



수능특강

과학탐구영역 지구과학Ⅱ

정답과 해설

01 지구의 형성과 역장

수능 **2점** 테스트 본문 15~19쪽

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

01 태양계 형성

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

- ㉠. A 단계에서 밀도가 높은 부분을 중심으로 물질들이 모이면서 회전하였고, 회전 속도가 점점 빨라졌다.
- ✗. B 단계에서는 원시 태양이 형성되므로 중력 수축에 의해 온도와 압력이 높아져 수소 핵융합 반응을 할 수 있는 온도에 도달하게 된다. 태양 정도의 질량을 가진 별은 탄소 핵융합 반응을 할 수 없다.
- ㉡. 성운이 식으면서 수많은 미행성체가 생겨났다. C 단계에서 미행성체들이 서로 충돌하고 뭉치면서 원시 행성을 형성하였다.

02 지구 탄생과 진화

원시 지구는 약 46억 년 전 수많은 미행성체들의 충돌로 형성되었고 이 과정에서 원시 지구의 크기가 커졌다. 지구 진화 과정의 순서는 (나) → (가) → (다)이다.

- ㉠. 마그마 바다 상태에서 중력의 작용으로 철과 니켈 등 밀도가 큰 금속 성분들은 지구 중심부로 가라앉아 핵을 형성하므로 지구 중심부의 밀도는 (가)가 (나)보다 크다.
- ㉡. 지구의 표면 온도는 마그마 바다가 형성되는 시기에 가장 높고, 차츰 표면 온도가 낮아지면서 지각 및 바다가 형성되었다.
- ㉢. 바다가 형성되면서 대기 중 이산화 탄소가 바다에 용해되었으므로 대기 중 이산화 탄소 분압은 점차 낮아졌다.

03 지구 대기 진화

- A는 이산화 탄소, B는 산소이다.
- ✗. A는 시간이 지날수록 지속적으로 감소하고 있으므로 이산화 탄소이다.
- ㉠. 원시 바다가 형성된 이후에 대기 중의 이산화 탄소가 바다에 용해되었고, 이후 탄산염의 형태로 퇴적되어 지권에 고정되었다. 따라서 ㉠ 시기는 이산화 탄소가 지속적으로 감소하는 시기에 해당하므로 ㉠ 시기에는 바다가 존재하였다.
- ✗. ㉡ 시기에는 산소가 충분하지 않아서 아직 오존층이 만들어지

지 않았기 때문에 육상 식물이 출현하지 못하였다.

04 지구 내부 에너지

방사성 원소는 규산염 마그마에 농집되는 성질이 있으므로 핵에는 거의 없으며, 대부분 지각과 맨틀에 존재한다.

- ✗. 각 암석에서 방사성 원소의 함량이 가장 많은 원소는 칼륨이다.
- ㉠. 단위 질량당 방사성 원소의 질량비는 우라늄, 토륨, 칼륨 함량이 모두 많은 화강암이 가장 크다.
- ㉡. 암석 1kg당 방사성 원소의 함량은 현무암이 감람암보다 많으므로, 방출되는 방사성 원소의 붕괴열은 현무암이 감람암보다 많다.

05 지각 열류량

지구 내부 에너지가 지표로 방출되는 열량을 지각 열류량이라고 한다.

- ㉠. 지각 열류량이 적은 ㉠에는 해구가 존재한다.
- ✗. 지각 열류량이 많은 ㉡에는 호상 열도가 존재하므로 화산 활동이 일어난다.
- ✗. 지표로 전달되는 지구 내부 에너지의 양이 지각 열류량이므로 해령이 ㉡보다 많다.

06 지구 내부 연구 방법

지구 내부 연구 방법에는 직접적인 방법(시추, 포획암 분석 등)과 간접적인 방법(지진파 분석, 지각 열류량 측정 등)이 있다.

- ㉢. A. 지진파 분석은 간접적인 방법으로, 지구 내부를 통과하는 지진파를 연구하여 지구 내부 불연속면의 깊이 및 지구 내부를 구성하는 물질의 물리적 성질을 알 수 있다.
- B. 시추는 직접적인 방법으로, 지구 내부 시료를 직접 채취하는 것이다.
- C. 포획암 분석은 직접적인 방법으로, 마그마에 포획되어 올라온 맨틀 포획암을 분석하여 상부 맨틀 물질을 알 수 있다.

07 진앙 및 진원의 결정

세 관측소에서 각각의 진원 거리를 반지름으로 하는 원을 그렸을 때 각 원들의 교점을 연결하면 3개의 현이 교차하는 하나의 점이 나타나는데, 이곳을 진앙이라고 한다.

- ✗. 진원 거리가 짧을수록 PS시가 짧다. 따라서 PS시가 가장 짧은 관측소는 원의 반지름이 가장 작은 C이다.
- ✗. 각 원들의 교점을 연결하여 3개의 현이 교차하는 지진은 진원의 깊이가 존재하는 지진이므로 진원은 지표면에 존재하지 않는다.
- ㉠. 원의 반지름이 작을수록 $\frac{\text{진원 거리}}{\text{진앙 거리}}$ 값은 커진다. 따라서

$\frac{\text{진원 거리}}{\text{진앙 거리}}$ 값이 가장 큰 관측소는 원의 반지름이 가장 작은 C이다.

08 지진파 암영대

진앙으로부터의 각거리가 약 $103^\circ \sim 142^\circ$ 인 지역은 P파 암영대이고, 진앙으로부터의 각거리가 약 $103^\circ \sim 180^\circ$ 인 지역은 S파 암영대이다.

- ✗. 영역 A는 P파 암영대로 P파와 S파가 모두 도달하지 못한다.
- ✗. 영역 A와 B의 경계 부근의 진앙 각거리는 약 142° 이다.
- ⊙. 영역 B는 P파는 도달하고 S파는 도달하지 못하는 곳이므로, 영역 B에 도달하는 지진파는 외핵을 통과한 P파이다.

09 진원 거리

P파의 속도를 V_P , S파의 속도를 V_S , PS시를 t 라고 할 때, 관측소에서 진원까지의 거리(d)는 $d = \frac{V_P \times V_S}{V_P - V_S} \times t$ 이다.

✗. 진앙 거리는 진원 거리가 멀수록 멀다. 또한 진원 거리는 PS시가 길수록 멀어진다. 따라서 진앙 거리는 PS시가 긴 B에서 A에서보다 멀다.

⊙. $d = \frac{V_P \times V_S}{V_P - V_S} \times t$ 에 $V_P = 6 \text{ km/s}$, $t = 6 \text{ 초}$, $d = 36 \text{ km}$ 를 대입하여 S파의 속도를 구하면 V_S 는 3 km/s 이다.

⊙. P파와 S파의 속도가 각각 일정하기 때문에 진원 거리는 PS시에 비례한다. PS시는 C가 B의 1.2배이므로 진원 거리도 C가 B보다 1.2배 멀다. 따라서 $\frac{d_C}{d_B} = 1.2$ 이다.

10 지구 내부에서 지진파의 속도

지구 내부를 통과하는 지진파가 굴절되거나 반사되는 성질을 이용하여 지구 내부가 지각, 맨틀, 외핵, 내핵의 층상 구조를 이루고 있음을 알아내었다.

- ⊙. A는 외핵 구간을 통과하지 못하므로 S파의 속도 분포이다.
- ⊙. 지진파의 속도 분포가 급격히 바뀌는 구간은 맨틀과 외핵 경계이다. 맨틀은 고체, 외핵은 액체로 물질의 상태가 바뀌면서 지진파 속도가 급격히 바뀌었다.
- ✗. B는 P파의 속도 분포이다. P파의 최대 속도는 맨틀 구간에서 나타난다.

11 지진 기록

P파 최초 도착 시간에 대한 진원 거리 그래프에서 기울기는 P파 속도이다.

- ⊙. 진원 거리 = P파 도달 시간 \times P파 속도로 구할 수 있다. 관측소 A에서의 진원 거리는 12 km 이다. $12 \text{ km} = \text{P파가 도달하는 데 걸린 시간} \times 6 \text{ km/s}$ 이므로, P파가 관측소 A에 도달하는 데 걸린 시간은 2 초 이다. 따라서 지진 발생 시각은 $10^h 01^m 00^s$ 이다.
- ⊙. 진원 거리 = P파 도달 시간 \times P파 속도이고, 지진 발생 시각은 $10^h 01^m 00^s$ 이므로 관측소 B에 P파가 도달하는 데 걸린 시간은 10 초 이다. 따라서 ⊙은 $10 \text{ 초} \times 6 \text{ km/s} = 60 \text{ km}$ 이다.

- ✗. 관측소 A에 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 $\frac{12 \text{ km}}{V_S}$, 관측소 A에 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 $\frac{60 \text{ km}}{V_S}$ 이다. $V_P (6 \text{ km/s}) > V_S$ 이므로, 두 관측소에 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간 차 $(\frac{48 \text{ km}}{V_S})$ 는 8 초 보다 길다.

12 에어리의 지각 평형설

밀도가 서로 같은 지각이 맨틀 위에 떠 있으며, 지각의 해발 고도가 높을수록 해수면을 기준으로 한 모호면의 깊이가 깊다.

- ⊙. 지각의 밀도가 같으므로 에어리의 지각 평형설에 해당한다.
- ✗. 지각이 맨틀 위에 떠 있으므로 밀도는 $\rho_1 < \rho_2$ 이다.
- ✗. 압력을 P , 밀도를 ρ , 중력 가속도를 g , 두께를 h 라고 할 때 $P = \rho gh$ 이다. 따라서 압력은 지각의 두께가 두꺼운 A가 B보다 크다.

13 지각 평형 원리 실험

에어리의 지각 평형설에 따르면 밀도가 서로 같은 지각이 맨틀 위에 떠 있으며, 지각의 해발 고도가 높을수록 해수면을 기준으로 한 모호면의 깊이가 깊다.

⊙. 이 실험은 밀도가 같은 직육면체 나무토막을 사용하여 실험하였으므로 에어리설로 설명이 가능하다.

⊙. 나무토막의 밀도 = $\frac{\text{수면 아래에 잠긴 나무토막의 깊이}}{\text{나무토막의 높이}} \times \text{물의}$

밀도이다. 따라서 $\frac{\text{㉠}}{h_A} = \frac{\text{㉡}}{h_B}$ 이다.

⊙. 나무토막 B를 A 위에 올려도 역시 밀도는 같으므로 다음 식이 성립한다. $\frac{\text{㉠}}{h_A} = \frac{\text{㉡}}{h_B} = \frac{x(\text{수면 아래에 잠긴 깊이})}{h_A + h_B} = k$ 로부터

$$h_A = \frac{\text{㉠}}{k}, h_B = \frac{\text{㉡}}{k} \text{이므로 } \frac{x(\text{수면 아래에 잠긴 깊이})}{\frac{\text{㉠}}{k} + \frac{\text{㉡}}{k}} = \frac{x}{\frac{\text{㉠} + \text{㉡}}{k}} = k, x = \text{㉠} + \text{㉡} \text{이다.}$$

14 지각 평형설

지각 평형설은 밀도가 작은 지각이 밀도가 큰 맨틀 위에 떠서 평형을 이룬다는 이론이다.

Ⓐ. 나무토막 A와 B는 수면 아래 잠긴 깊이와 수면 위에 떠 있는 높이가 같으므로 밀도는 물의 밀도의 절반이다. 따라서 나무토막 A와 B의 밀도는 0.5 g/cm^3 로 같다.

Ⓑ. 나무토막 C는 수면 아래에 잠긴 깊이가 $\frac{h}{2}$ 보다 얕으므로 밀도는 0.5 g/cm^3 보다 작다.

Ⓒ. 물이 아니라 물보다 밀도가 더 큰 액체로 실험하면 나무토막

과의 밀도 차가 더 크므로 수면 아래로 잠긴 깊이는 얕아진다. 따라서 수면 위로 드러난 높이는 높아진다.

15 지구의 중력장

지구상의 물체에 작용하는 만유인력과 지구 자전에 의한 원심력의 합력을 중력이라 하고, 중력이 작용하는 지구 주위의 공간을 중력장이라고 한다.

- ㉠. A는 만유인력, B는 표준 중력, C는 원심력이다.
- ㉡. 적도와 극에서 만유인력과 표준 중력은 지구 중심 방향으로 작용한다.
- ㉢. 원심력은 자전축으로부터의 최단 거리가 가까울수록 작아진다. 따라서 극에서 0, 적도에서 최대이다.

16 중력 이상

중력은 측정 지점의 해발 고도, 지형의 기복, 지하 물질의 밀도 등에 따라 달라지는데, 관측된 실측 중력에서 이론적으로 구한 표준 중력을 뺀 값을 중력 이상이라고 한다.

- ㉣. 표준 중력은 지구 타원체 내부의 밀도가 균일하다고 가정할 때 위도에 따라 달라지는 이론적인 중력값이다. 따라서 A와 B의 위도가 같으므로 표준 중력은 A와 B에서 같다.
- ㉤. A와 B는 위도가 같으므로 표준 중력이 같지만, A는 실측 중력이 표준 중력보다 크므로 중력 이상이 (+)이고 B는 실측 중력이 표준 중력보다 작으므로 중력 이상이 (-)이다. 따라서 실측 중력은 A에서 B에서보다 크다.
- ㉥. 동일한 위도에 위치할 때 지하 물질의 평균 밀도가 큰 지점일 수록 중력 이상이 크다. 따라서 B보다 A에서 중력 이상이 크므로 지하 물질의 평균 밀도는 B보다 A에서 더 크다.

17 중력 이상

중력 이상을 이용하여 지하 물질의 밀도 분포를 알아낼 수 있다. 지하에 철광석과 같은 밀도가 큰 물질이 매장되어 있으면 밀도 차이에 의한 중력 이상은 (+), 석유나 암염과 같은 밀도가 작은 물질이 매장되어 있으면 (-)로 나타난다.

- ㉦. ㉠에서는 중력 이상이 (+)이므로 표준 중력보다 실측 중력이 크다.
- ㉧. ㉠과 ㉡의 위도가 같으므로 표준 중력값은 같지만 중력 이상은 ㉠이 더 크다. 단진자의 주기(T)는 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ (l : 단진자의 길이, g : 중력 가속도)이므로, 동일한 단진자로 측정한 주기는 ㉠보다 ㉡에서 길다.
- ㉨. ㉠과 ㉡에서 중력 이상값에 가장 큰 영향을 주는 암석은 각각 지표로부터 거리가 가까운 A와 B이다. 중력 이상값은 ㉠이 ㉡보다 크므로 암석 밀도는 A가 B보다 크다.

18 편각 분포

편각은 어느 지점에서 진북 방향과 지구 자기장의 수평 성분 방향이 이루는 각이다.

- ㉩. 자침이 진북에 대해 서쪽으로 치우치면 W 또는 (-)로 표시한다. A 지점은 편각이 -10° 이므로 지구 자기장의 수평 성분 방향은 진북에 대해 서쪽을 향한다.
- ㉪. A 지점의 편각은 -10° , B 지점의 편각은 $+10^\circ$ 이므로 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향과 진북 방향이 이루는 각의 크기는 같다.
- ㉫. 자침이 진북에 대해 동쪽으로 치우치면 E 또는 (+)로 표시한다. B 지점의 편각이 $+10^\circ$ 이고, 동일 경도상으로 이동하면서 동편각의 크기가 커진다. 따라서 B 지점에서부터 동일 경도상으로 70°S 까지 이동하면 나침반의 자침은 진북에 대해 시계 방향으로 움직인다.

19 복각 분포

복각은 지구 자기장의 방향이 수평면에 대하여 기울어진 각이다.

- ㉬. 복각은 자기 적도에 가까울수록 작아진다. B는 A보다 자기 적도에 더 가까우므로 복각은 B보다 A에서 크다.
- ㉭. (나)는 복각이 0° 이므로 자기 적도에서의 자기력선을 나타낸 것이다. A는 자기 적도에 위치하지 않는다.
- ㉮. (가)의 복각 분포는 정자극기일 때이므로 자기력선은 남에서 북으로 향하는 방향이다. 따라서 a는 남이다.

20 자기권과 밴앨런대

자기권은 지구 자기장의 영향이 미치는 기권 밖의 영역이다. 특히 태양에서 오는 대전 입자가 지구 자기장에 붙잡혀 밀집되어 있는 도넛 모양의 방사선대를 밴앨런대라고 한다.

- ㉯. 밴앨런대 중 지구로부터 가까이 있는 곳은 내대, 멀리 있는 곳은 외대라고 한다. 따라서 A는 외대, B는 내대이다.
- ㉺. 내대는 주로 양성자로 구성되어 있고, 외대는 주로 전자로 구성되어 있다.
- ㉻. 태양 방향 쪽에 위치한 지구 자기력선은 태양풍에 의해 폐곡선이 조밀하게 형성되고, 태양 반대쪽에 위치한 지구 자기력선은 태양풍에 의해 길게 늘어뜨려진 폐곡선을 형성한다.

수능 3점 테스트

본문 20~29쪽

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

01 지구의 탄생과 진화

미행성체가 충돌할 때 발생한 열과 지구 내부 방사성 원소의 붕괴로 발생한 열에 의하여 원시 지구에는 지표와 지구 내부의 상당 부분이 녹아 있는 액체 상태의 마그마 바다가 형성되었다.

✕. A와 B 사이에 지구의 크기가 커졌으므로 미행성체들의 충돌이 있었다.

✕. 최초로 광합성을 하는 남세균이 등장한 시기는 약 35억 년 전 이후이다. B 시기는 지구가 현재 크기로 성장하는 과정이므로 아주 초기 시기이다.

Ⓒ. ①은 마그마 바다, ②은 맨틀이므로 평균 온도는 ①이 ②보다 높다.

02 원시 행성의 형성

원시 태양 부근에서는 온도가 매우 높아 응결 온도가 높은 물질들이 응축하고, 원시 태양에서 먼 영역에서는 온도가 낮아 응결 온도가 높은 물질과 낮은 물질이 모두 응축한다.

✕. A는 철-니켈 합금, B는 규산염 화합물, C는 얼음 상태의 입자들이 한데 엉기어 뭉칠 수 있는 영역이다.

✕. 화성은 규소, 철, 니켈 등으로 이루어진 지구형 행성이다. 반면, 목성은 얼음 상태의 입자, 수소, 헬륨 등으로 이루어진 목성형 행성이다.

Ⓒ. 태양의 표면 온도가 높을수록 C가 응결할 수 있는 최단 거리는 증가한다. 따라서 태양의 표면 온도가 현재보다 높다면 태양계에서 C의 영역이 시작되는 지점은 현재보다 태양으로부터 더 멀어진다.

03 원시 대기 진화

광합성을 하는 남세균이 등장하여 바다에 산소를 공급하기 시작했고, 이후 대기에도 산소가 축적되기 시작하였다.

Ⓒ. (가)는 현재 지구 대기를 구성하는 주요 기체의 분압을 나타낸 것이다. A는 질소, B는 산소, C는 이산화 탄소이다.

✕. (가)와 (나) 시기 모두 대기 중에 산소가 존재하였으므로, (나) 시기 이전에 최초로 광합성을 하는 생물이 탄생하였다.

Ⓒ. (가)와 (나) 시기에 질소(A)와 산소(B)의 기체 분압은 거의 비슷하지만, 이산화 탄소(C)는 바다에 지속적으로 용해되어 (나) 시기에 비해 (가) 시기에 기체 분압이 약 $\frac{1}{100}$ 배로 감소하였다.

04 지각 열류량

해령과 호상 열도 부근에서는 지각 열류량이 많고, 해구와 순상지 부근에서는 지각 열류량이 적다.

Ⓒ. A에서 B 쪽으로 판이 섭입되므로 A보다 B에서 화산 활동이 활발하게 일어난다. 따라서 지각 열류량은 B가 A보다 많다.

✕. 화산 분포가 북서-남동 방향으로 나열되었으므로 A와 B 사이의 판의 경계는 북서-남동 방향으로 발달하였다.

Ⓒ. A에 비해 B의 지각 열류량이 많고, A와 B 사이에 화산 활동이 활발하다. 또한 A와 B 사이에 판의 경계가 존재한다고 하였으므로, 수렴형 경계 중 섭입형 경계가 발달하였다. 따라서 A와 B 사이에는 해구가 존재한다.

05 지구 내부 에너지

지구 내부 에너지는 지구 내부에 저장되어 있는 열에너지로, 판의 운동, 화산 활동, 지진 등을 일으키는 근원 에너지이다.

✕. 평균 지각 열류량은 화산 활동이 활발한 해령이 대륙 중앙부보다 많다.

Ⓒ. 암석 1kg에서 방출되는 방사성 원소의 붕괴열은 방사성 원소의 함량이 많은 화강암이 감람암보다 많다.

Ⓒ. 해령은 주로 현무암으로 구성되어 있으므로 방사성 원소 붕괴열로 지각 열류량을 설명할 수 없다. 해령에서는 주로 맨틀 대류에 의한 지구 내부로부터의 직접적인 열 전달이 지각 열류량에 큰 영향을 미친다.

06 지구 내부 에너지

지구 내부 에너지는 지구 내부에 저장되어 있는 열에너지로, 판의 운동, 화산 활동, 지진 등을 일으키는 근원 에너지이다.

Ⓒ. 중앙 해령에서는 평균적으로 주변보다 지각 열류량이 많고, 중력 이상은 (-)로 나타난다. 따라서 a는 중력 이상, b는 지각 열류량이다.

✕. 해령에서 멀어질수록 지각 열류량은 대체로 적어진다.

Ⓒ. 해령에서 중력 이상이 작게 나타나는 원인은 해령 아래 존재하는 물질의 밀도가 주변보다 작기 때문이다. 따라서 ①은 ②보다 평균 밀도가 작다.

07 지구 내부 물리량

지구 내부 밀도는 불연속면에서 급격히 증가하는 계단 모양의 분포를 이루고, 지구 내부 압력은 중심으로 갈수록 증가한다.

Ⓒ. P파의 속도 변화는 고체 상태에서 액체 상태로 바뀌는 맨틀과 외핵의 경계에서 가장 크다.

Ⓒ. A는 외핵 구간에서 평균 증가율이 가장 큰 물리량으로 압력이고, B는 밀도, C는 지각과 맨틀 구간에서 평균 증가율이 가장 큰 물리량으로 온도이다.

✕. 깊이에 따른 온도 증가율은 외핵 구간에서 가장 크다.

08 PS시와 진원 거리

세 관측소에서 진원 거리를 반지름으로 하는 원을 그렸을 때 한 점에서 만나는 경우, 지진의 진원은 지표에 존재한다.

㉠. 관측소 A에 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 30초, PS시는 15초이므로 P파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 15초이다. P파 속도가 6 km/s이므로 진원 거리(R_A)는 90 km이고, S파 속도는 3 km/s이다. 관측소 B에 S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 20초이므로 진원 거리(R_B)는 60 km이다. 따라서 P파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간은 10초이므로 PS시는 10초이다.

㉡. 두 원이 교차하는 지점이 진원이고, 이 진원은 지표에 존재한다.

