력이다. 정역학 평형 상태에서는 연직 수압 경도력과 중력의 크기는 같고 작용하는 방향은 반대이다.

㉢. 북반구에서는 지형류가 수평 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐른다. 따라서 ㉢은 수평 수압 경도력이다.

㉣. ㉣은 전향력이다. 지형류에 작용하는 전향력은 지형류의 유속과 $\sin(\text{위도})$ 를 곱한 값에 비례한다. 따라서 지형류의 유속이 빠를수록 ㉣이 증가한다.

06 에크만 수송

해수면 위에서 지속적으로 부는 바람에 의해 남반구에서 표면 해수는 바람 방향의 왼쪽으로 약 45° 편향되어 흐른다.

㉡. 마찰층 내에서는 수심이 깊어질수록 해수의 이동 속도가 느려지고 전향력에 의해 해수의 이동 방향이 편향된다. 해수의 이동 속도가 상대적으로 느린 ㉠은 마찰층의 최하층인 마찰 저항 심도에서의 해수의 이동 방향과 유속을 나타낸 것이다.

㉢. 마찰층 최상층인 해수의 표면에서의 해수 이동 방향과 유속은 ㉠이다. 남반구에서는 바람 방향의 왼쪽 45° 방향으로 표면 해수가 이동하므로 이 해역에서 지속적으로 부는 바람은 북서풍이다.

㉣. 남반구에서 에크만 수송은 바람 방향의 왼쪽 90° 방향으로 나타난다. 이 해역에서는 북서풍이 지속적으로 불고 있으므로 에크만 수송은 북동쪽을 향한다.

07 지형류의 발생

수압 경도력에 의해 수압이 낮아지는 방향으로 해수가 이동하면서 전향력에 의해 해수가 편향되고 유속이 점차 빨라지며 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루면 지형류가 형성된다.

㉠. A와 B에서 해수의 이동 방향은 대체로 남쪽을 향한다. 지형류는 해수의 등고선과 나란한 방향으로 해수가 이동하며 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루기 전에는 대체로 수압 경도력이 작용하는 방향 쪽으로 해수가 이동한다. 따라서 이 해역에서 수압 경도력은 남쪽을 향하고 있으므로 해수면의 높이는 ㉠이 ㉡보다 높다.

㉡. 지형류가 발달하는 과정에서 해수의 이동 방향은 점점 수압 경도력이 작용하는 방향의 직각 방향에 가까워지고 유속은 증가한다. A보다 B에서 해수의 흐름이 지형류의 흐름과 더 가까우므로 해수의 유속은 A에서가 B에서보다 느리다.

㉢. 해수의 이동 방향을 보았을 때 이 해역은 남반구에 위치한다. 수압 경도력은 남쪽으로 작용하며 전향력은 해수의 이동 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용하므로 수압 경도력과 전향력이 이루는 각은 A에서가 B에서보다 작다.

08 에크만 수송

남반구에서는 풍향의 왼쪽 직각 방향으로 에크만 수송이 일어난다.

㉠. 30°S를 기준으로 북쪽에서는 남동풍 계열의 무역풍이, 남쪽에서는 북서풍 계열의 편서풍이 분다. 따라서 대기 대순환에 의한 바람의 방향은 ㉠이다.

㉡. 남반구에서 에크만 수송은 풍향의 왼쪽 직각 방향으로 일어나므로 ㉠이 에크만 수송의 방향이며 에크만 수송에 의해 표층 해수는 30°S로 수렴한다. 따라서 해수면의 높이는 A가 B보다 낮다.

㉢. 해수면의 높이는 30°S가 주변보다 높으므로 B와 C 사이 해역에서 수평 수압 경도력은 대체로 남쪽 방향으로 작용한다.

09 해수면 높이와 지형류

지형류는 해수면의 높이 차로 인해 발생한 수평 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루며 흐르는 해류이다.

㉡. A 해역에서 북쪽이 해수면이 높고 남쪽이 해수면이 낮으므로 수평 수압 경도력은 고위도인 남쪽을 향해 작용한다.

㉢. 남반구에서는 수평 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 지형류가 흐른다. 따라서 A 해역에서 지형류는 대체로 동쪽으로 흐른다.

㉠. A 해역이 B 해역보다 해수면 높이의 등치선 간격이 좁다. 따라서 해수면의 평균 경사는 A 해역이 B 해역보다 크다.

10 지형류 평형

해수의 밀도와 중력 가속도가 일정한 해역에서는 해수면 높이가 높은 곳에서 낮은 곳으로 수평 방향의 수압 경도력이 작용한다.

㉠. 이 해역은 해수의 밀도가 일정하므로 연직 위 방향으로 해수

가 많이 쌓여 있는 A가 B보다 수압이 크다. 따라서 수평 수압 경도력은 A에서 B 방향으로 작용한다.

㉡. 단위 질량에 작용하는 연직 수압 경도력의 크기는 중력 가속도의 크기와 같다. 이 해역은 중력 가속도가 일정하므로 A와 C에 작용하는 연직 수압 경도력의 크기도 같다.

㉢. 깊이가 다른 두 지점의 수압 차(ΔP)는 해수의 밀도(ρ)와 중력 가속도(g), 깊이 차(Δz)의 곱에 비례한다. 이 해역은 해수의 밀도와 중력 가속도가 일정하고 A와 C의 깊이 차는 B와 D의 깊이 차와 같으므로 A와 C의 수압 차는 B와 D의 수압 차와 같다.

11 지형류

북반구에서는 수평 수압 경도력이 작용하는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 지형류가 흐른다.

㉠. A에서 수평 수압 경도력은 북쪽에서 남쪽으로 작용하므로 A에서 지형류는 서쪽으로 흐른다.

㉡. 지형류에서 전향력과 수평 수압 경도력은 서로 반대 방향으로 작용한다. B에서 수평 수압 경도력은 북쪽으로 작용하므로 전향력은 남쪽을 향한다.

㉢. 지형류의 유속(v)은 $\frac{1}{2\Omega \sin\varphi} \cdot g \frac{\Delta z}{\Delta x}$ (Ω : 지구 자전 각속도,

φ : 위도, g : 중력 가속도, $\frac{\Delta z}{\Delta x}$: 해수면 경사)이다. 해수면 경사

는 A가 B의 2배이고, A가 B보다 저위도에 위치하므로 $\frac{1}{\sin\varphi}$ 값은 A가 B보다 크다. 따라서 지형류의 유속은 A에서가 B에서의 2배보다 크다.

12 서안 경계류와 동안 경계류

서안 경계류는 동안 경계류보다 해류의 폭이 좁고 깊이가 깊으며 유속이 빠르고 유량이 많다.

㉡. 그림에서 A는 서안 경계류이고 B는 동안 경계류이다. 표에서 해류의 폭이 넓고 유량이 적은 ㉠은 동안 경계류이고, 해류의 폭이 좁고 유량이 많은 ㉡은 서안 경계류이다.

㉢. 해류의 유속은 서안 경계류가 흐르는 A에서가 동안 경계류가 흐르는 B에서보다 빠르다.

㉠. 해류의 평균 깊이는 동안 경계류인 ㉠이 서안 경계류인 ㉡보다 얕다.

13 해파

해파에서 수면이 가장 높은 곳을 마루, 가장 낮은 곳을 골이라고 하며, 해저 마찰의 영향을 받지 않는 물 입자는 원운동을 한다.

㉠. 해파의 파고는 골에서 마루까지의 높이이므로 이 해파의 파고는 $2x$ 이다.

㉡. 물 입자가 원운동을 하고 있으므로 해저 마찰의 영향을 받지 않는 심해파이다. 심해파의 속도는 $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ (g : 중력 가속도, L : 파장)

이므로, 이 해파의 속도는 $\sqrt{\frac{g \cdot 12x}{2\pi}}$ 이다. π 는 3.14, g 는 약 9.8 (m/s)이므로, 해파의 속도는 $\sqrt{12x}$ 보다 빠르다.

㉠ 해파의 진행 방향은 마루에서 물 입자의 진행 방향과 같으므로 이 해파는 북쪽으로 진행한다.

14 해파의 모양에 따른 분류

바람에 의해 직접 발생한 해파인 풍랑은 발생지에서 멀어지며 너울로 변하고 해안에 접근하며 연안 쇄파로 변한다.

㉠ A는 바람에 의해 직접 발생한 해파인 풍랑으로 파의 마루 모양이 뾰족하다.

㉡ B는 풍랑이 발생지에서 멀리 전파되며 발달한 너울로, 풍랑에 비해 파장과 주기가 길다.

㉢ 연안 쇄파인 C는 너울인 B에 비해 파의 속도가 느리며 파장이 짧고 파고가 높다.

15 해파의 물 입자 운동

해저의 마찰을 받지 않는 심해파는 물 입자가 원운동을 하며, 해저의 마찰을 받는 천해파는 물 입자가 타원 운동을 한다.

㉡ 물 입자가 원운동을 하므로 심해파이다. 심해파는 수심이 깊어짐에 따라 원의 크기가 급격히 작아진다. 해저면에서 물 입자가 수평으로 왕복 운동을 하는 해파는 천해파이다.

㉠ 심해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 해역에서 진행하는 해파이다. 해파의 파장이 100 m이므로 이 해역의 수심은 50 m보다 깊다.

㉢ 심해파의 속도는 파장이 길수록 빠르며 수심의 영향을 받지 않는다. 이 해파가 파장 변화 없이 이 해역보다 수심이 깊은 곳을 지나더라도 해파는 심해파를 유지하므로 해파의 속도는 변화가 없다.

16 해파의 굴절

해파가 해안으로 접근할 때, 해저와의 마찰로 인해 수심이 얇은 곳에서 속도가 느려지며 해파의 굴절이 일어날 수 있다.

㉠ 해파가 해저와의 마찰로 파의 속도가 느려지면 파장은 짧아진다. 해파의 굴절이 일어난 B를 통과하며 해저면의 마찰의 영향을 받았으므로 C를 지날 때 해파의 파장은 A를 통과할 때 해파의 파장인 L보다 짧다.

㉢ 해저와의 마찰의 영향을 받는 해파는 수심이 얇은 쪽으로 굴절된다. 해파는 B를 통과하며 C를 향해 굴절되므로 수심은 C가 D보다 얇다.

㉡ 해파의 파장이 짧을수록 더 얇은 수심에서도 해저면의 마찰의 영향을 받지 않는 심해파를 유지할 수 있다. 따라서 파장이 L보다 짧은 해파가 같은 경로로 A를 통과하여 B를 향해 이동하면 해파의 굴절은 B를 통과한 이후에 일어날 것이다.

17 지진 해일

지진 해일은 수심에 비해 파장이 매우 길어서 천해파의 특성을 가진다.

㉠ A 지점에서 수심은 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇으므로 이 해파는 천해파이다. 천해파는 수심이 얇아지는 해안으로 접근할 때 천해파의 특성을 계속 유지하므로, 이 해파는 A, B, C 세 지점을 통과할 때 모두 천해파이다.

㉢ 천해파의 속도는 \sqrt{gh} (g : 중력 가속도, h : 수심)이다. A 지점이 B 지점보다 수심이 깊으므로 해파의 전파 속도는 A 지점이 B 지점보다 빠르다.

㉡ 천해파가 수심이 얇은 해안으로 접근할수록 해저 마찰의 영향을 받아 파장은 짧아지고 파고는 높아진다. 따라서 파고/파장은 B 지점이 C 지점보다 작다.

18 폭풍 해일

태풍이 통과할 때 태풍의 낮은 중심 기압과 강한 바람에 의한 해수의 축적으로 해수면이 상승하는 폭풍 해일이 발생할 수 있다.

㉠ 만조가 일어나고 약 12시간 25분 후에 간조가 나타났으므로 이 지역에는 일주조가 나타났다.

㉢ 해수의 밀도가 ρ 이고, 중력 가속도가 g 일 때, 기압의 변화 (ΔP)로 인한 해수면 높이 변화(Δz)는 $\Delta P = \rho g \Delta z$ 를 만족한다. 이 지역에서 태풍이 통과하며 기압은 40 hPa만큼 낮아졌고 해수의 밀도는 1 g/cm^3 , 중력 가속도는 10 m/s^2 이므로 기압 변화로 인해 해수면 높이는 40 cm 상승한다.

㉢ 조석에 의해 해수면 높이가 가장 높아지는 만조 시기와 폭풍 해일이 겹치면 해일의 최대 높이는 높아진다. 폭풍 해일이 간조 시기와 겹쳤을 때 해일의 최대 높이가 190 cm였으므로 폭풍 해일이 만조 시기와 겹쳤다면 해일의 최대 높이는 190 cm보다 높았을 것이다.

19 지진 해일

지진 해일은 수심에 비해 파장이 매우 길어서 천해파의 특성을 가지며 전파 속도는 수심의 제곱근에 비례한다.

㉡ 해파의 도달 시간 간격이 좁은 A 구간은 B 구간에 비해 평균 수심이 얇다. 지진 해일은 수심이 얇은 구간으로 전파될수록 해파의 속도는 느려지고 파장은 짧아진다.

㉠ 해파의 $\frac{\text{주기}}{\text{파장}}$ 는 $\frac{1}{\text{속도}}$ 에 해당한다. A 구간은 C 구간에 비해 해파의 도달 시간 간격이 좁으므로 해파의 속도가 느리다. 따라서 해파의 $\frac{\text{평균 주기}}{\text{평균 파장}}$ 는 A 구간이 C 구간보다 크다.

㉢ B 구간은 C 구간에 비해 해파의 도달 시간 간격이 좁으므로 해파의 속도가 느리다. 천해파인 지진 해일의 전파 속도는 수심의 제곱근에 비례하므로 해역의 평균 수심은 B 구간이 C 구간보다 얇다.

20 심해파와 천해파

수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 해역에서 진행되는 해파는 심해파이고, 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 해역에서 진행되는 해파는 천해파이다. 따라서 A는 심해파, B는 천해파이다.

㉠ 심해파와 천해파를 구분하는 기준 수심은 파장의 $\frac{1}{2}$ 이므로

$h_1 = \frac{L}{2}$ 이다. 천해파와 천해파를 구분하는 기준 수심은 파장의

$\frac{1}{20}$ 이므로 $h_2 = \frac{L}{20}$ 이다. 따라서 $h_1 = 10h_2$ 이다.

㉡ 해파의 파장이 같을 때 해파의 속도는 해저 마찰의 영향을 받지 않는 심해파(A)가 천해파(B)보다 빠르다.

㉢ 천해파(B)는 해저면의 마찰의 영향을 받는 해파이다.

21 기조력

조석을 일으키는 힘인 기조력은 천체와의 공통 질량 중심을 회전함에 따라 생기는 원심력과 천체 간에 작용하는 인력의 합력이다.

✗ 지구상의 모든 지점에서 달의 인력은 달의 중심 방향을 향하지만 기조력은 지구상의 모든 지점에서 달의 중심 방향을 향하지는 않는다.

✗ 기조력의 크기는 천체의 질량에 비례하고, 천체까지 거리의 세제곱에 반비례한다. 따라서 달까지의 거리가 현재보다 2배로 멀어지면 기조력의 크기는 현재의 $\frac{1}{8}$ 이 된다.

㉠ 지구의 질량을 M , 달의 질량을 m , 지구 중심에서 공통 질량 중심까지의 거리를 R , 달의 중심에서 공통 질량 중심까지의 거리를 r 라고 하면 $MR = mr$ 를 만족한다. 따라서 달의 질량이 현재보다 커지면 지구와 달의 공통 질량 중심은 달 쪽으로 이동한다.

22 조석 현상

조석 현상에 의해 해수면이 가장 높아졌을 때를 만조라 하고 해수면이 가장 낮아졌을 때를 간조라고 한다.

✗ 이 지역에서는 하루에 만조와 간조가 두 번씩 일어나므로 일주조가 나타나지 않는다.

㉠ 2월 9일에 최대 조차는 3.3 m(만조: 3.1 m, 간조: -0.2 m) 이고 2월 10일에 최대 조차는 2.9 m(만조: 3 m, 간조: 0.1 m) 이므로 최대 조차는 2월 9일이 2월 10일보다 크다.

✗ 만조와 간조를 전후로 조류의 방향이 바뀌므로 만조와 간조에는 조류의 속력이 느리다. 2월 10일 오전 6시는 만조가 나타나기 직전의 시간이고, 오전 9시는 만조에서 간조로 가는 중간 시점에 해당한다. 따라서 2월 10일에 조류의 속력은 오전 6시가 오전 9시보다 느리다.

23 사리와 조금

달의 위상이 상현이나 하현일 때는 달에 의한 기조력과 태양에 의한 기조력이 분산되어 조차가 최소가 되며 이 시기를 조금(소조)이라고 한다.

㉠ A는 태양에 의한 해수면 변화로는 해수면이 가장 낮은 지역이며, 달에 의한 해수면 변화로는 해수면이 가장 높은 지역이다. 달의 기조력이 태양의 기조력보다 더 크므로 A에서는 하루 중 해수면 높이가 높은 시기인 만조가 나타난다.

㉡ 이날은 달에 의한 해수면 변화와 태양에 의한 해수면 변화가 상쇄되는 시기로 조차가 최소가 되는 조금에 해당한다.

㉢ 조금인 시기는 달의 위상이 상현이나 하현에 해당한다.

24 위도별 조석 형태

달의 위치에 따라 해수면이 상승하는 방향이 달라지면 이로 인해 위도별로 조석의 형태도 달라진다.

㉠ A는 일주조가 나타나는 지역으로 현재 간조가 나타나므로 약 12시간 25분 후에는 만조가 나타난다.

✗ B와 D는 혼합조가 나타나는 지역으로 만조와 간조가 나타나는 시간 간격이 일정하지 않다. 따라서 만조 이후 다음 간조가 나타나는 시기는 B와 D에서 같지 않다.

㉡ C는 반일주조가 나타나는 지역으로 혼합조가 나타나는 D보다 연속된 두 간조의 해수면 높이 차가 작다.

수능 3점 테스트

본문 98~109쪽

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

01 수압 경도력과 지형류 평형

해수의 밀도가 일정할 때, 해수면에 경사가 있으면 해수면 아래에 수평 방향의 수압 경도력이 작용하며 이로 인해 지형류가 형성된다.

㉠ 등수압면의 기울기가 클수록 수평 방향의 수압 경도력이 크다. 따라서 수평 방향의 수압 경도력은 동서 방향이 남북 방향보다 작다.

㉡ 해수의 밀도가 일정하므로 해수면의 기울기는 등수압면의 기울기와 같다. 따라서 해수면은 남서쪽으로 기울어져 있으며 해수면까지의 거리는 남서쪽에 위치한 A가 B보다 짧다.

㉢ 이 해역에서 해수면이 남서쪽으로 기울어져 있으므로 수평 방향의 수압 경도력은 남서쪽으로 작용한다. 북반구에서 지형류는

수평 방향의 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 이 해역에서 지형류는 북서쪽으로 흐른다.

02 밀도 차에 의한 해수의 흐름

해수 덩어리에 작용하는 수압은 해수 덩어리의 높이와 밀도의 곱에 비례하고 밸브를 열면 단면적이 다른 원통에서 한쪽의 해수의 부피가 감소한 만큼 반대쪽의 해수의 부피는 증가한다.

㉠. 밸브를 열었을 때 B가 들어 있는 오른쪽 원통에서 A가 들어 있는 왼쪽 원통으로 해수가 이동하였으므로 원통 바닥에서의 수압은 B가 들어 있는 오른쪽 원통이 A가 들어 있는 왼쪽 원통보다 크다. 밸브를 열기 전 해수 덩어리의 높이가 같았으므로 원통 바닥에서 수압은 해수의 밀도에 비례한다. 따라서 해수의 밀도는 A가 B보다 작다.

㉡. 원통 바닥에서의 수압은 해수의 밀도와 해수 덩어리의 높이의 곱에 비례한다. 밸브를 열기 전에는 원통 바닥에서의 수압이 해수의 밀도가 큰 B가 든 원통이 A가 든 원통보다 크다. 밸브를 열면 수압 차로 인해 해수가 이동하고 이로 인해 두 원통 바닥에서의 수압 차가 줄어든다.

✕. A와 B의 밀도가 1.5배 차이려면, A와 B의 밀도를 각각 ρ_A 와 ρ_B 라고 할 때 $\rho_B = 1.5\rho_A$ 이다. 오른쪽 원통에서 하강한 부피와 왼쪽 원통에서 상승한 부피는 같으며, 오른쪽 원통의 단면적이 왼쪽 원통의 단면적의 3배이므로 왼쪽 원통에서 상승한 높이는 오른쪽 원통에서 하강한 높이 h_1 의 3배이다. 이를 정리하여 해수 덩어리에 작용하는 수압에 적용해 보면 $\rho_A \times (4h_1 + h_2) = \rho_B \times h_2$ 이고 $\rho_B = 1.5\rho_A$ 를 대입하면 $h_2 = 8h_1$ 이다.

03 전향력

전향력은 위도에 따른 지구 표면의 자전 속도 차에 의해 발생하며 북반구에서는 물체 이동 방향의 오른쪽으로, 남반구에서는 물체 이동 방향의 왼쪽으로 작용한다.

✕. (나)를 보았을 때 공은 던진 방향의 왼쪽으로 편향되었다. 따라서 이 실험은 남반구의 전향력을 설명하기 위한 것이다.

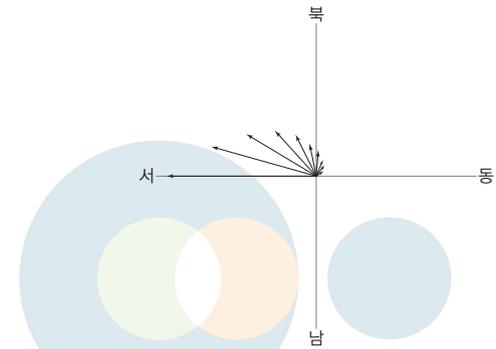
㉠. 지구의 자전 방향은 북극 위에서 내려다보았을 때는 시계 반대 방향이고 남극 위에서 내려다보았을 때는 시계 방향이다. 이 실험은 남반구의 전향력을 설명하기 위한 것이므로 원판은 시계 방향(㉠)으로 회전하였다.

㉡. 전향력은 지구 자전 각속도에 비례한다. 실험에서 원판의 회전 속도는 지구 자전 속도와 관련 있으므로 원판의 회전 속도를 높이면 공이 더 많이 휘어진다.

04 에크만 수송

해수면 위에서 부는 지속적인 바람에 의해 해수면 해수는 북반구에서는 풍향의 오른쪽 약 45° 방향으로, 남반구에서는 풍향의 왼쪽 약 45° 방향으로 흐른다.

✕. 이 해역에서 깊이에 따른 해수의 이동을 나타내면 아래 그림과 같다.



깊이가 깊어질수록 해수의 흐름은 느려지고 오른쪽으로 편향되고 있으므로 이 해역은 북반구에 위치한다.

㉠. 북반구에서는 지속적인 바람에 의해 해수면 해수가 풍향의 오른쪽 약 45° 방향으로 흐른다. 해수면 해수가 동쪽에서 서쪽으로 흐르므로 이 해역에서는 북동쪽에서 남서쪽으로 부는 북동풍이 지속적으로 불고 있다.

✕. 마찰 저항 심도는 해수의 이동 방향이 해수면 해수의 이동 방향과 정반대가 되는 깊이이다. 해수면에서 해수는 정서쪽으로 이동하며 z_5 에서는 북서쪽으로, z_6 에서는 북동쪽으로 이동하므로 z_5 와 z_6 사이에서 해수는 대체로 북쪽으로 이동한다. 따라서 마찰 저항 심도는 z_5 와 z_6 사이에 위치하지 않는다.

05 지형류의 유속

해수의 밀도가 일정한 해역에서 해수면의 경사로 인해 발생하는 지형류의 유속은 해수면 경사가 크고 지형류가 흐르는 해역의 위도가 낮을수록 빠르다.

㉠. 지형류의 유속(v)은 $\frac{1}{2\Omega \sin \varphi} \cdot g \frac{\Delta z}{\Delta x}$ (Ω : 지구 자전 각속도, φ : 위도, g : 중력 가속도, Δz : 해수면 높이 차, Δx : 수평 거리)

이다. 이를 A에 적용하면 $\frac{1}{2 \times 7 \times 10^{-5} / \text{s} \times \sin 45^\circ} \times 10 \text{ m/s}^2 \times \frac{0.7 \text{ m}}{200000 \text{ m}}$ 이고, 이를 정리하면 A에서 지형류의 유속은 $\frac{\sqrt{2}}{4} \text{ m/s}$ 로 0.5 m/s 보다 작다.

㉡. 북반구 해역에서 지형류는 수평 수압 경도력이 작용하는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 흐른다. B에서 수평 수압 경도력은 북서쪽에서 남동쪽으로 작용하므로 지형류는 남서 방향으로 흐른다.

㉢. 중력 가속도가 일정하면 지형류의 유속은 해수면 경사에 비례하고 $\sin(\text{위도})$ 값에 반비례한다. 지형류의 유속이 A가 B의 10배이고, B는 A보다 저위도에 위치하므로 수평 수압 경도력의 크기는 B가 A의 $\frac{1}{10}$ 배보다 작아야 한다. 따라서 B가 위치한 해수면 경사의 수평 거리인 ΔL 은 A가 위치한 해수면 경사의 수평 거리인 200 km의 10배보다 크다.

[다른 풀이] B에서 지형류의 유속은 $\frac{1}{2 \times 7 \times 10^{-5} / \text{s} \times \sin 30^\circ} \times 10 \text{ m/s}^2 \times \frac{0.7 \text{ m}}{\Delta L(\text{m})} = \frac{\sqrt{2}}{40} \text{ m/s}$ 이고, 이를 정리하면 ΔL 은 $2\sqrt{2} \times 10^3 \text{ km}$ 이다.

06 해수의 수온 분포와 지형류

해수의 단면에서 등수온선의 경사가 나타나면 이로 인해 해수의 밀도가 달라져 해수면의 경사가 나타나고 지형류가 형성된다.

✕. 따뜻한 해수층의 두께는 A 지점보다 A' 지점 부근이 두껍다. 따라서 해수면의 높이는 A 지점이 A' 지점보다 낮다.

✕. 해수면의 높이는 B 지점이 B' 지점보다 낮아 수평 수압 경도력은 B' 지점에서 B 지점을 향해 작용한다. B-B'에서 지형류는 수평 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향인 북동쪽으로 흐르고, 전향력은 지형류의 오른쪽 직각 방향인 남동쪽을 향한다.

㉠. 지형류의 유속은 수평 수압 경도력이 클수록, 위도가 낮을수록 빠르다. 따뜻한 해수층의 분포를 보았을 때, 해수면의 경사는 A-A'에서가 B-B'에서보다 크고 A-A'이 B-B'보다 저위도에 위치하므로 지형류의 유속은 A-A'에서가 B-B'에서보다 빠르다.

07 서안 강화 현상

전향력의 크기는 고위도로 갈수록 커지므로 중위도 해양에서 순환의 중심이 서쪽으로 치우치는 서안 강화 현상이 나타난다.

㉠. A와 B의 위도대에서는 서풍 계열의 바람이 불어 에크만 수송은 주로 남쪽으로 일어나므로, A와 B의 위도대에서는 저위도가 고위도보다 해수면의 높이가 높다. 한편, 서안 강화 현상에 의해 해수 순환의 중심은 서쪽 해양으로 치우친다. 따라서 해수면의 등고도선 분포를 보면 해수면의 높이는 A가 B보다 높다.

㉡. 해수면의 등고도선 분포를 보면 해수면의 경사는 A 주변이 B 주변보다 크다. 해수면의 경사가 클수록 수평 방향의 수압 경도력이 커지고 지형류의 유속이 빠르다.

✕. B에서 에크만 수송은 주로 남쪽으로 일어나며 지형류는 서쪽에서 동쪽으로 흐른다. 북반구에서는 지형류 방향의 오른쪽 직각 방향으로 전향력이 작용하므로 B에서 지형류에 작용하는 전향력의 방향은 남쪽이다. 따라서 B에서 에크만 수송의 방향과 지형류에 작용하는 전향력의 방향은 반대가 아니다.

08 해수면 경사와 지형류

지형류는 해수면의 경사로 인해 발생한 수평 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루며 흐르는 해류로 해수면의 경사가 커지면 수평 수압 경도력이 증가하여 지형류의 유속이 빨라진다.

㉠. A에서 B로 갈수록 해수면 편차가 음(-)의 값으로 커지므로 A보다 B에서 해수면 높이가 더 많이 낮아진다. 평상시에 해수

면 경사가 B에서 A를 향하는데 B의 해수면이 더 많이 낮아지면 A-B 구간의 해수면 경사는 평상시보다 완만하다.

✕. B에서 C로 갈수록 해수면 편차가 음(-)의 값으로 커지므로 B보다 C에서 해수면 높이가 더 많이 낮아진다. 평상시에 해수면 경사가 B에서 C를 향하는데 C의 해수면이 더 많이 낮아지면 B-C 구간의 해수면 경사는 평상시보다 급해지며 경사 방향은 변하지 않는다. 경사 방향이 변하지 않으면 지형류의 방향과 지형류에 작용하는 전향력의 방향도 변하지 않는다.

✕. 평상시에 A-B 구간에서 지형류는 서쪽에서 동쪽으로 흐르고, B-C 구간과 C-D 구간에서 지형류는 동쪽에서 서쪽으로 흐른다. A-B 구간에서 해수면의 경사는 평상시보다 완만해지므로 지형류의 유속은 평상시보다 느리다.

09 지형류 평형

지형류가 흐르는 방향은 북반구에서는 수평 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향이고 남반구에서는 수평 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향이다.

㉠. (가)에서 수평 수압 경도력은 북쪽으로 작용하며 북반구이므로 수평 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향인 동쪽으로 지형류가 흐른다. (나)에서 수평 수압 경도력은 남쪽으로 작용하며 남반구이므로 수평 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향인 동쪽으로 지형류가 흐른다.

✕. 전향력(C)의 크기는 $2v\Omega\sin\varphi$ (v : 해수의 속력, Ω : 지구 자전 각속도, φ : 위도)이다. (가)와 (나)에서의 지형류 유속을 각각 $v_{(가)}$, $v_{(나)}$ 라고 하면, (가)와 (나)에서의 전향력의 크기는 각각 $2v_{(가)}\Omega\sin 30^\circ$ 와 $2v_{(나)}\Omega\sin 45^\circ$ 이다. $v_{(가)}=10v_{(나)}$ 이므로 지형류에 작용하는 전향력의 크기는 (가)가 (나)의 $5\sqrt{2}$ 배이다.

㉡. 지형류의 유속(v)은 $\frac{1}{2\Omega\sin\varphi} \cdot g \frac{\Delta z}{\Delta x}$ (Ω : 지구 자전 각속도, φ : 위도, g : 중력 가속도, Δz : 해수면 높이 차, Δx : 수평 거리)이다. 이를 (가)와 (나)에 적용하면 $v_{(가)} = \frac{1}{2\Omega\sin 30^\circ} \cdot g \frac{x}{L}$ 이고,

$v_{(나)} = \frac{1}{2\Omega\sin 45^\circ} \cdot g \frac{y}{2L}$ 이다. $v_{(가)}=10v_{(나)}$ 이므로, 이를 정리하면 $x=2.5\sqrt{2}y$ 이다.

10 해수면 높이와 지형류

해수면 경사가 클수록 수평 방향의 수압 경도력이 커져서 지형류의 유속이 빨라진다.

㉠. 등고도선 간격은 A 해역이 B 해역보다 좁으므로 해수면 경사는 A 해역이 B 해역보다 가파르다. 따라서 수평 수압 경도력은 A 해역이 B 해역보다 크고, 지형류의 유속도 A 해역이 B 해역보다 빠르다.

✕. B 해역과 C 해역에서 해수면은 동쪽이 서쪽보다 높아 수평 수압 경도력은 대략 서쪽으로 작용하고 지형류는 수평 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향인 대략 북쪽 방향으로 흐른다.

✕. C 해역은 서안 경계류가 흐르고, D 해역은 동안 경계류가 흐른다. 서안 경계류는 동안 경계류에 비해 해류의 폭이 좁고 깊이는 깊다. 따라서 C 해역을 흐르는 표층 해류의 $\frac{\text{폭}}{\text{깊이}}$ 은 D 해역보다 작다.

11 정역학 평형과 지형류 평형

지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루는 상태에서 흐르는 해류로 지형류의 유속은 수평 수압 경도력에 비례하고 $\sin(\text{위도})$ 값에 반비례한다.

✕. A에 흐르는 지형류에 작용하는 수평 수압 경도력의 방향은 서쪽이다. 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루는 상태에서 흐르는 해류로 수압 경도력과 전향력의 방향은 반대이다. 따라서 A에 흐르는 지형류에 작용하는 전향력의 방향은 동쪽이다.

㉠. 지형류의 유속은 수평 수압 경도력에 비례하고 $\sin(\text{위도})$ 값에 반비례한다. 중력 가속도가 일정할 때, 수평 수압 경도력은 해수면의 경사에 비례한다. 따라서 A에서 지형류 유속은 $\frac{2h_1}{L}$

($=\frac{1}{\sin 30^\circ} \cdot \frac{h_1}{L}$)에 비례하고 B에서 지형류 유속은 $\frac{2\sqrt{2}h_1}{L}$

($=\frac{1}{\sin 45^\circ} \cdot \frac{2h_1}{L}$)에 비례하므로 지형류의 유속은 A에서가 B에서보다 작다.

㉡. (가)와 (나)의 $z-z'$ 에서 지형류의 유속은 0이므로 (가)에서는 $\rho_1 g(h_1+h_2) = \rho_2 g h_2$ 를 만족하고, (나)에서는 $\rho_1 g(2h_1+h_2) = \rho_3 g h_2$ 를 만족한다. (가)의 식을 정리하면 $(\rho_2 - \rho_1)h_2 = \rho_1 h_1$ 이고, (나)의 식을 정리하면 $(\rho_3 - \rho_1)h_2 = 2\rho_1 h_1$ 이다. 따라서 $(\rho_3 - \rho_1)$ 은 $(\rho_2 - \rho_1)$ 의 2배이다.

12 아열대 순환

현재 아열대 순환의 중심은 서쪽으로 치우쳐 있으며 지구 자전 방향이 현재와 반대가 되면 아열대 순환의 중심은 동쪽으로 치우칠 것이다.

✕. 지구 자전 방향이 현재와 반대가 되면 아열대 순환의 중심은 동쪽으로 치우치며 대양의 동안에서 흐르는 해류는 고위도로 향하게 된다. (가)는 대양의 동안에서 해류가 북쪽으로 흐르므로 북쪽이 고위도인 북반구의 아열대 순환을 나타낸 것이다.

㉠. 지구 자전 방향이 현재와 반대가 되면 동안 경계류가 난류가 되므로 표층 해수의 평균 수온은 A에서가 B에서보다 낮다.

㉡. 해수에 작용하는 수압 경도력의 크기가 같을 때 지형류의 유속은 위도가 낮을수록 빠르다. (가)는 북반구의 아열대 순환이고 (나)는 남반구의 아열대 순환이므로 아열대 순환의 남쪽에 위치한 C와 D 중에서는 C의 위도가 더 낮다. 따라서 지형류의 유속은 C에서가 D에서보다 빠르다.

13 해파의 모양에 따른 분류

풍랑은 마루의 형태가 뾰족하고 너울에 비해 파장과 주기가 짧다.

㉠. 해파의 모습을 보면 (가)는 풍랑이고 (나)는 너울이다. 풍랑은 너울에 비해 파장과 주기가 짧으므로 파장과 주기가 긴 A일 때, 해파의 모습은 너울인 (나)이다.

㉡. 풍랑은 바람에 의해 직접 발생한 해파이고, 너울은 풍랑이 멀리 전파되며 발달한 해파이다. 따라서 해파의 모습이 너울인 A는 해파의 모습이 풍랑인 B보다 나중 시기에 해당한다.

㉢. 해파의 속도는 $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$ 이므로 (가)의 모습인 B일 때, 해파의 속도는 $\frac{10}{3}$ m/s이고, (나)의 모습인 A일 때, 해파의 속도는 $\frac{400}{16} = 25$ m/s이다.

14 해파의 요소

해파의 주기와 속도를 알면 파장을 구할 수 있고, 파장과 수심의 관계를 통해 해파의 특징을 알 수 있다.

㉠. 20 m 길이의 수조 끝에 도달하는 데 걸리는 시간이 A는 25 초이고 B는 10초이므로 해파의 평균 속도는 A가 0.8 m/s, B가 2 m/s이다. 파장은 주기와 속력을 곱한 값이므로 A의 평균 파장은 0.4 m, B의 평균 파장은 3 m이다.

✕. 수조의 물의 깊이는 B의 파장의 $\frac{1}{2}$ 인 1.5 m보다 깊으므로 B는 심해파이다. 수조의 물의 깊이가 2.5 m가 되어도 B는 심해파에 해당하고 심해파의 속도는 수심의 영향을 받지 않으므로 B가 수조 끝에 도달하는 데 걸리는 시간은 10초로 동일하다.

㉡. C는 속도가 4 m/s이고 파장은 10 m이다. 수조의 물의 깊이는 C의 파장의 $\frac{1}{2}$ 인 5 m보다 얕으므로 C는 수조 바닥의 영향을 받아 해수면에서 물 입자가 타원 궤도를 그리며 운동한다.

15 심해파와 천해파

해파의 전파 속도는 $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$ 이며, 심해파의 속도는 수심과 관계없고 파장의 제곱근에 비례한다.

㉠. A에서 파장이 100 m인 해파의 주기는 10초보다 짧으므로 해파의 속도는 10 m/s보다 빠르다.

㉡. A와 B에서 해파의 파장이 10 m일 때, 해파의 주기가 같으므로 해파의 속도는 같다. 심해파의 속도는 수심과 관계 없으므로 A와 B에서 해파의 파장이 10 m일 때, 두 해파는 모두 심해파이다.

✕. 그래프에서 파장이 40 m 이상인 영역에서 파장이 같을 때 주기는 A보다 B에서 짧으므로 해파의 속도는 A보다 B에서 빠르다. 심해파가 아닌 경우 해파의 속도는 수심이 깊을수록 빠르다. 따라서 수심은 A가 B보다 얕다.

16 해파의 굴절

심해파는 수심에 상관없이 해파가 진행되며 천해파는 수심이 얕을수록 속도가 느려진다. 해안가로 비스듬히 접근하는 천해파는 수심이 깊은 쪽에서 얕은 쪽으로 굴절된다.

✕. A 지점에서 파장이 다른 해파 (가)와 (나)가 모두 굴절되지 않고 진행되므로 A 지점에서 두 해파는 심해파이다. 심해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 해역에서 진행되므로 A 지점의 수심은 100 m보다 깊다.

㉠. 해파 (나)는 수심이 h 인 해역을 통과하기 전에 이미 굴절하고 있으므로 천해파 또는 천이파에 해당한다. 해파가 해저면의 마찰의 영향을 받으면 해파의 속도가 느려지고 파장은 짧아지며, 파고가 높아진다. (나)는 A 지점을 통과할 때, $\frac{\text{파장}}{\text{파고}}$ 의 값이 75이므로 수심이 h 인 해역을 통과할 때는 A 지점을 통과할 때보다 파장은 짧고 파고가 높으므로 $\frac{\text{파장}}{\text{파고}}$ 의 값이 75보다 작다.

✕. 해파의 파장이 길수록 수심이 깊은 해역에서도 해저면의 마찰의 영향을 받는다. ㉠과 ㉡ 중 더 깊은 수심에서 굴절되어 진행된 것은 ㉡이므로 ㉢은 파장이 긴 (가)에 해당하고, ㉠은 (나)에 해당한다.

17 해파의 속도

중력 가속도가 일정할 때, 심해파의 속도는 파장의 제곱근에 비례하고 천해파의 속도는 수심의 제곱근에 비례한다.

㉠. 해파 P가 1000 km를 진행하는 동안 파장의 길이가 변하지 않으므로 심해파의 상태를 유지한다. 해파 Q는 해파 P가 500 km를 진행하는 동안 파장의 길이가 변하지 않으므로 심해파를 유지하며 이후 P가 500 km를 진행하였을 때는 파장이 짧아졌으므로 해저 마찰의 영향을 받았다. 심해파의 속도(v)는

$\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ (g : 중력 가속도, L : 파장)이다. 해파 P와 Q의 속도를

각각 v_P 와 v_Q 라고 하면 $v_P=20\sqrt{\frac{g}{2\pi}}$ 이고, $v_Q=30\sqrt{\frac{g}{2\pi}}$ 이므로

v_Q 는 v_P 의 1.5배이다. 따라서 P가 500 km를 진행할 때, Q는 750 km를 진행하고, P와 Q의 마루 사이의 초기 거리 차이가 100 km이므로 x 는 350이다.

㉡. P가 1000 km를 진행한 후에도 심해파를 유지하므로 해당 해역에서 수심은 P의 파장의 $\frac{1}{2}$ 인 200 m보다 깊다.

✕. Q는 심해파로 진행하다가 수심이 얕아지며 천이파로 진행한다. 수심이 동일한 해역에서 천이파로 진행되는 해파는 파장이 길고, 심해파로 진행되는 해파는 파장이 짧다. 해파의 속도는 $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$ 이므로 파장이 긴 천이파로 진행되는 해파가 파장이 짧은 심해파로 진행되는 해파보다 빠르다. 따라서 P와 Q의 마루 사이의 거리

는 P가 500 km를 진행하였을 때(x)보다 1000 km를 진행하였을 때(y)가 더 멀다.

18 폭풍 해일

태풍이 통과할 때 태풍의 낮은 중심 기압과 강한 바람에 의한 해수의 축적으로 해수면이 상승하는 폭풍 해일이 발생할 수 있다.

㉠. 26일의 해수면의 높이 변화를 보면 만조와 간조 사이의 조차와 시간 간격이 거의 비슷하므로 이 지역은 반일주조가 나타난다.

㉡. 27일에 실제 해수면 높이 변화가 조석에 의한 해수면 높이 변화보다 큰 이유는 폭풍 해일의 영향을 받았기 때문이다. 조석에 의한 해수면 높이와 실제 해수면 높이 차이는 ㉠일 때는 1 m보다 작으며, ㉡일 때는 1 m 정도이다. 따라서 폭풍 해일에 의한 해수면 높이 변화는 ㉠보다 ㉡일 때 크다.

㉢. 폭풍 해일을 일으키는 저기압의 중심 기압이 낮을수록 기압의 효과와 강한 바람으로 인해 해수면이 많이 상승한다. 따라서 폭풍 해일을 일으킨 저기압의 중심 기압이 현재보다 높았다면 27일의 실제 해수면 높이는 더 낮았을 것이다.

19 지진 해일

지진에 의해 발생한 해파의 최대 파고가 크게 나타나는 해역에서는 해수면 높이 변화 폭이 크게 관측된다.

㉠. (가)의 A는 B에 비해 해파의 최대 파고가 크게 관측되었다. (나)의 ㉠은 조석에 의한 해수면 높이 변화가 주로 나타나는 반면, ㉡은 11일부터 조석에 의한 해수면 높이 변화 양상을 확인하기 어려우므로 지진 해일의 영향을 받았다고 볼 수 있다. 따라서 (나)의 ㉢은 (가)의 B에서의 해수면 높이 변화에 해당한다.

✕. ㉢에서 지진 해일에 의한 해수면 높이 변화가 나타나기 직전 해수면 높이는 약 0.8 m이고 지진 해일에 의해 해수면 높이가 상승하여 해수면 높이가 최대 약 3.8 m를 기록하였다. 따라서 ㉢에서 지진 해일에 의한 해수면의 최대 높이 변화 폭은 2.5 m보다 크다.

✕. (가)의 자료를 보면 진앙에서 멀어질수록 해파의 최대 파고는 감소하는 경향을 보인다.

20 조석 현상

반일주조가 나타나는 적도 해역에서 만조가 나타나는 지점의 반대편에도 만조가 나타나므로 조석에 의한 해파의 파장은 지구 둘레의 절반에 가깝다.

㉠. 위도별 조석 형태에 따르면 적도 지역에서는 조석 주기가 약 12시간 25분인 반일주조가 나타난다.

✕. 반일주조가 나타나는 적도 해역에서 조석에 의한 해파의 파장은 지구 둘레의 절반에 가까우므로 해파의 파장은 약 πR 이다.

㉡. 지구의 반지름이 약 6400 km이므로 반일주조가 나타나는 적도 해역에서 조석에 의한 해파의 파장은 약 20000 km이다. 이는 지구상의 수심이 가장 깊은 마리아나 해구의 수심 11 km에 비해

매우 길어 조석에 의한 해파는 천해파로 분류할 수 있다. 따라서 수심이 가장 깊은 해구 지역의 수심(㉔)은 적도 지역에서 조석에 의한 해파의 파장(㉓)의 $\frac{1}{20}$ 배보다 작다.

21 우리나라 해안의 조석 현상

우리나라의 서해안은 동해안에 비해 평균적으로 조차가 크다.

㉑. 조차는 d 일과 $d+2$ 일 모두 A가 B보다 많이 크다. 따라서 A는 서해안에 위치하고 B는 동해안에 위치한다.

㉒. 사리에서 조금으로 변하는 시기에는 조차가 점점 감소하고 조금에서 사리로 변하는 시기에는 조차가 점점 증가한다. A에서의 조차는 d 일이 $d+2$ 일보다 작으므로 $d+5$ 일은 사리이며 d 일 ~ $d+2$ 일의 기간은 조금에서 사리로 변하는 시기이다.

㉓. $d+2$ 일의 정오에는 A와 B 모두 간조에서 만조를 향하므로 밀물이 나타난다.

22 위도별 조석 형태

달이 적도면에서 멀리 떨어져 있을 때 고위도 해역에서는 일주조가 나타난다.

㉒. (나)의 ㉑은 일주조의 해수면 높이 변화를, ㉒은 반일주조의 해수면 높이 변화를 나타낸 것이다. 달의 기조력만 고려하면 달의 적위가 0° 일 때는 지구 자전축의 수직 방향으로 해수면이 부풀어 오르므로 지구상의 대부분 해역에서 반일주조가 나타난다. 달의 적위가 $+25^\circ$ 일 때는 고위도 해역에서 일주조가 나타난다. 따라서 ㉑은 달의 적위가 $+25^\circ$ 일 때의 해수면 높이 변화이다.

㉓. A에서 ㉑과 같은 해수면 높이 변화가 나타날 때는 달의 적위가 0° 일 때이다. 달이 지구의 적도면에 위치하면 적도(B)를 포함한 지구상의 대부분 해역에서 ㉑과 같은 반일주조가 나타난다.

㉔. 달의 적위가 $+25^\circ$ 이면 달에 의한 해수면 높이는 $25^\circ N$ 과 $25^\circ S$ 에서 가장 높게 나타난다. 따라서 해당 위도대에 위치한 C가 B보다 조차가 크게 나타난다.

23 기조력

지구와 달의 공통 질량 중심은 지구의 중심과 달의 중심 사이에 위치하며, 달과 지구의 공통 질량 중심을 회전함에 따라 생기는 원심력은 달의 반대 방향으로 작용하고 달의 만유인력은 달의 중심 방향을 향한다.

㉒. ㉑은 달에 의한 만유인력의 방향이고, ㉒은 원심력의 방향이다. 원심력의 크기는 지구상의 모든 지점에서 같으며, 달의 만유인력은 달에 가까울수록 크다. 달에 가까운 지점에서는 달의 만유인력(㉑)이 원심력(㉒)보다 커서 기조력이 달 쪽으로 작용한다.

㉓. 달의 만유인력(㉑)은 달의 중심 방향을 향하고 원심력(㉒)은 달의 반대쪽을 향하므로 ㉑과 ㉒이 이루는 각도는 지구와 달을 잇는 직선 위에서는 180° 이고, 지구와 달을 잇는 직선에서 멀어질수록 작아진다. 따라서 ㉑과 ㉒이 이루는 각도는 B에서가 C에서보다 작다.

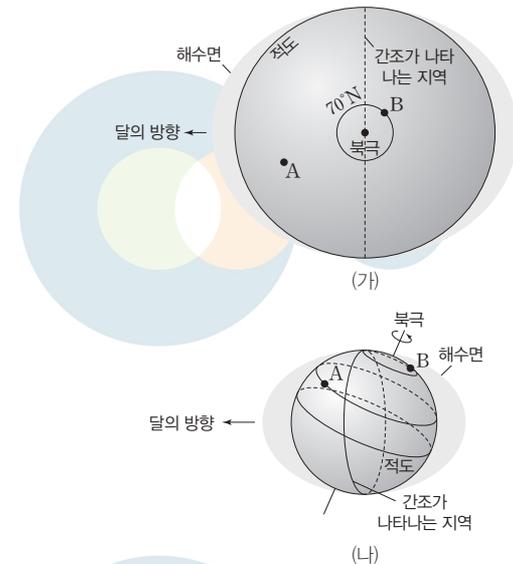
㉔. 달에 가까운 A에서는 달의 만유인력이 원심력보다 커서 기조력이 달을 향하며, 달의 반대편에 위치한 D에서는 달의 만유인력이 원심력보다 작아서 기조력이 달의 반대쪽으로 작용한다.

24 조석 현상

간조와 만조 사이에는 밀물이 나타나고, 만조와 간조 사이에는 썰물이 나타난다. 지구의 적도면과 달의 공전 궤도면이 일치하지 않으면 위도에 따라 조석 형태가 다르게 나타날 수 있다.

㉑. 북극 위에서 내려다본 지구의 자전 방향은 시계 반대 방향이다. 적도상의 해수면은 달의 방향과 달의 반대 방향으로 부풀어 올라 있으므로 A 지점은 만조와 간조 사이에 해당하며 썰물이 나타난다.

㉒. 지구의 적도면과 달의 공전 궤도면이 일치하면 간조가 나타나는 지역은 그림 (가)와 같이 지구의 북극 지역을 통과한다. 간조가 나타나는 지역이 북극에서 달의 방향 쪽으로 기울어져 있으려면 달의 방향은 그림 (나)와 같이 나타나야 하며 이 경우 달의 적위는 음(-)의 값을 갖는다.