㉢. 관측소 A는 관측소 C로부터 90 km 떨어진 곳에 위치하고, 관측소 A의 진원 거리는 90 km이다. 따라서 관측소 C의 위치는 관측소 A에서 진원 거리를 이용하여 지표면에 그린 원 위에 존재한다.

09 지진 기록과 암영대

지진계에는 P파, S파, 표면파의 모습이 차례대로 기록되며, 지진 기록에서 P파가 도달한 후 S파가 도달할 때까지의 시간 차를 PS시라고 한다. PS시는 진원으로부터의 거리가 멀수록 길게 나타난다.

㉡. 관측소 A는 P파는 도달하고 S파가 도달하지 않으므로 진앙과의 각거리는 약 $142^\circ \sim 180^\circ$ 이고, 관측소 B는 P파, S파 모두 도달하지 않으므로 진앙과의 각거리는 약 $103^\circ \sim 142^\circ$ 이다.

㉢. $\frac{\text{진앙 거리}}{\text{진원 거리}}$ 는 진앙과의 각거리가 작을수록 작아진다. 따라서

진앙과의 각거리가 작은 관측소 C가 A보다 $\frac{\text{진앙 거리}}{\text{진원 거리}}$ 가 작다.

㉣. 진앙과의 각거리는 관측소에 최초로 도달한 P파의 도착 시간이 가장 짧은 관측소 C가 가장 작다.

10 주시 곡선

지진 기록을 해석하여 PS시를 구한 후 주시 곡선에서 PS시에 해당하는 가로축의 거리 값을 읽으면 진앙까지의 거리를 알아낼 수 있다.

㉠. S파가 최초로 도달하는 데 걸린 시간이 가장 짧은 관측소 A의 PS시가 가장 짧다.

㉢. 관측소 B의 진앙 거리는 약 1600 km, 관측소 C의 진앙 거리는 약 4000 km이므로 $\frac{\text{관측소 C의 진앙 거리}}{\text{관측소 B의 진앙 거리}} > 2$ 이다.

㉣. 세 관측소 모두 P파와 S파 모두 도달하므로 진앙과의 각거리는 103° 보다 작다.

11 지각 평형설

퇴적물 유입과 빙하의 생성 등으로 지각 위에 물질이 쌓이면 모호면은 침강한다.

㉠. 새로운 퇴적물이 쌓이면 압력이 증가하므로 지각이 침강한다.
㉡. (나)의 새로운 퇴적물이 모두 침식되면 압력이 감소하므로 모호면은 알아진다.

㉢. (가)와 (나)는 지표면으로부터 등압력면까지의 깊이가 같으므로 $2+3+30+90+h_2=h_1+3+30+90$, $2+h_2=h_1$ 이다. 또한 (가)와 (나)의 등압력면에 동일한 압력이 작용하므로 $(1.0 \times 2) + (2.0 \times 3) + (2.7 \times 30) + (3.1 \times 90) + (3.2 \times h_2) = (1.8 \times h_1) + (2.0 \times 3) + (2.7 \times 30) + (3.1 \times 90)$ 이다. 두 식을 연립하면 $h_1 = \frac{22}{7}$, $h_2 = \frac{8}{7}$, $\frac{h_1}{h_2} = \frac{11}{4}$ 이다.

12 지각 평형의 원리

동일한 나무토막을 밀도가 서로 다른 액체에 띄우면 수면 아래로 잠기는 나무토막의 깊이는 달라진다.

㉠. 밀면적과 높이가 같고 밀도가 ρ 인 직육면체 모양의 나무토막이 서로 다른 밀도를 가진 액체에 떠서 평형을 이루고 있을 때, 지점 A에서의 압력을 P_A , 지점 B에서의 압력을 P_B 라고 하면 $P_A = 4\rho g$, $P_B = 4\rho g$ 이므로, 지점 A와 지점 B에서의 압력은 같다.

㉢. (가)에서 나무토막이 액체에 떠서 평형을 이루고 있으므로 $\rho_A \times 3 \text{ cm} = \text{나무토막의 밀도} \times 4 \text{ cm}$ 이고, 나무토막의 밀도 : $\rho_A = 3 : 4$ 이다.

㉣. (가)에서 $\rho_A = \text{나무토막의 밀도} \times \frac{4}{3}$ 이다. (나)에서 나무토막이 액체에 떠서 평형을 이루고 있으므로 $\rho_B \times 2 \text{ cm} = \text{나무토막의 밀도} \times 4 \text{ cm}$ 이고, 나무토막의 밀도 : $\rho_B = 1 : 2$ 이므로, $\rho_A : \rho_B = 2 : 3$ 이다.

13 프래트의 지각 평형설

밀도가 서로 다른 지각이 맨틀 위에 떠 있고, 밀도가 작은 지각일수록 지각의 해발 고도는 높지만 밀도에 관계없이 해수면을 기준으로 한 모호면의 깊이가 같다고 설명하는 것은 프래트의 지각 평형설이다.

㉡. 나무토막의 밀도 =

$\frac{\text{수면 아래 나무토막의 깊이}}{\text{나무토막의 전체 높이}} \times \text{물의 밀도}(1 \text{ g/cm}^3)$ 이다. 따라서

나무토막 A의 밀도를 ρ_A , 나무토막 B의 밀도를 ρ_B 라고 하면 $\rho_A = 0.75 \text{ g/cm}^3$ 이고 $\rho_B = 0.6 \text{ g/cm}^3$ 이므로, 나무토막의 밀도는 A가 B보다 크다.

㉢. 실험 과정 I에서 밀도가 서로 다른 두 나무토막이 수면 아래에 잠긴 깊이가 같으므로 프래트설로 설명이 가능하다.

㉣. 실험 과정 II에서 수면 아래 나무토막의 깊이(x)는

$x = \frac{(\rho_A \times 4 \text{ cm}) + (\rho_B \times 5 \text{ cm})}{1 \text{ g/cm}^3}$ 이다. 여기서 $\rho_A = 0.75 \text{ g/cm}^3$

이고, $\rho_B = 0.6 \text{ g/cm}^3$ 이므로 x 는 6 cm이다. 따라서 수면 아래 나무토막의 깊이는 5 cm보다 깊다.

14 지각 평형설

스칸디나비아 반도는 빙하가 녹으면서 해수면 기준으로 지면이 계속 상승하고 있다.

✕. A 지점의 해수면 기준 지면 상승률은 2 mm/년, B 지점의 해수면 기준 지면 상승률은 8 mm/년이므로 해발 고도 상승률은 B 지점이 A 지점보다 크다.

○. A 지점과 C 지점은 중력 이상이 같으므로, 실측 중력(중력 이상 = 실측 중력 - 표준 중력)은 C 지점보다 위도가 높은 A 지점이 크다.

○. B 지점과 C 지점 모두 해수면 기준 지면 상승률이 (+)이므로 지각이 융기하고 있다. 따라서 B 지점과 C 지점 모두 모호면 깊이는 알아지고 있다.

15 중력 이상

중력은 측정 지점의 해발 고도, 지형의 기복, 지하 물질의 밀도 등에 따라 달라지는데, 관측된 실측 중력에서 이론적으로 구한 표준 중력을 뺀 값을 중력 이상이라고 한다.

✕. 동일한 단진자 길이에 대하여 단진자 주기가 더 긴 a가 b보다 실측 중력이 작다. A와 B의 위도가 같으므로 중력 이상은 A보다 B가 크다.

○. 실측 중력은 B가 A보다 크므로, 암석의 밀도는 ㉠이 ㉡보다 작다.

✕. 지표면에서 상공으로 갈수록 실측 중력이 작아진다. 따라서 A와 C에서 단진자의 길이가 같다면 단진자의 주기는 C가 A보다 길다.

16 중력 이상

표준 중력은 지구 타원체 내부의 밀도가 균일하다고 가정할 때 위도에 따라 달라지는 이론적인 중력값이다.

○. A의 중력 이상은 -15 mGal, B의 중력 이상은 +40 mGal, C의 중력 이상은 -15 mGal이다. 따라서 중력 이상은 A가 B보다 작다.

✕. 표준 중력의 크기는 위도에 따라 달라지므로 A와 C의 표준 중력의 크기는 다르다.

○. '실측 중력 = 표준 중력 + 중력 이상'이므로 A, B, C 중 표준 중력이 가장 작고 중력 이상이 작은 C에서 실측 중력의 크기가 가장 작다.

17 중력장과 자기장

지하에 밀도가 큰 물질이 매장되어 있으면 밀도 차이에 의한 중력 이상은 (+), 밀도가 작은 물질이 매장되어 있으면 밀도 차이에 의한 중력 이상은 (-)로 나타난다.

✕. 지구 자기장 방향이 지표면으로 들어가므로 (가)와 (나)는 자기 적도의 북쪽에서 측정한 것이다.

○. 지표면 아래 A가 존재하는 (가)에서는 중력 이상이 (+)로, 지표면 아래 B가 존재하는 (나)에서는 중력 이상이 (-)로 나타난다. 따라서 A는 B보다 밀도가 크다.

✕. 두 지역 모두 지표면에 대해 지구 자기장 방향이 비스듬하게 기울어져 있으므로 자기 적도와 자북극 사이에 존재한다. 표준 중력 방향이 지구 중심 방향인 곳은 적도와 극이므로, 위도가 동일한 A와 B 모두 표준 중력 방향은 지구 중심 방향이 아니다.

18 자기장 영년 변화

지구 내부의 변화 때문에 지구 자기장의 방향과 세기가 긴 기간에 걸쳐 서서히 변하는 현상을 영년 변화라고 한다.

○. 지구 내부의 변화 때문에 지구 자기장의 편각과 복각이 긴 기간에 걸쳐 변하는 현상을 영년 변화라고 한다.

✕. 1800년에서 1900년 사이에 복각이 감소하므로 자북극에서 멀어졌다. 자북극에서 멀어질수록 연직 자기력은 감소한다. 전 자기력

✕. 1600년에서 1800년 사이에 동편각에서 서편각으로 점차 바뀌므로 나침반의 자침은 진북을 기준으로 시계 반대 방향으로 변하였다.

19 자기장 영년 변화

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

○. 현재 우리나라 복각 범위에 적절한 그래프는 ㉠이다. 복각은 지구 자기장의 방향이 수평면에 대하여 기울어진 각이다.

○. 지난 3000년 동안 편각의 부호가 바뀌는 시기는 약 2천 3백 년 전, 약 1천 7백 년 전, 약 800년 전, 약 400년 전이므로 4회이다.

✕. 이 기간 동안 복각은 (+)이므로 지자기 역전은 일어나지 않았다.

20 지구 자기장

어느 지점에서 지구 자기장의 세기를 전 자기력이라 하며, 지구 자기장의 수평 성분의 세기를 수평 자기력, 연직 성분의 세기를 연직 자기력이라고 한다. 수평 자기력은 자극에서 0이고, 자기 적도에서 최대이다.

○. (가)와 (나)는 역자극기 동안의 지구 자기장 방향을 화살표로 나타낸 것이므로, 지구 자기장 방향이 지표면으로 들어가는 (가)는 남반구, (나)는 북반구이다.

✕. 현재 지리상 북극으로부터의 최단 거리는 북반구에 위치하는 (나)가 남반구에 위치하는 (가)보다 가깝다.

✕. 수평 자기력은 복각의 크기가 클수록 작아지므로, 복각의 크기가 큰 (나)가 (가)보다 작다.

02 광물

수능 **2점** 테스트 본문 36~37쪽

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

01 광물의 물리적 성질

광물에 충격을 가했을 때 결합력이 약한 부분을 따라 규칙성을 가지고 평탄하게 갈라지면 쪼개짐, 불규칙하게 부서지면 깨짐이라고 한다.

- ㉠. 3방향 쪼개짐이 발달하는 광물 B는 방해석이다. 방해석은 비규산염 광물이다.
- ㉡. 모스 굳기가 6인 광물 A는 정장석이므로, 광물 C는 석영이다. 석영은 깨짐이 발달한다.
- ㉢. 모스 굳기는 B(방해석)가 3, C(석영)가 7이므로, B가 C보다 작다.

02 광물의 특징

방해석과 같은 탄산염 광물에 묽은 염산을 떨어뜨리면 이산화 탄소 기포가 발생한다.

- ㉣ A. 방해석과 자철석은 비규산염 광물이므로, A는 흑운모이다.
- B. 비규산염 광물이고 묽은 염산을 떨어뜨리면 이산화 탄소가 발생하지 않는 광물이므로 B는 자철석이다.
- C. 비규산염 광물이고 묽은 염산을 떨어뜨리면 이산화 탄소 기포가 발생하므로 C는 방해석이다.

03 규산염 광물

1개의 규소와 4개의 산소가 결합된 SiO₄ 사면체를 기본 단위로 하는 광물을 규산염 광물이라고 한다.

- ㉤. A는 망상 구조, B는 복사슬 구조, C는 단사슬 구조이다. 따라서 A는 석영, B는 각섬석, C는 휘석이다.
- ㉥. $\frac{O \text{ 원자 수}}{Si \text{ 원자 수}}$ 는 B(각섬석)가 $\frac{11}{4}$, C(휘석)가 3이므로, B가 C보다 작다.
- ㉦. B(각섬석)와 C(휘석)는 두 방향의 쪼개짐이 발달한다.

04 편광 현미경

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

- ㉧. (가)는 상부 편광판을 뺀 상태이므로 개방 니콜이다.
- ㉨. 개방 니콜에서 광학적 이방체 광물의 다색성을 관찰할 수 있다.

㉩. 직교 니콜에서 광학적 이방체 광물은 간섭색과 소광 현상이 일어나고, 광학적 등방체 광물은 완전 소광 현상이 일어난다.

05 편광 현미경을 이용한 광물 관찰

석류석, 금강석, 압염 등은 광물 내에서 방향에 관계없이 빛의 통과 속도가 일정한 광물로 광학적 등방체이다.

- ㉪. 석류석은 광학적 등방체이므로, 직교 니콜에서 관찰하면 석류석이 검게 보인다. 따라서 (가)는 개방 니콜, (나)는 직교 니콜에서 관찰한 것이다.
- ㉫. 얇게 가공하여 빛을 투과시킬 수 있는 광물은 투명 광물, 빛을 투과시킬 수 없는 광물은 불투명 광물이다. 석류석은 개방 니콜에서 관찰 가능하므로 투명 광물이다.
- ㉬. 간섭색은 직교 니콜에서 광학적 이방체 광물의 박편을 재물대 위에 놓았을 때 관찰되는 색으로, 광학적 등방체인 석류석은 간섭색이 관찰되지 않는다.

06 화성암

심성암에서는 입자의 크기가 크고 비교적 고른 조립질 조직을 관찰할 수 있고, 화산암에서는 대부분 결정이 없는 유리질 조직이나 결정이 작은 세립질 조직을 관찰할 수 있다.

- ㉭. (가)와 (나) 모두 간섭색을 관찰할 수 있으므로, 직교 니콜에서 관찰한 것이다.
- ㉮. 동일한 비율의 편광 현미경으로 관찰하였으므로, 입자의 크기가 큰 (나)가 (가)보다 깊은 곳에서 생성되었다.
- ㉯. (가)는 현무암, (나)는 화강암의 박편이다. (나)는 석영, 장석 등이 주요 구성 광물이지만, (가)는 사장석, 휘석 등이 주요 구성 광물이다.

07 편광 현미경을 이용한 암석 관찰

(가)는 주요 입자의 크기가 $\frac{1}{16} \sim 2 \text{ mm}$ 이므로 사암이고, (나)는 엽리가 발달한 편암이다.

- ㉺. (가)는 직교 니콜에서 관찰한 사암이므로 간섭색을 관찰할 수 있다. 간섭색을 관찰할 수 있는 A에 입사한 빛은 진동 방향이 서로 다른 두 개의 광선으로 갈라진다.
- ㉻. (가)는 사암으로 석영의 간섭색을 관찰할 수 있으므로, 직교 니콜에서 관찰한 것이다.
- ㉼. 변성암(편암)은 퇴적암(사암)보다 높은 압력에서 생성되었다. 따라서 (가)는 (나)보다 낮은 압력에서 생성되었다.

08 편광 현미경을 이용한 암석 관찰

접촉 변성암에는 치밀하고 단단한 혼펠스 조직이나 입자의 크기가 비슷하고 조립질로 구성된 입상 변정질 조직이 나타난다.

- ㉽. 유리질 조직이나 세립질 조직 바탕에 결정의 크기가 큰 반정

이 섞여 있는 조직을 반상 조직이라고 한다. A는 결정의 크기가 큰 반정이다.

✕. 쇠철성 조직을 관찰할 수 있는 퇴적암은 쇠철성 퇴적암으로 분류할 수 있다.

㉠. 입상 변정질 조직, 혼펠스 조직 등이 발달한 변성암은 접촉 변성 작용을, 엽리가 발달한 변성암은 광역 변성 작용을 받았다.

수능 3점 테스트

본문 38~41쪽

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

01 광물의 물리적 성질

조흔색은 광물 가루의 색으로, 주로 조흔판에 긁어서 확인한다.

㉠. A는 모스 굳기가 2이고 비규산염 광물이므로 석고이다. 석고는 황산염 광물이다.

㉡. B는 규산염 광물이고 조흔색이 회록색 또는 암녹색이므로 각섬석이다. 각섬석은 두 방향의 쪼개짐이 나타난다.

㉢. C는 조흔색이 금색이므로 금이다. 금은 불투명 광물이다.

02 규산염 광물

1개의 규소와 4개의 산소가 결합된 SiO_4 사면체를 기본 단위로 하는 광물을 규산염 광물이라고 한다.

✕. A는 깨짐이 발달하고 $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{Si 원자 수}} = 4$ 이므로 감람석이며, B는

쪼개짐이 발달하고 $\frac{\text{O 원자 수}}{\text{Si 원자 수}} = 2.75$ 이므로 각섬석이다. 따라서

C는 흑운모로, ㉠은 2.5이다.

✕. A는 감람석으로, 독립형 구조를 가진다. (가)는 판상 구조, (나)는 복사슬 구조이다.

㉢. A(감람석)는 결합 구조에서 방향에 따른 결합력 차이가 작으므로 깨짐이 발달하고, C(흑운모)는 결합 구조에서 방향에 따른 결합력 차이가 크므로 상대적으로 결합력이 약한 부분이 끊어지면서 쪼개짐이 발달한다.

03 편광 현미경을 이용한 광물 관찰

석영, 장석 등과 같은 비금속 광물은 얇게 가공하면 빛을 투과시키므로 투명 광물이라 하고, 금, 은 등의 금속 광물은 얇게 가공하더라도 빛을 투과시키지 못하므로 불투명 광물이라고 한다. B는 다양한 색깔의 간섭색을 관찰할 수 있으므로 흑운모이다. 결정 구조에서 방향에 따른 결합력 차이가 클수록 특정 방향의 쪼개짐이 발달하고, 작을수록 깨짐이 발달한다. 따라서 A는 깨짐이 발달하는 석영, C는 두 방향의 쪼개짐이 발달하는 사장석이다.

㉠. A는 편광 현미경으로 관찰 가능하므로, 빛을 투과시킬 수 있는 투명 광물이다.

㉡. B는 다양한 색깔의 간섭색을 관찰할 수 있으므로, 흑운모이다. 흑운모는 한 방향의 쪼개짐이 발달한다.

㉢. A, B, C 모두 직교 니콜에서 완전 소광되지 않고 관찰 가능하므로 광학적 이방체이다.

04 편광 현미경을 이용한 암석 관찰

산성암을 구성하는 주요 광물은 석영, 장석 등이고, 염기성암을 구성하는 주요 광물은 사장석, 휘석 등이다.

✕. 암석 ㉠은 석영, 장석 등이 주요 광물이므로 산성암이다. 암석 ㉡은 사장석, 휘석, 각섬석 등이 주요 광물이므로 염기성암이다. 따라서 유색 광물의 비율은 ㉠이 ㉡보다 낮다.

✕. 동일한 배율의 편광 현미경으로 관찰하였으므로, 광물의 평균 입자 크기는 암석 ㉠이 ㉡보다 크다. 따라서 암석 ㉠은 ㉡보다 지하 깊은 곳에서 형성되었다.

⊙. 암석 ㉠과 ㉡ 모두 간섭색을 관찰할 수 있으므로 광학적 이방체 광물을 포함하고 있다.

05 편광 현미경을 이용한 암석 관찰

유기적 퇴적암인 석회암을 관찰하면 크고 작은 탄산칼슘의 입자들 사이에 생물의 골격이나 껍데기의 파편이 관찰되는 경우가 많다.

✕. A는 석회암이고, B는 편마암이다. 석회암에서는 쇄설성 조직을 관찰할 수 없다.

⊙. 편마암은 세일 또는 화강암이 광역 변성 작용을 받아 만들어진 암석이다.

✕. 재물대를 회전하여도 ㉠은 항상 검은색으로 관찰된다. 따라서 ㉠은 광학적 등방체이거나 불투명 광물이다. 입사한 빛이 진동 방향이 서로 다른 두 개의 광선으로 갈라지는 광물은 광학적 이방체이다.

06 다양한 암석의 석영 관찰

화성암, 퇴적암, 변성암에서 각각 석영을 관찰하면 각 암석에 따라 다양한 석영의 모습을 볼 수 있다.

⊙. (가)는 조립질 조직을 관찰할 수 있는 화강암이다.

✕. 광물이 비교적 둥글고 고른 입자로 이루어진 쇄설성 퇴적암(사암)은 (다)이다.

✕. (나)를 이루는 주요 광물은 석영이고, 입상 변정질 조직을 관찰할 수 있으므로 규암이다. 따라서 (나)는 (다)보다 높은 압력에서 생성되었다.

07 방해석의 특징

빛이 투명 광물을 통과할 때 진동 방향이 서로 수직인 두 개의 광선으로 나뉘어 굴절하는 현상을 복굴절이라고 한다. 빛이 두 갈래로 갈라져 굴절되기 때문에 광물 아래의 물체가 이중으로 보인다.

⊙. 과정 I에서 광물 아래의 직선이 이중으로 보이는 방해석은 광학적 이방체이다.

✕. 암염은 광학적 등방체로 광물 내에서 방향에 관계없이 빛의 통과 속도가 일정한 광물이다. 암염을 360° 회전시키면서 직선의 변화를 관찰하면 회전하기 전과 동일하게 관찰된다.

✕. 과정 III에서 (다)와 같이 ㉠을 관찰할 수 있는 진동 방향의 빛은 편광판을 통과하지 못하고 ㉡을 관찰할 수 있는 진동 방향의 빛은 편광판을 통과한다. 두 빛은 서로 수직이므로 편광판을 90° 회전시킨 후 관찰하면, ㉠은 관찰되지만 ㉡은 관찰되지 않는다.

08 광물의 물리적 특징

Fe, Mg이 많이 함유된 광물(감람석, 휘석, 각섬석, 흑운모 등)은 Si, Na, K이 많이 함유된 광물(장석, 석영 등)보다 색이 어둡고 밀도가 크다.

⊙. A는 한 방향으로 쪼개짐이 발달한 흑운모, B는 두 방향으로 쪼개짐이 발달하고 D보다 비교적 색깔이 밝으며 밀도가 작은 정장석, C는 깨짐이 발달하는 감람석, D는 두 방향으로 쪼개짐이 발달하고 B보다 비교적 색깔이 어두우며 밀도가 큰 각섬석이다. 광물의 정출 온도는 감람석 > 각섬석 > 흑운모 > 정장석 순이다. 광물의 정출 온도는 C(감람석)가 B(정장석)보다 높다.

⊙. $\frac{Si \text{ 원자 수}}{O \text{ 원자 수}}$ 는 A(흑운모)가 $\frac{4}{10}$, D(각섬석)가 $\frac{4}{11}$ 이다.

✕. B(정장석)는 망상 구조, D(각섬석)는 복시슬 구조를 가진다.

03 지구의 자원

수능 2점 테스트

본문 49~51쪽

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

01 광상과 광석

지구상에 분포하는 다양한 광물 중에서 우리가 일상생활이나 산업에 이용하는 광물을 광물 자원이라고 한다. 광물 자원은 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원으로 구분한다.

✗. 금, 은, 구리, 철, 아연, 텅스텐 등의 금속이 주성분인 광물을 금속 광물 자원이라고 한다.

✗. 석회석, 고령토 등과 같이 금속 광물 자원을 제외한 나머지 광물 자원을 비금속 광물 자원이라고 한다. 비금속 광물 자원을 이용하기 위해서 제련 과정이 필요하지는 않다.

○. 유용한 광물이 지각 내의 평균적인 함량보다 훨씬 높은 비율로 모여 있는 곳이 광상이다. 광상에서 채굴한 경제성 있는 암석을 광석이라고 한다.

02 광상의 종류

광상은 형성 과정에 따라 화성 광상, 퇴적 광상, 변성 광상으로 구분할 수 있다. 활석은 변성 광상에서, 사금과 암염은 퇴적 광상에서 산출된다.

○. 퇴적 광상 중 침전 광상은 해수가 증발하면서 해수에 녹아 있는 물질이 침전되어 형성된 광상이다. 암염, 석고 등은 침전 광상에서 산출된다.

✗. 활석은 변성 광상 중 광역 변성 광상에서 산출된다. 따라서 A는 활석이다. 유리의 주원료는 규사, 석영, 장석이다.

✗. B는 사금이다. 사금은 퇴적 광상 중 표사 광상에서 산출되는 금속 광물이다.

03 화성 광상

마그마가 냉각되는 과정에서 마그마 속에 포함된 유용한 원소들이 분리되거나 한 곳에 집적되어 형성되는 광상을 화성 광상이라고 한다.

✗. A는 정마그마 광상이다. 정마그마 광상은 고온의 마그마가 냉각되는 초기에 용융점이 높고 밀도가 큰 광물이 정출되어 형성된 광상이다. 열수 용액이 순환하는 과정에서 형성된 광상은 열수 광상이다.

✗. 희토류는 LED, 스마트폰, 컴퓨터 등 첨단 산업에서 중요하게 이용되며, 자연계에서 매우 드물게 존재하는 금속 원소이다.

희토류는 주로 페그마타이트 광상에서 산출된다. B는 열수 광상이다.

○. 화성 광상에서 마그마의 온도는 정마그마 광상 > 페그마타이트 광상 > 기성 광상 > 열수 광상의 순이다. 따라서 마그마의 온도는 A가 B보다 높다.

04 보크사이트

퇴적 광상 중 풍화 잔류 광상에서는 고령토, 보크사이트, 갈철석, 적철석 등이 산출된다.

✗. 보크사이트는 알루미늄을 얻기 위한 광석이다.

○. 퇴적 광상 중 풍화 잔류 광상에서는 장석이 풍화 작용을 받아 만들어진 고령토, 고령토가 풍화 작용을 받아 만들어진 보크사이트가 산출된다.

○. 보크사이트는 화학적 풍화 작용이 활발하게 일어나는 지역에서 생성되므로 고위도 지방보다 저위도 지방에서 잘 생성된다.

05 호상 철광층

호상 철광층은 해수에 녹아 있던 철 이온이 산소와 결합되어 산화된 후 침전되어 형성된다.

○. 침전 광상에서 산출되는 광물에는 선캄브리아 시대의 호상 철광층이 있다. 호상 철광층은 대부분 25억 년 전~18억 년 전 선캄브리아 시대에 바다에서 형성되었다.

○. 호상 철광층은 해수에 녹아 있던 철 이온이 남세균류가 광합성으로 생성한 산소와 결합하여 만들어진 산화 철(Fe_2O_3)이 퇴적된 환경에서 형성된다.

✗. 철 광상은 마그마 기원의 화성 광상으로 만들어지기도 하지만, 대부분은 퇴적 광상 중 침전 광상으로 만들어진다.

06 금속 광물과 비금속 광물의 이용

광물 자원은 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원으로 구분한다. 금속 광물 자원은 금속이 주성분인 광물이고, 비금속 광물 자원은 금속 광물 자원을 제외한 나머지 광물 자원이다.

○. 우리는 모래 중에서 다른 구성 광물들이 풍화되어 사라지고 단단한 석영질이 주로 남은 규사를 주원료로 만드는 소재이다. 따라서 유리의 대부분은 규산염 광물로 이루어져 있다.

○. 구리는 금속 광물 자원이다. 금속 광물 자원은 제련 과정을 거쳐 사용한다.

○. (가)의 유리는 비금속 광물을 포함하고, (나)의 구리는 금속 광물 자원이다.

07 금속 광물

우리나라에 분포하는 금속 광물 자원은 금, 은, 동, 연, 아연, 철, 망가니즈, 중석, 휘수연석, 주석, 창연, 휘안석 및 희토류 등이다.

○. 우리나라에 가장 많이 매장된 금속 광물은 철이다. 철 광상의

대부분은 퇴적 광상 중 침전 광상에 분포한다.

✕. 우리나라의 금 매장량은 5922(천 톤)이고 화성 광상에 분포한다. 시금은 2857 kg이고 퇴적 광상 중 표사 광상에 분포한다. 따라서 표사 광상에 분포하는 금의 비율은 매우 낮다.

✕. 금속 광물 자원은 재생이 거의 불가능한 자원이므로 효율적으로 소비해야 한다.

08 가스수화물

가스수화물은 주로 메테인과 물로 구성된 고체 상태의 화합물로 외관상 백색의 눈가루처럼 보이며, 매우 높은 압력과 낮은 온도의 특별한 조건에서만 나타난다. 불을 붙이면 타기 때문에 불타는 열음으로도 불린다.

○. 가스수화물은 메테인과 같은 탄화수소 성분이 물 분자와 결합한 고체 물질이다.

✕. 가스수화물은 저온·고압의 환경에서 안정하며 우리나라 동해 울릉 분지에도 6억 톤가량 매장되어 있다.

✕. 가스수화물은 대부분 대륙 연안이나 대륙 내부에 분포한다. 망가니즈 단괴는 태평양의 심해저에 주로 분포한다.

09 지하자원

지하자원은 크게 광물 자원과 에너지 자원으로 구분된다. 광물 자원에는 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원이 있다.

✕. A는 에너지 자원으로, 가스수화물, 석유, 천연가스 등이 해당한다. 이들은 대륙 주변부의 해저에 많이 매장되어 있다.

✕. 금속 광물 자원은 심해저에서도 얻을 수 있다. 심해저에는 해수에 녹아 있던 망가니즈, 철, 구리, 니켈, 코발트 등이 침전하여 공 모양의 덩어리로 성장한 것이 있는데 이를 망가니즈 단괴라고 한다. 망가니즈 단괴는 퇴적물이 거의 쌓이지 않는 수심 약 4000~5000 m의 태평양 심해저 등에 분포하고, 우리나라의 동해에는 망가니즈 단괴가 거의 분포하지 않는다.

○. 활석은 광역 변성 광상에서 주로 산출되는 비금속 광물 자원이다.

10 파력 발전

파력 발전은 파도의 운동 에너지를 이용하여 전기 에너지를 생산하는 방식으로, 동해와 제주도 주변 해역은 파력 발전에 적합한 조건을 갖추고 있다.

○. 파력 발전 후보지로는 파력 에너지 밀도가 큰 곳이 적합하다. 파력 에너지 밀도는 A 해역에서 약 5.0 kW/m^2 , B 해역에서 약 2.4 kW/m^2 이므로 파력 발전 후보지로는 A 해역이 B 해역보다 적합하다.

✕. 파력 발전은 바람에 의해 생기는 파도의 상하좌우 운동을 이용하는 것이다. 바람을 일으키는 기압 차는 태양 복사 에너지에 의해 생기므로 파력 에너지의 근원은 태양 복사 에너지이다.

✕. 바람의 세기는 겨울철이 여름철보다 강하므로 평균 파력 에너지 밀도는 여름철이 겨울철보다 작다.

11 고정식 파력 발전

고정식 파력 발전은 파도가 상하로 진동하면서 얻어지는 압축 공기를 이용하여 터빈을 돌려 전기 에너지를 생산하는 방식이다.

✕. 파력 발전은 파도의 운동 에너지로부터 전기 에너지를 생산하고, 수력 발전은 물의 위치 에너지로부터 전기 에너지를 생산한다. 따라서 파력 발전과 수력 발전은 에너지를 전환하는 방식이 다르다.

○. 태양 에너지에 의해 지표면이 부등 가열되면 기압 차가 생기고 고기압에서 저기압 쪽으로 바람이 분다. 파력 발전은 바람에 의해 생긴 파도의 운동 에너지를 이용하여 전기 에너지를 생산하므로 파력 발전의 근원 에너지는 태양 에너지이다.

○. 바람이 강하게 부는 지역일수록 강한 파도가 생성되므로 파력 발전에 적합하다.

12 해양 자원

해양에서 이용 가능한 모든 것을 해양 자원이라고 한다. 해양 자원은 해양 에너지 자원, 해양 생물 자원, 해양 광물 자원으로 구분된다.

✕. 브로민은 해양 광물 자원으로, 주로 이온 형태로 물에 녹아 존재하며 대부분 염수 호수나 해수로부터 채취한다. 브로민은 할로젠에 속하는 비금속 광물 자원이다.

✕. 브로민은 할로젠에 속하는 원소로 상온에서 적갈색의 휘발성 액체로 존재한다.

○. 바다 목장은 자연 상태에서 물고기를 기르고 생산하는 양식 어업으로, 바다에 물고기들이 모여 살 수 있는 환경을 만들어 물고기를 양식한다. 물고기를 풀어놓고 기른다는 점에서 육지의 목장에 비유해 붙여진 명칭이다. 바다 목장을 통해서 해양 생물 자원을 얻을 수 있다.

수능 3점 테스트

본문 52~57쪽

01 ㉓ 02 ㉑ 03 ㉓ 04 ㉑ 05 ㉔ 06 ㉑ 07 ㉔
08 ㉓ 09 ㉒ 10 ㉒ 11 ㉒ 12 ㉕

01 열수 분출 지역

열수는 마그마가 식으며 여러 가지 광물 성분을 정출한 뒤에 남은 수용액을 말한다. 물의 임계 온도인 374 °C 이하의 뜨거운 용액으로 많은 유용 광물 성분이 용해되어 있다.

㉑. 열수 분출 지역 주변에서는 화성 광상 중 열수 광상이 형성될 수 있다. 열수 광상은 마그마가 냉각되면서 여러 광물이 정출되고 남은 열수 용액이 주변 암석의 틈을 따라 이동하여 형성된 광상이다.

㉒. 열수 분출 지역은 주로 화산 활동이 활발하게 일어나는 해령(발산형 경계)이나 섭입대(수렴형 경계) 부근에서 나타난다. 변환단층(보존형 경계)은 화산 활동이 일어나지 않으므로 열수 분출 지역이 아니다.

㉓. 지도에서 열수 분출 지역은 주로 해령, 해구 부근의 비교적 수심이 깊은 곳에 나타난다.

02 광상의 종류

광물은 암석의 구성 요소이므로 광상은 화성 작용, 퇴적 작용, 변성 작용을 통해 암석이 만들어지는 과정에서 형성된다.

㉑. A는 화성 광상이다. 화성 광상은 마그마가 냉각되는 과정에서 유용한 광물이 정출되어 형성되는 광상이다.

㉒. B는 변성 광상이다. 변성 광상에서 산출되는 광물에는 우라늄, 흑연, 활석, 석면 등이 있다. 석회석, 암염, 망가니즈 단괴는 퇴적 광상에서 산출된다.

㉓. C는 퇴적 광상이다. 고령토는 퇴적 광상 중 풍화 잔류 광상에서 산출된다.

03 광물의 분류

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

㉑. A에서 규사, 활석, 흑연, 석회석은 전기와 열이 잘 전달되지 않는 비금속 광물이다.

㉒. B의 철, 알루미늄, 희토류, 리튬은 모두 금속 광물 자원이다. 금속 광물 자원은 제련 과정이 필요하다.

㉓. 흑연은 변성 광상 중 광역 변성 광상에서 산출되고, 희토류는 화성 광상 중 페그마타이트 광상에서 산출된다.

04 희토류

희토류는 땅에서 구할 수 있으나 거의 없는 성분(rare earth elements)이다. 열과 전기가 잘 통하기 때문에 전기·전자·축

매·광학·초전도체 등에 쓰인다.

㉑. 희토류 생산량은 추정 매장량보다 적다. 따라서 (가)는 추정 매장량, (나)는 생산량이다.

㉒. $\frac{\text{생산량}}{\text{추정 매장량}}$ 은 중국이 $\frac{105000}{44000000} \approx 0.0024$ 이고, 호주는

$\frac{14000}{3400000} \approx 0.004$ 이다. 따라서 $\frac{\text{생산량}}{\text{추정 매장량}}$ 은 중국이 호주보다

작다.

㉓. 희토류는 농축된 형태로 산출되는 경우가 매우 드물다.

05 광물 자원 자급률

광물 자원 자급률은 우리나라에 필요한 광물 자원을 자체로 공급하는 비율이다.

㉑. 금속 광물의 자급률은 0.7%, 비금속 광물의 자급률은 72.8%로, 비금속 광물보다 금속 광물의 자급률이 낮다.

㉒. 자급률이 100% 이상인 광물은 사문석, 연옥, 납석, 황 등 대부분 비금속 광물이다.

㉓. 우리나라는 15개 핵심 광물의 국내 자급률이 흑연과 몰리브덴을 제외하면 0%였다. 2017~2021년에 리튬, 희토류 등 13개 핵심 광물의 국내 자급률은 0%로 전량 수입에 의존했다.

06 다양한 발전 방식

A는 조류 발전, B는 파력 발전, C는 조력 발전의 원리를 나타낸다.

㉑. 조류 발전은 날씨나 계절에 관계없이 항상 발전할 수 있고, 발전량 예측이 가능하다. 파력 발전은 날씨와 계절에 따라 바람과 파도의 세기가 달라지므로 발전량 예측이 어렵다.

㉒. 조력 발전은 제방 안쪽에 해수가 갇힘으로써 갯벌이 사라지고 해양 생태계에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다. 조류 발전은 조력 발전과 달리 생태계에 미치는 영향이 작다.

㉓. 파력 발전의 근원 에너지는 태양 에너지이고, 조력 발전의 근원 에너지는 조력 에너지이다.

07 암석의 이용

우리 주변의 다양한 암석들은 건축 자재, 화학 공업 원료, 조각 재료, 생활 용품 등 다양한 용도로 이용된다.

㉑. (가)는 제주도의 돌하르방으로 현무암으로 이루어져 있다.

㉒. (나)는 대리암으로 만든 조각상이다. 대리암은 석회암이 접촉 변성 작용 또는 광역 변성 작용을 받아 생성된다.

㉓. 화강암, 대리암, 현무암은 모두 건축 자재로 활용된다.

08 조력 발전

조력 발전은 댐을 건설한 후 만조와 간조 시 댐의 안과 밖의 수위차를 이용하여 위치 에너지를 전기 에너지로 전환하는 발전 방식이다.

㉠. 조력 발전은 조석 간만의 차가 큰 지역이 유리하다. 따라서 조력 발전 후보지로는 A가 B보다 적합하다. 우리나라의 서해안은 조석 간만의 차가 커서 조력 발전을 하기에 적합하다.

㉡. 16시에 A는 간조와 만조 사이이므로 밀물 때이고, B는 만조와 간조 사이이므로 썰물 때이다.

㉢. 조력 발전은 조석 간만의 차를 알면 발전량 예측이 가능하다. 그러나 풍력 발전은 바람을 예측하기 어렵다. 따라서 조력 발전은 풍력 발전에 비해 생산 가능 전력량 예측이 쉽다.

09 해양 자원

가스수화물은 물 분자와 메테인 등과 같은 저분자 탄화수소 성분이 섞여서 형성된 고체 물질이다. 얼음과 비슷한 결정 상태의 고체로 메테인수화물이 대표적인 가스수화물이다. 망가니즈 단괴는 망가니즈를 주성분으로 하는 흑갈색의 덩어리로 수심 4000~5000 m의 심해저에 존재한다. 구형 또는 타원의 형태를 띠며, 직경은 수 cm부터 수십 cm에 이르기까지 다양하다.

㉣. 우리나라의 독도 주변 지역이나 클라리온-클리퍼턴 광구가 위치한 지역은 모두 판의 경계가 아니다.

㉤. 가스수화물은 저온·고압의 환경에서 안정하며 해저 지반의 하부, 영구 동토층에서 자연적으로 형성된다.

㉥. 망가니즈 단괴는 보통 수심 4000 m 이상의 심해저에 분포하는 금속 광물 자원이다.

10 광물 자원의 매장량

우리나라 금속 광물 자원의 매장량은 철>희토류>텅스텐>몰리브데넘의 순이고, 비금속 광물 자원의 매장량은 석회석>규석>백운석>장석의 순이다.

㉦. 철 광상은 화성 광상에서도 일부 만들어지지만 대부분 퇴적 광상 중 침전 광상에서 만들어진다.

㉧. 석회석은 대부분 해양에서 칼슘 이온과 탄산수소 이온의 화학 결합으로 생성되거나 석회질 생물체의 유해로부터 생성된다.

㉨. 우리나라의 광물 자원 총 매장량은 비금속 광물이 금속 광물보다 수백 배 많다.

11 해양 온도 차 발전

해양 온도 차 발전은 해양 표층의 온도가 높은 해수와 심층의 온도가 낮은 해수의 온도 차를 이용하여 열에너지를 전기 에너지로 변환하는 시스템이다.

㉩. 해양 온도 차 발전에서는 표층수의 따뜻한 열로 작동 유체를 기화시켜 생긴 유체의 압력으로 터빈을 돌려 전기를 생산한다. 따라서 작동 유체의 끓는점이 낮을 때 발전에 유리하다.

㉪. 표층수와 심층수의 온도 차가 클수록 해양 온도 차 발전에 유리하다.

㉫. 표층수와 심층수의 온도 차는 계절에 따라 다르므로 계절에 따라 발전량이 다르다. 이를 고려하면 계절에 따라 계획적인 발전을 할 수 있다.

12 소비 에너지 비율

2018년 우리나라의 1차 에너지 소비 비율은 석유 43%, 천연가스 16%, 석탄 29% 등 화석 연료가 88%이고, 재생 가능 에너지는 2%이다.

㉬. 1차 에너지 소비량이 가장 많은 국가는 1차 에너지 소비량 석탄 환산 단위가 32.7(억 톤)인 중국이다.

㉭. 재생 가능 에너지가 가장 큰 국가는 소비 에너지 중 재생 가능 에너지 비율이 15%인 독일이다.

㉮. 러시아의 소비 에너지 중 석유, 석탄, 천연가스와 같은 화석 연료 비율은 87%이고, 캐나다의 소비 에너지 중 화석 연료 비율은 65%이다. 따라서 화석 연료 총 에너지는 러시아가 캐나다보다 크다.

04 한반도의 지질

수능 2점 테스트

본문 66~69쪽

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

01 주향과 경사의 측정

지층면과 수평면의 교선을 주향선이라 하고, 진북(N)을 기준으로 주향선이 가리키는 방향을 주향이라고 한다. 주향선에 대해 직각이 되는 지층면의 경사진 방향은 경사 방향이다.

㉠. 경사 방향은 주향에 직각으로 실제 방위에서 판단해야 하며, 경사각은 지층면과 수평면이 이루는 각으로 주향선에 수직이 되도록 클리노미터의 긴 모서리가 있는 면을 밀착시킨 후 경사추가 가리키는 안쪽 눈금을 읽는다. (가)는 경사, (나)는 주향을 측정하는 방법이다.

㉡. 이 지역에서 주향선은 진북에 대해 동쪽으로 기울어져 있다. 따라서 주향은 Nθ°E로 표시된다.

㉢. 주향이 Nθ°E인 경우 경사 방향은 SE 또는 NW이다. (가)에서 이 지역의 경사 방향은 SE이다.

02 클리노미터의 구조

클리노미터의 자침을 이용하여 주향을 측정하고, 클리노미터의 경사추가 가리키는 안쪽 눈금을 읽으면 지층의 경사각을 측정할 수 있다.

㉣. 클리노미터에 표시된 E와 W는 주향을 측정할 때 편각이 0°인 경우 자침이 가리키는 방향을 그대로 읽으면 주향이 되도록 편의상 바꾸어 놓아서 보통의 나침반과는 반대로 표시되어 있다. 따라서 ㉠은 E, ㉡은 W이다.

㉢. 주향은 클리노미터의 자침이 가리키는 바깥쪽 눈금을 읽어 측정한다. 따라서 주향은 N45°W이다.

㉣. 경사각은 클리노미터의 경사추가 가리키는 안쪽 눈금을 읽어 측정한다. 따라서 경사각은 30°이다.

03 노선 지질도

지질을 조사할 때 도로나 골짜기와 같은 노선을 따라 조사한 내용을 적어 넣은 지도를 노선 지질도라고 하며, 노선도, 루트맵, 조사 노선도라고도 한다.

㉠. A 지점의 지질 기호를 보면 A 지점의 주향은 NS이다.

㉡. 이 지역에서는 배사 구조가 나타나므로 습곡축에 가까울수록 오래된 암석이 나타난다. A 지점은 B 지점보다 습곡축에서 멀리

떨어져 있으므로 A 지점에는 B 지점보다 새로운 암석이 존재한다. ㉢. 이 지역에서 지층의 경사 방향을 보면 중심축을 기준으로 바깥쪽으로 기울어져 있으므로 배사 구조가 나타난다.

04 주향과 경사 기호

지질도는 지질 조사를 통해 알아낸 내용을 여러 가지 색과 기호로 표시한다.

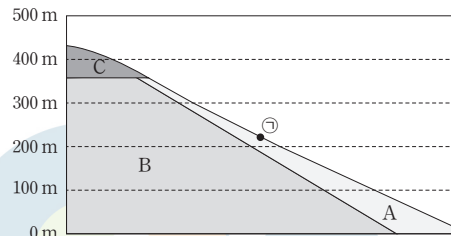
㉣. (가)의 주향은 Nθ°E이고, 경사는 90°인 수직층이다.