㉒. A 지점에서는 반일주조 또는 혼합조가 나타나고, B 지점에서는 일주조가 나타난다. A 지점은 앞으로 약 6시간~12시간 후에 만조가 나타나고, B 지점은 앞으로 약 18시간~24시간 후에 만조가 나타난다. 따라서 다음 만조가 나타날 때까지의 시간은 A 지점이 B 지점보다 짧다.

06 대기 안정도

수능 2점 테스트 본문 114~115쪽

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

01 단열 팽창

공기 덩어리가 외부와의 열교환 없이 상승하면 부피가 팽창하면서 내부 에너지가 감소하여 온도가 낮아진다.

- ㉠. 높이가 높아질수록 대기의 밀도가 작아지기 때문에 기압은 낮아진다.
- ㉡. 주변 기압보다 공기 덩어리 내부의 기압이 높으면 공기 덩어리 내부의 기압이 주변과 같아질 때까지 공기 덩어리의 부피는 커진다.
- ㉢. 공기 덩어리는 상승하면서 내부 에너지를 사용하여 팽창하므로 공기 덩어리의 부피가 커지면 내부 에너지는 감소한다.

02 단열선도

A는 건조 단열선, B는 습윤 단열선, C는 이슬점 감률선이다.

- ㉠. 건조 단열선은 불포화 상태의 공기 덩어리가 단열 상승하여 1 km 상승할 때마다 온도가 약 10 °C씩 낮아지는 단열선이므로 A이다.
- ㉡. 공기 덩어리가 포화 상태일 때는 습윤 단열선을 따라 온도가 변화한다.
- ㉢. B의 변화율은 5 °C/km, C의 변화율은 2 °C/km(불포화 상태)이므로 높이에 따른 감률의 크기는 B가 C보다 크다.

03 편

불포화 상태의 공기 덩어리가 높은 산을 올라가면서 구름이 생성되어 비를 뿌리고, 산을 넘게 되면 고온 건조해지는 현상을 편이라고 한다.

- ㉠. A-B 구간은 공기 덩어리의 기온이 건조 단열 감률(10 °C/km)로 감소한다. B-C 구간에서 구름이 만들어지고 비가 오고 있는 것으로 보아 B-C 구간은 공기 덩어리의 온도가 습윤 단열 감률(5 °C/km)을 따라 감소하고, C-D 구간은 건조 단열 감률(10 °C/km)을 따라 공기 덩어리의 온도가 증가하므로 공기 덩어리의 온도는 D가 A보다 높다.
- ㉡. B-C 구간에서 수증기가 응결하여 비로 내렸으므로 공기 덩어리 내부의 수증기량은 A보다 D에서 적다. 그러므로 공기 덩어리의 이슬점은 A가 D보다 높다.
- ㉢. 상승 응결 고도(B 지점)에서 기온과 이슬점이 같아져 포화 상태가 되고 상대 습도는 100 %이다. B-C 구간에서는 공기 덩어리가 계속 포화 상태이므로 상대 습도는 100 %로 일정하다.

04 단열 변화

공기 덩어리가 불포화 상태일 때는 건조 단열 감률을 따라 100 m 상승할 때마다 기온이 1 °C씩 하강하고, 공기 덩어리가 포화 상태일 때는 습윤 단열 감률을 따라 100 m 상승할 때마다 기온이 0.5 °C씩 하강한다.

- ㉠. (가)는 공기 덩어리가 100 m 상승할 때마다 공기 덩어리의 온도가 1 °C씩 감소하고 있으므로 건조 단열 감률을 따라 감소한다는 것을 알 수 있다. 그러므로 (가)의 공기 덩어리는 높이 100 m ~ 300 m 구간에서 불포화 상태이다.
- ㉡. (나)의 공기 덩어리는 포화 상태이므로 높이 100 m ~ 300 m에는 수증기가 응결하여 구름이 존재한다. (가)는 불포화 상태이므로 구름이 존재하지 않는다.
- ㉢. 포화 상태에서는 공기 덩어리의 온도와 이슬점이 같으므로 (나)의 높이 200 m에서 공기 덩어리의 이슬점은 9.5 °C이다.

05 대기 안정도

공기 덩어리가 불포화 상태일 때 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 기층은 불안정하고, 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작으면 기층은 안정하다.

- ㉠. (가)에서 기온이 기온선이 건조 단열선보다 더 완만한 것으로 보아 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크고, (나)에서 기온이 기온선이 건조 단열선보다 더 급한 것으로 보아 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작다.
- ㉡. (가)는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크므로 불안정한 상태이고, (나)는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작으므로 안정한 상태이다.
- ㉢. 불포화 상태의 공기 덩어리 A를 h까지 상승시키면 건조 단열 선을 따라 온도가 감소한다. 높이 h에서 (가)는 주변 기온이 A의 온도보다 낮으므로 A는 계속 상승하고, (나)는 주변 기온이 A의 온도보다 높으므로 A는 원래 위치로 돌아온다.

06 대기 안정도의 분류

기온 감률과 단열 감률의 비교에 따른 대기 안정도는 절대 불안정, 조건부 불안정, 절대 안정으로 나눌 수 있다.

- ㉠. 절대 불안정은 기온 감률이 건조 단열 감률보다 큰 경우이므로 A는 절대 불안정에 해당한다.
- ㉡. 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작은 경우는 절대 안정에 해당한다. 절대 안정이 '아니요'에 해당하므로 '기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작은가?'라는 질문은 (가)에 적절하지 않다.
- ㉢. B는 조건부 불안정으로 공기 덩어리가 불포화 상태이면 안정하고, 공기 덩어리가 포화 상태이면 불안정하다.

07 상승 응결 고도

상승 응결 고도는 불포화 상태의 공기 덩어리가 단열 상승하여 구름이 생성되기 시작하는 고도이다.

㉠. 상승 응결 고도는 불포화 상태의 공기가 상승하여 상대 습도가 100%에 도달할 때의 고도로, 이 고도에서는 기온과 이슬점이 같다.

㉡. 이슬점은 1 km 상승할 때마다 2 °C씩 감소하므로 (가)는 2 °C이고, 기온은 1 km 상승할 때마다 10 °C씩 감소하므로 (나)는 10 °C이다.

㉢. 상승 응결 고도가 km 단위로 표시되어 있으므로 (다)는 $\frac{1}{8}$ (=0.125)이다.

08 안개의 생성 원리

이류 안개는 따뜻하고 습한 공기가 차가운 해수면 위로 이동하여 냉각되어 생성되고, 증발 안개는 찬 공기가 따뜻한 수면 위를 지나가며 열과 수증기를 공급받아 생성된다.

㉠. 이류 안개는 온난 습윤한 공기가 찬 해수 위로 이동하며 냉각되어 공기가 포화 상태에 도달하여 만들어지는 안개로 (가)의 상황에서 만들어진다.

㉡. (나)는 찬 공기가 따뜻한 호수에서 열과 수증기를 공급받아 생성된 증발 안개이다. 맑고 바람이 약한 날 지표의 복사 냉각에 의해 생성되는 안개는 복사 안개이다.

㉢. (가)에서 공기 덩어리의 아랫부분은 냉각되어 기온이 낮고, 윗부분은 기온이 높으므로 안정한 상태일 가능성이 높고, (나)에서 공기 덩어리의 아랫부분은 가열되어 기온이 높고 윗부분은 기온이 낮은 상태를 유지하여 불안정한 상태일 가능성이 높다.

문분 116~119쪽

수능 3점 테스트

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

01 단열 변화

체온은 36.5 °C이다. 입을 크게 벌리고 공기를 천천히 내보내면 공기의 기압이 주변 기압과의 차가 거의 없어 단열 팽창이 거의 일어나지 않아 체온과 비슷한 온도가 되고, 폐 내부의 압력을 높여 공기를 빠르게 내보내면 주변과 기압 차가 생겨 공기가 단열 팽창하여 체온보다 낮은 온도가 된다.

㉡. (가) 실험은 A의 내부 기압이 1기압과 큰 차이가 없고, (나) 실험은 B의 내부 기압이 1기압보다 높다.

㉢. (가)의 실험은 A가 거의 단열 팽창하지 않아 손등은 체온인 36.5 °C의 공기가 닿게 되어 따뜻하다고 느끼게 되고, (나)의 실험

힘은 B가 단열 팽창하여 온도가 하강한 공기가 손등에 닿기 때문에 시원하다고 느끼게 된다. 그러므로 손등에 닿을 때까지 단열 팽창에 의한 공기 덩어리의 온도 변화는 A가 B보다 작다.

㉣. (다)는 차가운 유리와 따뜻한 공기 덩어리가 만나면서 공기 덩어리의 온도가 급격히 내려가 공기 덩어리 내부의 수증기가 응결하여 뿌옇게 흐려진다. (라)는 공기 덩어리가 단열 팽창하면서 공기 덩어리의 온도와 이슬점이 하강하여 차가운 유리과 만나도 공기 덩어리가 포화되지 않아 수증기가 응결하지 않은 것이다. 그러므로 유리와 닿는 순간 공기 덩어리의 이슬점은 (다) 과정이 (라) 과정보다 높다.

02 단열 변화

불포화 공기 덩어리가 단열 상승하면 건조 단열선을 따라 기온이 낮아지고 이슬점 감률선을 따라 이슬점이 낮아진다. 기온과 이슬점이 같아지는 포화 상태가 되면 구름이 만들어지는데, 이 높이를 상승 응결 고도라고 한다.

㉠. 지표면에서 기온이 24 °C인 공기 덩어리가 건조 단열 감률을 따라 2 km를 상승하면 기온이 4 °C가 되어야 하고, 습윤 단열 감률을 따라 2 km를 상승하면 기온이 14 °C가 되어야 한다. A와 B의 높이 2 km에서의 기온이 4 °C와 14 °C 사이의 값을 가지고 있으므로 A와 B는 지표면에서 불포화 상태로 건조 단열 감률을 따라 상승하다 포화되어 습윤 단열 감률을 따라 상승했음을 알 수 있다.

㉢. A의 상승 응결 고도를 h 라고 하면 A는 h 까지 건조 단열 감률을 따라 상승하고, h 부터 높이 2000 m까지는 습윤 단열 감률을 따라 상승하므로 다음 식이 성립한다.

$$24\text{ }^{\circ}\text{C} - \frac{10\text{ }^{\circ}\text{C} \times h}{1000\text{ m}} - \frac{5\text{ }^{\circ}\text{C} \times (2000 - h)}{1000\text{ m}} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$$

그러므로 A의 상승 응결 고도는 800 m이다. 같은 식으로 구해보면 B의 상승 응결 고도는 400 m이므로 A와 B의 상승 응결 고도 차는 400 m이다.

㉣. A의 상승 응결 고도는 800 m이므로 높이 800 m에서 A의 기온과 이슬점은 16 °C이다. 불포화 상태에서 이슬점은 100 m당 0.2 °C씩 변하므로 지표면에서 A의 이슬점은 17.6 °C이다.

03 편

공기 덩어리는 A에서 상승 응결 고도까지는 건조 단열 감률을 따라 기온이 하강하고, 상승 응결 고도에서 B까지는 습윤 단열 감률을 따라 기온이 하강한다. B에서 C까지는 건조 단열 감률을 따라 기온이 상승한다.

㉠. ㉠의 상승 응결 고도에서 기온과 이슬점은 16 °C이다. 이슬점은 100 m당 0.2 °C씩 변하므로 상승 응결 고도에서 500 m를 하강하면 1 °C 상승하므로 A 지점에서 ㉠의 이슬점은 17 °C이다.

㉢. ㉢의 상승 응결 고도에서 기온과 이슬점은 16 °C이므로 A에서 ㉢의 이슬점은 16.8 °C이다.

㉡. B는 산 정상으로 구름이 존재하므로 상대 습도는 ㉠과 ㉢ 모

두 100%로 같다.

㉠ B에서 ㉡의 기온은 13.5°C이고 ㉢의 기온은 13°C이다. B에서 C로 건조 단열 감률을 따라 1 km를 내려오므로 C에서 ㉡의 기온은 23.5°C, ㉢의 기온은 23°C이다.

04 대기 안정도와 단열 변화

대기의 안정도는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 절대 불안정, 기온 감률이 건조 단열 감률과 습윤 단열 감률 사이에 있으면 조건부 불안정, 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으면 절대 안정이다.

㉠ 대기 안정도는 ㉡은 절대 불안정, ㉢은 조건부 불안정, ㉣은 절대 안정, ㉤은 조건부 불안정이다.

㉦ A의 상승 응결 고도가 500 m이므로 (기온-이슬점)은 4°C이다.

㉧ 적운형 구름이 나타났으므로 A는 지표면에서 높이 2 km까지 자발적으로 상승하였다. 높이 1.5 km~2 km 구간의 대기는 안정하지만 공기 덩어리의 온도가 주변 기온보다 높다면 대기 안정도와 상관없이 자발적으로 상승할 수 있다.

05 단열 압축

공기 덩어리는 하강하면서 주변 기압이 공기 덩어리 내부의 기압보다 높아지기 때문에 외부에서 일을 받아 단열 압축되어 부피가 감소하고, 일을 받은 만큼 내부 에너지가 증가하여 온도가 상승한다.

㉦ 온도가 높아지면 포화 수증기압도 증가한다. 포화 상태의 공기 덩어리도 하강하면 단열 압축되어 온도가 상승하므로 불포화 상태가 된다. 그러므로 공기 덩어리가 단열 하강하면 하강을 시작할 때의 상태가 포화나 불포화인지와 상관없이 건조 단열 감률을 따라 온도가 상승한다.

㉠ 기압은 높이에 따라 감소한다. 공기 덩어리 내부의 기압은 주변 기압과 같으므로 높이 h_2 에 있을 때의 기압이 높이 h_1 에 있을 때보다 낮다. A의 기압이 B보다 높으므로 A는 높이 h_1 에 있을 때의 공기 덩어리이고, B는 높이 h_2 에 있을 때의 공기 덩어리이다. 그러므로 ㉡은 단열 압축할 때의 과정이고, ㉢은 단열 팽창할 때의 과정이다.

㉦ 공기 덩어리는 단열 압축하며 온도가 상승하므로 h_1 에 있을 때가 h_2 에 있을 때보다 온도가 높다. 그러므로 $T_A > T_B$ 이다.

06 편

남극 대륙에도 높은 산이 존재하므로 바람이 지속적으로 불면 편 현상이 일어나 따뜻해진 공기가 빙봉의 봉피에 영향을 미친다.

㉠ 지표면에서 산 정상으로 부는 바람의 풍속은 2.5 m/s~15 m/s이고, 산 정상에서 지표면으로 부는 바람의 풍속은 15 m/s~30 m/s이다.

㉡ (나)의 ㉢은 편이 나타난 기간 동안 기온이 편이 일어나기 전후와 큰 차이가 없고 상대 습도는 상승하였으므로 산을 넘기 전의

관측 기록임을 알 수 있고, ㉣은 편이 나타난 기간 동안 기온이 상승하고 상대 습도가 하강한 것으로 보아 산을 넘은 후의 관측 기록임을 알 수 있다. 그러므로 관측소 A의 기록은 ㉠, 관측소 B의 기록은 ㉡이다.

㉦ 이 지역은 남반구이므로 편서풍은 북서풍(서풍 계열)이고, 극동풍은 남동풍(동풍 계열)이다. 편서풍이 불면 산을 넘어 고온 건조해진 공기가 빙봉이 있는 곳으로 불게 되어 편 현상이 빙봉 봉피에 영향을 미치지 않지만, 극동풍이 불면 빙봉 쪽에 있는 공기가 산을 넘어가게 되므로 극동풍에 의한 편 현상은 X' 쪽에 위치한 빙봉의 봉피에 영향을 미치지 않는다.

07 안개

안개는 수증기가 응결하여 만들어진 물방울이므로, 안개가 존재하는 층은 기온과 이슬점이 같다.

㉦ 안개는 수증기가 응결한 작은 물방울이 공기 중에 떠 있는 것이므로 안개가 발생한 곳은 상대 습도가 100%로 이슬점과 기온이 같다. A는 이슬점과 기온이 같은 높이가 없으므로 안개가 발생하지 않았고, B, C, D는 이슬점과 기온이 같은 구간에 안개가 발생하였다.

㉠ 기온 역전층은 높이가 높아지면서 기온이 상승하는 기층이다. 역전층의 두께는 A가 D보다 두껍다.

㉦ 이슬점과 기온이 같으면 상대 습도가 100%로 응결이 일어난다. C보다 D가 기온과 이슬점이 같은 구간이 두꺼우므로 안개층의 두께는 D가 C보다 두껍다.

08 대기 안정도와 구름의 생성

불포화 상태의 공기는 단열 상승하면서 건조 단열선을 따라 기온이 낮아지다가 상승 응결 고도에 이르면 응결이 일어나 구름이 생성된다.

㉦ 공기 덩어리의 온도가 습윤 단열선을 따라 하강하게 되면 공기 덩어리는 포화된 것이다. 그러므로 (가)와 (나)의 상승 응결 고도는 2000 m로 같다.

㉦ (가)는 높이 1000 m~2000 m 구간에서 기온선보다 건조 단열선이 왼쪽에 위치한 것으로 보아 공기 덩어리의 온도는 주변 기온보다 낮으므로 자발적으로 상승하지 못한다. (나)는 공기 덩어리의 온도가 주변 기온보다 높아 자발적으로 상승한다.

㉠ (나)에서 기온 감률은 약 12°C/km로 건조 단열 감률(10°C/km)보다 크므로 대기 안정도는 절대 불안정이다.

07 대기의 운동과 대기 대순환

수능 2점 테스트

본문 128~131쪽

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

01 기압

지표면 부근에서 기압은 약 1000 hPa이고, 높이 5.5 km에서는 약 500 hPa이다. 높이 50 km에서 기압은 약 1 hPa로 공기의 99%가 높이 50 km보다 낮은 높이에 존재한다.

- ㉠. 중력의 작용으로 공기 분자들은 지표 가까이 분포한다. 중력의 영향으로 공기 분자들은 압축되고 공기 밀도는 지표에서 가장 크고 높이 올라갈수록 작아진다.
- ㉡. 기압은 그 지점 상공의 공기 기둥의 무게와 같으므로 지표면이 높이 h 보다 높다. 기압은 높이 올라갈수록 낮아진다.
- ㉢. 지표면 가까이에서는 높이에 따른 기압 감소율이 크지만, 높이가 높아질수록 높이에 따른 기압 감소율이 작아진다. 그러므로 높이에 따른 기압 변화량은 지표면 부근이 높이 h 부근보다 크다.

02 정역학 평형

정역학 평형 상태에서는 중력과 연직 기압 경도력이 같기 때문에 공기 덩어리에 작용하는 알짜힘은 0이다. 공기는 연직 방향으로 정역학 평형을 이루고 있기 때문에 대기 중에서 공기의 운동은 주로 수평 방향으로 일어나게 된다.

- ㉠. A는 연직 기압 경도력, B는 중력이다.
- ㉡. 높이가 높아질수록 기압은 줄어들므로 z_1 의 기압은 z_2 의 기압보다 크다.
- ㉢. 연직 기압 경도력의 크기는 중력의 크기와 같다. 공기 덩어리의 질량이 $\rho x^2(z_2 - z_1)$ 이므로 중력의 크기는 $\rho x^2(z_2 - z_1)g$ 이다.

03 기압 경도력

두 지점 사이의 기압 차에 의해 생기는 힘을 기압 경도력이라고 한다. 기압 경도력은 바람을 일으키는 근원적인 힘이다.

- ㉠. A면에 작용하는 힘이 B면에 작용하는 힘보다 크다. 따라서 수평 기압 경도력의 방향은 서쪽이다.
- ㉡. 직육면체의 부피가 ΔL^3 이므로 공기 덩어리의 질량은 $\rho \Delta L^3$ 이다.
- ㉢. 기압 차에 의한 힘은 A면에서 B면으로 작용하고, 그 크기는 $\Delta L^2 \Delta P$ 이다. 직육면체의 공기 덩어리의 질량은 $\rho \Delta L^3$ 이므로 단위 질량의 공기에 작용하는 수평 기압 경도력(P_H)은

$$P_H = \frac{\Delta L^2 \Delta P}{\rho \Delta L^3} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$$
이다. 따라서 ρ 와 ΔP 가 일정할 때 ΔL 이 클수록 단위 질량의 공기에 작용하는 수평 기압 경도력의 크기는 작다.

04 구심력과 전향력

구심력은 곡선 운동하는 물체에 작용하는 힘으로, 회전의 중심 방향으로 작용한다. 전향력은 회전하는 물체 위에서 운동할 때 나타나는 겉보기 힘으로, 회전판이 시계 방향으로 회전하면 물체 운동 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용하고, 회전판이 시계 반대 방향으로 회전하면 물체 운동 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용한다.

㉡. 질량이 m 인 물체에 작용하는 구심력은 $\frac{mv^2}{r}$ 이다. 단위 질량(1 kg)의 물체에 작용하는 구심력이 $\frac{v^2}{r}$ 이다.

- ㉢. (나)에서 날아가는 공은 원운동하지 않으므로 구심력이 작용하지 않는다.
- ㉣. 원반이 시계 방향으로 회전하고 있으므로 공이 이동하는 방향의 왼쪽 직각 방향으로 전향력이 작용한다.

05 지균풍

지균풍은 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 직선으로 나란할 때 부는 바람으로 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루면서 분다.

- ㉠. A는 기압 경도력, B는 전향력이다. 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 ㉠은 ㉡보다 작다.
- ㉡. Q에서는 지균풍이 불고 있으며, 지균풍이 불 때 기압 경도력과 전향력의 크기는 같다.
- ㉢. 전향력이 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 이 지역은 북반구에 위치한다는 것을 알 수 있다.
- ㉣. A는 기압 경도력으로 공기의 밀도가 같고 등압선의 간격이 일정하므로 P와 Q에서 기압 경도력은 같다.
- ㉤. 전향력은 풍속에 비례한다. P에서 Q로 갈수록 풍속이 증가하므로 전향력은 P보다 Q에서 크다.

06 지상풍

A는 마찰력, B는 기압 경도력, C는 전향력이다.

- ㉠. 등압선이 직선이고, 지표면의 마찰력이 작용하는 지상에서는 기압 경도력이 전향력과 마찰력의 합력과 평형을 이루며 바람이 분다. 그러므로 A와 C의 합력의 크기는 B의 크기와 같다.
- ㉡. 기압 차가 커지면 기압 경도력(B)이 증가하여 풍속도 증가한다. 풍속이 증가하면 전향력도 증가한다.
- ㉢. 마찰력이 커지면 전향력이 감소하고 바람과 등압선이 이루는 각(θ)이 커진다.

07 경도풍

마찰력이 없는 고도 1 km 이상의 상공에서 등압선이 원형 또는 곡선일 때 기압 경도력과 전향력, 구심력이 평형을 이루어 등압선에 나란한 방향으로 부는 바람이 경도풍이다.

✕. (가)는 저기압성 경도풍이고, (나)는 고기압성 경도풍이다. 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 A와 D는 기압 경도력, B와 C는 전향력이다.

㉠. 북반구에서 전향력은 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 경도풍의 방향은 (가)는 시계 반대 방향, (나)는 시계 방향이다.

✕. 전향력은 풍속에 비례한다. 기압 경도력의 크기가 같은 경우, 힘의 크기만을 고려하면 저기압성 경도풍에서 전향력은 '기압 경도력 - 구심력'과 같고, 고기압성 경도풍에서 전향력은 '기압 경도력 + 구심력'과 같다. 따라서 전향력이 ㉠ 지점이 ㉡ 지점보다 작으므로 풍속도 ㉠ 지점이 ㉡ 지점보다 느리다.

08 경도풍과 지상풍

등압선이 원형일 때 지표면의 마찰력이 작용하지 않는 상층에서는 등압선에 나란하게 경도풍이 불고, 지표면의 마찰력이 작용하는 지상에서는 등압선에 비스듬하게 지상풍이 분다.

㉠. (나)에서 바람이 등압선의 중심에서 바깥쪽으로 부는 것으로 보아 고기압 주변에서 부는 바람임을 알 수 있다. 고기압 주변에서 시계 반대 방향으로 바람이 불어나가는 것으로 보아 이 지역은 남반구이다.

㉡. (가)는 바람이 등압선에 나란하게 부는 것으로 보아 경도풍이고, (나)는 바람이 등압선에 비스듬하게 부는 것으로 보아 지상풍이다. 그러므로 바람이 부는 평균 높이는 (가)가 (나)보다 높다.

㉢. (가)와 (나)에서 모두 풍향이 시계 반대 방향이므로 고기압 부근에서 부는 바람임을 알 수 있다. 그러므로 ΔP_1 과 ΔP_2 는 모두 0보다 작다.

09 대기 상층의 편서풍

저위도와 고위도의 기온 차 때문에 등압면이 저위도에서 고위도 쪽으로 기울어지고 상층 대기에 기압 경도력이 작용한다. 기압 경도력과 전향력의 영향으로 상층에서는 편서풍이 분다.

㉠. 저위도는 고위도보다 기온이 높기 때문에 등압면이 저위도에서 고위도 쪽으로 기울어진다. 그러므로 X의 기온이 Y보다 높다.