㉠. (다)는 남쪽으로 기울어져 있으므로 경사 방향은 S이다.

㉢. (가)는 수직층이므로 경사각이 90°이고 (나)의 경사각은 60°이다. 따라서 경사각은 (가)가 (나)보다 크다.

05 지질도 해석

지층이 수평일 때는 지층 경계선이 지형도의 등고선에 나란하게 나타난다. 이 지역의 지질 단면도는 다음과 같다.



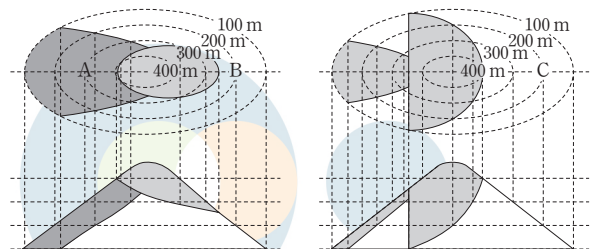
㉣. 지질 단면에서 A는 B보다 나중에 생성되었다.

㉠. 지층 경계선이 등고선과 거의 나란하므로 C는 수평층에 가깝다.

㉢. 지질 단면을 보면 ㉠에서 연직 방향으로 시추하면 A와 B를 모두 만날 수 있다.

06 지층 경계선과 등고선의 관계

지질 단면도를 그려 습곡, 부정합, 단층 등의 지질 구조를 파악할 수 있다.



㉠. (가)에는 부정합이 나타나고, (나)에는 수직 단층이 나타난다.

㉢. (가)에서는 B가 퇴적된 후 A가 퇴적되었다.

㉣. 단층에 의해 C가 어긋나 있으므로 (나)의 단층 작용은 C가 퇴적된 후에 일어났다.

07 한반도의 지체 구조

한반도의 지체 구조는 특정한 방향성을 나타내지 않는 암석들이

모여 있는 지역인 육괴와 주로 고생대와 중생대에 바다나 호수에 퇴적층이 쌓여 형성된 지역인 퇴적 분지로 구성되어 있다. 또, 암석이 습곡이나 단층에 의해 복잡하게 변형된 지역인 습곡대도 나타난다.

㉠. A는 한반도 중앙부에 위치한 경기 육괴이고, 경기 육괴의 남쪽에 위치한 B는 옥천 분지이다.

㉡. 육괴는 주로 선캄브리아 시대의 암석으로 이루어져 있다. A는 경기 육괴로, 주로 선캄브리아 시대의 변성암류인 편마암과 편암 및 이들을 관입한 중생대의 화강암류로 구성되어 있다. C의 경상 분지는 중생대에 형성되었다. 따라서 A는 C보다 평균 생성 시기가 빠른 암석으로 이루어져 있다.

㉢. 습곡대는 암석이 습곡이나 단층에 의해 복잡하게 변형된 지역이다. 북동-남서 방향으로 길게 분포하는 옥천 습곡대는 북동부의 비변성대인 태백산 분지와 남서부의 변성대인 옥천 분지(B)로 구분된다.

08 우리나라의 지질 계통

어떤 지역에 분포하고 있는 암석과 지층을 생성 시대 순으로 배열하여 상호 관계를 나타낸 것을 지질 계통이라고 한다.

㉠. 회동리층(실루리아계)은 고생대 실루리아기에 형성되었으며 조선 누층군과 평안 누층군의 사이에 해당하는 ㉠ 시기에 형성되었다.

㉡. ㉠ 시기는 중생대이다. 우리나라 중생대 지층은 모두 육성층이다.

㉢. 연일층군은 신생대 네오기와 제4기에 형성되었으므로 중생대 말의 불국사 변동보다 나중에 형성되었다.

09 선캄브리아 시대의 암석 분포

선캄브리아 시대의 암석은 한반도 지층의 기저를 형성하고 있으며 대부분 편마암, 편암, 규암 등의 변성암으로 이루어져 있다.

㉠. 선캄브리아 시대의 암석 분포는 구성 암석이 다양하며 지층이 심하게 변형되어 지질 구조가 복잡하고 화석이 거의 산출되지 않는다.

㉡. 우리나라에서는 낭림 육괴, 경기 육괴, 영남 육괴 등이 발달해 있다. 이 지역들은 주로 선캄브리아 시대의 변성암류인 편마암과 편암 및 이들을 관입한 중생대의 화강암류로 구성되어 있다.

㉢. 선캄브리아 시대의 암석은 변성암이 가장 많이 분포한다.

10 우리나라의 지질 계통

고생대층은 크게 전기 고생대의 조선 누층군과 후기 고생대의 평안 누층군으로 구분된다. 경상 누층군은 중생대 퇴적층이다.

㉠. 조선 누층군은 석회암, 사암, 셰일 등으로 이루어진 두꺼운 해성층이다. 따라서 '모두 육성층인가?'는 ㉠에 해당하지 않는다.

㉡. A는 경상 누층군이며 중생대 백악기에 형성되었다. 대보 조

산 운동은 중생대 쥐라기 말에 있었다. 따라서 경상 누층군은 대보 조산 운동의 영향을 받지 않았다.

㉢. B는 평안 누층군으로 고생대 석탄기부터 중생대 트라이아스기 전기에 형성되었다. 평안 누층군에서는 양치식물, 완족류, 방추충, 산호 화석 등이 발견된다.

11 한반도의 형성

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

㉠. 중생대에 형성된 지층은 모두 육성층이다. 그러나 신생대 네오기에 길주·명천 분지와 포항 분지 등에 해성층이 퇴적되었다. 따라서 중생대 백악기 이후 한반도에서 형성된 지층이 모두 육성층인 것은 아니다.

㉡. 백악기 초에 형성된 화강암은 대보 조산 운동에 의한 대보 화강암이다. 대보 화강암은 북동-남서 방향으로 분포한다.

㉢. 불국사 변동은 백악기 후기에 일어나 한반도 남부를 중심으로 화강암의 관입과 화산암의 분출이 활발하게 일어났다. 불국사 변동으로 경상 분지를 중심으로 화강암류가 관입하였다.

12 동해의 형성 과정

약 2천 5백만 년 전에 태평양판이 유라시아판 아래로 섭입하면서 한반도와 붙어 있던 일본 열도가 대륙에서 분리되어 동해가 형성되기 시작하였다.

㉠. 동해가 형성되기 시작한 것은 태평양판이 유라시아판 아래로 섭입하면서부터이다.

㉡. (나)에서 태평양판이 유라시아판 아래로 섭입하면서 동해가 형성되기 시작하였다. (가)에서 일본 열도가 태평양 쪽으로 이동하면서 동해의 크기가 점점 확장하였다. 따라서 동해는 (나) → (가)의 순으로 형성되었다.

㉢. (나)는 약 2천 5백만 년 전, (가)는 약 1천 2백만 년 전으로 (가)와 (나)의 시기는 모두 신생대이다.

13 변성 작용이 일어나는 환경

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

㉠. A는 접촉 변성 작용이 일어나는 환경이다. 접촉 변성 작용에 의해 형성되는 혼펠스 조직은 입자의 방향성이 없으며, 치밀하고 균질하게 짜여진 조직이다.

㉡. B는 광역 변성 작용이 일어나는 환경이다. 광역 변성 작용에 의해 엽리(편리, 편마 구조)가 발달할 수 있다.

㉢. A는 B보다 깊이가 얕고 압력이 낮은 조건에서 우세하게 일어난다.

14 편리

(가)에는 없지만 (나)에는 줄무늬를 갖는 구조가 나타난다. 엽리는 편리와 편마 구조로 구분할 수 있다.

㉠ 두 암석의 구성 광물은 비슷하지만, (나)에는 (가)에 없는 편리 구조가 나타난다. 따라서 (가)는 화성암, (나)는 변성암이다.

㉡ (나)에는 편리가 발달한다. 편리는 변성암의 조직에서 나타나는 면 모양의 평행 구조이다. 광물이 일정한 방향으로 규칙적으로 배열되기 때문에 편리면을 따라 쪼개지기 쉽다.

✗. 편리가 나타나는 변성암은 광역 변성 작용에 의해 형성된다.

15 변성암의 종류

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

✗. A에 혼펠스가 포함되었으므로 A에서는 접촉 변성암이 생성되고, B에 점판암, 천매암이 포함되었으므로 B에서는 광역 변성암이 생성된다.

✗. ㉠은 접촉 변성 작용에 의해서도, 광역 변성 작용에 의해서도 만들어질 수 있는 변성암이다. 접촉 변성 작용은 열에 의해 일어나고 광역 변성 작용은 열과 압력에 의해 일어난다. 온도와 압력이 모두 낮은 환경에서는 변성암이 생성되지 않는다.

㉢ 광역 변성암에는 엽리(편리, 편마 구조)가 발달할 수 있다. ㉠의 편암에는 편리가 발달하고, ㉢의 편마암에는 편마 구조가 발달한다.

16 판 경계에서의 변성 작용

수렴형 경계 부근의 A에서는 판이 섭입하면서 횡압력을 받아 변성 작용이 일어난다.

✗. 지하의 온도 분포를 보아 이 지역은 판의 수렴형 경계 부근이다.

✗. A에서는 밀도가 큰 판이 밀도가 작은 판 아래로 섭입하면서 암석에 횡압력이 작용한다.

㉢ A는 판의 섭입에 의해 횡압력이 작용하여 변성 작용이 일어나는 지역으로 온도와 압력이 크게 작용하는 광역 변성 작용이 일어난다. B는 암석이 마그마와 접촉하여 접촉 변성 작용이 일어나는 지역이다.

수능 3점 테스트

본문 70~77쪽

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

01 지질 조사의 순서

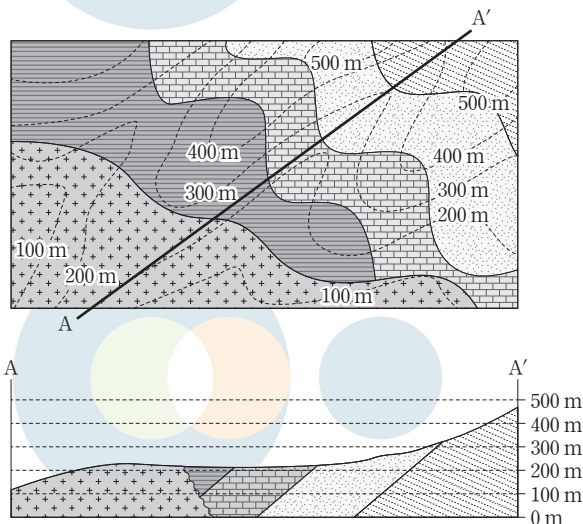
지질도를 작성하려면 먼저 노두에서 관찰한 내용을 지형도에 기록하여 노선 지질도를 작성해야 한다. 이후 노선 지질도를 종합하여 같은 종류의 암석이 나타나는 곳을 연결하여 지질도를 만든다. 지질도에서 임의의 두 점을 잡아 직선을 긋고 이 선을 따라 지하의 지질 구조와 지층의 분포 등을 단면으로 나타내는데, 이를 지질 단면도라고 한다. 지층 대비를 효과적으로 파악하기 위해 그 지역 지층의 선후 관계를 밝혀 순서대로 지층의 두께와 간단한 특징을 기둥 모양으로 나타내는데, 이를 지질 주상도라고 한다.

㉤ (가)는 지질 단면도, (나)는 지질도, (다)는 노선 지질도, (라)는 지질 주상도이다. 지질 조사의 순서는 노선 지질도 작성 → 지질도 작성 → 지질 단면도 작성 → 지질 주상도 작성이므로 (다) → (나) → (가) → (라)이다.

02 지질도 해석

지질도는 대부분 지형도 위에 작성되므로 등고선과 지층 경계선과의 관계를 통하여 지층의 주향, 경사 등을 알 수 있다.

✗. 지질 단면도를 작성해 보면 이 지역에 단층은 나타나지 않는다.



㉢ 지층면이 기울어진 방향인 경사 방향은 주향에 직각 방향으로 높은 주향선에서 낮은 주향선 쪽이다. 따라서 사암층의 경사 방향은 남서쪽이다.

✗. 이 지역 지층들은 남서쪽으로 경사져 있으므로 가장 먼저 퇴적된 층은 이암층이다.

03 지질 주상도

지질 주상도는 지층의 두께와 특징을 표시한 기둥 모양의 도면이다. 지질 주상도는 지층의 대비 및 퇴적 환경의 변화를 해석하는데 활용한다.

✗. 세 지역에서 가장 새로운 지층은 역암층이다. 역암층은 A와 C 지역에는 나타나지만 B 지역에는 나타나지 않는다.

㉠. 인접한 세 지역의 지질 주상도로부터 지층의 생성 순서를 알아보면, 셰일 → 사암 → 응회암 → 석회암 → 사질 셰일 → 역암이다. 따라서 사암층은 사질 셰일층보다 먼저 퇴적되었다.

㉡. C 지역의 지층은 사암 → 응회암 → 석회암 → 역암의 순으로 퇴적되었으므로 과거에 퇴적이 중단된 적이 있다.

04 노선 지질도

노선 지질도는 야외에서 계획한 노선을 따라 지질 조사를 하는 동안 관찰하거나 조사한 내용을 지형도에 나타낸 것이다.

✗. 주향과 경사를 나타낸 기호를 보면 셰일층의 주향은 NS이다.

✗. 이 지역의 지층들은 셰일층을 경계로 대칭의 모양으로 분포하며 습곡축에서 바깥쪽으로 기울어져 있으므로 이 지역에는 배사 구조가 나타난다.

㉠. 이 지역에서 가장 먼저 형성된 지층은 셰일층이고, 가장 나중에 형성된 지층은 역암층이다.

05 지질도 해석

지질도를 해석하면 지층의 분포 상태와 주향, 경사, 지질 구조 등을 알 수 있다.

✗. 주향은 지층 경계선이 같은 고도의 등고선과 만나는 두 점을 연결한 직선(주향선)의 방향이다. 따라서 사암층의 주향은 EW이다.

㉠. 경사 방향은 어떤 지층 경계선상에서 고도가 높은 주향선에서 낮은 주향선 쪽으로 주향선에 수직인 방향이다. 이 지역에서는 고도가 높은 주향선이 북쪽에, 고도가 낮은 주향선이 남쪽에 위치하므로 사암층의 경사 방향은 남쪽이다.

✗. ㉠ 선을 따라 골짜기가 나타난다.

06 지질도 해석

역암층은 석회암층, 셰일층, 사암층을 부정합으로 덮고 있다.

✗. 역암층은 지층 경계선이 등고선과 나란하므로 수평층이다. 수평층을 기호로 나타내면 ⊕ 또는 +이다.

㉠. 이 지역의 지층은 사암 → 셰일 → 석회암 → 역암의 순으로 생성되었다. 따라서 사암층은 석회암층보다 먼저 생성되었다.

✗. 역암층은 그 아래에 있는 석회암층, 셰일층, 사암층과 부정합의 관계이다. 이 지역에 습곡 구조는 나타나지만 단층은 나타나지 않는다.

07 한반도의 지층과 화석

A는 강원도 영월, B는 경상남도 고성, C는 제주도 서귀포 지역이다.

㉠. A는 강원도 영월 지역으로, 고생대 캄브리아기~오르도비스기 중기에 형성된 조선 누층군이 분포한다. 조선 누층군에는 시멘트 산업의 원료가 되는 석회암 등이 분포한다.

✗. 산출되는 화석으로 보아 A 지역의 조선 누층군은 두꺼운 해성층이고, B 지역의 경상 누층군은 육성층이며, C 지역의 제4기 지층은 해성층이다.

㉡. 세 지층의 생성 순서는 조선 누층군 → 경상 누층군 → 제4기 지층이므로 A → B → C이다.

08 중생대의 암석과 지층 분포

한반도에서 중생대는 현생 누대 중 조산 운동과 화성 활동이 가장 활발했던 시기이다.

✗. A는 대동 누층군, B는 대보 화강암, C는 경상 누층군이다. B를 구성하는 암석은 퇴적암이 아닌 화성암이다.

㉠. 중생대 화강암류의 분포는 북동-남서의 방향성을 보이며, 동해안과 남부 지방에도 곳곳에 나타난다.

㉡. 중생대 퇴적층은 하천이나 호수 등에서 퇴적되어 형성된 육성층으로, 크게 대동 누층군과 경상 누층군으로 구분된다.

09 신생대와 고생대의 암석 분포

(가)는 신생대, (나)는 고생대의 암석 분포를 나타낸 것이다. 고생대에는 조선 누층군과 평안 누층군이 형성되었고 신생대에는 연일층군과 제4기 지층이 형성되었다.

㉠. A는 신생대 제4기에 형성된 지층이다. 이 시기에는 화산 활동으로 백두산, 울릉도와 독도, 제주도, 철원 등에 현무암이 형성되었고, 제주도 서귀포 일대에서는 이매패류, 완족류, 산호, 유공충 등의 화석이 발견된다.

㉡. B는 연일층군으로 주로 동해안을 따라 작은 규모로 육성층과 해성층이 분포한다. 연일층군에서는 유공충과 연체 동물, 규화목, 식물 화석이 발견된다.

㉢. C는 석탄기~트라이아스기 전기에 형성된 평안 누층군, D는 캄브리아기~오르도비스기 중기에 형성된 조선 누층군이다. 따라서 지층의 생성 순서는 D → C이다.

10 고생대와 중생대 지층의 특징

(가)의 대동 누층군은 중생대 트라이아스기 후기에서 쥐라기 중기에 소규모 호수 환경에서 퇴적된 지층이다. (나)의 평안 누층군은 고생대 석탄기에서 중생대 트라이아스기 초기에 걸쳐 형성된 지층이다. 평안 누층군은 조선 누층군이 분포하는 지역과 비슷한 지역에 분포하며 조선 누층군과 회동리층을 부정합으로 덮고 있다.

✗. (가)의 대동 누층군은 육성층이고, (나)의 평안 누층군은 하부

의 해성층과 상부의 육성층으로 이루어져 있다.

㉠. (가)는 중생대에, (나)는 대부분 고생대에 형성되었다. 한반도에서 조산 운동과 화성 활동이 가장 활발했던 시기는 중생대이다. 따라서 (가)가 형성된 지질 시대는 (나)의 대부분이 형성된 지질 시대보다 조산 운동과 화성 활동이 활발했다.

㉡. (가)는 (나)보다 나중에 생성되었다.

11 한반도의 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.

㉠. A의 조선 누층군은 두꺼운 해성층으로 석회암, 사암, 셰일 등이 분포한다.

㉡. B의 대동 누층군은 모두 육성층이다. C의 연일층군에는 해성층이 분포한다.

㉢. 송림 변동은 중생대 트라이아스기에 있었다. 따라서 신생대에 형성된 C는 송림 변동의 영향을 받지 않았다.

12 우리나라의 화성암 분포

(가)의 A는 신생대 화산암, B는 불국사 화강암, C는 대보 화강암이다.

㉠. A의 화산암은 신생대 제4기에, B의 불국사 화강암은 중생대 백악기 말에, C의 대보 화강암은 중생대 쥐라기 말에 형성되었다. 따라서 암석의 생성 순서는 C → B → A이다.

㉡. (나)는 신생대 제4기에 형성된 제주도 수월봉의 응회암층이다. 따라서 (나)는 (가)의 A가 분포하는 지역에서 발견된다.

㉢. B의 불국사 화강암은 중생대 백악기 말에 형성되었다. 중생대 백악기에 형성된 경성 누층군은 불국사 화강암을 형성한 불국사 변동에 의해 교란되었다.

13 한반도의 형성 과정

고생대에 남반구에 위치해 있었던 곤드와나 대륙은 고생대 후기에 들어 분리되기 시작하여 약 2억 6천만 년 전 곤드와나 대륙 북쪽 가장자리에서 한중 지괴와 남중 지괴들이 떨어져 나와 북쪽으로 이동하다가 중생대에 서로 충돌하면서 한반도가 형성되었다.

㉠. 고생대에 한반도는 적도 부근에 위치한 곤드와나 대륙의 주변에 있었다.

㉡. 중생대 트라이아스기에는 한중 지괴와 남중 지괴가 충돌하여 송림 변동이 일어나 많은 고생대 지층이 변형되었다.

㉢. 중생대 쥐라기에는 한중 지괴와 남중 지괴가 합쳐지면서 대보 조산 운동이 일어났으며 이 과정에서 일어난 화성 활동으로 대보 화강암이 형성되었다.

14 판 경계에서의 변성 작용

수렴형 경계 부근에서는 판의 섭입에 의해 광역 변성 작용과 접촉 변성 작용이 일어난다.

㉠. A에서는 판의 섭입에 따라 온도와 압력이 증가한다. B에서는 압력의 영향보다 온도의 증가에 의해 변성 작용이 일어난다.

㉡. A에서는 고온 고압형의 광역 변성 작용이, B에서는 고온 저압형의 접촉 변성 작용이 일어난다.

㉢. ㉠은 편마 구조가 나타나는 편마암이고, ㉡은 혼펠스 조직이 나타나는 혼펠스이다. A에서는 광역 변성 작용에 의해 편마암이, B에서는 접촉 변성 작용에 의해 혼펠스가 잘 생성된다.

15 변성암의 특징

석회암은 화학적 또는 유기적으로 생성되는 퇴적암이고, 대리암은 석회암이 변성 작용을 받아 생성되는 변성암이다.

㉠. (나)는 크고 작은 탄산칼슘 입자들 사이에 생물의 골격이나 껍데기의 파편이 관찰되는 석회암이다. 따라서 (가)는 대리암이고, 대리암에는 입자의 크기가 비슷하고 조립질로 구성된 입상 변정질 조직이 나타난다.

㉡. 화석은 변성암인 (가)보다 퇴적암인 (나)에서 잘 관찰된다.

㉢. 방해석은 탄산칼슘(CaCO_3)으로 이루어진 대표적인 탄산염 광물이다. 석회암과 대리암은 모두 방해석으로 이루어져 있다.

16 변성 작용의 온도와 압력 범위

변성 작용의 온도와 압력 범위는 변성을 받는 암석의 종류에 따라 달라진다.

㉠. ㉠은 퇴적 작용과 변성 작용의 공통 영역이다.

㉡. 대륙 지각을 구성하는 화강암은 맨틀을 구성하는 감람암보다 용융점이 낮다.

㉢. 변성 작용이 일어나는 최저 온도-압력 경계는 퇴적 작용과의 경계이며, 최대 온도-압력 경계는 암석의 용융 곡선과의 경계이다.

05 해수의 운동과 순환

수능 2점 테스트 본문 92~97쪽

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

01 수압

페트병 구멍의 위치가 아래에 있을수록 물이 뿜어져 나가는 거리가 더 멀어지는데, 이것으로부터 수심이 깊은 곳일수록 수압이 더 크다는 것을 알 수 있다.