㉡. 기압 경도력은 기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 작용한다. A에서 기압 경도력이 Y쪽(북쪽)으로 작용하고 북반구에서 풍향은 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향이므로 A에서는 서풍 계열의 바람이 분다.

㉢. A는 B보다 높이가 높으므로 공기의 밀도가 작고 등압면의 기울기가 더 크므로 단위 수평 거리당 기압 차도 더 크다. A의 공기에 작용하는 기압 경도력이 B의 공기에 작용하는 기압 경도력보다 크므로 풍속은 A가 B보다 크다.

10 상층 일기도

상층 일기도는 등압면의 고도를 측정하여 등고도선으로 나타낸 것이다.

✕. 상층 일기도는 등압면의 고도를 측정하여 등고도선으로 나타낸 것으로, 일기도에 있는 숫자의 단위는 m이다.

✕. 기압 경도력은 등고도선의 고도가 높은 곳에서 등고도선의 고도가 낮은 곳으로 등고도선에 수직하게 작용한다. A의 남쪽 등고도선이 북쪽 등고도선보다 고도가 높으므로 기압 경도력은 북쪽 방향으로 작용한다.

㉠. 고도가 1000 m 이상이므로 A와 B는 마찰력의 영향을 받지 않는 자유 대기에 위치한다. A와 B는 등고도선이 거의 평행한 지역에 위치하므로 지균폭이 불고 있다. 지균폭에서 기압 경도력과 전향력의 크기는 같은데, A는 B보다 등고도선의 간격이 좁으므로 기압 경도력이 더 크다. 그러므로 A는 B보다 전향력의 크기가 크다.

11 편서풍 파동

상층의 기압 마루 부근에서 부는 고기압성 경도풍은 기압골 부근에서 부는 저기압성 경도풍보다 풍속이 빠르다.

㉠. 기압 마루에서는 고기압성 경도풍이 불고 기압골에서는 저기압성 경도풍이 불므로 A에서는 공기가 수렴하고 B에서는 공기가 발산한다.

✕. X-X'에서 편서풍 파동이 남쪽으로 내려가 있으므로 기압골이 존재한다.

㉢. A에서 수렴한 공기는 하강 기류를 발달시켜 지상에 고기압이 형성되고, B에서 발산한 공기는 상승 기류를 발달시켜 지상에 저기압이 형성된다.

12 지상풍

지표면의 마찰력이 작용하는 지표면~높이 1 km 이하의 마찰층에서는 등압선을 가로지르는 지상풍이 분다. 지상풍은 북반구에서는 기압 경도력에 대하여 오른쪽으로 비스듬하게, 남반구에서는 기압 경도력에 대하여 왼쪽으로 비스듬하게 분다.

✕. 기압 경도력은 ㉠에서 ㉡ 쪽으로 작용하고 있고 풍향은 기압 경도력 방향의 왼쪽으로 비스듬하므로 이 지역은 남반구에 위치한다.

㉢. 지상풍은 마찰력 때문에 기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 등압선과 비스듬하게 분다. 바람이 ㉠에서 ㉡ 쪽으로 불고 있으므로 ㉠은 ㉡보다 크다.

㉤. 지표에 가까울수록 마찰력이 크고 마찰력이 커지면 바람과 등압선이 이루는 각이 커진다. (가)는 (나)보다 바람과 등압선이 이루는 각이 작으므로 고도는 (가)가 (나)보다 높다.

13 계절풍

계절풍은 여름에는 육지가 바다보다 빨리 가열되고 겨울에는 육지가 바다보다 빨리 냉각되어 1년을 주기로 풍향이 바뀌는 바람이다.

- ㉠. (가)는 바다에서 육지로 바람이 부는 것으로 보아 육지의 기온이 바다보다 높다는 것을 알 수 있다. 그러므로 (가)는 여름이다.
- ㉡. A는 공기가 수렴하고 있으므로 저기압, B는 공기가 발산하고 있으므로 고기압이다.
- ㉢. 계절풍은 공간 규모가 1000 km 이상이고 시간 규모도 1주일 이상이므로 지구 규모의 순환이다.

14 대기 운동의 규모

대기 운동은 공간 규모와 시간 규모에 따라 미규모, 중간 규모, 종관 규모, 지구 규모로 구분한다.

- ㉠. 공간 규모가 100 km ~ 1000 km이고 시간 규모가 수 일 ~ 1주일 정도인 대기 운동은 종관 규모이다.
- ㉡. 종관 규모(B)나 지구 규모와 같은 큰 규모의 운동은 전향력의 영향을 크게 받지만 미규모나 중간 규모(A)의 운동에서는 전향력을 무시할 수 있다.
- ㉢. 대기 운동은 일반적으로 공간 규모가 클수록 시간 규모가 커진다.

15 해륙풍

해륙풍은 맑은 날 육지와 바다의 기온 차에 의해 기압 차가 발생하여 부는 바람이다. 하루를 주기로 낮에는 해풍, 밤에는 육풍이 분다.

- ㉡. (가)에서 지표면 근처의 기압은 바다가 육지보다 높다. 따라서 바다에서 육지로 바람이 불고 있으므로 낮임을 알 수 있다. (가)는 14시의 등압면 연직 분포이다.
- ㉢. (나)의 A 지점은 같은 높이에서 바다 쪽의 기압이 육지 쪽의 기압보다 높다. 그러므로 A에서는 바다에서 육지 쪽으로 바람이 분다.
- ㉣. (가)는 해풍이 부는 것으로 보아 낮이고, (나)는 육풍이 부는 것으로 보아 밤이다. 육지는 비열이 작기 때문에 낮에 태양 복사 에너지를 받아 기온이 빨리 상승하므로 지표면 부근의 기온은 낮인 (가)가 더 높다.

16 제트류

제트류는 편서풍 파동에서 축이 되는 좁고 강한 흐름으로 대류권 계면 부근에서 나타나며 한대 (전선) 제트류와 아열대 제트류가 있다.

- ㉡. A는 한대 전선대 부근의 상공에서 발생하는 한대 (전선) 제트류이고, B는 위도 30° 부근의 상공에서 발생하는 아열대 제트류이다.

- ㉠. 기압 경도력이 북쪽으로 작용하기 때문에 제트류는 대체로 서쪽에서 동쪽으로 분다.
- ㉢. 겨울철은 여름철보다 남북 간의 기온 차가 크기 때문에 기압 경도력이 커서 제트류의 풍속도 더 빠르게 나타난다.

본문 132~139쪽

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

01 기압 측정

액체가 들어 있는 유리관을 뒤집어 세우면 유리관 속의 액체는 내려오다가 액체의 압력이 대기압과 같아지면 멈춘다.

- ㉡. A는 유리관을 채우고 있던 액체가 내려와서 생긴 빈 공간으로 진공 상태이다.
- ㉢. 대기압과 수은 기둥이 수은을 누르는 압력은 같다. 그러므로 대기압이 높아지면 수은 기둥의 높이도 높아진다.
- ㉣. 액체 기둥의 압력은 (액체의 밀도 × 중력 가속도 × 액체 기둥의 높이)와 같다. (수은의 밀도 × 중력 가속도 × 76 cm)와 (X의 밀도 × 중력 가속도 × 228 cm)는 같으므로 X의 밀도는 수은의 $\frac{1}{3}$ 이다.

02 전향력

전향력은 지구 자전에 의해 나타나는 겉보기 힘으로 단위 질량의 물체에 작용하는 전향력의 크기는 $2v\Omega\sin\theta$ (운동 속도, Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도)이다.

- ㉠. ㉠은 북반구에 위치하므로 전향력이 운동 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하여 적도 방향으로 휘어지고, ㉡은 남반구에 위치하므로 전향력이 운동 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용하여 적도 방향으로 휘어진다.
- ㉢. 적도에서는 지표가 회전하지 않으므로 전향력이 존재하지 않는다.
- ㉣. ㉢은 남극에 있으므로 전향력의 크기는 $2v\Omega$ 이고, ㉣은 60°N에 있으므로 전향력의 크기는 $2v\Omega\sin 60^\circ (=v\Omega\sqrt{3})$ 이다. 그러므로 전향력의 크기는 ㉢이 ㉣의 $\frac{2}{\sqrt{3}}$ (약 1.15)배이다.

03 기압 경도력

정역학 평형 상태이므로 연직 기압 경도력은 중력과 크기가 같고, 수평 수압 경도력은 기압이 높은 P_B 에서 기압이 낮은 P_A 쪽으로 작용한다.

㉠ 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 기압이 낮은 곳으로 작용한다. P_B 가 P_A 보다 크므로 기압 경도력은 동쪽에서 서쪽으로 작용한다.

㉡ 정역학 평형 상태이므로 연직 기압 경도력의 크기와 중력의 크기는 같다. 중력은 공기 덩어리의 '질량×중력 가속도(g)'이고, 공기 덩어리의 질량은 '공기의 밀도(ρ)×부피'이므로 $0.5 \text{ kg/m}^3 \times 2 \text{ km}^3 = 10^9 \text{ kg}$ 이다. 그러므로 연직 기압 경도력의 크기는 $10^9 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 10^{10} \text{ N}$ 이다.

㉢ 단위 질량의 공기에 작용하는 수평 기압 경도력은 $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x}$ (Δx : 등압선 사이의 간격)이다.

$$\begin{aligned} \text{수평 기압 경도력} &= \frac{1}{0.5 \text{ kg/m}^3} \times \frac{0.1 \text{ hPa}}{2 \text{ km}} \\ &= \frac{2}{1 \text{ kg/m}^3} \times \frac{0.1 \times 100 \text{ N/m}^2}{2000 \text{ m}} \\ &= 0.01 \text{ N/kg} \end{aligned}$$

그러므로 공기 덩어리 1 kg당 작용하는 수평 기압 경도력의 크기는 0.01 N이다.

04 지균풍

저위도는 기온이 높아 500 hPa 등압면의 높이가 높고 고위도로 가면서 기온이 낮아지기 때문에 500 hPa 등압면의 높이가 점점 낮아진다. 그러므로 같은 높이에서 기압 경도력은 저위도에서 고위도로 작용하게 되므로 상공에서는 주로 편서풍이 분다.

㉠ A는 500 hPa 등압면 아래에 위치하므로 기압이 500 hPa보다 높고, C는 500 hPa 등압면보다 위에 위치하므로 기압이 500 hPa보다 낮다.

㉡ B에서 기압 경도력은 C 방향으로 작용한다. 남반구이므로 풍향은 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향이므로 서풍 계열의 바람이 분다.

㉢ B와 지면 사이의 기압 차는 500 hPa이고 B의 고도는 5 km이다. 지표면에서 높이 5 km까지 단위 면적의 공기 기둥에 작용하는 연직 기압 경도력은 '500 hPa×1 m²'이고, 공기 기둥에 작용하는 중력은 '공기 기둥의 질량×중력 가속도'이다. 공기 기둥의 질량은 '공기 기둥의 평균 밀도×5000 m³'이다. 정역학 평형 상태이므로 '500 hPa×1 m²=공기 기둥의 평균 밀도×5000 m³×10 m/s²'이고 계산하면 공기 기둥의 평균 밀도는 1 kg/m³이다.

05 지균풍

지균풍에 작용하는 기압 경도력의 크기와 전향력의 크기는 같다. 전향력은 풍속과 위도의 함수이므로 같은 풍속이어도 위도에 따라 전향력의 크기가 다를 수 있다.

㉠ 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다. (가)는 기압 경도력 방향의 왼쪽 직각 방향으로 지균풍이 불고 있으므로 남반구, (나)는 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 지균풍이 불고 있으므로 북반구이다.

㉡ 단위 질량의 공기에 작용하는 전향력의 크기는 $2v\Omega\sin\theta$ (v : 풍속, Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도)이다. A의 단위 질량의 공기에 작용하는 전향력은 $2v\Omega\sin30^\circ$ 이고, B의 단위 질량의 공기에 작용하는 전향력은 $2v\Omega\sin45^\circ$ 이므로 B의 공기에 작용하는 전향력이 더 크다.

㉢ 지균풍의 풍속(v)은 $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x} \cdot \frac{1}{2\Omega\sin\theta}$ 이다. A에서 공기의 밀도를 ρ_A , B에서 공기의 밀도를 ρ_B 라고 하면, A의 풍속(v_A)과 B의 풍속(v_B)이 같으므로 $\frac{1}{\rho_A} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x} \cdot \frac{1}{2\Omega\sin30^\circ} = \frac{1}{\rho_B} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x} \cdot \frac{1}{2\Omega\sin45^\circ}$ 이다. $\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{\sin45^\circ}{\sin30^\circ} = \sqrt{2}$ 이므로 공기의 평균 밀도는 A가 B의 $\sqrt{2}$ 배이다.

06 지균풍

지균풍은 기압 경도력과 전향력이 평형을 이룰 때, 등압선에 평행하게 부는 바람이다.

㉠ A, B, C에서 공기의 밀도, 등압선 간의 간격, 기압 차가 같으므로 기압 경도력의 크기는 모두 같다.

㉡ 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 수직인 방향으로 작용한다. B에서 기압 경도력이 북동쪽을 향하고 있으므로 지균풍의 풍향은 북서풍이다.

㉢ 전향력의 크기는 $2v\Omega\sin\theta$ (v : 풍속, Ω : 지구 자전 각속도, θ : 위도)이고, 지균풍이 불 때, 전향력은 기압 경도력의 크기와 같으므로 A, B, C에서 전향력의 크기는 같다. A, B, C에서 풍속을 각각 v_A , v_B , v_C 라고 하면 A에서의 전향력은 $2v_A\Omega\sin35^\circ$, B에서 전향력은 $2v_B\Omega\sin30^\circ$, C에서 전향력은 $2v_C\Omega\sin25^\circ$ 이다. 그러므로 $v_A < v_B < v_C$ 이다.

07 경도풍

경도풍은 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 원형이나 곡선일 때 부는 바람으로 기압 경도력과 전향력의 차가 구심력으로 작용한다.

㉠ (가)는 저기압성 경도풍, (나)는 고기압성 경도풍이다. (가)에서 중심 부분이 저기압이므로 기압 경도력은 B이고, 전향력은 A이다.

㉡ (가)는 북반구이므로 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 바람이 불게 되어 시계 반대 방향으로 경도풍이 불고, (나)는 남반구이므로 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 바람이 불게 되어 시계 반대 방향으로 경도풍이 분다.

㉢ ㉠ 지점은 기압 경도력이 전향력보다 크고 그 차만큼 구심력으로 작용한다. ㉡ 지점은 전향력이 기압 경도력보다 크고 그 차만큼 구심력으로 작용한다. 기압 경도력의 크기가 같으므로 전향력은 ㉡ 지점이 ㉠ 지점보다 크다. (가)와 (나)의 위도는 30° 로 같으므로 전향력의 크기는 풍속에 비례한다. 그러므로 전향력이 큰 ㉡ 지점이 ㉠ 지점보다 풍속이 크다.

08 지상풍

지상풍은 기압 경도력이 전향력과 마찰력의 합력과 평형을 이루며 등압선에 비스듬하게 기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 부는 바람이다. 북반구에서는 기압 경도력 방향의 오른쪽으로 비스듬하게, 남반구에서는 기압 경도력 방향의 왼쪽으로 비스듬하게 분다.

㉠ 풍향은 마찰력의 방향과 반대이므로 B이다. 풍향과 등압선의 관계로 보아 이 지역은 북반구이고, 북반구에서 전향력은 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 전향력의 방향은 C이다.

✕. 지상풍은 등압선과 비스듬하게 기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 불므로 기압은 ㉡이 ㉠보다 높다.

㉢ 지상풍에서는 마찰력과 전향력의 합력은 기압 경도력과 같다. 마찰력이 감소하면 전향력이 증가해야 하므로 풍속은 증가한다.

09 상층 일기도

상층 일기도에서 고위도로 갈수록 대체로 등고선의 고도가 낮아진다. 바람은 등압면의 등고도선에 평행하게 서쪽에서 동쪽으로 분다.

㉠ 상층 일기도에서 기압골은 등고도선이 남쪽으로 내려온 곡선 부분으로, 같은 위도의 주변에 비해 상대적으로 기압이 낮은 부분이다. B는 기압골에 위치한다.

㉡ 등압면의 등고도선은 남쪽으로 갈수록 고도가 높아진다. A가 가장 남쪽에 위치한 등고도선에 가까우므로 A의 고도가 가장 높다.

㉢ D에서는 저기압성 경도풍이 분다. D에서는 B 방향으로 기압 경도력이 작용하고, 그 반대 방향으로 전향력이 작용한다. 등고도선이 곡선 형태이므로 기압 경도력과 전향력의 차만큼 구심력으로 작용하므로 기압 경도력의 크기가 전향력의 크기보다 크다.

10 회전 원통 실험

회전 원통 실험에서 회전판을 이용하여 원통을 회전시키면 물의 흐름이 파동을 형성한다.

✕. 회전 원통 실험에서는 ㉠에 얼음물을, ㉡에 뜨거운 물을 넣는다. 실험에 따라 열선을 넣어서 ㉢의 물을 가열하기도 한다. 뜨거운 물을 넣는 바깥쪽 원통은 가열된 공기가 상승하는 저위도 지역에 해당하고 얼음이 든 안쪽 원통은 냉각된 공기가 침강하는 고위도 지역에 해당한다.

㉣ 회전판이 시계 반대 방향으로 회전하고 있으므로 알루미늄 가루도 시계 반대 방향으로 회전하고 있다. 그리고 A는 파동 안쪽에서 생긴 소용돌이이므로 시계 반대 방향의 회전이 나타난다.

✕. 이 실험은 고위도에 해당하는 안쪽 원통, 가운데 원통, 저위도에 해당하는 바깥쪽 원통의 회전 각속도가 동일하다. 그러므로 위도에 따른 전향력의 차이가 고려되지 않고 있다.

11 지상풍과 지균풍

지상풍은 마찰력 때문에 기압이 높은 쪽에서 기압이 낮은 쪽으로

등압선에 비스듬하게 분다. 고도가 높아질수록 마찰력이 감소하므로 풍속은 증가하고 풍향은 등압선에 나란해지는 방향으로 바뀐다.

㉠ A는 지균풍이 불고 있으므로 서풍이, B는 지상풍이 불고 있으므로 남서풍이 불고 있다. A에서 B로 갈수록 서풍에서 남서풍으로 변하므로 시계 반대 방향으로 풍향이 변하고 있다.

㉡ 정역학 평형 상태이므로 연직 기압 경도력과 중력은 같다. 공기 기둥의 밑면적을 ΔS 라고 하면, $(1000 - P)\Delta S = 1.2 \text{ kg/m}^3 \times \Delta S \times 1000 \text{ m} \times 10 \text{ m/s}^2$ 이므로 P 는 880 hPa이다.

㉢ 지균풍의 풍속(v)은 $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x} \cdot \frac{1}{2\Omega \sin\theta}$ 이다.

$$v = \frac{1}{1.2 \text{ kg/m}^3} \cdot \frac{4 \text{ hPa}}{200000 \text{ m}} \cdot \frac{1}{10^{-4}/\text{s}} = \frac{50}{3} \text{ m/s} (\approx 16.7 \text{ m/s})$$

이므로 A에서의 풍속은 20 m/s보다 작다.

12 대기 대순환과 지상의 기압 배치

실제 지구에서 일어나는 대기 순환은 수륙 분포, 지형, 계절에 따른 남북 간의 온도 차 등에 의해 복잡하게 나타난다.

✕. 우리나라는 1월에 북서풍, 7월에 남동풍이 불고 있으므로 (가)가 1월, (나)가 7월이다.

✕. 해들리 순환의 상승 기류 영역에서는 지상에 저기압이 나타난다. A와 B에서는 바람이 시계 방향으로 불어 나가고 있는 것으로 보아 해들리 순환의 하강 기류 영역에서 나타나는 고기압이 위치한다.

㉢ 위도 $30^\circ \sim 60^\circ$ 의 등압선 분포를 보면 북반구는 (가)에서는 대체로 대륙에 고기압이 위치하고 해양에 저기압이 위치하며, (나)에서는 해양에 고기압이 위치하고 대륙에 저기압이 위치한다. 반면 남반구에서는 위도선과 등압선이 대체로 나란하다. 이는 북반구는 대륙이 많아 대륙과 해양의 비열 차이, 지형 등의 영향을 받는 반면 남반구는 주로 해양이 분포하기 때문에 등압선이 복잡하지 않다.

13 산곡풍

맑고 바람이 약한 날, 산간 지방에서는 산곡풍이 분다. 낮에는 산 사면이나 정상 부위가 빠르게 가열되어 상승 기류가 나타나므로 계곡을 타고 산 정상 부위로 부는 곡풍이, 밤에는 산 사면이나 정상 부위가 빠르게 식어 하강 기류가 나타나므로 산 정상에서 계곡으로 부는 산풍이 분다.

✕. 3시에 높이 150 m~500 m 구간에는 화살표가 오른쪽을 향하고 있으므로 서쪽에서 동쪽으로 바람이 부는 서풍 계열의 바람이 우세하다.

㉣ 산곡풍은 지표면 부근에서 부는 바람이다. 낮인 16시에는 높이 0 m~75 m 구간에서 불고 있는 서풍이 곡풍이며, 밤인 23시에는 높이 0 m~100 m 구간에서 불고 있는 동풍이 산풍이다. 화살표의 길이로 보아 곡풍의 풍속은 2 m/s~3 m/s, 산풍의 풍

속은 5 m/s 이상으로 산풍이 더 빠르다.

㉠. 곡풍이 부는 낮에는 서풍이, 산풍이 부는 밤에는 동풍이 불고 있는 것으로 보아 산 정상은 동쪽에 있다는 것을 알 수 있다.

14 여러 규모의 순환

전 세계 강수량 분포는 대기의 순환과 밀접한 관련이 있다. 태풍, 저기압 등의 종관 규모 순환이 위치한 곳은 강수량이 많고 고기압이 위치한 곳은 강수량이 적다.

㉡. 1월은 남반구가 여름이고, 7월은 북반구가 여름이다. 여름철은 기온이 높아 물의 증발이 활발하기 때문에 여름철의 강수량이 많다. (가)는 북반구보다 남반구의 강수량이 많은 것으로 보아 1월의 강수량 분포이고, (나)는 남반구보다 북반구의 강수량이 많은 것으로 보아 7월의 강수량 분포이다.

㉢. (가)에서 A는 B보다 강수량이 많다. 강수량이 많다는 것은 상승 기류가 활발하여 구름이 잘 형성된다는 뜻이다. 반면 B는 강수량이 거의 없는 것으로 보아 하강 기류가 활발하다는 것을 알 수 있다. 상승 기류는 A 영역의 해수(난류)가 B 영역의 해수(한류)보다 따뜻해서 만들어지는 것으로 해수면 부근 기온이 높기 때문에 A 영역의 대기가 더 불안정하다.

㉣. A 영역의 많은 강수량은 태풍과 저기압 등 종관 규모 순환에 의한 것이고, B 영역의 강수량이 적은 것은 고기압이 존재하기 때문이다. 해륙풍, 산곡풍 등의 중간 규모 순환은 바다에서의 강수량 차이에 큰 영향을 미치지 못한다.

15 온난 고기압과 한랭 고기압

해들리 순환과 페렐 순환의 경계에서는 수렴된 공기가 하강하면서 단열 압축되어 온난 고기압이 형성되고, 고위도 지역에서 대륙에서 냉각된 공기가 침강하면 중심부 기압이 주위보다 높은 한랭 고기압이 형성된다.

㉤. (가)는 온난 고기압, (나)는 한랭 고기압이다. 온난 고기압은 위도 30° 부근에서, 한랭 고기압은 공기가 냉각될 만큼 추운 고위도 지역에서 형성되므로 형성되는 평균 위도는 (가)가 (나)보다 낮다.

㉥. A의 높이 8 km 지점의 기압은 약 400 hPa, B의 높이 8 km 지점의 기압은 400 hPa보다 낮다.

㉦. C에서는 고기압성 경도풍이, D에서는 저기압성 경도풍이 불고 있다. C는 고기압 중심에서 오른쪽에 위치한 지점인데 북풍이 불고 있으므로 (가)는 남반구에서 형성된 고기압이고, D는 저기압 중심에서 오른쪽에 위치한 지점인데 북풍이 불고 있으므로 (나)는 북반구에서 형성된 고기압이다.

16 제트류

제트류는 대류권 계면 부근에서 남북 사이의 기온 차가 가장 큰 곳에서 나타난다.

㉧. 남반구에도 편서풍 파동이 존재하므로 제트류는 남반구에서도 나타난다.

㉨. 제트류는 대류권 계면 부근에서 나타난다. 500 hPa 일기도는 보통 등고도선이 5 km~6 km로 대류권의 중간 부근의 일기도이며, 200 hPa 일기도는 등고도선이 10 km~12 km로 대류권 계면에 더 가까워 제트류의 위치를 더 정확하게 알 수 있다.

㉩. 아열대 제트류는 북위 30° 부근에 위치하며 남북 변동이 작다. 한대 전선 제트류는 북위 30°~50°의 중위도에서 발생하며 계절에 따른 남북 변동이 크고 가끔 아열대 제트류와 합쳐지기도 한다.

08 행성의 운동(1)

수능 2점 테스트

본문 151~154쪽

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

01 천구의 기준선과 방위

북반구에서 천구의 북극의 고도는 관측자의 위도와 같으며, 천정과 천구의 적도가 이루는 각은 그 지방의 위도와 같다.

㉠. 관측자의 위도는 천정과 천구의 적도가 이루는 각과 같고, 지평선과 천구의 적도가 이루는 각은 $(90^\circ - \text{위도})$ 에 해당한다. $(90^\circ - \text{위도}) = 52^\circ$ 이므로 관측자의 위도는 38°N 이다.

㉡. 천구의 북극과 천구의 적도가 이루는 각이 90° 이고, 천정과 지평선이 이루는 각이 90° 이므로 천구의 북극과 천정 사이의 각은 천구의 적도와 지평선이 이루는 각과 같다. 따라서 천구의 북극과 천정이 이루는 각은 52° 이다.

㉢. 북반구에서 남쪽을 보고 있을 때 왼쪽이 동쪽이고 오른쪽이 서쪽이므로 관측자가 서점을 보고 있을 때 남점은 관측자의 왼쪽에 있다.

02 별의 일주 운동 경로

별은 천구의 북극을 중심으로 일주 운동하므로 별의 일주 운동 경로는 천구의 적도와 나란하다.

㉠. 고도가 가장 높을 때는 천정에 가장 가까울 때이다. 별의 일주권은 천구의 적도에 나란하므로 A는 천정에 가장 가까울 때 북쪽 하늘에 위치한다. 따라서 A는 고도가 가장 높을 때 남쪽 하늘에 위치하지 않는다.

㉡. B는 하지점에 위치하므로 적위가 $+23.5^\circ$ 이고, C는 동지점에 위치하므로 적위가 -23.5° 이다. B와 C의 일주권은 모두 남쪽 하늘을 지나가고 B와 C의 적위 차이는 47° 이므로 B와 C의 남중 고도 차이는 47° 이다.

㉢. B는 하지점에 있으므로 적경이 6^h 이고 C는 동지점에 있으므로 적경이 18^h 이다. 따라서 적경은 B가 C보다 작다.

03 별의 적경

별의 적경은 춘분점을 기준으로 지구의 자전 방향으로 증가하며, 별의 일주 운동 방향은 지구의 자전 방향과 반대 방향이다.

㉠. A의 시간권과 B의 시간권 사이의 각거리는 90° 보다 작고 A와 B 중 하나는 적경이 1^h 이고 다른 하나의 적경은 23^h 이므로 A의 적경은 23^h , B의 적경은 1^h 이다. 춘분날 태양의 적경은 0^h 이므로 태양의 시간권은 A와 B 사이에 위치한다. 별의 일주 운동 방

향은 지구 자전 방향과 반대 방향이므로 우리나라에서 A는 태양보다 먼저 남중한다.

㉡. B의 적위는 $+50^\circ$ 이고, 30°N 에서 B는 고도가 가장 높을 때 북쪽 하늘에 위치한다. A가 남중하였을 때 B는 북동쪽 하늘에 위치하므로 B의 방위각은 90° 보다 작다.

㉢. 적위가 $+50^\circ$ 인 별 B의 일주 운동 경로가 남쪽 하늘을 지나기 위해서는 관측자가 50°N 보다 고위도에 있어야 한다. 50°N 보다 고위도인 지역에서는 B가 남중할 때 A는 남서쪽 하늘에 위치한다.

04 적도 지방의 일주 운동 경로

적도 지방에서 별의 일주 운동 경로는 지면에 수직이다.

㉠. A와 B의 적경이 같아서 동일한 시간권에 있고, 적도 지방에서 별의 일주 운동 경로는 지면에 수직이므로 A와 B가 지평선 위로 뜨는 시각은 같다.

㉡. 적도 지방에서 별의 일주 운동 경로는 지면에 수직이며, A와 B는 적경이 같으므로 지평선 위에 떠 있는 시간이 같다.

㉢. 춘분날 18시에 태양은 서쪽 지평선에 위치하므로 적경이 6^h 인 별은 남쪽 자오선에 위치한다. 하루 동안의 최대 고도는 천구의 적도에 가까울수록 높아지므로 18시~19시 동안의 고도 변화량은 천구의 적도에 가까운 A가 천구의 적도에서 먼 B보다 크다.

05 별이 떠 있는 시간

북반구에서 별의 일주권과 지면이 이루는 각은 고위도로 갈수록 작아지므로 적위가 (+)인 별은 고위도로 갈수록 지평선 위에 떠 있는 시간이 길다.

㉠. 하짓날 자정에 적경이 18^h 인 별은 남쪽 자오선에 위치한다. 별의 남중 고도는 $(90^\circ - \text{위도}) + \text{적위}$ 이므로 (가)에서 별의 남중 고도는 $(90^\circ - 38^\circ) + 10^\circ = 62^\circ$ 이며, (나)에서 별의 남중 고도는 $(90^\circ - 32^\circ) + 10^\circ = 68^\circ$ 이므로 별 S의 고도는 (가)가 (나)보다 낮다.

㉡. 천체의 남중 시각은 경도가 같은 지역에서 동일하다. (가)와 (나)의 경도가 같으므로 (가)와 (나)에서 S의 남중 시각은 같다.

㉢. 적위가 $+10^\circ$ 인 별 S의 일주권은 천구의 북극보다 천구의 적도에 가깝고, 별의 일주권과 지면이 이루는 각은 고위도로 갈수록 작아지므로 별 S가 지평선 위에 떠 있는 시간은 고위도로 갈수록 길어진다. 별 S가 지평선 위로 뜨는 시각은 고위도로 갈수록 빨라지므로 (가)가 (나)보다 빠르다.

06 지평 좌표와 적도 좌표

천구의 북극의 고도는 그 지방의 위도와 같고 하짓날 태양의 적경이 6^h 이므로 이날 자정에 남중한 별의 적경은 18^h 이다.

㉠. 하짓날 태양의 적경은 6^h 이고, 자정에 태양은 북쪽 자오선에 위치하므로 A의 적경은 6^h 이고, B의 적경은 18^h 이다. 따라서 적경은 A가 B보다 작다.

㉠. 적위는 천구의 북극에 가까울수록 커진다. 위도가 37.5°N 인 서울에서 천구의 북극은 방위각이 0° , 고도가 37.5° 이므로 천구의 북극으로부터의 각거리는 A가 B보다 가깝다. 따라서 적위는 A가 B보다 크다.

㉡. 별은 천구의 북극을 중심으로 일주 운동하므로 A의 고도는 시간이 지날수록 점점 높아지며 B의 고도는 시간이 지날수록 점점 낮아진다. 현재 A와 B의 고도는 같으므로 1시간 후 고도는 A가 B보다 높다.

07 행성의 순행과 역행

행성이 배경별에 대하여 동쪽으로 움직이는 현상을 순행이라고 한다. 순행할 때는 적경이 증가한다.

㉠. 행성이 배경별에 대해 서쪽에서 동쪽으로 움직이는 것을 순행이라고 한다.

㉡. 행성이 순행할 때는 적경이 증가하고 행성이 역행할 때는 적경이 감소한다.

㉢. 내행성은 내합 부근에서, 외행성은 충 부근에서 역행하며 그 외 다른 위치에서 순행한다. 따라서 행성이 순행하는 기간은 역행하는 기간보다 길다.

08 내행성의 위치 관계

내행성의 위치 관계는 내합-서방 최대 이각-외합-동방 최대 이각-내합의 순서로 바뀌어 간다.

㉠. 이날 A는 내합에 위치한다. 수성은 외합 부근에서 가장 밝고, 금성은 내합과 최대 이각 사이에서 가장 밝다. 따라서 내행성 A가 내합에 있을 때는 가장 밝을 때가 아니다.

㉡. 내합 이후 내행성의 위치 관계는 서방 최대 이각 쪽으로 변하므로 한 달 후 A는 새벽에 관측할 수 있다.

㉢. 내행성은 내합 부근에서 역행하므로 이날 A는 역행하고 있다.

09 행성의 관측

자정에 남중하는 행성은 외행성이며, 충의 위치 관계에 있는 행성의 위상은 망이다.

㉠. A는 자정에 남중하였으므로 충의 위치 관계에 있다. 충의 위치 관계에 있을 수 있는 행성은 외행성이다.

㉡. 충의 위치 관계에 있는 행성의 위상은 망이며, 자정에 남중할 달의 위상도 망이다. 따라서 A와 달의 위상은 같다.

㉢. 외행성은 지구보다 공전 속도가 느리므로 다음 날 같은 시각에 A는 현재보다 서쪽에 위치한다.

10 내행성과 외행성의 위치 관계

내행성의 위치 관계는 외합 → 동방 최대 이각 → 내합 → 서방 최대 이각 → 외합의 순서로 변해가고, 외행성의 위치 관계는 합 → 서구 → 충 → 동구 → 합의 순서로 변해간다.

㉠. 외행성은 지구보다 공전 속도가 느리므로 위치 관계는 합 → 서구 → 충 → 동구 → 합의 순서로 변해간다. 이날 A는 합에 위치하므로 다음 날 A는 서방 이각에 위치한다.

㉡. 내행성은 지구보다 공전 속도가 빠르므로 내합 부근에서 역행하고 외합 부근에서 순행한다. 이날 B는 외합에 위치하므로 순행한다. 순행할 때 행성의 적경은 증가하므로 B의 적경은 다음 날이 이날보다 크다.

㉢. 내행성의 위치 관계는 외합 → 동방 최대 이각 → 내합 → 서방 최대 이각 → 외합의 순서로 변해간다. 이날 B는 외합에 있으므로 한 달 후 B는 동방 이각에 위치한다. 한 달 후 A는 서방 이각에 위치하고, B는 동방 이각에 위치하므로 해가 진 후 관측할 수 있는 행성은 동방 이각에 있는 B뿐이다.

11 외행성까지의 거리 변화

외행성까지의 거리는 합에서 가장 멀고 충에서 가장 가깝다.

㉠. 지구로부터 가장 멀리 있을 때 행성까지의 거리가 2 AU보다 크므로 A는 외행성이다.

㉡. 외행성까지의 거리는 합에 있을 때 가장 멀고 충에 있을 때 가장 가깝다. t_1 일 때 A까지의 거리가 가장 가까우므로 t_1 일 때 A는 충에 위치한다. 외행성은 충 부근에서 역행하므로 t_1 일 때 A는 역행한다.

㉢. t_2 일 때 A는 거리가 가까워지고 있어 합에서 충으로 위치 관계가 변하고 있는 과정이므로 서방 이각에 위치한다. 행성이 서방 이각에 있을 때는 해가 진 직후에 관측할 수 없다.

12 내행성의 관측

내행성이 동방 이각에 있을 때는 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측되며, 지구에서 행성까지의 거리는 점점 가까워진다.

㉠. 달의 위상이 초승달이므로 초저녁에 서쪽 하늘에서 보이는 모습이며, 태양은 달의 오른쪽 지평선 아래에 있다.

㉡. 금성이 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측되므로 금성은 동방 이각에 위치한다.

㉢. 동방 이각에 있을 때 금성과 지구 사이의 거리는 점점 가까워지므로 금성의 시지름은 다음 날이 이날보다 크다.

13 지구 중심설

프톨레마이오스의 지구 중심설에서는 행성의 순행과 역행을 설명하기 위해 주전원을 도입했다.

㉠. 태양과 행성들이 지구를 중심으로 공전하므로 지구 중심설에 해당하며, 그림의 모형은 프톨레마이오스의 지구 중심설이다.

㉡. 이 모형에서는 행성들이 지구를 중심으로 공전하면서 공전 궤도에 있는 작은 원 위를 움직이므로 순행과 역행을 하게 된다. 따라서 행성의 역행을 설명할 수 있다.

㉢. 금성이 공전하는 주전원의 중심이 지구와 태양을 잇는 선 위에 있으므로 금성은 태양으로부터 일정한 각도 이상을 벗어나지

않는다. 따라서 금성의 최대 이각을 설명할 수 있고, 새벽이나 초저녁에만 관측되는 현상을 설명할 수 있다.

14 우주관

행성의 겉보기 운동을 설명하기 위해 주전원을 도입한 것은 프톨레마이오스의 우주관이고, 달과 태양이 지구를 중심으로 공전한다는 것은 티코 브라헤의 우주관이며, 행성의 공전 속도가 태양에서 멀수록 느려진다는 것은 코페르니쿠스의 우주관이다.

㉠ 주전원을 도입한 것은 프톨레마이오스의 우주관이다. 이 우주관에서는 주전원의 중심이 지구 주위를 돈다고 하였다.

㉡ (나)에서 지구를 제외한 행성들은 태양 주위를 돌지만 행성들의 공전 중심에 있는 태양이 지구를 중심으로 공전하므로 지구 중심설에 해당한다.

㉢ (다)는 코페르니쿠스의 우주관으로 태양 중심설이다. 태양 중심설에서는 금성이 태양 주위를 공전하는 것으로 금성의 위상 변화를 설명할 수 있다.

15 갈릴레이의 금성 관측 자료

갈릴레이의 금성 관측 자료는 금성이 태양 주위를 공전할 때 나타날 수 있는 현상이다.

㉠ 금성의 위상 변화와 시지름 변화는 코페르니쿠스의 태양 중심설뿐만 아니라 티코 브라헤의 우주관에서도 설명이 가능하다.

㉡ A의 위상은 금성이 초승달 모양으로 보이는 것으로 금성이 동방 이각에 있을 때 나타난다.

㉢ B는 지구에서 금성이 보름달 모양으로 보이는 것으로 태양을 중심으로 지구와 금성이 서로 반대 방향에 있을 때 관측된다. 따라서 B는 지구로부터의 거리가 금성이 태양보다 멀 때의 모습이다.

16 티코 브라헤의 우주관

금성과 화성은 태양 주위를 공전하고 태양은 지구 주위를 공전하는 태양계 모형은 티코 브라헤의 우주관이다.

㉠ 금성이 보름달 모양으로 관측되는 것은 태양을 중심으로 지구와 금성이 반대편에 있을 때이다. 티코 브라헤의 우주관에서는 태양을 사이에 두고 지구와 금성이 반대편에 위치하는 시기가 있으므로 금성의 보름달 모양의 위상을 설명할 수 있다.

㉡ 티코 브라헤의 우주관에서는 행성의 순행과 역행을 설명하였으므로 화성의 역행을 설명할 수 있다.

㉢ 티코 브라헤의 우주관에서는 행성들을 거느린 태양이 지구를 중심으로 공전하므로 지구 중심설에 해당한다.

수능 3점 테스트

본문 155~161쪽

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

01 별의 일주권과 시간권

별의 일주권은 천구의 적도와 나란하며, 별의 시간권과 수직이다.

㉠ 서울에서 동쪽 하늘을 보고 있을 때 왼쪽은 북쪽이고 오른쪽은 남쪽이다. 별 S를 지나는 시간권과 일주권 중 남쪽으로 가면서 위로 올라가는 ㉠은 천구의 적도와 나란한 별의 일주권이고, 이에 수직인 ㉡은 시간권이다.

㉢ 북반구에서 별의 일주권과 지면이 이루는 각은 $(90^\circ - \text{위도})$ 이므로 서울에서 별의 일주권인 ㉠과 지평선이 이루는 각은 $(90^\circ - 37.5^\circ) = 52.5^\circ$ 이다.

㉣ 천구의 적도와 지평선이 만나는 점은 동점과 서점이며, 지구가 자전하여 시간이 지나도 변하지 않는다. 별의 일주권은 천구의 적도에 나란하므로 별 S의 일주권과 지평선이 만나는 지점은 1시간 후에도 변하지 않는다. 따라서 ㉠과 지평선이 만나는 점 A의 방위각은 1시간 후에도 현재와 같다.

02 별의 일주권

우리나라에서 관측할 때 서쪽 하늘에서 별의 일주권은 오른쪽으로 가면서 고도가 낮아진다.

㉠ 별의 일주 운동으로 시간이 지날수록 오른쪽으로 이동하면서 고도가 낮아지고 있다. 우리나라에서 관측할 때 별의 일주권이 오른쪽으로 가면서 낮아지는 것은 서쪽 하늘에서 관측할 때 나타나는 현상이다.

㉡ 3월에 태양의 적경은 약 0^h 이며, 22시경에 서점에 있는 별의 적경은 약 4^h 이다. 별의 적경은 서쪽에서 동쪽으로 가면서 증가하므로 남서쪽 하늘에 있는 별 A와 B의 적경은 4^h 보다 크고 10^h 보다 작으며, A보다 서쪽에 있는 B가 적경이 더 작다.

㉢ 적위가 큰 별일수록 서쪽 하늘에서 지는 지점의 위치가 북점에 가깝다. A와 B의 일주권을 비교하면 지는 지점의 위치는 A가 B보다 북점에서 멀다. 따라서 적위는 A가 B보다 작다.

03 별의 적경과 적위

천구상에서 별의 적경은 춘분점을 기준으로 서쪽에서 동쪽으로 가면서 증가하고 천구의 적도는 동점과 서점을 지난다.

㉠ 춘분날 태양의 적경은 12^h 이므로 자정에 남중할 별의 적경은 0^h 이며, 동점에 위치한 별 B의 적경은 6^h 이다.

㉡ 천구의 북극의 고도는 위도와 같으므로 위도가 $37.5^\circ N$ 인 서울에서 천구의 북극의 고도는 37.5° 이다. 북점 위에 있는 별 A의 고도가 50° 이므로 A와 천구의 북극 사이의 각거리는 12.5° 이고,

A의 적위는 77.5° 이다. B는 동점을 지나는 별이므로 천구의 적도에 위치하여 적위가 0° 인 별이다. 따라서 A와 B의 적위 차이는 77.5° 이다.

㉔. 북쪽 하늘에서 별의 일주 운동은 천구의 북극을 중심으로 시계 반대 방향으로 일어나므로 천구의 북극 위쪽에 있는 별 A는 1시간 후 북서쪽 하늘에 위치한다. 동점에 위치한 별 B는 1시간 후 남동쪽 하늘에 위치한다. 따라서 1시간 후 별의 방위각은 A가 B보다 크다.

04 별의 일주권과 위도

별의 일주권은 천구의 적도에 나란하며, 고위도로 갈수록 천구의 적도와 지면이 이루는 각이 작아지므로 별의 일주권과 지면이 이루는 각이 작아진다.

㉕. 별의 남중 고도 = $(90^\circ - \text{위도}) + \text{적위}$ 일 때, (가)에서 남중 고도가 79° 이고, (가) 지역의 위도가 41°N 이므로 $79^\circ = (90^\circ - 41^\circ) + \text{적위}$ 에서 별 S의 적위는 $+30^\circ$ 이다. (나)에서 적위가 $+30^\circ$ 인 별이 북점으로부터의 고도가 79° 이므로 S와 천정 사이의 각은 11° 이고, S와 천구의 적도 사이의 각은 30° 이다. 따라서 천구의 적도와 천정이 이루는 각은 19° 이다. 위도는 천정의 적위와 같으므로 (나) 지역의 위도는 19°N 이다.

㉖. (가)는 (나)보다 고위도에 위치하므로 천구의 적도와 지면이 이루는 각은 (가)가 (나)보다 작다. 별의 일주권은 천구의 적도와 나란하므로 별의 일주권과 지면이 이루는 각은 (가)가 (나)보다 작다. 따라서 1시간 후 별 S의 고도는 (가)가 (나)보다 높다.

㉗. 천구의 북극의 고도는 (가)에서 41° 이고, (나)에서 19° 이다. 별 S는 천구의 북극을 중심으로 일주 운동하고, 별의 일주권과 지면이 이루는 각은 (가)가 (나)보다 작으므로 별 S가 지평선 위에 떠 있는 시간은 (가)가 (나)보다 길다.

05 별의 남중 시각

적경이 작은 별은 적경이 큰 별보다 먼저 남중하고, 적위가 큰 별은 적위가 작은 별보다 남중 고도가 높다.

㉘. 춘분날 태양의 적경은 0^h 이므로 19시에 남중한 별 A의 적경은 7^h 이다.

㉙. B의 남중 고도는 70° 이다. 별의 남중 고도 = $(90^\circ - \text{위도}) + \text{적위}$ 에서 $70^\circ = (90^\circ - 37.5^\circ) + \text{적위}$ 이므로 B의 적위는 $+17.5^\circ$ 이다.

㉚. B는 A보다 3시간 늦게 남중하므로 B의 적경은 A보다 3^h 크다. 동짓날 태양의 적경은 18^h 이므로 동짓날 자정에 A와 B는 남동쪽 하늘에 위치하고 적경이 작은 A는 적경이 큰 B보다 먼저 남중하므로 B가 A보다 동쪽에 위치한다.

06 별의 남중 시각

북반구에서 별이 남중했을 때 방위각은 180° 이고, 별이 하루 중 최대 고도에 있는 때는 남중하거나 천정과 천구의 북극 사이에 있는 때이다.

㉛. 북점을 기준으로 방위각을 측정할 때 별의 방위각이 180° 인 시각은 별이 남중할 시각이다. A에서 적위가 $+20^\circ$ 인 별 S_1 의 방위각이 180° 일 때 고도가 75° 이므로 별의 남중 고도 = $(90^\circ - \text{위도}) + \text{적위}$ 에서 $75^\circ = (90^\circ - \text{위도}) + 20^\circ$ 이므로 A 지역의 위도는 35°N 이다. 위도 35°N 에서 천구의 적도와 지면이 이루는 각은 55° 이므로 하루 중 최대 고도가 70° 인 별 S_2 의 적위는 $+15^\circ$ 이거나 $+55^\circ$ 이다. 이때 S_2 의 적위는 S_1 보다 크다고 하였으므로 S_2 의 적위는 $+55^\circ$ 이다.

㉜. B에서 적위가 $+20^\circ$ 인 별 S_1 의 방위각이 180° 일 때 고도가 55° 이다. 별의 남중 고도 = $(90^\circ - \text{위도}) + \text{적위}$ 에서 $55^\circ = (90^\circ - \text{위도}) + 20^\circ$ 이므로 B 지역의 위도는 55°N 이다. 위도 55°N 인 지역에서 적위가 $+55^\circ$ 인 별 S_2 의 하루 중 최대 고도는 90° 이므로 ㉕은 70보다 크다.

㉝. B 지역의 위도는 55°N 이므로 B에서 천구의 북극의 고도는 55° 이다. S_2 는 적위가 $+55^\circ$ 인 별이므로 천구의 북극과 35° 떨어진 상태로 일주 운동한다. 따라서 S_2 의 고도가 20° 일 때는 S_2 가 북점과 천구의 북극 사이에 있을 때이다. 춘분점의 방위각이 270° 인 시각은 춘분점이 서점에 위치한 시각이다. 이때 북점과 천구의 북극 사이에 있는 S_2 의 적경은 18^h 이다.

07 내행성의 관측

내행성이 동방 이각에 있을 때는 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측 가능하며, 서방 이각에 있을 때는 태양보다 먼저 뜨고 먼저 진다.

㉞. 1월 1일에 지구에서 볼 때 금성은 동방 최대 이각 부근에 위치하므로 해가 진 후 서쪽 하늘에서 관측된다.

㉟. 6월 1일에 지구에서 볼 때 금성은 서방 최대 이각 부근에 위치하므로 태양보다 먼저 뜨고 먼저 진다.

㊱. 지구가 1월 1일의 위치에서 6월 1일의 위치로 이동하는 동안 금성도 1월 1일의 위치에서 6월 1일의 위치로 이동하므로 이 기간에 금성이 내함에 위치하는 시기가 있다. 내행성은 내함 부근에서 역행하므로 금성은 1월 1일~6월 1일 기간 중 역행하는 시기가 있다.

08 외행성의 관측

태양과 반대 방향에서 관측되는 행성은 외행성이며, 행성은 충 부근에 위치하고 있다.

㊲. 18시에 태양은 서점에 위치하므로 동점 부근에 있는 행성은 지구를 중심으로 태양과 반대 방향에 있는 행성이다. 내행성은 지구에서 볼 때 태양과 반대 방향에 올 수 없으므로 이 행성은 외행성이다.

㊳. 천체의 일주 운동 경로는 천구의 적도와 나란하다. 우리나라에서 행성이 뜨는 위치가 동점보다 오른쪽이므로 행성이 지는 위치는 서점보다 왼쪽이 되며, 이때 방위각은 270° 보다 작다.

㊴. 이날 행성은 충 부근에 위치하므로 행성의 위상은 보름달 모양이다.

09 외행성의 위치 관계와 뜨는 시각

외행성은 합에 위치할 때 6시경에 뜨며, 충에 위치할 때 18시경에 뜬다.

㉠ 이 행성은 뜨는 시각이 18시인 시기도 있는 것으로 보아 외행성이다. 3월에는 뜨는 시각이 6시 무렵이므로 행성이 태양 쪽에 위치하며, 행성의 위치 관계가 합 부근이다. 외행성은 합 부근에서 순행하므로 이 행성은 3월에 순행한다.

✕. 6월 초에 행성이 뜨는 시각이 2시 무렵이므로 행성은 서방 이각에 위치한다. 따라서 이 시기에 동구에 위치하지 않는다.

㉡ 9월 말경에 이 행성은 18시 무렵에 뜨므로 충 부근에 위치한다. 외행성은 충에 위치할 때 밝기가 가장 밝으므로 충 부근에 위치한 9월이 합 부근에 위치한 3월보다 밝게 보인다.