㉠ 수면으로부터 깊이 z 에서의 수압(P)은 $P = \rho g z$ (ρ : 밀도, g : 중력 가속도)로 표현되므로, A에서의 수압은 $\rho g z$, B에서의 수압은 $2\rho g z$ 이다. 따라서 B에서의 수압이 A에서의 수압보다 2배 크다.

㉡ 수압이 클수록 물이 떨어진 위치까지의 길이가 길다. 따라서 (나)에서 측정한 L 보다 (다)에서 측정한 L' 가 더 길다.

㉢ 물보다 소금물의 밀도가 크므로 같은 깊이에서의 수압은 물보다 소금물일 때가 더 크다. 따라서 소금물을 넣고 실험하면 물을 넣었을 때보다 물이 더 먼 곳에 떨어진다.

02 정역학 평형

해수의 깊이에 따른 수압 차 때문에 생기는 힘(연직 수압 경도력)이 해수에 작용하는 중력과 평형을 이룬 상태를 정역학 평형이라고 한다. 정역학 평형 상태에서는 해수의 연직 방향 움직임은 없다.

㉠ (가)와 (나)는 모두 해수의 연직 방향 운동이 없으므로 연직 수압 경도력과 중력이 평형을 이루고 있는 정역학 평형 상태이다.

㉡ 해수의 깊이에 따른 수압 차는 (가)가 (나)보다 작으므로 깊이 $z_1 \sim z_2$ 의 해수 덩어리에 작용하는 연직 수압 경도력은 (가)가 (나)보다 작다. 또한 (가)와 (나)는 정역학 평형 상태이므로 해수에 작용하는 중력도 (가)가 (나)보다 작다.

㉢ 정역학 방정식은 $\Delta P = -\rho g \Delta z$ 이므로 깊이 차(Δz)가 같을 때 수압 차(ΔP)가 큰 해역이 밀도(ρ)도 크다. (나)보다 (가)에서 수압 차가 0.1기압 작으므로 해수의 밀도는 (가)가 (나)보다 작다.

03 전향력 실험

북반구에서 전향력은 운동 방향의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구에서 전향력은 운동 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.

㉠ 공의 궤적은 원반의 회전 방향과 반대 방향으로 나타난다. (가)에서 공의 궤적은 공을 굴린 방향에서 오른쪽으로 휘어졌으므로, 원반은 시계 반대 방향인 ㉠ 방향으로 회전하였다.

㉡ 원반의 회전 속도가 빠를수록 공이 휘어진 정도가 커진다. 따라서 원반의 회전 속도는 (가)보다 (나)가 빠르다.

㉢ 남반구에서 움직이는 물체는 운동 방향의 왼쪽 직각 방향으로 전향력을 받는다. (가)는 공의 궤적이 운동 방향의 오른쪽으로 휘어졌으므로 북반구, (나)는 공의 궤적이 운동 방향의 왼쪽으로 휘어졌으므로 남반구에서 움직이는 물체에 작용하는 전향력을 설명할 수 있다.

04 수압 경도력과 지형류

수평 방향 수압 경도력은 두 지점의 수압 차 때문에 발생한다.

㉠ 수평 방향 수압 차는 수심에는 관계없고 해수면의 경사와 비례한다. A와 B 지점 사이와 C와 D 지점 사이는 해수면 경사가 같으므로 A와 B 지점 사이의 수압 차와 C와 D 지점 사이의 수압 차는 $\rho g \Delta z$ (ρ : 밀도, g : 중력 가속도, Δz : 깊이 차)로 같다.

㉡ 연직 방향 수압 차(ΔP)는 깊이 차에 비례한다. A와 C 지점의 깊이 차와 B와 D 지점의 깊이 차가 같으므로 연직 방향의 수압 차도 같다.

㉢ 수평 방향 수압 경도력의 크기는 해수면의 경사와 비례한다. Δx 는 일정하고 Δz 가 커지면 해수면의 경사가 커지므로, 수평 방향 수압 경도력의 크기도 커진다.

05 해수에 작용하는 힘

전향력은 지구 자전에 의해 나타나는 가상의 힘으로 지구상에서 운동하는 물체에 작용한다. 지형류에 작용하는 힘에는 수압 경도력과 전향력이 있다.

㉠ 대부분의 표층 해류는 지형류이다. 지형류는 전향력과 수압 경도력이 평형을 이루어 흐르는 해류로, 해저면의 마찰력은 작용하지 않는다.

㉡ 전향력은 지구 자전에 의해 나타난다. 지구가 자전하지 않으면 물체가 운동해도 전향력이 나타나지 않는다.

㉢ 정역학 평형 상태에서는 중력과 연직 방향의 수압 경도력이 평형을 이룬다.

06 에크만 수송

북반구에서 바람이 지속적으로 불면 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 해수의 평균 이동이 나타난다. 이를 에크만 수송이라고 한다. 북반구의 에크만 나선에서 수심이 깊어짐에 따라 해수의 흐름 방향은 오른쪽으로 더 편향되고 유속은 느려진다.

㉠ 북반구에서 표면 해수는 전향력의 영향으로 바람 방향의 오른쪽으로 약 45° 편향되어 흐른다. 풍향이 북서풍이므로 표면 해수의 이동 방향은 북 → 남이다.

㉡ 에크만 수송의 방향이 남서쪽이므로 풍향은 에크만 수송의 왼쪽 90° 방향인 북서풍이다.

㉢ 해수의 이동 방향이 표면 해수의 이동 방향과 정반대가 되는

깊이를 마찰 저항 심도라고 한다. 표면 해수가 북 → 남으로 흐르므로 마찰 저항 심도에서 해수는 남 → 북으로 흐른다.

07 에크만 수송

에크만 수송은 북반구에서는 풍향의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구에서는 풍향의 왼쪽 직각 방향으로 일어난다.

㉠ 북동 무역풍에 의한 에크만 수송은 북서쪽, 남동 무역풍에 의한 에크만 수송은 남서쪽이다.

✕ 적도 부근 해역의 북반구에서는 북서쪽, 남반구에서는 남서쪽으로 해수가 이동하므로 적도의 해수면 높이는 주변보다 낮을 것이다. 따라서 해수면의 높이는 B 지점이 A 지점보다 낮다.

㉡ A 지점에는 북적도 해류가, C 지점에는 남적도 해류가 흐른다. 북적도 해류와 남적도 해류의 이동 방향은 동 → 서로 같다.

08 에크만 수송에 의한 용승과 침강

해안 지역에서 해안선과 나란하게 지속적인 바람이 불면 에크만 수송이 일어나고 해안 지역에 용승이나 침강이 발생한다.

㉠ 연안의 수온이 먼 바다보다 낮은 것으로 보아 B 지점에서는 연안 용승이 일어나고 있다는 것을 알 수 있다.

✕ 북반구에서 에크만 수송은 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로 일어난다. 에크만 수송이 B 지점에서 A 지점 방향으로 일어나므로 북풍 계열의 바람이 지속적으로 불었을 것이다.

㉡ 에크만 수송이 동 → 서로 일어나고 있으므로, 해수면의 높이는 A 지점이 B 지점보다 높다.

09 지형류

지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이룬 상태에서 흐르는 해류이다.

✕ 남반구에서 지형류는 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 흐르므로 해수면은 ㉠이 ㉡보다 높다.

✕ 수압 경도력은 해수면이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 작용한다. 따라서 A는 전향력, B는 수압 경도력이다.

㉢ 지형류의 유속은 위도가 낮을수록, 해수면의 경사가 급할수록 빠르다. 따라서 수압 경도력의 크기가 같을 경우 지형류의 유속은 30°S보다 10°S에서 더 빠르다.

10 지형류

지형류는 해수면 경사가 급할수록 빠르다.

㉠ 지형류는 북반구에서 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향, 남반구에서 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 흐른다. (가)와 (나)는 수압 경도력의 방향이 서 → 동이며, (가)는 북반구, (나)는 남반구에 위치하므로 지형류는 (가)에서는 북 → 남으로, (나)에서는 남 → 북으로 흐른다.

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

(가)는 (나)보다 ΔL 은 $\frac{1}{2}$ 배, Δz 는 2배, $\sin\varphi$ 값은 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 배이므로

(가)의 지형류의 유속은 (나)의 $4\sqrt{2}$ 배이다.

㉢ 수압 경도력의 크기는 전향력의 크기와 같다. 수압 경도력은 (가)에서가 (나)에서보다 4배 크므로 전향력의 크기도 (가)에서가 (나)에서보다 4배 크다.

11 수온의 연직 분포를 통한 지형류 해석

지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이룬 상태에서 흐르는 해류이다. 수온이 높을수록 해수의 부피가 증가하여 밀도가 작아진다.



㉠ 해수의 수온이 낮을수록 밀도가 커져서 해수면의 높이가 상대적으로 낮아진다. A의 수온이 C의 수온보다 낮으므로 해수면의 높이는 C가 더 높다.

✕ 지형류의 유속은 해수면의 경사가 클수록 빠르다. 해수면의 경사는 C보다 B에서 크므로 지형류의 유속은 B가 더 빠르다.

㉢ 지형류에서는 수압 경도력과 전향력의 방향이 반대이다. 해수면은 A보다 C가 높으므로 B의 해수에 작용하는 수압 경도력의 방향은 동쪽이고, 전향력의 방향은 서쪽이다.

12 서안 강화 현상

환류가 나타나는 해양에서 해수면이 가장 높은 위치는 환류의 중심에서 서쪽으로 치우쳐서 나타난다. 이를 서안 강화 현상이라고 한다.

㉠ A는 경사가 급하고 B는 경사가 완만하므로 해수에 작용하는 수압 경도력의 크기는 A가 더 크다.

㉢ A에서 해수면 경사의 방향은 서쪽이므로 수압 경도력은 서쪽, 전향력은 동쪽으로 작용한다.

㉢ 남반구에서는 무역풍에 의해 남적도 해류가 동쪽에서 서쪽으로 흐르고, 편서풍에 의해 남극 순환 해류가 서쪽에서 동쪽으로 흐른다. 그러므로 남반구에서 아열대 해역의 표층 순환은 시계 반대 방향으로 나타난다.

13 심해파의 물 입자 운동

심해파의 물 입자는 원운동을 한다. 수심이 깊어지면 원의 반지름이 작아지며, 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 이상인 곳에서는 원운동이 나타나지 않는다.

㉠ (가)는 평균 해수면보다 물 입자가 낮게 있는 것으로 보아 골

에 위치한다. 골에서 물 입자의 운동 방향은 해파의 진행 방향과 반대이다.

㉠. (나)는 물 입자의 오른쪽에 마루가, 왼쪽에 골이 위치하므로 마루에서 골로 가는 도중의 모습이다. (다)는 물 입자의 왼쪽에 마루가, 오른쪽에 골이 위치하므로 골에서 마루로 가는 도중의 모습이다. (가)는 골의 모습이므로 (가) → (다)가 나타난다.

✕. 물 입자는 원운동을 하면서 제자리에 위치한다. 해파는 파동으로 에너지만 이동하고 입자가 같이 이동하지 않는다.

14 풍랑과 너울

바람 때문에 해수면이 거칠어지면서 마루가 뾰족하게 된 해파를 풍랑이라 하고, 풍랑이 바람이 부는 영역을 벗어나 마루가 둥글게 변한 해파를 너울이라고 한다. 너울이 해안에 가까워져 수심이 얇아지면 파고가 높아진다 부서지는데 이를 연안 쇄파라고 한다.

㉠. 마루가 뾰족한 (가)가 풍랑, 마루가 둥근 (나)가 너울이다. 바람에 의해 에너지를 얻고 있는 해파는 풍랑이다.

㉡. 풍랑의 파장은 수~수십 m이고, 너울의 파장은 수십~수백 m이다.

✕. 너울이 연안에 가까워지면 연안 쇄파가 된다.

15 천해파와 심해파

(가)는 물 입자가 원운동을 하며 수심이 깊어질수록 원이 작아지는 것으로 보아 심해파이고, (나)는 물 입자가 수심이 깊어질수록 더 납작한 타원 운동을 하는 것으로 보아 천해파이다.

✕. 천해파와 심해파 모두 해파의 이동 방향은 마루에서의 물 입자의 회전 방향과 같다. 따라서 (가)와 (나) 모두 해파의 이동 방향은 북쪽이다.

㉠. 천해파의 속도는 \sqrt{gh} (g : 중력 가속도, h : 수심)이고, 심해파의 속도는 $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ (L : 파장)이다. (가)에서 해파의 파장은 20 m이므로 해파의 속도는 $\sqrt{\frac{10g}{\pi}}$ m/s이고, (나)에서 수심은 1 m 이하므로 해파의 속도는 \sqrt{g} m/s보다 작다. $\pi \approx 3.14$ 이므로 $\sqrt{\frac{10g}{\pi}} > \sqrt{g}$ 이다. 따라서 (가)의 해파 속도가 더 빠르다.

✕. 심해파의 경우 수심은 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊고, 천해파의 경우 수심은 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇다. 해파의 파장이 20 m이므로 (가) 해역의 수심은 10 m 이상이고, (나) 해역의 수심은 1 m 이하이다.

16 심해파

심해파의 속도는 $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ (g : 중력 가속도, L : 파장)이며, 표면의 물 입자는 원운동을 한다. 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서는 수심

이 깊어질수록 원운동의 반지름이 작아진다.

㉠. 심해파는 파장이 길수록 속도가 빨라지며, 천해파의 속도는 파장과는 관계없고 수심이 깊을수록 빨라진다. 따라서 이 해파는 심해파이다.

㉡. 해파의 주기는 $\frac{\text{파장}}{\text{속도}}$ 이다. 파장이 400 m일 때, 속도가 25 m/s

이므로 해파의 주기는 16초이다.

✕. 심해파는 해저면의 영향을 받지 않으므로 물 입자는 원운동을 한다. 해저면의 영향을 받는 해파는 천이파나 천해파이다.

17 해파의 작용

천해파가 해안으로 접근할 때 만보다는 곳 부분의 수심이 먼저 얇아지므로 해파의 속도는 만 부분에서 빠르고 곳 부분에서 느려져서 해파의 굴절이 일어난다.

㉠. A 지점은 주변보다 수심이 얇은 곳이다. 마루선의 이동 속도가 느려진 것으로 보아 해저면 마찰의 영향을 받고 있다는 것을 알 수 있다. 해파의 파장이 360 m보다 약간 짧아졌고, A 지점의 수심은 약 160~170 m이므로 A 지점을 통과하는 해파는 천이파이다.

✕. 수심이 얇아질수록 파장은 짧아지고 파고는 높아진다. A 지점보다 B 지점의 수심이 얇으므로 파고는 A 지점보다 B 지점에서 높다.

✕. 해파의 에너지는 곳 부분으로 집중되므로 곳에 위치한 C 지점이 받는 해파 에너지가 만에 위치한 D 지점이 받는 해파 에너지보다 크다.

18 심해파와 천해파

해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서는 심해파이고, 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 곳에서는 천해파이다.

㉠. 심해파는 연안으로 진행하면서 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 인 깊이까지는 심해파로 진행하고, $\frac{1}{2}$ 보다 얇은 해역에서는 천이파로 변한다.

✕. 심해파는 천이파 구간에서 바닥으로 인해 물 입자 운동이 방해를 받아 파장이 짧아지고 파고가 높아진다. 해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 구간에서 천해파가 되지만 심해파가 천이파 구간에서 파장이 L 보다 짧아졌으므로 천해파 시작 지점의 깊이 h_2 는 $\frac{L}{20}$ 보다 얇다.

㉡. A에서 해파의 속도는 $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ 이다. 심해파가 천이파 구간에서는 파장이 짧아지고 수심이 얇아지므로 속도는 점점 느려지고, 천해파 구간에서는 수심이 얇아지면서 속도가 더 느려진다. 따라서 해파의 속도는 A에서가 B에서보다 빠르다.

19 폭풍 해일

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

✗. (나)에서 조석 주기가 약 12시간 25분으로 반일주조가 나타나는 것을 알 수 있다.

○. 평상시보다 5일에 해수면 높이가 크게 상승한 것으로 보아 5일 9시~12시경에 태풍의 영향을 받아 폭풍 해일이 발생했음을 알 수 있다.

○. 5일 9시 무렵 A 지역의 만조와 태풍 상륙 시기가 겹쳐 해수면의 높이는 평상시보다 약 100 cm 상승하였다.

20 지진 해일

지진 해일은 평균 파장이 수백 km로 수심에 비해 파장이 매우 길어서 천해파의 특성을 가진다.

✗. 지진 해일은 해파의 파장이 보통 수백 km로 매우 길기 때문에 모든 해역에서 천해파이다.

○. 천해파의 속도(v)는 수심(h)이 얇아수록 느리다. A 지점의 수심이 B 지점보다 얕으므로 해파의 속도는 A 지점이 B 지점보다 느리다.

○. 천해파는 연안으로 접근하며 수심이 얕아져 속도가 느려지고 파의 주기가 변하지 않으므로 파장이 짧아진다.

21 달의 기조력

달의 기조력은 달과의 만유인력과 지구와 달의 공통 질량 중심을 회전함에 따라 생기는 원심력의 합력으로, 지구 중심을 제외한 모든 지역에서 나타난다.

○. 달의 만유인력과 지구와 달의 공통 질량 중심을 회전함에 따라 생기는 원심력의 합력은 기조력이다.

○. 지구 중심에서 A와 B의 크기는 같다. 원심력의 크기는 지구의 모든 장소에서 같고, ㉠ 지점은 지구 중심보다 달까지의 거리가 멀기 때문에 달의 인력은 지구 중심보다 더 작다. 그러므로 ㉠ 지점에서 A의 크기가 B의 크기보다 크다.

○. ㉠ 지점에서 기조력의 방향은 지구 중심 방향이다. ㉠ 지점 주변의 해수는 달과 달의 반대편으로 기조력을 받아 이동하므로 ㉠ 지점에서는 간조가 나타난다.

22 위도에 따른 조석 현상

지구의 적도면과 달의 공전 궤도면이 일치하지 않으므로 조석에 의한 해수면 변화는 위도에 따라 다르게 나타난다.

✗. A, B, C 각 지점에서는 하루 동안 원심력은 일정하지만 자전하면서 달과의 거리가 변하므로 기조력의 크기는 달라진다.

○. (나)는 일주조가 일어나고 있으므로 조석 주기는 약 24시간 50분이다.

○. A는 일주조, B는 혼합조, C는 반일주조가 나타나는 지역이다. (나)는 일주조의 모습이므로 A의 해수면 높이 변화이다.

23 사리와 조금

지구는 태양과 달에 의한 기조력의 영향을 받는다. 달이 A와 C에 위치할 때는 사리(대조)가, 달이 B에 위치할 때는 조금(소조)이 나타난다.

✗. 달은 태양보다 질량이 작지만 지구와의 거리가 가까우므로 태양보다 기조력이 약 2배 크다. 따라서 지구의 해수면 높이 변화에 미치는 영향은 달이 태양보다 더 크다.

○. 만조와 간조의 해수면 높이 차는 사리일 때가 조금일 때보다 크다. 달이 A에 위치할 때 사리(대조), B에 위치할 때 조금(소조)이 나타난다.

✗. 달이 C에 위치할 때, 우리나라는 자정 무렵과 자정에서 12시간 25분이 지난 후(정오 무렵)에 만조가 나타난다. 해 뜰 무렵과 해 질 무렵에는 간조가 나타난다.

24 조석

조석은 천체와의 인력과 천체와의 공통 질량 중심을 회전함에 따라 생기는 원심력에 의해 일어난다. 이 두 힘의 합력을 기조력이라고 하며, 기조력의 방향을 따라 해수가 이동한다. 조석 간만의 차가 가장 클 때를 사리(대조), 가장 작을 때를 조금(소조)이라고 한다.

○. 이날은 달의 위상이 망이므로 사리가 나타난다. 일주일 후에는 달의 위상이 하현으로 조금이 나타난다. 조석 간만의 차는 사리일 때가 조금일 때보다 크다.

✗. 태양보다 달에 의한 기조력이 약 2배 크다.

✗. 그림을 보면 B 지역은 고위도에 위치하므로 지구가 자전하는 동안 일주조가 나타나는 것을 알 수 있다. 조석이 나타나지 않는 지점은 북극점과 남극점이다.

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

01 밀도 차에 의한 해수의 흐름

A와 B에서 수압은 각각의 해수의 높이에 비례하고, 해수는 수압이 높은 곳에서 수압이 낮은 곳으로 이동한다.

㉠ 칸막이에서 B의 수면까지의 높이를 h 라고 할 때, 해수가 움직이지 않았으므로 칸막이 양옆의 수압은 같다. 따라서 $\rho_1 g(h + \Delta h) = \rho_2 g h$ 가 성립하므로, $\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{h + \Delta h}{h} > 1$ 로부터 $\rho_2 > \rho_1$ 이다.

㉡ 칸막이에서 B 수면까지의 높이를 h 라고 하면, $\Delta h = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1\right) \times h$ 이다.

㉢ 관의 폭과 수압은 관계가 없다. 따라서 Δx 의 크기가 달라져도 수압에는 변화가 없어 해수는 이동하지 않는다.

02 정역학 평형

㉠은 연직 수압 정도력이고, ㉡은 중력이다.

㉢ 깊이 102 m ~ 103 m에 있는 해수의 질량은 '부피 × 밀도'로 구할 수 있으므로 1020 kg이다. 중력은 '질량 × 중력 가속도'이므로 ㉡은 $1.02 \times 10^4 \text{ N}$ (∵ $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$)이다. 정역학 평형 상태에서 ㉠과 ㉡의 크기는 같으므로 ㉠의 크기도 $1.02 \times 10^4 \text{ N}$ 이다.

㉣ 정역학 평형 상태이므로 수괴에 작용하는 연직 수압 정도력(㉠)과 중력(㉡)의 크기는 같다.

㉤ $\Delta P = -\rho g \Delta z$ (Δz : 깊이 차)이므로, $\Delta P = 1020 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ m} = 1.02 \times 10^4 \text{ kg/m/s}^2 = 1.02 \times 10^4 \text{ Pa}$ (∵ $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$) = $1.02 \times 10^2 \text{ hPa}$ (∵ $1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$)이다.

03 전향력

전향력은 지구가 서 → 동으로 공전하기 때문에 나타나는 겉보기 힘이다.

㉡ B는 적도에 위치한 지역이므로 지구와 마찬가지로 전향력의 크기가 0이다. 그러므로 A, B, C에서 운동하는 물체에 작용하는 전향력의 크기는 같지 않다.

㉣ 천체는 고위도로 갈수록 자전 선속도가 느려진다. 물체가 고위도로 운동할 때 반구가 운동 방향의 왼쪽에서 오른쪽으로 회전하면 전향력은 오른쪽 직각 방향으로 작용하고, 반구가 운동 방향의 오른쪽에서 왼쪽으로 회전하면 전향력은 왼쪽 직각 방향으로 작용한다. 그러므로 A와 D는 전향력이 운동 방향의 왼쪽 직각

방향으로, C와 E는 전향력이 운동 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용한다.

㉤ 전향력의 크기는 $2mv\Omega \sin\phi$ (m : 물체의 질량, v : 물체의 속력, Ω : 자전 각속도, ϕ : 위도)이다. A와 E에서 m, v, ϕ 는 같다. 금성의 자전 주기는 천왕성의 360배이므로 자전 각속도는 천왕성이 금성의 360배이다. 따라서 E에서 물체에 작용하는 전향력의 크기는 A보다 360배 크다.

04 에크만 나선

남반구에서 해수면 위에서 바람이 일정한 방향으로 계속 불면 표면 해수는 풍향의 왼쪽으로 약 45° 편향되어 흐른다.

㉡ 에크만 나선의 방향으로 보아 이 지역은 남반구이다. 그러므로 바람은 표면 해수 이동 방향(A)의 오른쪽 45°에서 분다. 풍향은 남동풍이다.

㉣ 마찰 저항 심도는 표면 해수의 이동 방향과 반대 방향으로 해수 흐름이 나타나는 깊이이므로 B가 나타나는 깊이와 같다.

㉤ 남반구에서 에크만 수송의 방향은 풍향의 왼쪽 직각 방향이다. 남동풍이 불고 있으므로 에크만 수송 방향은 정남쪽인 D 방향이 아니라 남서쪽인 E 방향이다.

05 북반구의 에크만 수송과 환류

북반구에서 마찰층 내 해수의 평균적인 이동은 북반구 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로 나타나는데, 이를 에크만 수송이라고 한다.

㉡ 0° ~ 30°N에서는 무역풍, 30°N ~ 60°N에서는 편서풍, 60°N ~ 90°N에서는 극동풍이 분다. 무역풍은 동풍 계열, 편서풍은 서풍 계열의 바람이므로 (-)는 동풍, (+)는 서풍이다.

㉢ 에크만 수송은 0° ~ 30°N에서는 북쪽, 30°N ~ 60°N에서는 남쪽, 60°N ~ 90°N에서는 북쪽으로 일어나므로 30°N 해역에서는 해수의 수렴이, 60°N 해역에서는 해수의 발산이 일어나 해수면의 평균 높이는 B 해역이 A 해역보다 더 높을 것이다.

㉣ 에크만 수송은 0° ~ 30°N에서는 북쪽, 30°N ~ 60°N에서는 남쪽, 60°N ~ 90°N에서는 북쪽으로 일어난다.

06 지형류 평형

수압 정도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하며, 크기는 수압 차에 비례하고 거리에 반비례한다. 지형류는 수압 정도력과 전향력이 평형을 이룬 상태에서 흐르는 해류이다.

㉡ A 지점과 B 지점에서 수평 방향 수압 정도력의 크기는 같으므로 전향력의 크기도 같다.

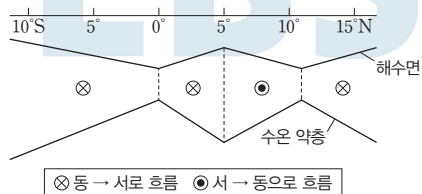
㉣ 해저면에서 수평 방향의 수압 차가 없다면 해저면의 서쪽 지점과 동쪽 지점의 수압은 같아야 한다. 정역학 방정식($\Delta P = -\rho g \Delta z$)을 이용하여 h 를 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \rho_1 g \cdot (h + 51 \text{ m}) &= \rho_2 g \cdot 51 \text{ m} \\ 1.02 \text{ g/cm}^3 \cdot (h + 51 \text{ m}) &= 1.03 \text{ g/cm}^3 \cdot 51 \text{ m} \\ h &= \frac{1}{2} \text{ m} \end{aligned}$$

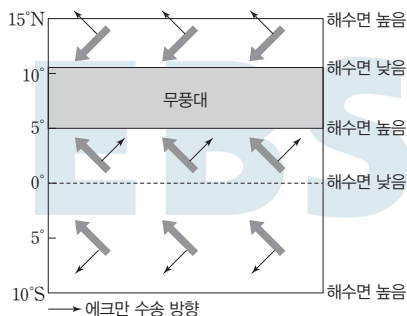
㉔ 지형류의 유속(v)은 $v = \frac{1}{2\Omega \sin\phi} \cdot g \frac{\Delta z}{\Delta x}$ 이므로,
 $v = \frac{10 \text{ m/s}^2}{2 \times 7 \times 10^{-5} \text{ s} \times \sin 30^\circ} \cdot \frac{0.5 \text{ m}}{200 \text{ km}} = \frac{5}{14} \text{ m/s}$ 이다. 따라서
 지형류의 유속은 약 $0.357 \text{ m/s} = 35.7 \text{ cm/s}$ 이다.

07 지형류 평형

에크만 수송은 북반구에서는 풍향의 오른쪽 직각 방향, 남반구에서는 풍향의 왼쪽 직각 방향으로 일어난다. 에크만 수송으로 만들어진 해수면 경사와 지형류의 방향은 그림과 같다.



㉕ 북반구에서 에크만 수송은 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 일어난다. $0^\circ \sim 5^\circ \text{N}$ 에는 남동풍이 불고 있으므로 해수는 북동쪽으로 이동하여 적도보다 5°N 의 해수면이 더 높다.



㉖ A 해역에서 해수면은 북쪽이 높으므로 수압 경도력은 남쪽으로 작용한다. 북반구에서 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 동 → 서로 흐른다. C 해역에서 해수면은 남쪽이 높으므로 수압 경도력은 북쪽으로 작용한다. 남반구에서 지형류는 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 흐르므로 동 → 서로 흐른다.

㉗ 해수면의 경사 방향과 수온 약층의 경사 방향은 반대이다. B 해역에서 해수면은 남쪽으로 갈수록 높아지므로 수온 약층이 시작되는 깊이는 북쪽으로 갈수록 얕아진다.

08 서안 강화 현상

서안 강화 현상은 고위도로 갈수록 전향력의 크기가 커져서 발생하는 현상이다.

㉘ 서태평양의 해수면 높이는 약 $50 \sim 100 \text{ cm}$ 이고, 서대서양의 해수면 높이는 약 $20 \sim 50 \text{ cm}$ 이다. 따라서 해수면의 평균 높이는 서태평양이 서대서양보다 높다.

㉙ A는 적도에 위치한 지점으로 적도에서는 전향력이 0이므로

수압 경도력과 전향력은 평형을 이루지 않는다.

㉚ B와 C는 남반구에 위치하고 해수면 경사가 같은 방향이므로 지형류의 방향도 서쪽에서 동쪽으로 같다.

09 바람과 수온에 의한 해수면 경사

바람이 지속적으로 불면 에크만 수송에 의해 해수면 경사가 생기고, 수온의 차이가 생기면 따뜻한 해수는 팽창하고 찬 해수는 수축하여 해수면 경사가 생긴다.

㉛ (가)에서 수압 경도력의 방향은 서 → 동이다. 북반구에서 지형류는 수압 경도력 방향의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 지형류는 남쪽으로 흐른다.

㉜ 수압 경도력은 해수면 경사에 비례한다. (가)가 (나)보다 해수면 경사가 급하므로 수압 경도력은 (가)가 더 크다.

㉝ 지형류의 유속(v)은 해수면 경사에 비례하고, 저위도일수록 빠르다. (가)의 지형류 유속은 (나)의 지형류 유속과 같으므로

$$\frac{1}{2\Omega \sin\phi_{(가)}} \cdot g \frac{3h}{L} = \frac{1}{2\Omega \sin\phi_{(나)}} \cdot g \frac{2h}{L} \text{로부터}$$

$2\sin\phi_{(가)} = 3\sin\phi_{(나)}$ 이다. 따라서 (가)의 위도($\phi_{(가)}$)가 (나)의 위도($\phi_{(나)}$)보다 높다.

10 서안 강화 현상

고위도로 갈수록 전향력이 커지기 때문에 순환의 중심이 서쪽으로 치우치면서 대양의 서쪽 연안을 따라 흐르는 해류의 흐름이 강해지는 현상을 서안 강화 현상이라고 한다.

㉞ (가)는 남반구의 아열대 순환이다. 남반구이므로 A보다 B의 위도가 높다. 하지만 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루고 있는 상태이므로 수압 경도력이 같다면 전향력의 크기도 같다. 따라서 해수면의 경사가 A와 B에서 같기 때문에 두 지점에서의 전향력 또한 같다.

㉟ ㉕은 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 해류가 흐르므로 북반구, ㉖은 수압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 해류가 흐르므로 남반구이다. (가)는 남반구의 아열대 순환 모습이므로 A에서는 ㉕과 같은 수압 경도력이 작용한다.

㊱ 지구가 자전하지 않는다면 전향력이 생기지 않으므로 해류는 수압 경도력의 방향으로 흐른다.

11 지형류의 특징

수평 방향의 수온 차에 의해 밀도 차가 생기며 이로 인해 해수면의 경사가 생겨 지형류가 형성된다.

㉒ 지형류가 나타나는 깊이가 약 1000 m 까지이므로 서안 경계류를 알 수 있다. 동안 경계류는 깊이가 500 m 이내로 얕다.

㉓ 해수면은 A 지점이 낮고, B 지점이 높으므로 A-B 구간에서 수압 경도력은 서쪽으로 작용한다. 북반구에서 지형류는 수압 경도력 방향의 오른쪽 90° 방향으로 흐르므로 지형류는 북쪽 방향으로 흐른다.

✕. A-B 구간에서 수심 500 m가 수심 1000 m보다 수은 차이가 크다. 따라서 A 지점과 B 지점의 밀도 차이는 수심 500 m에서 수심 1000 m에서보다 크다.

12 지형류

해수면 경사와 밀도 경계층 경사가 반대 방향이면 하층에서 수압 차가 줄어들고, 해수면 경사와 밀도 경계층 경사가 같은 방향이면 하층에서 수압 차가 증가한다.

㉠. 중력 가속도가 일정하므로 수평 수압 경도력은 해수면 경사와 비례한다. (가)와 (나)의 해수면 경사가 같으므로 A와 C에서 수평 수압 경도력의 크기도 같다.

✕. (나)의 깊이 z_3 에서 양쪽 끝 지점의 수압은 각각 $\rho_1gh + \rho_2g(z_3 - z_2)$ 와 $\rho_1g(z_3 - z_2)$ 로 그 차이는 0이 될 수 없다.

㉡. (가)의 깊이 z_3 에서 양쪽 끝 지점의 수압 차는 $\rho_1gh + \rho_1g(z_3 - z_2) - \rho_2g(z_3 - z_2)$ 이며, (나)의 깊이 z_3 에서 양쪽 끝 지점의 수압 차는 $\rho_1gh + \rho_2g(z_3 - z_2) - \rho_1g(z_3 - z_2)$ 이므로, (나)에서가 (가)에서보다 크다. 따라서 양쪽 끝 지점의 수압 차는 D가 B보다 크므로 D에서 지형류의 유속이 빠르다.

13 해파의 모양에 따른 분류

풍랑은 바람에 의해 직접 형성되며 마루가 뾰족한 해파이고, 너울은 풍랑이 발생지에서 벗어난 곳에서 마루가 둥글게 규칙적으로 변한 해파이다. 해파가 해안으로 접근하면 파고가 높아지다 부서지는 연안 쇄파가 나타난다.

㉠. A 구간에는 풍랑, B 구간에는 너울이 존재한다. 풍랑에서 너울로 변하면서 파장과 주기가 길어지므로 A 구간보다 B 구간의 해파 주기가 길다.

㉡. C는 천해파의 성질을 갖는 구간이다. C 구간에는 마루가 둥근 해파와 파고가 높아지다 부서지는 해파가 같이 존재한다.

㉢. 해파의 전파 속도는 $\frac{\text{파장}}{\text{주기}}$ 으로 나타난다. ㉠은 심해파이므로

전파 속도는 $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ (g : 중력 가속도, L : 파장)이다. 따라서 $\frac{L}{\text{주기}} =$

$\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ 이므로, $\text{주기} = \sqrt{\frac{2\pi L}{g}} = \sqrt{\frac{2\pi \times 20 \text{ m}}{10 \text{ m/s}^2}} = 2\sqrt{\pi}$ 초이다.

14 해파 발생 실험

심해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 해역에서 진행되는 해파로, 심해파의 속도는 파장이 길수록 빠르다. 수심이 파장 60 cm의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊으므로 해파는 심해파의 성질을 갖고 진행하다 수심이 30 cm가 되는 지점에서 천이파로 변한다.

✕. 파장이 60 cm이므로 수심이 30 cm가 되는 지점에서 천이파로 변한다. 그러므로 2 m보다 조금 더 진행한 후에 천이파로 변

한다.

✕. 해파는 진행하다 천이파로 변한다. 천이파는 바닥의 마찰력의 영향을 받기 때문에 파장이 줄어든다. 그러므로 파장은 60 cm보다 작을 것이다.

㉢. 심해파의 속도는 파장의 제곱근에 비례한다. 파장이 30 cm로 절반으로 줄면 속도가 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 배가 되어 해파 도달 시간은 길어질 것이다.

15 천해파와 심해파

수심이 파장의 $\frac{1}{20}$ 보다 얇은 해파는 천해파이고, 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 해파는 심해파이다. 천해파의 속도는 \sqrt{gh} (g : 중력 가속도, h : 수심), 심해파의 속도는 $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ (L : 파장)이다. 심해파의 속도는 파장의 제곱근에 비례하고, 천해파의 속도는 수심의 제곱근에 비례한다.

㉠. ㉠은 수심이 다른 A와 B 지점에서도 속도가 일정한 것으로 보아 심해파이다.

㉡. 천해파의 속도는 \sqrt{gh} 이다. A의 수심은 10 m이므로 천해파의 속도는 $\sqrt{98}$ m/s로 10 m/s보다 작다.

㉢. ㉠은 수심 10 m에서 심해파이므로 파장이 20 m보다 짧아야 한다. ㉡은 수심 20 m에서 천해파이므로 파장이 400 m보다 길어야 한다. 따라서 $\frac{\text{㉠의 파장}}{\text{㉡의 파장}} < \frac{1}{20}$ 이다.

16 심해파와 천해파

심해파의 속도는 $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ (g : 중력 가속도, L : 파장)이고, 천해파의 속도는 \sqrt{gh} (h : 수심)이다.

㉠. A와 B에서 파장이 $2L$ 보다 긴 해파는 파장에 관계없이 속도가 일정하므로 천해파이다. 천해파의 전파 속도 v 는 \sqrt{gh} 이다. 따라서 $\frac{A \text{의 수심}}{B \text{의 수심}} = \frac{(v_1)^2/g}{(v_2)^2/g} = \frac{(v_1)^2}{(v_2)^2}$ 이다.

㉡. 주기는 $\frac{\text{파장}}{\text{전파 속도}}$ 이다. ㉠과 ㉡은 전파 속도가 같고 파장은 ㉡이 ㉠의 2배이므로 주기도 ㉡이 ㉠의 2배이다.

㉢. A의 수심(h)은 $\frac{(v_1)^2}{g}$ 이다. ㉡은 천이파와 천해파의 경계에 위치하므로 수심(h)은 파장($2L$)의 $\frac{1}{20}$ 이다. 따라서 L 은 $\frac{10 \times (v_1)^2}{g}$ 이다.

17 해파의 굴절

해파는 심해파일 때 원래의 마루선이 변화 없이 전파되지만, 천이파나 천해파에서는 해저면 마찰의 영향을 받아 수심이 얕아질수

록 속도가 느려지면서 해파의 굴절이 일어난다.

㉠ 해파는 수심이 파장의 $\frac{1}{2}$ 보다 깊은 곳에서는 심해파이다. 파장이 200 m이므로 수심 100 m까지는 심해파, 수심 100 m ~ 50 m 사이에서는 천이파이다. A와 B 지점은 수심이 100 m보다 깊으므로 심해파이고, 심해파의 속도는 파장에 비례하므로 A와 B 지점에서 해파의 속도는 같다.

㉡ C 지점에서 해파는 천이파로, 해저면 마찰의 영향을 받는다.
 ㉢ 해파가 해안에 접근하면서 천이파로 변하면 해저면 마찰의 영향을 받아 속도가 느려지면서 점점 등수심선과 나란하게 마루선이 진행하게 된다. 그러므로 해파가 해안에 접근할 때 마루선의 모습은 수심 100 m부터 속도가 느려져 등수심선과 나란해지기 시작하는 ㉠이다. ㉡은 해파의 속도가 수심 100 m부터 점점 빨라질 때의 모습이다.

18 조석과 폭풍 해일

해수면이 높아지는 만조 때 강한 온대 저기압이나 태풍 등이 겹치면 해수면의 높이가 높아져 방파제를 넘어 해안 지역에 피해를 줄 수 있다.

✕. 이웃하는 만조의 높이가 같고, 조석 주기가 약 12시간 25분 정도로 일정한 것으로 보아 이 지역은 반일주조가 나타난다.

㉠ 기압이 낮아지면 해수면의 높이가 높아진다. ㉠ 시기에 해수면의 높이가 30 cm 높아진 것으로 보아 이 시기에 저기압이 위치했음을 알 수 있다.

㉡ 정역학 평형 방정식은 $\Delta P = -\rho g \Delta z$ 이다.

$$\begin{aligned} \Delta P &= 1.03 \text{ g/cm}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 30 \text{ cm} \\ &= 1030 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0.3 \text{ m} \\ &= 3090 \text{ kg/m/s}^2 \\ &= 3090 \text{ N/m}^2 \\ &= 30.9 \text{ hPa} \end{aligned}$$

19 지진 해일

지진 해일은 파장이 수백 km로 수심에 비해 매우 길어 천해파의 특성을 가진다. 천해파의 속도는 수심의 제곱근에 비례한다.

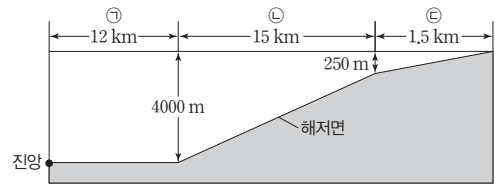
㉠ 30초가 지났을 때 지진 해일의 속도는 200 m/s이다. 천해파의 속도는 \sqrt{gh} (h : 수심)이므로, $200 \text{ m/s} = \sqrt{10 \text{ m/s}^2 \times h}$ 로부터 h 는 4 km이다.

㉡ 시간-속도 그래프에서 이동 거리는 그래프의 밑면적과 같다. 그러므로 ㉡ 구간 동안 지진 해일이 이동한 거리는 15 km이고

㉢ 구간 동안 지진 해일이 이동한 거리는 1.5 km이다. 3분이 지났을 때 지진 해일의 속도가 50 m/s이므로 수심은 250 m이다.

그러므로 ㉠ 구간의 해저면 경사(기울기)는 $0.25 \left(= \frac{3750 \text{ m}}{15 \text{ km}} \right)$ 이

고, ㉡ 구간의 해저면 경사는 약 $0.17 \left(\approx \frac{250 \text{ m}}{1.5 \text{ km}} \right)$ 이다.



㉢ ㉠ 구간의 이동 거리가 12 km, ㉡ 구간의 이동 거리가 15 km, ㉢ 구간의 이동 거리가 1.5 km이므로 진앙에서 해안까지의 수평 거리(A)는 28.5 km이다.

20 기조력과 조석

기조력은 천체의 질량에 비례하고 천체와의 거리의 세제곱에 반비례한다.

㉠ 달의 기조력을 태양의 기조력으로 나누면 다음과 같다.

$$\frac{\text{달의 기조력}}{\text{태양의 기조력}} = \frac{\frac{\text{달의 질량}}{(\text{달까지의 거리})^3}}{\frac{\text{태양의 질량}}{(\text{태양까지의 거리})^3}} = \frac{(400)^3}{2.7 \times 10^7} \approx 2.37$$

따라서 달의 기조력은 태양 기조력의 약 2.37배만큼 크다.

㉡ 지구를 기준으로 태양과 달이 이루는 각도가 90° 이므로 이날 달의 위상은 하현이다. 달의 위상이 하현일 때 지구에는 조금이 나타난다.

㉢ 달에서 B 지점까지의 거리가 달에서 A 지점까지의 거리보다 짧으므로 달의 인력은 B 지점에서가 A 지점에서보다 크다.

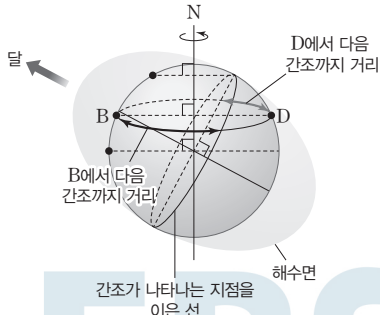
21 조석의 양상

일주조는 하루에 만조와 간조가 한 번씩만 일어나 조석 주기가 약 24시간 50분이며, 혼합조는 하루에 만조와 간조가 약 두 번씩 일어나고 연속되는 두 만조나 간조 사이의 수위와 시간 간격이 다르다. 반일주조는 하루에 만조와 간조가 약 두 번씩 일어나고 조차가 비슷하며 조석 주기가 약 12시간 25분이다. A는 일주조, B는 혼합조, C는 반일주조가 나타나는 지점이다.

✕. A는 일주조가 나타나는 지점이므로 조석 주기는 약 24시간 50분이다.

㉠ (나)는 하루 약 두 번의 만조와 간조가 나타나고 연속되어 나타나는 만조의 높이가 같으므로 반일주조이다. A, B, C 중 반일주조가 나타나는 지점은 C이다.

㉡ 해수면이 가장 낮은 두 지점을 이은 선은 간조가 나타나는 지점을 이은 것이다. B에서 간조가 나타나는 선까지의 거리가 D에서 간조가 나타나는 선까지의 거리보다 길므로 B에서 다음 간조까지 걸리는 시간은 D에서 다음 간조까지 걸리는 시간보다 길다.



22 조석

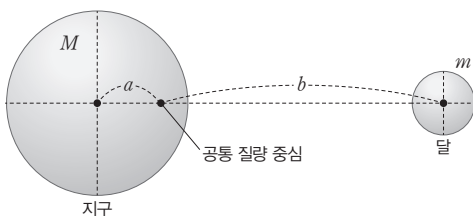
조차가 가장 클 때를 사리(대조)라 하고, 조차가 가장 작을 때를 조금(소조)이라고 한다. 사리는 망과 삭일 때, 조금은 상현과 하현 일 때 나타난다. 기조력은 천체의 질량에 비례하고 천체까지의 거리의 세제곱에 반비례한다.

- ㉠ 서해안은 조석 간만의 차가 5~9 m 정도로 커서 조력 발전이 가능한 정도이고, 동해안은 조석 간만의 차가 수십 cm 정도로 작다. (가)에서 해수면의 높이 변화가 클 때는 7~8 m에 이르므로 서해안의 자료임을 알 수 있다.
- ㉡ a는 사리에 가깝고, b는 조금에 가깝다. 사리일 때가 조금일 때보다 만조와 간조 때 해수면의 높이 차가 크다.
- ㉢ a~c는 사리에서 다음 사리까지의 시간이므로 약 15일이다.