10 내행성의 위치 관계

내행성이 해가 진 후 서쪽 하늘에서 관측되는 시기는 동방 이각에 있을 때이며, 이 시기에 행성과 지구 사이의 거리는 점점 가까워진다.

✕. 금성이 해가 진 후 서쪽 하늘에서 관측되므로 금성은 동방 이각에 위치하며, 6월 5일보다 6월 15일에 태양과의 이각이 커지므로 금성은 외합과 동방 최대 이각 사이에 위치한다. 금성의 위상은 외합 부근에서 보름달 모양이므로 외합과 동방 최대 이각 사이에 있을 때 초승달 모양으로 보이지 않는다.

㉠ 금성은 내합 부근에서 역행하고 외합과 동방 최대 이각 사이에 있을 때는 순행한다. 행성이 순행할 때 적경이 증가하므로 금성의 적경은 6월 15일이 6월 5일보다 크다.

㉡ 금성이 동방 이각에 있을 때는 금성이 지구와 가까워지는 시기이므로 금성과 지구 사이의 거리는 6월 15일이 6월 5일보다 가깝다.

11 내행성과 외행성의 관측

내행성의 위상은 삭부터 망까지 변하지만 외행성의 위상 변화에서 삭은 나타나지 않는다. 행성이 서방 이각에 위치한 시기에는 태양보다 먼저 뜬다.

✕. A는 3월 23일에 내합에 위치하므로 위상은 삭이다. B는 외행성이므로 삭의 위상이 나타나지 않는다. 따라서 3월 23일에 A와 B의 위상은 같지 않다.

㉠ A는 내행성으로 6월 1일에 서방 최대 이각에 위치한다. 서방 최대 이각과 외합 부근에 위치할 때 내행성은 순행하므로 적경이 증가한다. 따라서 A의 적경은 9월 21일이 6월 1일보다 크다.

㉡ 6월 1일에 A는 서방 최대 이각에 위치하므로 태양보다 먼저 뜬다. B는 9월 21일에 충에 위치하므로 6월 1일에 서방 이각에 위치하여 태양보다 먼저 뜬다. 6월 1일에 A와 B 모두 태양보다 먼저 뜨므로 해 뜨기 전에 관측할 수 있다.

12 행성의 겉보기 운동

태양이 황도를 따라 이동할 때 천구의 적도를 남쪽에서 북쪽으로 가로지르는 점은 춘분점이고, 외행성은 충 부근에서 역행한다.

✕. 천구의 적도는 동점과 서점을 지나므로 동점 부근에서 황도는 천구의 적도보다 북쪽에 위치하고, 서점 부근에서는 천구의 적도보다 남쪽에 위치한다. 따라서 천구의 적도와 황도가 만나는 두 점 중 하나인 춘분점은 남쪽 하늘 부근에 있다. 18시에 태양은 서쪽 지평선 부근에 있으므로 이날 태양의 적경은 약 18^h 이다. 따라서 겨울철에 관측한 모습이다.

㉠ 금성은 남서쪽 하늘에서 관측되므로 동방 이각에 위치하며 금성과 지구 사이의 거리는 점점 가까워지고 있다. 따라서 금성의 시지름은 다음 날이 이날보다 크다.

✕. 외행성은 충 부근에서 역행하고 나머지 구간에서는 순행한다. 화성은 18시에 동점 부근에 위치하므로 충 부근에 위치한다. 따라서 화성은 역행하고 있다.

13 프톨레마이오스의 우주관

행성의 공전 궤도에 주전원을 도입한 것은 프톨레마이오스의 우주관이며, 이 우주관은 지구 중심설이다.

㉠ 행성이 주전원을 따라 이동할 때 행성이 서에서 동으로 이동할 때는 순행하며, 동에서 서로 이동할 때는 역행한다. 행성이 ㉠을 지날 때 지구에서 관측하면 행성이 천구상에서 서에서 동으로 이동하므로 순행한다.

✕. 이 우주관에서는 행성이 지구를 중심으로 공전하므로 이 우주관은 지구 중심설이다.

✕. 행성의 공전 궤도에 주전원을 도입한 이 우주관은 프톨레마이오스의 우주관으로 티코 브라헤의 우주관이 아니다.

14 우주관의 특징

연주 시차를 설명할 수 있는 우주관은 코페르니쿠스의 우주관이며, 보름달 모양의 금성의 위상을 설명할 수 없는 우주관은 프톨레마이오스의 우주관이다.

✕. 행성의 역행, 연주 시차, 보름달 모양의 금성의 위상을 모두 설명할 수 있는 A는 코페르니쿠스의 우주관이다. 행성의 연주 시차만을 설명하지 못하는 B는 티코 브라헤의 우주관이다. 보름달 모양의 금성의 위상을 설명하지 못하는 C는 프톨레마이오스의 우주관이다. 우주관이 등장한 순서는 $C \rightarrow A \rightarrow B$ 이다.

✕. 티코 브라헤의 우주관에서는 지구를 제외한 행성들이 태양 주위를 공전하며, 태양은 지구 주위를 공전한다.

㉠ 프톨레마이오스의 우주관에서는 금성의 주전원의 중심이 태양과 지구를 잇는 선 위에 위치하므로 금성의 최대 이각을 설명할 수 있다.

09 행성의 운동(2)

수능 2점 테스트

본문 169~171쪽

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

01 회합 주기와 공전 주기

행성의 공전 주기를 P (년), 회합 주기를 S (년)라고 할 때, 지구의 공전 주기가 1년이므로 회합 주기와 공전 주기의 관계는 내행성에서는 $\frac{1}{P} - \frac{1}{1} = \frac{1}{S}$ 이고, 외행성에서는 $\frac{1}{1} - \frac{1}{P} = \frac{1}{S}$ 이다.

㉠. 행성의 공전 주기를 P (년), 회합 주기를 S (년)라고 할 때, 회합 주기와 공전 주기의 관계 $\frac{1}{1} - \frac{1}{P} = \frac{1}{S}$ 에서 B의 회합 주기는 2년이므로 $\frac{1}{1} - \frac{1}{P} = \frac{1}{2}$ 에서 $P=2$ 이다. B의 공전 주기는 2년이므로 ㉠은 2이다.

㉡. A는 공전 주기가 0.6년인 내행성이므로 $\frac{1}{0.6} - \frac{1}{1} = \frac{1}{S}$ 에서 $\frac{0.4}{0.6} = \frac{1}{S}$ 이므로 A의 회합 주기는 $\frac{3}{2}$ 년이고, ㉠은 $\frac{3}{2}$ 이다. C는 공전 주기가 12년인 외행성이므로 $\frac{1}{1} - \frac{1}{12} = \frac{1}{S}$ 에서 $\frac{11}{12} = \frac{1}{S}$ 이므로 C의 회합 주기는 $\frac{12}{11}$ 년이고, ㉡은 $\frac{12}{11}$ 이다. 따라서 ㉠ > ㉡이다.

㉢. 공전 각속도의 차가 클수록 회합 주기는 짧다. A는 B보다 공전 궤도 반지름이 작으므로 C에서 관측할 때 회합 주기는 A가 B보다 짧다.

02 행성의 회합 주기

행성과 지구가 하루 동안 공전한 각도 차가 회합 주기만큼 누적되면 360° 가 된다.

㉠. A의 공전 주기는 P (일)이므로 A가 하루 동안 공전한 각도 $a = \frac{360^\circ}{P}$ 이다.

㉡. a 와 e 는 각각 행성과 지구가 하루 동안 움직인 각도이므로 $(a-e)$ 가 클수록 행성과 지구의 공전 각속도 차가 크다. 회합 주기는 공전 각속도 차가 클수록 짧아지므로 A의 회합 주기는 $(a-e)$ 가 클수록 짧다.

㉢. 행성 P의 회합 주기를 S 라고 하면, A와 지구가 하루 동안 공전한 각도의 차는 $\left(\frac{360^\circ}{P} - \frac{360^\circ}{E}\right)$ 이고, 회합 주기가 지나면 행

성과 지구 사이의 각도 차이가 360° 가 되므로 $\left(\frac{360^\circ}{P} - \frac{360^\circ}{E}\right) \times S = 360^\circ$ 이다.

03 공전 궤도 반지름에 따른 회합 주기 차이

내행성은 지구에서 멀리 있을수록 회합 주기가 짧으며, 외행성도 지구에서 멀리 있을수록 회합 주기가 짧다.

㉠. 외행성의 회합 주기는 1년보다 길다. 회합 주기가 1년보다 짧은 행성 (가)는 내행성이다.

㉡. 지구에서 관측한 외행성의 회합 주기는 공전 궤도 반지름이 클수록 짧다. (나)는 (다)보다 태양에서 멀리 있으므로 회합 주기가 짧다.

㉢. (가)는 내행성이고 (나)와 (다)는 외행성이며, 태양으로부터의 거리는 (나)가 (다)보다 먼 것으로 보아 행성의 공전 궤도 반지름은 (가)가 가장 작고 (나)가 가장 크다. (나)에서 관측하면 공전 각속도의 차는 가장 안쪽에서 공전하는 (가)가 (다)보다 크다. 따라서 회합 주기는 (가)가 (다)보다 짧다.

04 내행성의 공전 궤도 반지름

내행성의 공전 궤도 반지름은 최대 이각을 이용하여 구할 수 있다.

㉡. 행성의 이각이 커지다가 다시 감소하는 것으로 보아 이 행성은 최대 이각이 존재한다. 최대 이각이 존재하는 행성은 내행성이다. ㉢. T 는 내합에서 내합까지의 기간에 해당한다. 따라서 T 는 공전 주기가 아닌 회합 주기이다.

㉣. a° 는 최대 이각에 해당한다. 지구에서 행성의 최대 이각을 지나는 직선을 긋고, 태양에서 이 직선에 수선을 그으면 수선의 길이는 내행성의 공전 궤도 반지름에 해당한다. 지구의 공전 궤도 반지름을 1 AU라고 할 때, 수선의 길이는 $\sin a^\circ$ (AU)이다.

05 행성의 시지름 변화

행성의 시지름이 변하는 주기는 회합 주기에 해당한다.

㉠. 이 행성은 120일을 주기로 시지름이 최대가 된다. 시지름이 최대가 되는 주기는 회합 주기에 해당한다. 회합 주기가 1년보다 짧은 행성은 내행성인 수성이다.

㉡. 120일은 시지름의 크기가 변하는 주기이므로 공전 주기가 아닌 회합 주기이다.

㉢. 관측 경과 후 130일은 행성의 시지름이 최대가 되는 시기이다. 내행성의 시지름이 최대가 되는 시기는 내합으로, 이때 행성의 위상은 삭이다.

06 외행성의 위치 관계

외행성의 위치 관계는 합 → 서구 → 충 → 동구 → 합의 순서로 변해가며, 공전 주기가 길수록 회합 주기는 짧다.

㉡. 합에서 충까지 변하는 데 걸리는 시간은 A는 6개월 9일이고, B는 6개월 3일로 A가 B보다 길다. 따라서 회합 주기는 A가 B보다 길다.

㉠ A와 B는 모두 중의 위치 관계를 가지므로 외행성이다. 외행성은 공전 주기가 길수록 회합 주기는 짧다. 회합 주기는 B가 A보다 짧으므로 공전 주기는 B가 A보다 길다.

㉡. 외행성의 위치 관계는 합 → 서구 → 충 → 동구 → 합의 순서로 변해간다. 6월 20일경 A는 서방 이각에 위치한다. 서방 이각에 있는 행성은 새벽에 관측할 수 있다.

07 케플러 법칙

행성의 공전 속도는 근일점 부근에서 가장 빠르고, 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다.

㉠. 행성의 공전 궤도 긴반지름을 a , 초점 거리를 c 라고 하면 이심률은 $\frac{c}{a}$ 이다. 이 소행성의 궤도 긴반지름은 2 AU이고, 초점 거리는 1 AU이므로 이심률은 0.5이다.

㉡. 케플러 제3법칙에 의해 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다. 행성의 공전 주기를 P 라고 할 때, 태양계에서 $\frac{a^3}{P^2}=1$ 이다. 이 소행성의 공전 궤도 긴반지름이 2 AU이므로 $\frac{2^3}{P^2}=1$ 에서 소행성의 공전 주기는 $2\sqrt{2}$ 년이다.

㉢. 케플러 제2법칙에 의해 소행성의 공전 속도는 근일점 부근에서 빠르고 원일점 부근에서 느리다. 소행성의 공전 주기는 $2\sqrt{2}$ 년이고, A에서 B까지 공전하는 데 걸리는 시간은 공전 주기의 $\frac{1}{2}$ 보다 짧으므로 $\sqrt{2}$ 년보다 짧다.

08 케플러 제3법칙

공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다.

㉠. 소행성의 공전 속도는 근일점에서 가장 빠르므로 근일점 P에서 A까지 이동하는 동안 소행성의 공전 속도는 점점 느려진다.

㉡. 소행성이 P에서 A까지 공전하는 데 1년이 걸리고, A에서 Q까지 공전하는 데 3년이 걸리므로 소행성의 공전 주기는 8년이다.

㉢. 케플러 제3법칙에 의해 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례하고, 공전 주기는 8년이므로 공전 궤도 긴반지름은 4 AU이다. 따라서 $\overline{PQ}=8$ AU이다.

09 공전 궤도 이심률

타원 궤도의 긴반지름을 a , 짧은반지름을 b , 초점 거리를 c 라고 하면, 이심률 $e=\frac{\sqrt{a^2-b^2}}{a}=\frac{c}{a}$ 이다.

㉠. 소행성의 공전 궤도에서 $a=5$ AU, $b=3$ AU이므로 $e=\frac{\sqrt{5^2-3^2}}{5}=0.8$ 이다.

㉡. 타원 궤도의 초점 거리를 c 라고 하면 이심률 $e=\frac{c}{a}$ 이므로 $0.8=\frac{c}{5}$ 에서 $c=4$ AU이다. 따라서 $d=1$ AU이다.

㉢. 소행성의 공전 주기를 P 라고 할 때, 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례하므로 $\frac{5^3}{P^2}=1$ 에서 $P=\sqrt{125}$ 년이므로 공전 주기는 12년보다 짧다.

10 케플러 제3법칙

공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다.

㉠. 태양계 행성들의 공전 궤도 긴반지름과 공전 주기의 관계를 나타낸 그래프에서 가로축이 공전 궤도 긴반지름의 세제곱, 세로축이 공전 주기의 제곱일 때 그래프가 직선으로 나타나므로 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다.

㉡. 태양계 행성들의 회합 주기를 알면 회합 주기와 공전 주기의 관계를 이용하여 공전 주기를 구할 수 있다. 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례하므로 공전 주기를 알면 공전 궤도 긴반지름을 구할 수 있다. 따라서 회합 주기를 알면 공전 궤도 긴반지름을 구할 수 있다.

㉢. 태양계 행성들이 태양을 중심으로 원운동을 할 때 원운동을 일으키는 구심력은 두 천체 사이에 작용하는 만유인력이다. 태양의 질량을 M , 행성의 질량을 m 이라 하고, 행성의 공전 궤도 반지름을 a , 만유인력 상수를 G , 행성의 공전 속도를 v 라 할 때 구심력은 $\frac{mv^2}{a}$ 이고, 만유인력은 $\frac{GMm}{a^2}$ 이므로 $\frac{mv^2}{a}=\frac{GMm}{a^2}$ 에서 $v\propto\frac{1}{\sqrt{a}}$ 이다. 따라서 공전 궤도 반지름이 2배가 되면 공전 속도는 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 배가 된다.

11 케플러 제2법칙

행성이 타원 궤도를 따라 이동할 때 태양과 행성을 잇는 선분은 같은 시간 동안 같은 면적을 쓸고 지나간다.

㉠. 소행성이 1년 동안 쓸고 지나간 면적이 궤도 전체 면적의 $\frac{1}{4}$ 이므로 소행성의 공전 주기는 4년이다.

㉡. P₁에서 P₃까지 이동하는 데 걸리는 시간은 2년이므로 P₁ → P₂의 이동 시간과 P₂ → P₃의 이동 시간은 모두 1년으로 같다.

㉢. 소행성이 1년 동안 쓸고 지나간 면적 S₂가 궤도 전체 면적의 $\frac{1}{4}$ 이므로 소행성이 P₄에서 P₁까지 이동하는 데 걸리는 시간도 1년이다. P₁에서 P₂까지 이동하는 데 걸리는 시간과 P₄에서 P₁까지 이동하는 데 걸리는 시간이 같으므로 태양과 소행성 사이의 거리는 P₂와 P₄에서 같다.

12 케플러 법칙의 응용

케플러 법칙을 응용하면 외계 행성의 공전 주기와 공전 궤도 긴반지름을 이용하여 외계 행성계의 중심별의 질량을 구할 수 있다.

㉠. P_1 에서 P_2 까지 공전하는 동안 공전 속도가 느려지므로 P_2 에서 P_3 까지 공전하는 데 걸리는 시간은 P_1 에서 P_2 까지 공전하는 데 걸리는 시간보다 길다. P_1 에서 P_2 까지 공전하는 데 걸리는 시간은 2년이므로 P_1 에서 P_3 까지 공전하는 데 걸리는 시간은 4년보다 길다. 따라서 공전 주기는 8년보다 길다.

㉡. 행성의 공전 속도는 근일점에서 가장 빠르고 원일점에서 가장 느리며, P_2 에서의 공전 속도는 P_1 에서의 공전 속도보다 느리므로 근일점은 P_1 이다. 따라서 중심별로부터의 거리는 P_1 이 P_3 보다 가깝다.

㉢. 케플러 제3법칙의 응용에서 태양의 질량을 M_\odot 라 하고, 외계 행성의 공전 주기를 P , 공전 궤도 긴반지름을 a , 질량을 m , 중심 별의 질량을 M 이라고 할 때 $M+m \approx M = \frac{a^3}{P^2} M_\odot$ 이다. 외계 행성의 공전 궤도 긴반지름(a)이 4 AU이고, 공전 주기(P)가 8년보다 크므로 $P^2 > 4^3$ 이고, $M = \frac{4^3}{P^2} M_\odot$ 이므로 $M < M_\odot$ 이다.

수능 3점 테스트						본문 172~177쪽
01 ①	02 ①	03 ③	04 ③	05 ⑤	06 ④	
07 ②	08 ④	09 ②	10 ⑤	11 ①	12 ③	

01 내행성의 공전 주기와 회합 주기

내행성은 공전 주기가 길수록 공전 궤도 긴반지름이 크고, 회합 주기도 길다.

㉠. A는 동방 최대 이각에서 내합까지 변하는 동안 2개월 13일이 걸렸고, B는 동방 최대 이각에서 서방 최대 이각까지 변하는 동안 1개월 14일이 걸렸다. 동방 최대 이각에서 서방 최대 이각까지 변하는 동안 걸리는 기간은 동방 최대 이각에서 내합까지 변하는 동안 걸리는 기간의 2배이므로 회합 주기는 A가 B보다 길다.

㉡. 내행성은 공전 궤도 긴반지름이 클수록 공전 주기가 길고, 회합 주기가 길다. 따라서 회합 주기가 긴 A가 회합 주기가 짧은 B보다 공전 궤도 긴반지름이 크다.

㉢. 내행성이 동방 최대 이각에서 서방 최대 이각까지 변하는 기간은 서방 최대 이각에서 동방 최대 이각까지 변하는 기간보다 짧다. 따라서 B의 회합 주기는 (㉠-㉡) 기간의 2배보다 길다.

02 내행성의 회합 주기

내행성의 공전 주기를 P , 지구의 공전 주기를 E , 회합 주기를 S 라고 하면, $\left(\frac{360^\circ}{P} - \frac{360^\circ}{E}\right) \times S = 360^\circ$ 이다.

㉠. 내행성의 공전 주기가 P (일)이므로 내행성이 하루 동안 공전한 각도는 $\frac{360^\circ}{P}$ 이다.

㉡. 내행성과 지구가 하루 동안 공전한 각도는 각각 $\frac{360^\circ}{P}$, $\frac{360^\circ}{E}$ 이므로 하루 동안 내행성이 지구보다 앞서는 각도는 $\left(\frac{360^\circ}{P} - \frac{360^\circ}{E}\right)$ 이다. 따라서 ㉠=㉡-㉢이다.

㉢. 행성의 회합 주기는 두 행성의 공전 각속도 차가 클수록 짧아진다. P 와 E 의 차가 클수록 행성과 지구의 공전 각속도 차가 커지므로 회합 주기는 짧아진다.

03 화성에서 관측한 회합 주기

화성에서 관측한 외행성들의 회합 주기는 공전 궤도 반지름이 커질수록 화성의 공전 주기에 가까워진다.

㉠. ㉠과 ㉡은 모두 화성보다 바깥쪽에서 공전하고 있는 행성이다. 화성보다 바깥쪽에서 공전하고 있는 행성들의 회합 주기는 화성으로부터의 거리가 멀어질수록 화성의 공전 주기에 가까워진다. 따라서 X는 화성의 공전 주기이다.

㉢. 지구에서 관측한 행성의 회합 주기는 지구에서 멀수록 짧아진다. 따라서 지구에서 관측한 회합 주기는 ㉠이 ㉡보다 길다.

㉣. 화성과 행성의 공전 각속도 차가 클수록 회합 주기가 짧다. 따라서 회합 주기가 짧은 ㉡이 회합 주기가 긴 ㉠보다 화성과의 공전 각속도 차가 크다.

04 내행성의 공전 궤도 그리기

지구와 최대 이각에 있는 내행성을 이은 직선에 태양에서 수선을 내리면 수선의 길이는 내행성의 공전 궤도 반지름에 해당한다.

㉠. 내행성의 공전 궤도를 작도할 때에는 최대 이각을 이용한다. (가)에서 θ 는 최대 이각에 해당한다.

㉢. 선분 SM' 은 행성의 공전 궤도 반지름에 해당한다. 지구의 공전 궤도 반지름을 1 AU라고 할 때 내행성의 공전 궤도 반지름은 $\sin\theta$ AU이다.

㉣. 내행성은 최대 이각의 크기가 클수록 공전 궤도 반지름이 커진다. 공전 궤도 반지름이 클수록 지구와 행성의 공전 각속도 차가 작아지므로 θ 가 큰 행성일수록 회합 주기는 길어진다.

05 화성의 공전 궤도 그리기

화성의 공전 궤도를 작도하기 위해서는 화성의 공전 주기에 해당하는 기간 전과 후에 관측한 자료를 비교해야 한다.

㉠. ㉠과 ㉡ 시기에 각각 화성은 M_1 에 위치하므로 ㉠과 ㉡ 사이의 기간은 화성의 공전 주기에 해당한다.

㉢. 적경은 춘분점을 기준으로 지구가 자전하는 방향으로 증가한다. E_1 에 있을 때 춘분점 방향에서부터 지구의 자전 방향으로 M_1 까지 측정한 각은 159° 이므로 화성의 적경은 10° 보다 크고 12° 보다 작다.

- ㉔. ①일 때 화성이 지평선 위로 뜨는 시각은 18시 이전이며, ②일 때 화성이 지평선 위로 뜨는 시각은 18시 이후이다. 따라서 화성이 지평선 위로 뜨는 시각은 ①일 때가 ②일 때보다 늦다.

06 내행성의 남중 시각

- 내행성의 남중 시각이 태양보다 빠르면 행성은 서방 이각에 위치하며, 남중 시각이 태양보다 늦으면 행성은 동방 이각에 위치한다.
- ✕. 행성의 남중 시각이 5월까지의 빨라지다가 6월 이후에 늦어지므로 행성은 최대 이각이 있는 내행성이다. 행성은 2월에는 태양보다 늦게 남중하므로 동방 이각에 위치하며, 4월에는 태양보다 먼저 남중하므로 서방 이각에 위치한다. 따라서 3월에 행성의 남중 시각이 태양의 남중 시각과 같을 때 행성은 내합에 위치하고, 12월에 행성은 외합에 위치한다. 내합에서 외합까지 걸리는 기간이 약 9개월이므로 이 행성의 회합 주기는 약 18개월이다. 내행성의 공전 주기는 1년보다 짧으므로 회합 주기는 공전 주기보다 길다.
- ㉔. 4월에 행성은 내합을 지난 후 서방 최대 이각의 위치로 변하고 있으므로 행성과 지구 사이의 거리는 점점 멀어지고 있다. 따라서 지구와의 거리는 4월 1일이 4월 30일보다 가깝다.
- ㉔. 10월에 행성은 서방 최대 이각과 외합 사이에 위치한다. 내행성은 내합 부근에서만 역행하므로 10월에는 순행한다.