23 달의 기조력

A는 달과 지구의 공통 질량 중심을 회전함에 따라 생기는 원심력, B는 달의 인력이다. A와 B의 합력이 달의 기조력이다.

- ㉠ 공통 질량 중심을 회전함에 따라 생기는 원심력은 지표면 모든 지점에서 같게 나타난다.
- ㉡ ㉠과 ㉡ 지점에서 A와 B의 합력의 크기는 같다. 만조와 다음 만조의 해수면 높이가 다르게 나타나는 까닭은 달의 공전 궤도면이 지구의 적도와 나란하지 않기 때문이다.
- ㉢ 지구의 질량을 M , 달의 질량을 m , 지구 중심에서 공통 질량 중심까지의 거리를 a , 공통 질량 중심에서 달 중심까지의 거리를 b 라고 하면 $Ma = mb$ 가 성립한다. 달이 멀어져서 $(a+b)$ 가 증가하면 a 와 b 도 각각 증가해야 하므로 지구 중심에서 공통 질량 중심까지의 거리는 멀어진다.



24 조석 양상과 조석 주기

행성과 위성의 공전 궤도면이 일치하면 북극과 남극을 제외한 모든 지역에서 반일주조가 나타난다.

- ㉠ 위성 a가 행성 A의 적도면과 나란하게 위치하므로 위성 a 방향에 위치한 적도의 지점과 반대편 지점에 물이 가장 높게 존재한다. 그러므로 조석 간만의 차는 적도에서 가장 크고 고위도로 갈수록 작아진다.
- ㉡ 위성 a의 공전 궤도면이 행성의 자전축에 수직하므로 북극과 남극을 제외한 모든 지역에서 반일주조가 나타난다.
- ㉢ 위성 a의 공전 주기는 20일이므로 1일에 18°씩 행성 A 주위를 공전한다. 위성 a가 망의 위치에 있을 때 행성 A의 만조인 지점은 위성 a가 공전하지 않을 경우 0.5일만 자전하면 다시 만조가 되지만, 위성 a가 0.5일 동안 행성 A의 자전 방향과 같은 방향으로 9°를 더 공전하므로 그 각도에 해당하는 시간만큼 더 자전해야 다시 만조가 된다. 행성 A의 1일은 24시간이므로 1시간에 15° 자전하며, 행성 A가 9° 더 자전하려면 약 36분이 걸린다. 따라서 적도에 위치한 지점에서 조석 주기는 약 12시간 36분이 된다.

06 대기 안정도

수능 2점 테스트

본문 114~115쪽

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

01 단열 변화

단열 변화는 공기 덩어리가 상승 또는 하강할 때 외부와의 열 교환이 없이 부피가 팽창하거나 압축되어 공기 덩어리의 내부 온도가 변하는 현상이다.

- ㉠ 대기권에서 대기의 밀도는 고도가 높아질수록 감소한다. 따라서 대기의 밀도는 고도가 높은 A보다 고도가 낮은 B에서 크다.
- ㉡ (가)는 단열 압축할 때의 모습이다. 공기 덩어리가 하강하면 높은 주위 기압에 의해서 공기 덩어리가 압축되면서 부피가 감소한다.
- ㉢ (나)는 단열 팽창할 때의 모습이다. 공기 덩어리가 상승하여 단열 팽창되면 내부 에너지가 감소하여 기온이 낮아진다.

02 단열 감률과 단열선도

공기 덩어리가 단열 상승하면 불포화 상태의 공기 덩어리는 건조 단열 감률로 기온이 감소하여 1 km 상승할 때마다 약 10 °C씩 낮아지고, 포화 상태의 공기 덩어리는 습윤 단열 감률로 기온이 감소하여 1 km 상승할 때마다 약 5 °C씩 낮아진다.

✕. 습윤 단열선은 포화 상태의 공기 덩어리가 단열 상승하여 공기 덩어리의 온도가 1 km 상승할 때마다 약 5 °C씩 낮아지는 단열선이므로 C이다.

㉠ B는 1 km 상승할 때마다 온도가 약 2 °C씩 낮아지므로 이슬점 감률선이고, C는 습윤 단열선이다. 따라서 높이에 따른 온도 변화율의 크기는 B(이슬점 감률선)보다 C(습윤 단열선)가 크다.

✕. A는 불포화 상태의 공기 덩어리가 단열 상승하여 1 km 상승할 때마다 온도가 약 10 °C씩 낮아지는 건조 단열선이다. C는 포화 상태의 공기 덩어리가 단열 변화할 때의 온도 변화율인 습윤 단열선이다. 따라서 C는 공기가 불포화 상태일 때 나타나는 단열 감률이 아니다.

03 상승 응결 고도와 핀(높새바람)

수증기를 포함한 공기 덩어리가 단열 상승하면 상승 응결 고도에서 기온과 이슬점이 같아져서 수증기가 응결하여 구름이 생성된다. 높새바람은 우리나라에서 늦봄부터 초여름에 걸쳐 동해안에서 태백산맥을 넘어 서쪽 사면으로 부는 북동풍 계열의 바람이다.

㉠ 상승 응결 고도에서는 기온과 이슬점이 서로 같아져서 상대

습도가 100 %가 되므로 구름이 생성되어 비를 내릴 수 있다.

✕. 지표면에서 단열 상승하는 공기 덩어리의 상승 응결 고도 $H(m) = 125(\text{지표면에서의 기온} - \text{지표면에서의 이슬점})$ 이다. 따라서 상승 응결 고도(H)는 지표면에서 상승하는 공기 덩어리의 (기온-이슬점) 값에 비례하므로 이 값이 클수록 ㉠(상승 응결 고도)은 높아진다.

㉡. 핀이 일어나면 공기 덩어리는 산을 넘어 하강할수록 고온 건조한 상태가 된다.

04 핀

수증기를 포함한 공기 덩어리가 산 사면을 따라 상승하다가 구름이 생성되어 비를 뿌린 후, 산을 넘게 되면 산을 넘기 전과 비교하여 기온은 높아지고 상대 습도는 감소하여 고온 건조한 상태가 되는데, 이를 핀이라고 한다.

✕. A-B 구간에서 공기 덩어리의 온도는 건조 단열 감률(약 10 °C/km)로 감소하고, B-C 구간에서 공기 덩어리의 온도는 습윤 단열 감률(약 5 °C/km)로 감소한다. 그리고 C-D 구간에서 공기 덩어리의 온도는 다시 건조 단열 감률(약 10 °C/km)로 상승하게 된다. 또한 핀이 일어나면 풍하측인 D 지점은 같은 높이의 풍상측인 A 지점에 비해 기온은 높아지고, 상대 습도는 낮아진다. 따라서 공기 덩어리의 온도가 가장 높은 지점은 D이다.

㉠. 불포화 상태인 A-B 구간에서 이슬점 감률은 약 2 °C/km로 감소하고, 포화 상태인 B-C 구간에서 이슬점 감률은 습윤 단열 감률과 같은 약 5 °C/km로 감소한다. 따라서 이슬점 감률은 A-B 구간이 B-C 구간보다 작다.

㉡. 상대 습도는 공기 덩어리의 온도와 이슬점의 차가 작을수록 높다. B-C 구간에서는 포화 상태이므로 공기 덩어리의 온도와 이슬점의 차가 0이고, C-D 구간에서는 이슬점이 불포화 상태일 때의 이슬점 감률(약 2 °C/km)로 증가하므로 공기 덩어리의 온도와 이슬점의 차가 점점 증가하여 상대 습도는 감소한다. 따라서 상대 습도의 변화 폭은 B-C 구간이 C-D 구간보다 작다.

05 대기 안정도

불포화된 공기의 경우 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 기층은 불안정하고, 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작으면 기층은 안정하다.

✕. (가)는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크므로 기층은 불안정한 상태이고, (나)는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작으므로 기층은 안정한 상태이다.

㉠. 안정한 상태의 기층에서는 공기 덩어리를 단열 변화시킬 때 공기 덩어리가 다시 원래의 위치로 돌아오고, 불안정한 상태의 기층에서는 공기 덩어리를 단열 변화시킬 때 공기 덩어리가 원래의 위치로부터 멀어지게 된다. 따라서 안정한 상태의 기층인 (나)에서 A 지점에 있는 공기 덩어리를 높이 h 까지 단열 상승시킬 때

공기 덩어리가 다시 원래의 위치로 돌아오게 된다.

㉔. 안정한 상태의 기층에서는 공기의 연직 운동이 억제되어 대류가 잘 일어나지 않기 때문에 대기 오염 물질의 확산이 잘 일어나지 않는다. 반면, 불안정한 상태의 기층에서는 공기의 연직 운동이 활발하여 대류가 잘 일어나서 대기 오염 물질이 잘 퍼져 나간다.

06 포화 여부에 따른 대기 안정도

공기의 포화 여부와 상관없이 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크면 기층은 항상 불안정한 상태이므로 기층의 대기 안정도는 절대 불안정이고, 공기의 포화 여부와 상관없이 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으면 기층은 항상 안정한 상태이므로 기층의 대기 안정도는 절대 안정이다. 그리고 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작고 습윤 단열 감률보다 크면 기층의 대기 안정도는 조건부 불안정이다.

㉕. 높이에 따른 기온 감률이 가장 큰 경우는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 클 때이므로 기층의 대기 안정도는 절대 불안정이다.

㉖. 공기가 포화 상태일 때 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 크면 기층은 불안정한 상태이므로 대기 안정도는 조건부 불안정이다.

✕. 절대 안정일 때 구름의 형태는 넓게 퍼져 비교적 얇은 층운형 구름을 이루고, 절대 불안정일 때 구름의 형태는 연직으로 발달한 적운형 구름으로 나타난다. 따라서 구름이 생성될 때 구름의 평균 두께는 절대 안정이 절대 불안정보다 얇다.

07 역전층

바람이 약하고 날씨가 맑은 날 새벽에는 지표면의 복사 냉각으로 지표 근처의 공기가 냉각되어 역전층을 형성할 수 있다. 역전층은 절대 안정한 기층이다.

✕. 하루 동안 기온의 변화 폭은 지표면에서 약 13℃, 높이 2m에서 약 9℃, 높이 30m에서 약 3℃이다. 따라서 하루 동안 기온의 변화 폭은 지표면에서 가장 크고, 높이 30m에서 가장 작다.

✕. 약 8시부터 약 16시까지는 높이가 높아질수록 기온이 하강하고, 이외의 시간에서는 높이가 높아질수록 기온이 상승하는 역전층이 나타나고 있다. 따라서 지표면~높이 2m에 역전층이 나타난 시간은 약 16시간이다.

㉗. 대류권에서 높이가 높아질수록 기온이 상승하는 기층의 대기 안정도는 절대 안정이다. 그림에서 같은 시간에 높이가 높아질수록 기온이 상승하는 경우인 역전층이 나타나므로 이날 기층은 절대 안정한 상태인 시기가 있었다.

08 안개

지표면 부근에서 수증기가 응결되어 생성된 작은 물방울이 공기 중에 떠 있는 것을 안개라고 한다. 안개는 지표 부근에서 공기가 냉각되거나 수증기의 추가로 포화될 경우에 발생한다.

㉘. A는 전선 부근에서 약한 비가 내리면서 증발하여 지표면 부

근의 공기를 포화시켜서 생성되는 전선 안개이다.

㉙. B는 복사 안개이다. 복사 안개는 바람이 거의 없는 맑은 날 새벽에 잘 발생하고, 안정한 대기에서 주로 생성된다.

㉚. C는 이류 안개이다. 이류 안개는 온난 습윤한 공기가 차가운 지표나 해수 위로 이동할 때 생성되는데, 대표적인 예가 해안 지역에서 나타날 수 있는 바다 안개(해무)이다.

수능 3점 테스트

본문 116~119쪽

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

01 단열 변화

단열 변화는 공기 덩어리가 외부와의 열 교환 없이 주위 기압 변화에 의한 부피 변화로 인해서 공기 덩어리의 내부 온도가 변하는 현상이다. 공기 덩어리가 상승하여 단열 팽창하면 온도가 하강하고, 하강하여 단열 압축하면 온도가 상승한다.

㉠ (가)는 공기 덩어리가 하강하여 높은 주위 기압에 의해 공기 덩어리가 압축되는 단열 압축이 나타나고, (나)는 공기 덩어리가 상승하여 낮은 주위 기압에 의해 공기 덩어리가 팽창되는 단열 팽창이 나타난다.

㉡ (가)는 지표면~높이 2 km 구간에서 단열 변화하는 공기 덩어리의 온도 변화율이 $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 이므로 기층은 불포화 상태이다. 공기 덩어리의 온도가 높이 2 km에서 5°C 이므로 높이 2 km에서의 최대 이슬점은 5°C 이고, 이슬점 감률을 따라 지표면에서는 최대 9°C 가 된다. 한편 (나)는 지표면~높이 1 km 구간에서는 기층이 불포화 상태이고, 높이 1~2 km 구간에서는 기층이 상대 습도가 100%인 포화 상태이므로 상승 응결 고도 공식을 이용하면 지표면에서 공기 덩어리의 이슬점은 17°C 가 된다. 따라서 지표면 부근에서 이슬점은 공기 덩어리 A가 공기 덩어리 B보다 낮다.

㉢ 단열 압축이 일어나면 높은 주위 기압에 의해 공기 덩어리가 압축되어 외부로부터 일을 받는다. 받은 일의 양만큼 내부 에너지가 증가하여 공기 덩어리의 온도가 높아진다. 반면에 단열 팽창이 일어나면 낮은 주위 기압에 의해 공기 덩어리는 외부 공기를 밖으로 밀어내는 일을 한다. 외부로 한 일의 양만큼 공기 덩어리의 내부 에너지가 감소하여 기온이 낮아진다. 따라서 공기 덩어리가 이동하는 동안 공기 분자들의 운동 에너지가 감소하는 것은 (나)이다.

02 단열 감률

불포화 상태의 공기 덩어리가 단열 상승할 때는 건조 단열 감률로 1 km 상승할 때마다 기온이 10°C 씩 감소하고, 포화 상태의 공기 덩어리가 단열 상승할 때는 습윤 단열 감률로 1 km 상승할 때마다 기온이 5°C 씩 감소한다. ㉠은 1 km 상승할 때마다 기온이 10°C 씩 감소하므로 건조 단열선이고, ㉡은 1 km 상승할 때마다 기온이 5°C 씩 감소하므로 습윤 단열선이다.

㉢ 포화 상태인 공기 덩어리는 단열 상승하는 동안 수증기의 응결이 일어나 습윤열(응결열)을 방출하여 불포화 상태인 공기 덩어리에 비해 온도 변화가 작다. 따라서 습윤열의 방출로 온도 변화가 나타나는 단열선은 ㉡이다.

㉣ A 지역의 높이에 따른 기온 변화율은 $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 이고, B 지역

의 높이에 따른 기온 변화율은 $12^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 이다. 다른 조건이 동일할 때 공기의 대류(연직 운동)는 높이에 따른 기온 변화율이 클수록 잘 일어난다. 따라서 다른 조건이 동일하다면 공기의 대류는 A 지역보다 B 지역에서 활발하다.

㉣ ㉠은 1 km 상승할 때마다 기온이 10°C 씩 감소하고, ㉡은 1 km 상승할 때마다 기온이 5°C 씩 감소하므로 높이에 따른 기온 감률이 ㉠과 ㉡ 사이에 위치하는 지역은 A이다.

03 편

공기 덩어리가 산 사면을 따라서 상승할 때에는 단열 팽창이 일어나서 상승 응결 고도 이상에서는 구름이 생성되어 비가 내리고, 산 정상부에서 산의 반대편으로 하강할 때에는 단열 압축이 일어나서 산을 넘기 전에 비하여 고온 건조한 상태가 된다.

㉣ A 지점에서 두 공기 덩어리의 온도가 동일하고, 구름이 생성되기 시작한 높이는 (가)에서가 (나)에서보다 낮으며, 공기 덩어리가 A 지점에서 B 지점으로 이동하는 동안 온도는 건조 단열 감률과 습윤 단열 감률로 낮아진다. 따라서 A-B 구간에서 공기 덩어리의 온도 감소 폭은 건조 단열 감률로 하강하는 구간이 짧은 (가)가 건조 단열 감률로 하강하는 구간이 긴 (나)보다 작으므로 B 지점과 C 지점에서 공기 덩어리의 온도는 (가)보다 (나)에서 더 낮다.

㉤ 구름이 생성되기 시작한 높이는 (가)에서가 (나)에서보다 낮으므로 A 지점에서 상대 습도는 (가)보다 (나)에서 더 낮다. B 지점은 산 정상부이므로 (가)와 (나)에서 모두 상대 습도가 100%로 동일하다. 따라서 A 지점과 B 지점에서의 상대 습도 차이는 (가)보다 (나)에서 더 크다.

㉥ B-C 구간에서 불포화 상태의 공기 덩어리는 단열 압축이 일어나서 공기 덩어리가 하강하는 동안 온도는 $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 로 상승하고, 이슬점은 $2^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 로 상승하게 된다. 그림에서 B-C 구간에 구름이 형성되어 있지 않으므로 (가)와 (나)에서는 동일한 변화 폭이 나타난다. 따라서 B-C 구간에서 공기 덩어리의 온도 변화 폭 이슬점 변화 폭은 (가)와 (나)에서 서로 같다.

04 편

불포화 상태의 공기 덩어리가 상승하면 기온과 이슬점이 같아지는 높이에서 포화되어 구름이 생성된다. 구름에 의해 강수 현상이 일어난 후 산의 반대편(풍하측) 아래에 도달해서 처음(풍상측)과 비교하면 기온은 상승하고 상대 습도는 감소하여 고온 건조한 현상이 나타나게 된다.

㉤ 편이 일어나면 풍상측에 비해 풍하측의 기온이 높아지고, 상대 습도는 낮아지는 현상이 나타난다. (가)에서 16일~17일, 19일~20일에 산이 위치한 남동쪽에서 바람이 불어옴에 따라 기온은 높아지고, 상대 습도는 낮아지는 현상이 나타나므로 이 지역에서 편은 총 2회 나타났다.

✕. (가)에서 편이 나타난 시기에 (나)에서 풍향은 거의 일정하다. 편은 산을 넘어온 공기에 의해서 나타나므로 이 지역은 남풍 계열의 바람에 의해서 편이 나타났다고 할 수 있다. 따라서 이 지역은 산의 북쪽 방향에 위치한다.

㉠. 풍향의 변화 폭은 16일이 18일보다 작다. 따라서 풍향은 16일이 18일보다 일정하다.

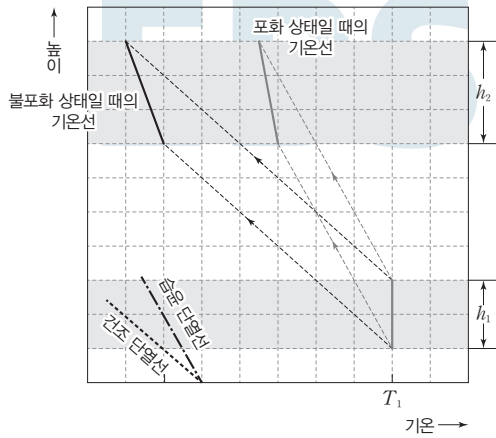
05 단열 감률과 대기 안정도

불포화 상태에서 상승하는 공기 덩어리는 건조 단열 감률로 기온이 낮아지고, 포화 상태에서 상승하는 공기 덩어리는 습윤 단열 감률로 기온이 낮아진다.

㉡. h_1 구간에 있는 불포화 상태의 기층이 h_2 구간으로 이동하게 되면 공기의 기온 감률은 습윤 단열 감률보다 작다. 따라서 h_2 구간에서 기층의 안정도는 절대 안정이다.

✕. h_1 구간에 있는 포화 상태의 기층이 단열 상승하여 h_2 구간으로 이동하게 되면 공기의 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으므로 h_2 구간에서 기층의 대기 안정도는 절대 안정이다.

✕. h_1 구간에서 기층이 불포화 상태일 때 h_2 구간으로 이동한 공기의 기온 감률이 포화 상태일 때 h_2 구간으로 이동한 공기의 기온 감률보다 크다.



06 역전층

역전층은 하층 기온이 상층 기온보다 낮아서 불안정한 상태의 기층이다. 따라서 역전층이 형성되면 공기의 상승이나 하강 운동이 억제된다.

㉢. 역전층은 바람이 약하고 날씨가 맑은 날 야간에 주로 발생하고, 태양이 뜨면 지표면이 가열되어 지표면부터 소멸되기 시작한다. (가)에서는 지표 부근에 역전층이 형성되지 않았고, (나)에서는 지표 부근에 역전층이 형성되어 있다. 따라서 0시에 관측한 것은 (나)이다.

✕. (나)의 지표 부근에서는 역전층이 형성되어 있으므로 기층이 안정한 상태이고, (가)의 지표 부근에서는 기온 감률이 크다. 따라

서 지표 부근에서 공기의 연직 운동은 (나)보다 (가)가 더 활발하다.

㉣. 높이 500 m ~ 1000 m 구간에서의 기온 변화 폭은 (가)에서 약 4 °C이고, (나)에서 약 2 °C이다. 따라서 높이 500 m ~ 1000 m 구간에서의 기온 변화 폭은 (가)보다 (나)가 작다.

07 대기 안정도와 구름의 생성

연직 기온 분포를 단열 감률선과 비교하여 기층의 안정도를 판단할 수 있다. 불안정한 기층에서는 적운형 구름이, 안정한 기층에서는 층운형 구름이 형성된다.

✕. (가)는 높이 3 km 부근에서 상승하는 공기 덩어리의 온도가 건조 단열 감률에서 습윤 단열 감률로 바뀌고, (나)는 높이 2 km 부근에서 상승하는 공기 덩어리의 온도가 건조 단열 감률에서 습윤 단열 감률로 바뀐다. 지표면에서 공기 덩어리의 온도는 (가)와 (나)에서 서로 같고, 상승 응결 고도는 (가)가 (나)보다 높으므로 지표면에서 이슬점은 (가)보다 (나)가 높다.

㉤. (가)는 공기 덩어리가 단열 변화하는 동안 항상 주위 기온보다 높으므로 기층의 대기 안정도는 절대 불안정이고, (나)는 기온 감률이 습윤 단열 감률보다는 크고 건조 단열 감률보다는 작으므로 기층의 대기 안정도는 조건부 불안정이다.

㉥. 기층이 절대 불안정 상태인 (가)에서는 연직 운동이 활발하므로 적운형 구름이 형성되고, 기층이 조건부 불안정 상태인 (나)에서는 주변 공기보다 기온이 높은 포화 공기가 스스로 상승할 수 있으므로 적운형 구름이 형성될 수 있다.

08 안개

안개는 구름과 마찬가지로 기온과 이슬점이 같아지는 상대 습도가 100 %일 때 생성되고, 이류 안개는 온난 습윤한 공기가 찬 지면이나 해수면으로 이동하여 공기가 냉각되어 생성되는 안개이므로 지표면 부근에서 역전층이 형성될 때 잘 발생한다.