07 행성의 공전 주기

- 행성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례하며, 행성의 공전 속도는 근일점에서 가장 빠르고 원일점에서 가장 느리다.
- ✕. 공전 궤도 긴반지름을 a , 초점 거리를 c 라고 하면 이심률은 $\frac{c}{a}$ 이므로 A의 이심률은 $\frac{3}{4}$ 이고, B의 이심률은 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 이심률은 A가 B의 $\frac{3}{2}$ 배이다.
- ㉔. 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다. A의 공전 궤도 긴반지름은 4 AU이고, B의 공전 궤도 긴반지름은 2 AU이므로 공전 주기는 각각 8년, $2\sqrt{2}$ 년이다. 따라서 공전 주기는 A가 B의 $2\sqrt{2}$ 배이다.
- ✕. A와 B가 동시에 P에서 출발한 후 4년이 지났을 때 A는 원일점에 위치하므로 A와 B 사이의 거리는 4 AU보다 멀다. A와 B가 동시에 P에서 출발한 후 8년이 지났을 때 A는 근일점에 위치하므로 A와 B 사이의 거리는 4 AU보다 가깝다. 따라서 A와 B 사이의 거리는 4년 후가 8년 후보다 멀다.

08 케플러 법칙

- 행성이 타원 궤도를 따라 공전할 때 태양과 행성을 잇는 선분은 같은 시간 동안 같은 면적을 쓸고 지나가며, 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다.
- ✕. (가)에서 소행성이 1년 동안 쓸고 지나간 면적은 전체 궤도 면적의 $\frac{1}{4}$ 이므로 P의 공전 주기는 4년이다.

- ㉔. (나)에서 소행성이 1년 동안 쓸고 지나간 면적은 전체 궤도 면적의 $\frac{1}{32}$ 이므로 Q의 공전 주기는 32년이다. 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례하고, 공전 주기는 Q가 P의 8배이므로 공전 궤도 반지름은 (나)가 (가)의 4배이다. 따라서 P와 Q의 공전 궤도 긴반지름의 비는 1 : 4이다.
- ㉔. P와 Q의 공전 궤도 이심률이 같을 때, Q는 P에 비해 공전 궤도의 길이는 4배이고 공전 주기는 8배이므로 평균 공전 속도는 Q가 P보다 느리다. 따라서 평균 공전 속도는 P가 Q보다 빠르다.

09 행성이 지는 시각

- 외행성이 지는 시각이 일출 시각과 같을 때 행성은 충 부근에 위치하며, 일몰 시각과 같을 때 합 부근에 위치한다.
- ✕. A는 3월에 합 부근에 위치하고 9월에 충 부근에 위치한다. B는 1월에 충에 위치하고 12월에 합에 위치한다. 합에서 충까지의 기간이 A가 B보다 짧으므로 회합 주기는 A가 B보다 짧다.
- ㉔. 3월에 A는 합 부근에 위치하고, 9월에 이각이 최대인 충 부근에 위치하므로 이각은 3월이 9월보다 작다.
- ✕. 6월에 B는 자정에 진다. 자정에 지는 천체는 동구 부근에 위치한다.

10 행성까지의 거리와 회합 주기

- 내행성은 지구에 가까울수록 회합 주기가 길어지며, 외행성은 지구에서 멀수록 회합 주기가 짧아진다.
- ㉔. 행성의 공전 주기를 P , 지구의 공전 주기를 E , 회합 주기를 S 라고 하면, 내행성에서 회합 주기가 2년인 행성의 공전 주기는 $\frac{1}{P} - \frac{1}{1} = \frac{1}{2}$ 에서 $P = \frac{2}{3}$ 년이다. 외행성에서 회합 주기가 2년인 행성의 공전 주기는 $\frac{1}{1} - \frac{1}{P} = \frac{1}{2}$ 에서 $P = 2$ 년이다. 행성의 공전 궤도 반지름은 A가 B보다 크므로 A의 공전 주기 $P_A = 2$ 년이고, B의 공전 주기 $P_B = \frac{2}{3}$ 년이다. 따라서 $P_A = 3P_B$ 이다.
- ㉔. 회합 주기가 1년인 행성은 내행성이므로 공전 주기 P_C 는 1년보다 작으며, $\frac{1}{P} - \frac{1}{1} = \frac{1}{1}$ 에서 P_C 는 0.5년이다. 따라서 $P_B > P_C$ 이다.
- ㉔. B와 C는 내행성이고 공전 주기는 B가 C보다 긴 것으로 보아 공전 궤도 반지름은 B가 C보다 크다. 행성이 지구에 가장 가까워졌을 때 지구와 행성 사이의 거리는 공전 궤도 반지름이 큰 B가 공전 궤도 반지름이 작은 C보다 가깝다. 행성의 공전 주기의 제곱이 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례할 때, B는 공전 주기가 $\frac{2}{3}$ 년이므로 공전 궤도 긴반지름은 0.5 AU보다 크며, A는 공전 주기가 2년이므로 공전 궤도 긴반지름이 1.5 AU보다 크다. 따라서 행성이 지구에 가장 가까워졌을 때 지구와 행성 사이의 거리는 B가 가장 가깝다.

11 행성의 공전 속도

행성의 공전 궤도 긴반지름과 공전 주기가 일정할 때 공전 궤도 이심률이 클수록 평균 공전 속도는 느리다.

㉠. 행성의 공전 궤도 긴반지름을 a , 초점 거리를 c 라고 하면 이심률은 $\frac{c}{a}$ 이다. 소행성의 공전 궤도 긴반지름은 4 AU이고, 초점 거리가 2 AU이므로 이심률 $e=0.5$ 이다.

㉡. 소행성의 공전 궤도 긴반지름이 4 AU이므로 공전 주기는 8년이다. 한편 소행성의 공전 궤도 긴반지름은 지구의 4배이지만 이심률은 소행성의 공전 궤도가 지구의 공전 궤도보다 크므로 소행성의 공전 궤도 길이는 지구의 4배가 되지 않는다. 소행성의 공전 궤도 길이는 지구의 4배보다 짧고 공전 주기는 지구의 8배이므로 평균 공전 속도는 소행성이 지구보다 느리다.

㉢. 소행성의 공전 주기가 8년이므로 지구와 소행성의 회합 주기는 $\frac{8}{7}$ 년이다. 따라서 8년 동안 소행성은 7번 총에 위치한다.

12 케플러 법칙의 응용

케플러 제3법칙을 쌍성계에 응용하면 쌍성의 공전 주기와 쌍성의 공전 궤도 반지름을 이용하여 쌍성의 질량을 구할 수 있다.

㉠. 쌍성계를 이루는 별 A와 B의 공전 궤도 반지름 비가 1 : 3이므로 별 A와 B의 질량비는 3 : 1이다. 따라서 질량은 A가 B의 3배이다.

㉡. A와 B는 공전 주기가 같으므로 B의 공전 주기는 100년이다.

㉢. 태양의 질량이 M_{\odot} 일 때, 쌍성의 질량을 m_1, m_2 , 공전 주기를 P , 쌍성 사이의 거리를 a 라고 하면 $m_1 + m_2 = \frac{a^3}{P^2} M_{\odot}$ 이다.

쌍성계에서 공전 주기가 100년이고, 두 별 사이의 거리가 40 AU이므로 $m_1 + m_2 = \frac{40^3}{100^2} M_{\odot} = 6.4 M_{\odot}$ 이다. 한편 A와 B의 질량비는 3 : 1이므로 A의 질량은 $4.8 M_{\odot}$ 이다.

10 우리은하와 우주의 구조

수능 2점 테스트

본문 191~196쪽

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

01 연주 시차

연주 시차는 지구의 공전 때문에 나타나며, 거리가 가까운 별일수록 연주 시차가 크다.

㉡. 태양계 행성에서 연주 시차를 이용해 측정한 별까지의 거리

(d)는 $d(\text{pc}) = \frac{\text{행성에서 태양까지의 거리(AU)}}{P(\text{년})}$ (P : 연주 시차)

이다.

따라서 지구에서 별까지의 거리는 A가 10 pc, B가 100 pc이다.

㉢. A는 B보다 겉보기 밝기가 100배 밝다. 거리는 B가 A의 10배이므로 두 별의 광도는 같다.

㉣. 화성은 지구보다 태양으로부터의 거리가 1.5배 크므로 화성에서 관측한 B의 연주 시차는 0.015"이다.

02 구상 성단과 산개 성단

산개 성단은 수백~수천 개의 주로 젊은 별들로 구성되어 있으며, 구상 성단은 수만~수십만 개의 주로 나이가 많은 주계열성이나 거성으로 이루어져 있다.

㉠. 별의 개수로 보아 (가)는 산개 성단, (나)는 구상 성단이다.

㉡. (나)는 구상 성단으로 산개 성단인 (가)보다 성단을 이루는 별의 평균 나이가 많다.

㉢. 구상 성단은 산개 성단보다 나이가 많고 질량이 태양보다 작은 주계열성이나 거성으로 구성된다.

03 성단의 나이

색등급도에서 성단을 이루는 별들이 주계열 단계에서 벗어난 지점을 전향점이라고 한다.

㉠. 성단에 위치한 별은 지구에서부터의 거리가 같다고 볼 수 있다. 따라서 이 성단에 속한 별들의 겉보기 등급이 작을수록 광도가 크다. 따라서 광도는 A가 C보다 크다.

㉡. 전향점에 위치한 별의 겉보기 등급이 4등급이므로 이 성단에 위치한 주계열성의 겉보기 등급은 모두 이보다 크다. 따라서 B와 C는 주계열성이다.

㉢. B와 C는 주계열성이므로 색지수($B-V$)는 B가 C보다 작다.

04 전향점과 성단의 나이

성단의 나이가 많을수록 전향점은 색등급도에서 오른쪽 아래로 이동한다.

㉠ 색지수($B-V$)가 작은 (가)의 전향점에 위치한 별의 표면 온도가 (나)의 전향점에 위치한 별의 표면 온도보다 높다.

㉡ 전향점에 위치한 별은 주계열성으로 볼 수 있으므로 색지수($B-V$)가 작은 (가)의 전향점에 위치한 별의 광도가 (나)의 전향점에 위치한 별의 광도보다 크다.

㉢ 전향점에 위치한 별의 광도는 (가)가 (나)보다 크므로 성단의 나이는 (가)가 (나)보다 적다.

05 성간 티끌과 성간 기체

우주 공간에 존재하는 기체와 티끌을 성간 물질이라고 하며, 성간 물질의 약 99%는 성간 기체로 이루어져 있다.

㉠ A는 성간 기체로 수소가 가장 많고 그 다음이 헬륨이다.

㉡ 성간 물질의 약 99%는 성간 기체이다.

㉢ 성간 적색화는 성간 티끌을 통과해 온 별빛의 파장이 짧은 파란색 빛은 줄어들고, 파장이 긴 붉은색 빛은 상대적으로 관측자에게 많이 도달해서 나타나는 현상이다.

06 우리은하의 모습

우리은하는 중심부에 구형의 중앙 팽대부, 은하면에 해당하는 은하 원반, 이를 둘러싸고 있는 헤일로로 구성되어 있다.

㉠ A는 헤일로, B는 은하 원반, C는 중앙 팽대부이다. 태양은 은하 원반에 위치한다.

㉡ (가)는 구상 성단으로 은하 원반보다는 헤일로에 많이 분포한다.

㉢ 파란색을 띠는 별의 비율은 중앙 팽대부보다 은하 원반에서 높다.

07 우리은하의 발견

허셜은 별의 수를 세어 최초의 우리은하 지도를 작성하였고, 캡테인은 하늘을 206개의 구역으로 나누어 별의 분포를 통계적으로 연구하였다. 새플리는 변광성을 이용하여 구상 성단의 공간 분포를 알아내고 이를 통해 우리은하의 모습을 추정하였다.

㉡ A는 캡테인, B는 새플리, C는 허셜의 연구 방법이다. 새플리는 성간 소광을 고려하지 않았다.

㉠ 허셜은 우리은하의 중심은 태양이라고 추정하였다.

㉢ 캡테인의 우주는 허셜의 우주보다 9배 정도 크기가 확장되었다.

08 성간 소광

성간 물질에 의한 빛의 흡수와 산란으로 별빛의 세기가 원래보다 약해지는 현상을 성간 소광이라고 한다.

㉠ 관측되는 복사 강도로 보아 성간 소광은 (가)에서 나타난다.

㉡ 성간 티끌을 통과해 온 별빛은 성간 적색화가 나타나고 성간 적색화가 되면 별의 색지수는 고유의 값보다 커진다. 성간 소광은 (가)에서 나타나므로 관측된 색지수는 (가)에서 (나)에서보다 크다.

㉢ 성간 소광을 고려하지 않을 경우 (가)에서는 (나)에서보다 별빛이 어둡게 관측되므로 더 멀리 있는 것처럼 관측된다.

09 암흑 성운과 성간 소광

암흑 성운은 성간 티끌에 의해 별빛이 통과하지 못해 어둡게 보이는 성운으로 성운 뒤쪽에 위치한 별의 빛이 성운에 흡수되거나 산란되어 어둡게 보인다.

㉠ 가시광선은 적외선보다 상대적으로 파장이 짧아 성간 소광이 크게 나타난다. (가)는 성운 뒤쪽에 별빛이 보이지 않아 어둡게 보이고 (나)는 성운 뒤쪽에 보이는 것으로 보아 (가)가 가시광선으로 관측한 것이다.

㉡ (나)에서 보이는 별 A가 (가)에서 보이지 않는 것으로 보아 성간 소광은 (나)보다 (가)에서 크게 나타난다.

㉢ 성간 기체는 성간 소광을 일으키는 정도가 매우 낮고, 성간 소광은 주로 성간 티끌에 의해 나타난다.

10 공간 운동

별이 우주 공간에서 실제로 운동하는 것을 공간 운동이라고 하며, 공간 속도는 시선 속도와 접선 속도를 각각 구하여 알아낸다.

㉠ 고유 운동은 별이 1년 동안 천구상을 움직인 각거리로 A의 고유 운동은 $2''$ /년이다.

㉡ A와 B는 시선 방향으로의 속도가 없으므로 시선 속도는 0이다.

㉢ 접선 속도를 V_t , 시선 속도를 V_r 라고 할 때 공간 속도(V)는 $V = \sqrt{V_t^2 + V_r^2}$ 이다. A와 B의 시선 속도는 0이므로 공간 속도와 접선 속도가 같다. 접선 속도(V_t)는 별의 거리와 고유 운동의 곱에 비례하고, 접선 속도는 B가 A의 2배이므로 지구에서 B까지의 거리는 10 pc이다.

11 방출 성운과 반사 성운

반사 성운은 성운 주변에 있는 밝은 별의 별빛을 산란시켜 뿌옇게 보이는 성운이고, 방출 성운은 H II 영역의 전리된 수소가 자유 전자와 재결합하는 과정에서 빛을 방출하여 밝게 보이는 성운이다.

㉡ 방출 성운은 성운의 주요 구성 물질인 중성 수소 원자가 별에서 방출되는 자외선을 흡수하여 이온화되며, 이온화된 수소는 다시 자유 전자와 결합해 중성 수소로 되돌아가는데, 이 과정에서 에너지가 방출되면서 나타난다.

㉠ 성운은 대부분 성간 기체인 수소와 헬륨으로 구성된다.

㉢ 반사 성운은 성간 티끌에 의한 산란으로 나타나므로 주로 파란색으로 관측되고, 방출 성운은 붉은색에 해당하는 방출선이 강하여 주로 붉은색으로 관측된다.

12 케플러 회전

케플러 회전은 회전 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 거리의 제곱근에 반비례하면서 느려진다.

✕. 태양과 중성 수소 구름 A~D는 케플러 회전을 하므로 은하 중심에 대한 회전 속도는 은하 중심에서 가장 먼 A가 가장 느리다.

✕. D는 회전 속도가 태양보다 빠르고 같은 방향으로 회전하고 있으므로 태양에서 멀어지고 있다.

㉠. 태양에서 볼 때 C가 가장 빠르게 멀어지고 있고 A는 접근하고 있다. 따라서 ㉠이 C를 나타낸 것이고 A~D 중 중성 수소의 양이 가장 많다.

13 색초과

색초과는 실제로 측정된 별의 색지수($B-V$)와 그 별의 고유 색지수의 차이이다.

㉠. (가)의 고유 색지수는 0.0이고, (나)의 고유 색지수는 0.3이므로 색지수가 작은 (가)의 표면 온도가 (나)보다 높다.

㉡. (나)의 색초과는 0.0이다.

㉢. (가)는 성간 소광이 나타나므로 성간 소광을 보정하지 않으면 실제 거리보다 멀게 관측된다.

14 색지수

색지수는 한 파장대에서 측정한 등급과 다른 파장대에서 측정한 등급의 차이로, 별의 표면 온도를 나타내는 척도가 된다.

✕. B 등급은 B 필터로 측정한 등급이므로 B 등급은 (나)가 (다)보다 작다.

㉠. 색지수($B-V$)는 별의 표면 온도가 높을수록 작다. 따라서 색지수($B-V$)가 작은 (가)가 (다)보다 표면 온도가 높다.

㉡. (가), (나), (다) 모두 B 등급이 V 등급보다 크므로 색지수($B-V$)는 모두 0보다 크다.

15 성단의 주계열 맞추기

색지수와 절대 등급이 알려진 표준 주계열성의 색등급도와 성단의 색등급도를 비교하면 성단을 구성하는 별들의 절대 등급을 알 수 있고, 이로부터 구한 거리 지수로 성단까지의 거리를 구할 수 있다.

✕. ㉠은 전향점에 위치한 별보다 색등급도상에서 오른쪽에 위치하므로 주계열성이다.

㉡. 전향점의 색지수($B-V$)는 A가 B보다 크므로 성단의 나이는 A가 B보다 많다.

✕. 거리 지수의 절댓값은 A와 B의 주계열성의 겹보기 등급과 표준 주계열성의 절대 등급 간의 등급 차로 B가 A보다 크다.

16 천체의 거리

연주 시차는 지구 공전 궤도의 양 끝에서 별을 바라보았을 때 생기는 각(시차)의 $\frac{1}{2}$ 이다.

✕. (가)는 세페이드 변광성의 주기-광도 관계를 이용하여 거리를 측정하는 방법이고, (나)는 연주 시차를 이용하여 거리를 측정하는 방법이다. 세페이드 변광성은 변광 주기가 길수록 절대 등급이 작다.

✕. 연주 시차는 지구 공전 궤도의 양 끝에서 별을 바라보았을 때 생기는 각의 $\frac{1}{2}$ 이고, 연주 시차의 역수가 별까지의 거리이다.

㉠. 연주 시차를 이용한 별까지의 거리는 연주 시차가 나타나는 별에만 적용될 수 있어 가까운 별에만 사용 가능하다. 세페이드 변광성을 이용한 거리 측정은 연주 시차보다 멀리 있는 별에도 적용할 수 있다.

17 중성 수소와 21 cm 전파

수소 원자에서 전자와 양성자는 각각 고유한 각운동량에 따른 스핀 값을 갖고 있으며, 양성자와 전자의 스핀 방향이 같은지 반대인지에 따라 에너지 상태가 다르다.

㉠. 전자와 양성자의 스핀 방향이 같은 (가)가 스핀 방향이 반대인 (나)보다 에너지 상태가 조금 더 높다.

㉡. 중성 수소 원자가 다른 원자와의 충돌 등에 의해 에너지를 얻게 되면 전자와 양성자의 스핀 방향이 같아져 들뜬 상태가 되며, 얼마 후 이 상태에서 다시 안정한 바닥 상태로 변할 때는 에너지 상태의 준위 차만큼 에너지를 방출한다. 따라서 (가)에서 (나)로 변하는 과정에서 21 cm 전파가 방출된다.

㉢. 중성 수소 원자가 들뜬 상태에서 안정한 상태로 바뀔 때 방출되는 21 cm 전파를 이용해 우리은하의 나선팔 구조를 알아낼 수 있다.

18 세페이드 변광성의 주기-광도 관계

세페이드 변광성은 변광 주기가 길수록 광도가 크다.

㉠. 지구로부터 A와 B까지의 거리가 같으므로 겹보기 등급의 차는 절대 등급의 차와 같다. 절대 등급은 A가 B보다 크므로 변광 주기는 B가 A보다 길다.

㉡. 거리 지수는 B가 C보다 작으므로 지구로부터의 거리는 C가 B보다 멀다.

✕. 변광 주기는 A가 C보다 짧으므로 광도는 A가 C보다 작다.

따라서 $\frac{C \text{의 광도}}{A \text{의 광도}} > 1$ 이다.

19 은하의 질량과 암흑 물질

암흑 물질은 빛을 방출하지 않아 관측되지 않는 물질로, 중력 렌즈 현상 또는 은하의 회전 속도 분석을 통해 간접적으로 존재를 추정할 수 있다.

㉠. 강제 회전은 회전 중심으로부터 거리가 멀수록 회전 속도가 증가한다. 이 은하 중심에 가까운 지역에서는 강제 회전이 나타난다.

㉡. 은하의 실제 회전 속도 곡선은 a보다 은하 중심으로부터의 거리가 일정 거리 이상 떨어진 곳에서부터 빠르고 속도가 거의 일정

한 부분이 나타나는 것으로 보아 은하 내 암흑 물질의 총질량은 태양 질량의 3×10^{11} 배보다 크다.

✕. 은하 질량의 대부분이 중심부에 모여 있다면 거리에 따라 회전 속도가 감소하는 케플러 회전이 나타나야 하는데 이 은하의 회전 속도는 외곽에서도 거의 일정하다.

20 태양계 부근 별들의 공간 운동

태양계 부근 별들의 공간 운동을 분석하면 은하 중심으로부터 거리가 멀어질수록 회전 속도가 느려진다.

✕. A는 은경 45° 이고 시선 속도가 (+)이므로 태양에서 멀어지고 있다.

✕. B(은경 135°)에서 C(은경 270°)를 관측하면 C가 접근하는 것처럼 보이므로 청색 편이가 나타난다.

㉠. 은하면상에서 태양으로부터의 거리가 같은 별들의 시선 속도는 은경 $0^\circ \sim 90^\circ$ 사이와 $180^\circ \sim 270^\circ$ 사이의 별들은 멀어지는 것처럼 보이고, 은경 $90^\circ \sim 180^\circ$ 사이와 $270^\circ \sim 0^\circ$ 사이의 별들은 가까워지는 것처럼 보이며, 이것은 태양 근처의 별들이 케플러 회전을 한다고 가정하면 설명이 된다.

21 나선팔 구조

은하의 나선팔 구조는 은하면에 풍부하게 존재하는 중성 수소에서 방출되는 21 cm 전파를 관측하면 알 수 있다.

㉠. (가)는 가시광선으로 관측한 모습이고, (나)는 21 cm 전파로 관측한 모습이다. (가)와 (나) 모두 나선팔이 관측되지만 (나)에서 좀 더 자세히 관측된다.

✕. A에는 중성 수소가 거의 없지만 B에는 상대적으로 많이 분포한다.

㉠. 가시광선으로 관측한 영상에서보다 21 cm 전파로 관측한 은하의 크기가 더 크다.

22 라니아케아 초은하단

라니아케아 초은하단은 처녀자리 초은하단을 포함하여 초은하단과 은하단으로 구성된 초은하단이다.

㉠. 초은하단은 은하군과 은하단이 모여 이루어진 대규모의 은하 집단이다.

㉠. 라니아케아 초은하단 내부에 여러 개의 거대 공동이 있을 것을 알 수 있다.

㉠. 우리은하는 처녀자리 초은하단에 포함되고 라니아케아 초은하단에 포함된다.

23 우주 거대 구조

대부분의 은하들은 우주 공간에서 그물망과 비슷한 거대 가락(필라멘트) 구조를 따라 분포하며, 이러한 거대 구조를 은하 장성이라고 한다.

㉠. 우주에서 은하들이 거의 없는 공간이 거대 공동이다.

✕. 암흑 물질은 거대 공동보다 은하가 많이 분포하는 은하 장성에 많이 분포한다.

✕. 우주 전체 공간에서 은하가 차지하는 부피는 일부뿐이고, 거대 공동이 대부분을 차지한다.

24 은하들의 집단

은하군은 수십 개의 은하들이 서로의 중력에 속박되어 구성된 집단이다. 은하단은 수백 개~수천 개의 은하로 구성되어 은하군보다 규모가 더 큰 집단이다.

㉠. 은하군은 은하의 집단을 구성하는 가장 작은 단위이다.

✕. 은하단은 우주에서 서로의 중력에 묶여 있는 천체들 중 가장 규모가 크다.

✕. 은하군과 은하단이 모여 형성되는 집단은 초은하단이고 은하단은 은하군이 모여 형성되지 않는다.

본문 197~208쪽

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

01 색등급도와 주계열 맞추기

색지수와 절대 등급이 알려진 표준 주계열성의 색등급도와 성단의 색등급도를 비교하면 성단을 구성하는 별들의 절대 등급을 알 수 있고, 이로부터 구한 거리 지수는 성단을 구성하는 별에서 거의 같다.

✕. 거리 지수는 겉보기 등급에서 절대 등급을 뺀 값이다. 따라서 P는 3.5, Q는 15.5이다.

✕. 전항점에 위치한 별의 색지수($B-V$)는 A가 B보다 작으므로 나이는 A가 B보다 적다.

㉠. 거리 지수($m-M$) = $5 \log r - 5$ 이므로, A까지의 거리는 $10^{1.7}$ pc으로 100 pc보다 작고, B까지의 거리는 $10^{4.1}$ pc으로 10000 pc보다 크다. 따라서 A와 B의 거리 차는 1000 pc보다 크다.

02 색초과

'색초과=관측된 색지수-고유 색지수'이다. 성간 적색화가 되면 색지수가 고유의 값보다 크게 관측된다.

㉠. (가)의 성간 소광에 의한 B 등급 변화는 $(B - B_0) = 4$ 이고 V 등급 변화는 $(V - V_0) = 3$ 이다. 이 둘의 차가 색초과로 1이다. 마찬가지로 (나)의 색초과는 2이다. 고유 색지수는 (가)와 (나) 모두 0이므로 (나)의 관측된 색지수는 (가)의 2배이다.

㉡. (가)의 색초과는 1, (나)의 색초과는 2이므로 성간 소광에 의한 V 등급 변화는 색초과의 3배이다.

㉢. B 필터와 V 필터에서의 겉보기 등급과 절대 등급을 각각 m_B, m_V, M_B, M_V 라 하고 B 필터와 V 필터에서의 성간 소광된 양을 각각 A_B, A_V 라 하고 지구에서 (나)까지의 거리를 r 라고 하면, $m_B - 8 - M_B = 5 \log r - 5 = m_V - 6 - M_V$ 가 되므로 B 필터와 V 필터에서 관측한 겉보기 등급의 차($m_B - m_V$)는 절대 등급 차($M_B - M_V$)보다 2만큼 크다.

03 고유 운동

고유 운동은 별이 1년 동안 천구상을 움직인 각거리로, 단위는 "/년이다.

㉠. 시선 속도는 별이 관측자의 시선 방향으로 멀어지거나 가까워지는 속도이므로 B 의 시선 속도 크기가 가장 크다.

㉡. A 와 B 가 1년 동안 천구상을 움직인 각거리는 같으므로 고유 운동은 같다.

㉢. 공간 속도는 접선 속도의 제곱과 시선 속도의 제곱의 합의 제곱근이다. A 와 B 의 접선 속도는 같고 시선 속도는 B 가 A 보다 크므로 공간 속도는 B 가 A 보다 크다.

04 산개 성단

산개 성단에는 나이가 젊고 고온의 파란색 별들이 많으며, 산개 성단은 우리은하에서 1000개 이상 발견된다.

㉠. 산개 성단의 지름은 대략적으로 성단의 나이가 증가할수록 증가한다.

㉡. 산개 성단은 우리은하에서 은하 전체에 퍼져 있는 것이 아니라 주로 은하면에 많이 분포한다.

㉢. 성단의 나이가 6.25억 년보다 적은 성단은 나이가 6.25억 년보다 많은 성단보다 은하면에 많이 분포한다.

05 소광 보정

성간 소광이 일어나면 별이 더 어둡게 관측되어 별의 겉보기 등급이 실제보다 크게 관측되므로 관측한 별의 겉보기 등급에 소광량만큼 보정해 주어야 정확한 거리를 구할 수 있다.

㉠. $m - A - M = 5 \log r - 5$ (A : 성간 소광된 양을 등급으로 나타낸 값)이다. 따라서 (가)의 경우 소광 보정을 하면 실제 겉보기 등급은 8.9이다.

㉡. 연주 시차가 $0.1''$ 이므로 (나)까지의 실제 거리는 10 pc이다. 따라서 성간 소광이 없는 거리 지수는 0이다. 성간 소광된 양이 0.2이므로 $(\text{㉠} - \text{㉡}) = 0.2$ 이다.

㉢. 성간 소광을 고려하면 지구에서 (가)까지의 거리는 $10^{1.98}$ pc, (다)까지의 거리는 $10^{1.6}$ pc이므로 $\frac{\text{지구에서 (가)까지의 거리}}{\text{지구에서 (다)까지의 거리}} = 10^{0.38}$ 이다.

06 우리은하의 모습

허셜은 별의 수를 세어 최초의 우리은하 지도를 작성하였고, 캅테인은 하늘을 206개의 구역으로 나누어 별의 분포를 통계적으로 연구하였다. 새플리는 변광성을 이용하여 구상 성단의 공간 분포를 알아내고 이를 통해 우리은하의 모습을 추정하였다.

㉠. (가)는 새플리, (나)는 허셜, (다)는 캅테인이 추정된 우리은하의 모습이다. 은하 중심에 태양이 있는 것은 허셜이 생각한 우리은하의 모습이다.

㉡. 새플리는 변광성을 이용하여 구상 성단의 위치를 파악하였다.

㉢. 새플리가 생각한 우리은하의 지름은 약 100 kpc로 현재 알려진 우리은하의 지름보다 크다.

07 연주 운동과 고유 운동

연주 시차는 지구 궤도의 양 끝에서 별을 바라보았을 때 생기는 각의 $\frac{1}{2}$ 이다.

㉠. A 가 12개월 동안 고유 운동에 의해 천구상에서 이동한 위치 변화는 $0.5''$ 이다. 6개월일 때 위치가 처음 위치에서 $0.45''$ 이고 그 후 6개월 동안 $0.05''$ 이동했으므로 연주 시차는 $0.1''$ 이고 A 까지의 거리는 10 pc이다.

㉡. 접선 속도는 대략 $4.74 \times \text{별까지의 거리} \times \text{고유 운동}$ 이다. 별까지의 거리는 10 pc이고 고유 운동은 $0.5''$ 이므로 접선 속도는 25 km/s보다 작다.

㉢. A 의 고유 운동과 연주 운동에 의해 나타난 궤적이 직선이므로 고유 운동 방향과 황도가 이루는 각은 0° 이다.

08 세페이드 변광성

세페이드 변광성은 변광 주기가 길수록 절대 등급이 작은 특징을 나타낸다.

㉠. 최소 밝기에서 최대 밝기로 변하는 데 걸린 시간은 3일 정도이고, 최대 밝기에서 최소 밝기로 변하는 데 걸린 시간은 7일 정도이다.

㉡. (가)에서 변광성 밝기가 최소에서 다시 최소 혹은 최대에서 다시 최대가 되는 기간은 약 10일이다.

㉢. 이 변광성의 평균 겉보기 등급은 약 2.0이고, 변광 주기가 약 10일이므로 절대 등급은 대략 -4 이다. 포그슨 공식에 대입하면 $2 - (-4) = 5 \log(\text{변광성까지의 거리}) - 5$ 가 된다. 따라서 지구로부터의 거리는 100 pc보다 멀다.

09 성간 소광

성간 소광이 일어나면 성간 물질에 의해 빛의 흡수와 산란이 생겨 빛의 세기가 원래보다 약해지므로 천체까지의 거리가 실제보다 멀리 있는 것처럼 관측된다.

- ㉠ 성단의 겉보기 크기는 성단까지의 거리가 멀어질수록 작아진다.
- ㉡ 성간 소광에 의해 관측된 밝기로 추정된 거리는 실제보다 멀리 있는 것처럼 보이므로 겉보기 크기의 변화로 추정된 거리보다 더 멀리 있는 것처럼 나타나는 ㉠이 성간 소광이 있는 경우이고 ㉡이 성간 소광이 없는 경우이다.
- ㉢ 상대적으로 가까운 거리에 있는 성단은 성간 소광이 있는 경우와 없는 경우에 거리가 비슷하지만 거리가 멀어질 경우 성간 소광이 있는 경우가 많고 A와 B의 거리 차가 증가한다. 따라서 성간 소광량은 대체로 거리에 따라 증가한다.

10 방출 성운

H II 영역의 전리된 수소가 자유 전자와 재결합하는 과정에서 빛을 방출하여 밝게 보이는 성운이 방출 성운이다.

- ㉠ A는 H II 영역, B는 분자운이다. 방출 성운은 H II 영역의 전리된 수소가 자유 전자와 재결합하는 과정에서 빛을 방출하여 밝게 보이는 성운이다.
- ㉡ B는 분자운으로 수소가 분자 상태로 주로 존재한다.
- ㉢ 분자운에서 별이 만들어지면 별에서 내보내는 빛으로 인해 H II 영역이 생성된다.

11 암흑 물질

암흑 물질은 직접 관측을 통해 확인할 수 없기 때문에 다른 천체의 빛의 경로가 암흑 물질의 중력에 의해 휘어지는 중력 렌즈 현상과 같은 방법으로 존재를 간접적으로 추정할 수 있다.

- ㉠ 은하 간 물질은 대부분 이온화된 수소와 헬륨이다.
- ㉡ 암흑 물질은 중력 렌즈와 같은 방법으로 존재를 알아낼 수 있고 중력 렌즈 효과를 분석하여 암흑 물질의 분포를 알 수 있다.
- ㉢ 은하단을 구성하는 질량의 대부분은 암흑 물질이고 보통 물질보다 더 많다. 중력 렌즈 현상은 질량으로 인해 발생하므로 은하단에 의한 중력 렌즈 현상은 보통 물질보다 암흑 물질에 더 많은 영향을 받는다.

12 케플러 회전과 강제 회전

은하 중심을 강제 회전하는 천체의 경우 일정 시간 동안 회전하는 각도는 은하 중심에서의 거리와 관계없이 일정하다. 은하 중심을 케플러 회전하는 천체의 경우 은하 중심에서 거리가 멀어질수록 회전하는 속도가 느려진다.

- ㉠ A, B, C가 항상 동일한 선상에 있는 (가)가 강제 회전을 하는 것이다.
- ㉡ 강제 회전을 하는 경우 선 속도는 은하 중심에서 멀수록 빠르다. 따라서 (가)의 B에서 관측할 때 A와 C의 접선 속도 방향은

반대이다.

㉢ A에서 볼 때 (가)의 경우는 B와 C의 거리가 항상 일정하므로 시선 속도가 0이다. (나)의 경우는 B와 C의 거리가 달라지므로 시선 속도가 0이 아니다.

13 우리은하의 모습과 중성 수소의 분포

우리은하는 막대 모양의 구조와 나선팔을 가지고 있는 막대 나선 은하이며, 나선팔 구조는 중성 수소 원자에서 방출되는 21 cm 전파를 관측하여 알아내었다.

- ㉠ 우리은하에서 성간 물질은 은하 중심부보다 나선팔에 많이 분포한다.
- ㉡ 우리은하의 중성 수소 분포를 알아내기 위해서는 중성 수소 원자에서 방출하는 21 cm 전파를 측정해야 한다.
- ㉢ 중성 수소 분포를 통해 우리은하의 형태를 추론한다.

14 구상 성단과 산개 성단

산개 성단은 수백~수천 개의 별들로 구성되며, 짙고 파란색 별들이 많다. 구상 성단은 수만~수십만 개의 주로 나이가 많은 주계열성이나 거성으로 이루어져 있다.

- ㉠ (가)는 산개 성단, (나)는 구상 성단이다. 산개 성단은 구상 성단에 비해 상대적으로 성간 기체의 비율이 높아 젊은 별들이 많다.
- ㉡ 구상 성단 전향점의 범위가 좁다는 것은 산개 성단에 비해 전향점에 위치한 별의 표면 온도 범위가 좁다는 것을 의미한다.
- ㉢ 구상 성단은 은하면보다는 헤일로에 많이 분포한다.

15 우리은하의 구조

우리은하는 막대 나선 은하로 중앙 팽대부, 은하 원반, 이를 둘러싸고 있는 헤일로로 구성된다.

- ㉠ (가)는 헤일로, (나)는 중앙 팽대부, (다)는 은하 원반이다.
- ㉡ 은하 원반에는 중앙 팽대부보다 젊은 별이 많아 상대적으로 파란색을 띠는 별이 많다.
- ㉢ 성간 물질은 은하 원반에 많이 분포하고 중앙 팽대부와 헤일로에는 적게 분포한다.

16 암흑 성운과 반사 성운

암흑 성운은 성간 티끌에 의해 뒤에서 오는 별빛이 통과하지 못해 어둡게 보이는 성운이다.

- ㉠ (가)는 암흑 성운, (나)는 반사 성운이다. 암흑 성운은 주로 분자운으로 구성된다.
- ㉡ 반사 성운은 성간 티끌에 의한 산란으로 관측되는 성운으로 주로 파란색으로 관측된다.
- ㉢ 성운을 구성하는 물질은 대부분 수소와 헬륨으로 구성된 성간 기체이다.

17 우리은하의 회전

케플러 회전은 회전 중심에 가까울수록 회전 속도가 빠르다.

㉠. A, B, C 그리고 태양은 케플러 회전을 하며 A, B, C의 은경은 270° 이므로 모두 태양에서 멀어진다. 회전 속도도 A가 가장 느리고 태양과 A, B, C를 잇는 직선상의 속도 성분도 가장 작으므로 적색 편이가 가장 크게 나타난다.

㉡. A와 은하 중심 사이의 거리는 16 kpc, C와 은하 중심 사이의 거리는 $\frac{8\sqrt{10}}{3}$ kpc이다. 케플러 회전을 하는 천체의 회전 속도는

$\frac{1}{\sqrt{\text{은하 중심에서부터의 거리}}}$ 에 비례하므로 $\frac{C\text{의 회전 속도}}{A\text{의 회전 속도}}$ 는 $\sqrt{3}$ 이 아니다.

㉢. A의 접선 속도는 (A의 회전 속도 $\times \sin 60^\circ$), B의 접선 속도는 (B의 회전 속도 $\times \sin 30^\circ$)이다. A의 회전 속도는 태양의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$

배이고, B의 회전 속도는 태양의 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 배이므로 $\frac{A\text{의 접선 속도}}{B\text{의 접선 속도}}$ 는 $\frac{1}{3}$ 이 아니다.

18 성간 소광

성간 소광은 성간 티끌이 많이 분포하는 은하면 방향을 관측할 때 잘 나타난다.

㉠. 은하 적도 부근에서는 성간 소광량이 0.1보다 크지만 은하 극 부근에서는 0.1보다 작다.

㉡. 파장이 짧을수록 성간 소광이 크게 나타나므로 V 필터 대신 B 필터로 관측하면 성간 소광량은 대체로 증가할 것이다.

㉢. 은하 적도(은하면)에는 성간 물질이 많이 존재하므로 은하 중심 방향을 관측하면 지구에서 1 kpc 떨어진 천체보다 2 kpc 떨어진 천체에서 성간 소광량이 크게 나타난다.

19 은하의 회전 속도 곡선

은하의 질량이 은하 중심에 집중되어 있다면 은하 중심으로부터 거리가 멀수록 회전 속도가 감소하는 케플러 회전을 해야 한다.

㉠. (가)에서 은하 중심으로부터 거리가 멀수록 회전 속도가 증가하는 구간이 나타난다.

㉡. 은하의 질량이 대부분 중심부에 집중되어 있다면 (나)와 같은 곡선이 나타나야 하지만 실제로는 (가)와 같은 곡선이 나타나므로 은하 질량 대부분은 중심부에 집중되어 있지 않다.

㉢. 실제로 관측된 은하의 회전 속도 곡선은 빛을 내는 물질로 추정된 은하의 회전 속도 곡선에 비해 은하 중심으로부터의 거리가 일정 거리 이상이 되면 속도가 빠르므로 회전 속도로 추정된 은하의 질량은 은하 내 빛을 내는 천체들의 총질량보다 크다.

20 방출 성운, 반사 성운, 암흑 성운

방출 성운은 H II 영역의 전리된 수소가 자유 전자와 재결합하는 과정에서 빛을 방출하여 붉게 보이는 성운이다.

㉠. B는 성운 뒤쪽에 위치한 별빛을 차단하여 별빛이 우리 눈에 도달하지 못하므로 암흑 성운이다.

㉡. 방출 성운은 주로 붉은색으로, 반사 성운은 주로 파란색으로 관측된다.

㉢. 방출 성운은 암흑 성운에 비해 상대적으로 고온으로, 별은 방출 성운보다 분자운으로 구성된 암흑 성운에서 잘 탄생한다.

21 색지수

색지수는 한 파장대에서 측정한 등급과 다른 파장대에서 측정한 등급의 차이이다.

㉠. (가)의 색지수($U-B$)와 색지수($B-V$)는 모두 0이므로 U, B, V 필터로 관측한 등급이 같다.

㉡. 길보기 등급이 B 필터보다 V 필터에서 큰 주계열성은 색지수($B-V$)가 0보다 작고 색지수($U-B$)는 색지수($B-V$)보다 절댓값이 큰 경우가 나타난다.

㉢. 주계열성의 경우 색지수($B-V$)가 대략 0.2에서 0.4로 증가할 때 색지수($U-B$)는 감소한다.

22 우주 거대 구조

A는 은하 장성, B는 거대 공동이다.

㉠. 은하 장성은 초은하단보다 더 거대한 규모로 은하들이 모여 이룬 구조이다.

㉡. 거대 공동에는 은하들이 거의 없어 보통 물질이 적지만 은하 장성에는 은하들이 많이 존재해 보통 물질이 많이 존재한다.

㉢. 현대 우주론에 따르면 대폭발 이후 미세한 밀도 차이가 점점 커져서 은하를 형성하였고, 이 과정에서 밀도가 평균보다 높은 곳에서는 은하들이 계속 성장하여 은하군, 은하단, 초은하단을 이루었고, 밀도가 낮은 곳은 점점 더 비어 있는 공간으로 남게 되었다.

23 우주의 구조

은하군은 대략 수십 개의 은하들이 모여 형성된다.

㉠. (나)의 은하군은 은하들이 모여 형성되므로 공간 규모는 (가)가 가장 작다.

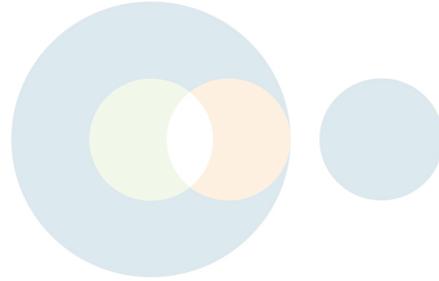
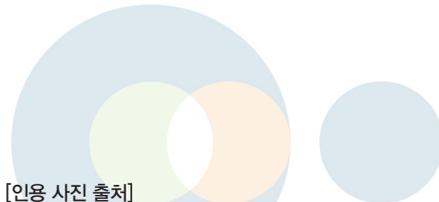
㉡. 은하단은 우주에서 서로의 중력에 묶여 있는 천체들 중 가장 규모가 크다.

㉢. 국부 은하군은 처녀자리 은하단이 아닌 처녀자리 초은하단에 포함된다.

24 국부 은하군

국부 은하군은 우리은하와 안드로메다은하와 같은 나선 은하와 불규칙 은하, 타원 은하, 왜소 타원 은하 등 수십 개의 은하들로 이루어져 있다.

- ㉠. 우리은하로부터 1.5 kpc 이상 거리가 떨어져 있는 은하들은 후퇴 속도가 (+)로 적색 편이가 나타난다.
- ㉡. (가)는 우리은하로부터 멀어지고 있지만 국부 은하군의 은하들은 중력적으로 묶여 있다.
- ㉢. 국부 은하군에 속한 은하들 중 우리은하로 접근하는 은하들이 존재하고 우리은하와 충돌할 가능성이 있다. 대표적으로 안드로메다은하는 우리은하와 미래에 충돌한다.

EBS*i*EBS*i*

[인용 사진 출처]

- 33p_조립질 조직: © Jose Maria Barres Manuel / Alamy Stock Photo
 33p_세립질 조직, 반상 조직: © J.M Derochette
 34p, 41p_쇄설성 조직(역암), 43p_금강석 채취: public
 34p, 41p_쇄설성 조직(사암): © science photo library
 34p, 41p_비쇄설성 조직: © agefotostock / Alamy Stock Photo
 35p_훈펠스 조직: © BTEU/Geototek / Alamy Stock Photo
 35p_입상 변장질 조직: © ALEX STREKEISEN
 35p_엽리: © Malcolm Park / Alamy Stock Photo
 37p_화산암 조직: © Universal Images Group North America LLC / DeAgostini / Alamy Stock Photo
 41p_훈펠스, 57p_망가니즈 단괴: © Phil Degginger/Alamy Stock Photo
 41p_편마암, 50p_흑연: © Sim Sepp/Alamy Stock Photo
 42p_해저 열수 분출: © World History Archive / Alamy Stock Photo
 43p_고령토: © 한국학중앙연구원.김형수
 43p_호상 철광층: © Genevieve Vallee / Alamy Stock Photo
 44p_운모로 만든 절연체: © (주) 스웨코
 46p_시화호 조력 발전소: © 경기관광포털사이트(ggtour.or.kr)
 46p_울돌목 조류 발전소: © 한국해양과학기술원
 47p_해양 생물 자원: © 해양수산부
 50p_리튬: © Bjorn Wylezich / Alamy Stock Photo
 52p_석영맥: © Nicholas Klein / Alamy Stock Photo
 54p_주석: © roberto hunger / Alamy Stock Photo
 57p_가스수화물: © Wusel007/CC BY 3.0
 68p_공룡알 화석: © Jjw/CC BY 3.0
 69p_훈펠스: © geoz / Alamy Stock Photo
 77p_훈펠스: 부산국가지질공원

EBS*i*



수능 집중 ★고2~N수 권장

구분	수능 입문 >		기출/연습 >	연계 보완 >		고난도 >	모의고사
국어	윤혜정의 개념의 나비효과 수능 편 + 워크북		윤혜정의 기출의 나비효과	수능특강 문학 연계 기출	수능특강 사용설명서	하루 3개 1등급 국어독서	FINAL 실전모의고사
영어	윤혜정의 패턴의 나비효과	강의노트 수능개념	수능 기출의 미래	수능연계교재의 VOCA 1800	수능완성 사용설명서	하루 6개 1등급 영어독해	만점마무리 봉투모의고사 시즌1
수학	수능 빌드업	기본서 수능 특강Q 미니모의고사	수능특강Q 미니모의고사	수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200		수능연계완성 3주 특강	만점마무리 봉투모의고사 시즌2 고난도
한국사 사회	수능특강 Light	eBook 전용 수능완성R 모의고사	eBook 전용 수능완성R 모의고사	수능 연계교재 수능특강 수능완성		박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	고난도 논스톱 봉투모의고사
과학	수능 스타트					eBook 전용 수능 등급을 올리는 변별 문항 공략	수능 직전보강 클리어 모의고사
							eBook 전용 버티컬 모의고사 시즌 1~4

구분	시리즈명	특징	난이도	영역
수능 입문	윤혜정의 개념의 나비효과 수능 편 + 워크북	개념부터 제대로 꼼꼼히 공부하는 수능 국어 개념	<input type="checkbox"/>	국어
	윤혜정의 패턴의 나비효과	수능 국어의 패턴 연습으로 부족한 약점 보완	<input type="checkbox"/>	국어
	수능 빌드업	개념부터 문항까지 한 권으로 시작하는 수능 특화 기본서	<input type="checkbox"/>	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 가볍게 시작하는 수능 도전	<input type="checkbox"/>	영어
	수능 스타트	2028학년도 수능 예시 문항 분석과 문항 연습	<input type="checkbox"/>	국/수/영/사/과
기출/연습	수능개념	EBS 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	<input type="checkbox"/>	전 영역
	윤혜정의 기출의 나비효과	윤혜정 선생님과 함께하는 까다로운 국어 기출 완전 정복	<input type="checkbox"/>	국어
	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	<input type="checkbox"/>	전 영역
연계 + 연계 보완	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분 연계교재 우수문항 풀이 미니모의고사	<input type="checkbox"/>	국/수/영/사/과
	수능완성R 모의고사	과년도 수능 연계교재 수능완성 실전편 수록	<input type="checkbox"/>	수학
	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 반영한 종합 개념 학습	<input type="checkbox"/>	전 영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 국어·영어 지문 분석	<input type="checkbox"/>	국/영
	수능특강 문학 연계 기출	수능특강 수록 작품과 연관된 기출문제 학습	<input type="checkbox"/>	국어
	수능완성	유형·테마 학습 후 실전 모의고사로 문항 연습	<input type="checkbox"/>	전 영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어 지문 분석	<input type="checkbox"/>	국어
고난도	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	<input type="checkbox"/>	영어
	수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200	수능 - EBS 연계와 평가원 최다 빈출 어휘 선별 수록	<input type="checkbox"/>	영어
	하루 N개 1등급 국어독서/영어독해	매일 꾸준한 기출문제 학습으로 완성하는 1등급 실력	<input type="checkbox"/>	국/영
	수능연계완성 3주 특강	단기간에 끝내는 수능 1등급 변별 문항 대비	<input type="checkbox"/>	국/수/영
모의고사	박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회·문화 표 분석 문항의 패턴 연습	<input type="checkbox"/>	사회탐구
	수능 등급을 올리는 변별 문항 공략	EBS 선생님이 직접 선별한 고변별 문항 연습	<input type="checkbox"/>	수/영
	FINAL 실전모의고사	EBS 모의고사 중 최다 분량 최다 과목 모의고사	<input type="checkbox"/>	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사 시즌1	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실전 연습 모의고사	<input type="checkbox"/>	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사 시즌2 고난도	변별력 높은 수능까지 대비하는 실전 연습 모의고사	<input type="checkbox"/>	국/수/영
고난도 논스톱 봉투모의고사	어려운 시험에 익숙해지는 논스톱 훈련 모의고사	<input type="checkbox"/>	국·수·영	
수능 직전보강 클리어 봉투모의고사	수능 직전 성적을 끌어올리는 마지막 모의고사	<input type="checkbox"/>	국/수/영	
버티컬 모의고사 시즌1~4	고난도 문항 다수 수록 eBook 전용 모의고사	<input type="checkbox"/>	국/수/영	