✕. 연평균 안개일수는 표의 30년 평균, 최근 10년 평균, 최근 5년 평균에서 모두 서울이 부산보다 적다.

㉦. 이류 안개는 따뜻한 공기가 차가운 수면 위로 이동하여 냉각될 때 생성되므로 주로 해안 지역에서 나타난다. 따라서 연간 발생하는 이류 안개의 발생 빈도는 서울이 부산보다 적을 것이다.

✕. 최근 10년 연평균 안개일수에 대한 최근 5년 연평균 안개일수의 비 $\left(\frac{\text{최근 5년 연평균 안개일수}}{\text{최근 10년 연평균 안개일수}} \right)$ 는 서울이 $\frac{4.8}{4.9} \approx 1$ 이고, 부산

이 $\frac{19.4}{15.2} \approx 1.28$ 이다. 따라서 서울이 부산보다 작다.

07 대기의 운동과 대기 대순환

수능 2점 테스트

본문 128~131쪽

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

01 정역학 평형

기압 경도력의 연직 성분인 연직 기압 경도력과 중력이 평형을 이루고 있는 상태를 정역학 평형이라고 한다.

✗. 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다. 고도가 낮은 곳이 높은 곳에 비해 기압이 높으므로 지표면 가까이 위치한 z_2 가 z_1 보다 기압이 더 높다.

ⓐ. A는 연직 위쪽으로 작용하는 연직 기압 경도력이고, B는 연직 아래쪽으로 작용하는 중력이다. 정역학 평형 상태에서는 연직 기압 경도력과 중력이 평형을 이루므로 A와 B의 크기는 서로 같다.

✗. 연직 기압 경도력은 고도에 따른 기압 차 때문에 생기는 힘으로, $-\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta z}$ (ρ : 공기의 밀도, ΔP : 기압 차, Δz : 고도 차)로 나타낼 수 있다. 정역학 평형 상태이고, 등압면이 고정되어 ΔP 가 일정하므로 공기의 밀도가 커질수록 Δz 는 감소하게 된다.

02 바람에 작용하는 여러 가지 힘

기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각 방향으로 작용하고, 연직 기압 경도력은 주로 중력과 평형을 이루므로 실제 공기에는 수평 기압 경도력이 작용한다. A는 연직 기압 경도력, B는 기압 경도력, C는 수평 기압 경도력이다.

ⓐ. 연직 기압 경도력은 연직 방향으로 작용하는 기압 경도력이다.

ⓑ. 기압 경도력은 연직 방향으로 작용하는 연직 기압 경도력과 수평 방향으로 작용하는 수평 기압 경도력의 합력이다.

ⓒ. 연직 방향의 기압 경도력은 중력과 평형을 이루므로 마찰이 없을 때 실제 대기에 작용하는 힘은 수평 기압 경도력이다.

03 전향력

지구 자전에 의해 나타나는 겉보기 힘인 전향력은 지구상에서 움직이는 물체에 작용한다.

✗. (가)에서 물체를 이동시킨 사람에게는 물체가 진행 방향의 오른쪽으로 휘어지는 것처럼 보이므로 판의 회전 방향은 시계 반대 방향이다.

✗. 위도가 φ 일 때, 전향력은 $\sin\varphi$ 에 비례한다. (나)에서는 물체가 휘어지는 것처럼 보이지 않으므로 판의 회전 효과가 나타나지

않는다. 따라서 지구에서 전향력이 작용하지 않는 적도에서 나타나는 모습이다.

ⓐ. 판의 회전 속도가 빠를수록 회전 효과가 크게 나타나서 물체의 이동 궤적은 더 많이 휘게 된다.

04 구심력과 마찰력

구심력은 물체의 궤적을 곡선이 되게 만드는 힘이고, 마찰력은 지표면 가까이에서 운동하는 공기가 지표면이나 공기 자체의 마찰에 의해 운동을 방해하는 힘이다. (가)는 마찰력이고, (나)는 구심력이다.

ⓐ. 마찰력의 크기(F_r)는 kv (k : 마찰 계수, v : 바람의 속도)이다. 따라서 대체로 풍속이 빠를수록 마찰력의 크기는 커진다.

✗. 구심력은 힘을 만드는 요소가 있는 것이 아니라 물체에 작용하는 힘들의 합력이다. 바람에 작용하는 구심력은 기압 경도력과 전향력의 차이로 나타나므로, 기압 경도력과 전향력이 평형을 이룰 때는 나타나지 않는다.

ⓑ. 곡선 운동하는 물체에 작용하는 구심력은 회전의 중심 방향으로 작용하므로 구심력은 공기의 운동 방향을 변화시킬 수 있다.

05 지균풍의 형성 과정

마찰력이 작용하지 않는 자유 대기에서는 등압선이 직선일 때, 정지하고 있던 공기 덩어리가 기압 경도력을 받아 운동하게 되면 전향력의 영향으로 지균풍이 될 때까지 편향된다. A는 기압 경도력이고, B는 전향력이다.

ⓐ. P 지점에서 바람은 점차 전향력의 영향을 받아 오른쪽으로 편향되며 속도가 증가하여 Q 지점과 같이 된다. 따라서 P 지점에서 기압 경도력의 크기가 전향력의 크기보다 크다.

✗. 현재 기압 경도력은 남쪽에서 북쪽 방향으로 작용하고 있고, 지균풍이 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 불고 있으므로 이 지역은 북반구에 위치한다.

✗. Q 지점에서 부는 지균풍은 지표면의 마찰력에 영향을 받지 않는 자유 대기(지상 1 km 이상)에서 부는 바람이므로 지표면 마찰의 영향을 받지 않는다.

06 경도풍

경도풍은 자유 대기에서 등압선이 원형이나 곡선일 때 부는 바람으로 경도풍에는 기압 경도력, 전향력, 구심력이 작용한다. 기압 배치가 저기압이므로 ⓐ는 기압 경도력과 구심력이 작용하는 방향이고, ⓑ는 전향력이 작용하는 방향이다.

ⓐ. 어느 지역의 상층 대기에서 등압선이 원형이고, 중심부가 저기압일 때 부는 바람은 경도풍이다. 또한 북반구에서는 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 바람이 불기 때문에 바람의 방향은 A이다.

✕. 중심부가 저기압일 때 중심부 방향(㉠)으로는 기압 경도력과 구심력이 작용한다.

㉡. 중심부가 저기압일 때는 기압 경도력과 전향력의 차이만큼 구심력이 나타나므로 힘의 크기가 가장 큰 것은 기압 경도력이다.

07 지상풍

지상풍은 지표면의 마찰력이 작용하는 대기 경계층(마찰층)에서 부는 바람으로 등압선을 가로질러 고압부에서 저압부로 분다. A는 기압 경도력, B는 마찰력, C는 전향력이다.

㉠. 등압선이 직선이고, 지표면의 마찰력이 작용하는 지상에서는 기압 경도력이 전향력과 마찰력의 합력과 평형을 이루어서 바람이 분다. 따라서 마찰력과 전향력의 합력의 크기는 기압 경도력과 같다.

㉡. 지상풍은 지표면의 마찰력이 작용하는 높이 1 km 이하의 대기 경계층(마찰층)에서 부는 바람이다.

㉢. 지표면의 마찰력(B)이 클수록 등압선과 바람이 이루는 각각($180^\circ - \theta$)의 크기는 증가한다. 따라서 전향력(C)이 작아질수록 마찰력(B)의 크기가 커지므로 등압선과 바람이 이루는 각각($180^\circ - \theta$)은 커지고 θ 는 작아진다.

08 등압선이 원형일 때의 바람

등압선이 원형일 때 자유 대기에서는 등압선에 나란한 경도풍이 불고, 대기 경계층에서는 지표면의 마찰력에 의해 등압선을 가로 지르는 지상풍이 분다.

✕. (가)에서는 바람이 기압 경도력의 오른쪽 방향으로 등압선에 비스듬하게 불고, (나)에서는 바람이 기압 경도력의 오른쪽 방향으로 등압선과 나란하게 분다. 따라서 (가)와 (나)는 모두 북반구에 위치한다.

㉠. (가)에서는 바람이 등압선에 비스듬하게 불고 있으므로 마찰력이 작용하는 대기 경계층(마찰층)에서의 지상풍이고, (나)에서는 바람이 등압선에 나란하게 불고 있으므로 마찰력이 작용하지 않는 자유 대기에서의 경도풍이다. 따라서 바람이 불고 있는 평균 높이는 (가)보다 (나)에서 높다.

㉡. 등압선이 원형일 때 지상풍은 기압 경도력, 전향력, 마찰력이 작용하여 불고, 경도풍은 기압 경도력, 전향력이 작용하여 분다. 따라서 바람에 작용하는 마찰력의 크기는 (가)보다 (나)에서 작다.

09 편서풍 파동의 발달 단계

편서풍 파동은 남북 간의 기온 차와 지구 자전에 의한 전향력에 의해 발생하며 저위도의 남는 에너지를 고위도로 수송하여 전 지구적 에너지 평형 상태를 유지하게 한다.

✕. A는 편서풍 파동이 남북 방향으로 파동이 더 커지면서 성장하여 일부가 분리되어 나온 것이므로 저기압이다.

㉠. 편서풍 파동의 변동 과정은 남북 사이의 기온 차가 커지면서

편서풍 파동이 발달하기 시작하고, 남북 방향으로 파동이 커지면서 저기압이 떨어져 나온 후에 편서풍 파동의 진폭은 작아진다.

㉡. 편서풍 파동의 진폭이 커지면 저위도 지역의 열에너지를 고위도 지역으로 수송할 수 있으므로 남북 사이의 에너지 수송량이 커진다.

10 편서풍 파동과 지상의 기압 배치

편서풍 파동은 편서풍대 상공에서 바람이 남북 방향으로 굽이치면서 서쪽에서 동쪽으로 이동한다. 편서풍 파동은 지상의 기압 배치에 영향을 준다.

㉠. 편서풍 파동에서 기압골은 저위도 쪽을 향하여 아래로 오목한 부분이다. 그림에서 기압골은 A와 B 사이에 분포하므로 기압골의 서쪽에 위치하는 지점은 A이다.

✕. 편서풍 파동에서 기압골의 서쪽(A)에서는 공기가 수렴하고, 동쪽(B)에서는 공기가 발산한다.

✕. B에서는 공기가 발산하므로 지상에서는 저기압이 발달한다. 따라서 B와 C 사이에는 상승 기류가 나타난다.

11 제트류의 종류

제트류는 대류권 계면 부근에서 부는 매우 빠른 서풍 계열의 흐름으로 위도 30° 부근에서 형성되는 아열대 제트류와 한대 전선대 근처에서 발생하는 한대 (전선) 제트류가 있다. A는 한대 (전선) 제트류이고, B는 아열대 제트류이다.

㉠. 제트류는 남북 간의 기온 차로 인해 발생하므로 남북 간의 기온 차가 작은 여름철이 기온 차가 큰 겨울철보다 풍속이 느리다.

✕. 상대적으로 고위도에 위치한 한대 (전선) 제트류의 평균 발생 높이는 약 10 km이고, 저위도에 위치한 아열대 제트류의 평균 발생 높이는 약 13 km이다. 따라서 제트류의 평균 발생 높이는 A가 B보다 낮다.

㉡. 제트류는 편서풍 파동에서 축이 되는 좁고 강한 흐름으로 대류권 계면 부근에서 나타난다. 제트류에 의해서 남북 방향으로 큰 진폭의 파동이 발생하면 고위도의 차가운 공기는 저위도 쪽으로 내려가고, 저위도의 따뜻한 공기는 고위도 쪽으로 올라가므로 제트류는 전 지구적인 에너지 평형 상태를 유지하는 역할을 한다.

12 상공에서의 동서 방향 바람 분포

상공에서의 바람은 남북 사이의 기온 차에 의해 형성되며 대류권 계면 부근에서 강한 서풍을 나타낸다. 제트류는 겨울철에 남하하고, 여름철에 북상한다.

✕. 한대 (전선) 제트류는 여름철에 70°N 부근까지 북상했다가 겨울철에 30°N 부근까지 남하한다. 이에 비해 아열대 제트류는 계절에 따른 위치 변화가 크지 않다. 따라서 자료의 계절은 겨울철이다.

㉠. 제트류는 편서풍 파동의 축을 따라서 매우 빠른 속도로 이동

하므로 주로 서풍이다.

✕. 제트류는 남북 사이의 기온 차가 큰 지역에 위치하기 때문에 기압 경도력이 크게 작용할 때 나타나는 흐름이므로 남북 사이의 수평 기온 차가 클수록 풍속은 빨라질 것이다.

13 대기 순환의 규모

대기 순환은 미규모, 중간 규모, 종관 규모, 지구 규모로 구분하고 일반적으로 공간 규모가 클수록 시간 규모도 커진다.

✕. 대기 대순환은 지구 규모의 열에너지 이동을 일으키는 가장 큰 규모의 대기 순환이다. 따라서 대기 순환 규모는 지구 규모에 해당한다. 중간 규모의 대표적인 예로는 해륙풍, 산곡풍 등이 있다.

✕. (가)는 종관 규모이고, (나)는 미규모이다. 종관 규모의 시간 규모는 약 수 일~일주일이고, 미규모의 시간 규모는 약 수 초~수 분이다. 따라서 시간 규모는 (가)보다 (나)에서 작다.

㉠. 전향력은 지구 자전에 의해 나타나는 겉보기 힘으로, 종관 규모 이상에서 효과가 나타난다. 따라서 전향력의 효과는 (가)보다 (나)에서 작다.

14 지구의 열수지

지구는 흡수하는 태양 복사 에너지의 양과 방출하는 지구 복사 에너지의 양이 같아서 전체적으로 복사 평형 상태를 유지하고 있다.

㉠. A는 지구로 들어오는 태양 복사 에너지이고, B는 지구에서 방출되는 지구 복사 에너지이다.

✕. 저위도 지역에서는 지구로 들어오는 태양 복사 에너지가 지구에서 방출되는 지구 복사 에너지보다 많아서 에너지 과잉 상태이고, 고위도 지역에서는 태양 복사 에너지가 지구 복사 에너지보다 적어서 에너지 부족 상태가 나타난다. 따라서 고위도로 이동할수록 에너지 부족 상태가 나타난다.

㉠. 지구에서는 대기와 해수가 저위도 지역의 남는 열에너지를 에너지가 부족한 고위도 지역으로 수송하기 때문에 실제로는 위도별 연평균 기온이 거의 일정하게 유지된다.

15 대기 대순환 모델

지구가 자전을 하지 않을 때는 해들리 순환만 형성되지만, 지구가 자전을 할 때는 전향력의 영향으로 해들리 순환, 페렐 순환, 극 순환이 형성된다.

㉠. 3개의 순환 세포가 나타나는 대기 대순환 모델은 지구가 자전할 때의 대기 대순환 모델이다.

✕. A는 극순환, B는 페렐 순환, C는 해들리 순환이다. 극순환과 해들리 순환은 남북 사이의 기온 차에 의해 형성되는 열적 순환이지만, 페렐 순환은 해들리 순환과 극순환 사이에서 열대류와 관계없이 해들리 순환과 극순환의 영향으로 역학적으로 만들어지는 간접 순환이다.

✕. 3세포 순환 모델에서 중위도의 지표 부근에 위치하는 P 지점에서는 서풍 계열의 바람이 우세하게 나타난다.

16 해륙풍

해륙풍은 바람이 적은 맑은 날에 해안의 대기 경계층에서 육지와 바다의 온도 차에 의해서 발생하는 바람이다.

✕. 해안 지역의 주간(낮)에는 육지가 바다보다 빨리 가열되어 해풍이 불고, 야간(밤)에는 육지가 바다보다 빨리 냉각되어 육풍이 분다. 바람이 불 때 깃발은 바람이 불어오는 쪽의 반대 방향에 위치하므로 (가)일 때는 육풍이, (나)일 때는 해풍이 불고 있다. 따라서 해풍이 불 때는 (나)이다.

㉠. 육지에서의 평균 기온은 주간(낮)이 야간(밤)보다 높다. 따라서 육풍이 부는 (가)보다 해풍이 부는 (나)일 때 육지에서의 평균 기온이 더 높다.

㉠. (나)는 해풍이 불 때이므로 지표 부근에서의 기온은 바다 쪽이 육지 쪽보다 낮다. 따라서 지표 부근의 기압은 바다 쪽이 육지 쪽보다 높다.

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

01 기압 측정

액체가 들어 있는 유리관을 뒤집어 세우면 유리관 속의 액체는 내려오다가 액체의 압력과 대기압이 같아지면 멈춘다. 따라서 유리관 속에 들어 있는 액체 기둥의 높이는 대기압에 따라 달라진다.

㉠. (가)에서는 기압이 수은 기둥을 76 cm까지 밀어 올렸고, (나)에서는 기압이 수은 기둥을 72 cm까지 밀어 올렸다. 고도가 높아질수록 기압은 대체로 감소하므로 다른 조건이 동일할 때 고도는 수은 기둥의 높이가 높은 (가)보다 수은 기둥의 높이가 낮은 (나)에서 더 높다.

✕. 토리첼리의 기압 측정 실험에서는 기압이 수조 표면의 단위 면적을 누르는 힘과 같으므로 (가)에서 기압의 크기는 수은 기둥을 76 cm 밀어 올리는 힘과 같다.

✕. 수조 표면에 작용하는 기압이 수은 기둥을 76 cm 밀어 올리는 것이므로, 수조 표면에서 40 cm 위에 위치한 A 지점에서 받는 기압은 A 지점에서 위로 밀어 올려진 수은 기둥의 높이에 해당한다. 따라서 A 지점에서 받는 기압을 수은 기둥의 높이로 환산하면 360 mmHg이다.

02 기압 경도력

기압 경도력은 두 지점 사이의 기압 차에 의해 생기는 힘으로, 바람을 일으키는 근원적인 힘이다. 기압 경도력은 등압선의 간격이 좁을수록, 기압 차가 클수록 크게 작용한다.

㉠. 수평 기압 경도력은 기압이 높은 쪽에서 기압이 낮은 쪽으로 작용하므로 기압이 높은 동쪽에서 기압이 낮은 서쪽으로 작용한다.

✕. 수평 기압 경도력의 크기는 $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$ (ΔP : 두 등압선 사이의 기압 차이, ΔL : 등압선 간격, ρ : 공기의 밀도)이다. (가)에서 수평 기압 경도력은 $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{L}$ 이고, (나)에서 수평 기압 경도력은 $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{L}$ 이다. 따라서 수평 기압 경도력은 (가)와 (나)에서 서로 같다.

㉡. 공기 덩어리의 질량은 부피(V)×밀도(ρ)로 나타낼 수 있다. (가)에서 공기 덩어리의 질량은 $2S \times L \times \rho_{(가)}$ 이고, (나)에서 공기 덩어리의 질량은 $S \times L \times \rho_{(나)}$ 이다. (가)와 (나)에서 공기의 밀도는 서로 같으므로 공기 덩어리의 질량은 (가)보다 (나)가 작다.

03 전향력

지구가 자전함에 따라 지구 표면에서 움직이는 물체는 북반구에서는 오른쪽, 남반구에서는 왼쪽으로 진행 방향이 휘어지게 된다.

㉠. A는 위도가 높아질수록 값이 감소하므로 자전 속도이고, B는 위도가 높아질수록 값이 증가하므로 코리올리 계수이다.

㉡. 전향력(C)은 $C=2v\Omega\sin\phi$ 이다. 따라서 전향력이 최소가 되는 위도는 위도 0° 인 적도이다. 적도에서 자전 속도는 최대이다.

㉢. 전향력 $C=2v\Omega\sin\phi$ 에서 물체의 운동 속도가 동일하다면 전향력은 $\sin\phi$ 에 비례한다. 따라서 지구에서 운동하는 물체에 작용하는 전향력은 위도에 비례하여 나타난다.

04 지균풍

지균풍이 불 때 단위 질량의 공기에 작용하는 기압 경도력과 전향력의 크기는 같다. 공기의 밀도가 일정할 때 기압 경도력은 두 등압선의 기압 차이에 비례하고 등압선 사이의 거리에 반비례한다.

㉠. 지균풍은 북반구에서는 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 나타나고, 남반구에서는 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향으로 나타난다. 북반구에 위치한 (가)에서는 기압 경도력이 남쪽에서 북쪽으로 작용하므로 지균풍의 풍향은 서풍이고, 남반구에 위치한 (나)에서는 기압 경도력이 북쪽에서 남쪽으로 작용하므로 지균풍의 풍향은 서풍이다. 따라서 지균풍의 풍향은 (가)와 (나)에서 서로 같다.

㉡. (가)에서 지균풍의 풍속(단위: m/s)은 다음과 같다.

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

$$= \frac{1}{2\Omega \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} \cdot \frac{10 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ m}}{4\Delta L} = \frac{25\sqrt{2}}{\Omega\Delta L}$$

(나)에서 지균풍의 풍속(단위: m/s)은 다음과 같다.

$$v = \frac{1}{2\Omega\sin\phi} \cdot \frac{\Delta P}{\rho\Delta L} = \frac{1}{2\Omega \cdot \frac{1}{2}} \cdot \frac{8 \text{ hPa}}{1 \text{ kg/m}^3 \cdot 2\Delta L} = \frac{400}{\Omega\Delta L}$$

따라서 지균풍의 풍속은 (나)보다 (가)에서 느리다.

㉢. 북반구의 (가)에서는 기압 경도력이 남쪽에서 북쪽으로 작용하고, 남반구의 (나)에서는 기압 경도력이 북쪽에서 남쪽으로 작용한다. 따라서 (가)와 (나)에서 기압 경도력은 모두 저위도에서 고위도로 작용한다.

05 경도풍

경도풍은 자유 대기에서 등압선이 원형이거나 곡선일 때 기압 경도력과 전향력의 합력이 구심력 역할을 하며 부는 바람이다. (가)는 저기압, (나)는 고기압이다.

✕. (가)에서 바람은 시계 반대 방향, (나)에서 바람은 시계 방향으로 불고 있다. (가)는 저기압성 경도풍, (나)는 고기압성 경도풍이 불고 있으므로 (가)와 (나)는 모두 북반구의 상공에 위치한다.

㉠ 고기압성 경도풍이 불고 있을 때 전향력의 크기는 기압 경도력의 크기보다 크고, 저기압성 경도풍이 불고 있을 때 전향력의 크기는 기압 경도력의 크기보다 작다. 따라서 전향력의 크기는 (가)보다 (나)에서 더 크다.

㉡ 바람의 속력은 전향력에 비례하므로 경도풍의 속력이 같다면 고기압에서보다 저기압에서 기압 경도력이 더 커야 한다. 따라서 저기압 중심에서는 고기압 중심에서보다 기압이 급격하게 변해야 한다.

06 지상풍

지상풍은 마찰력이 작용하는 지표면 근처에서 부는 바람으로 기압 경도력과 전향력, 마찰력이 작용한다. 지상풍은 북반구에서는 기압 경도력에 대하여 오른쪽으로 비스듬하게, 남반구에서는 기압 경도력에 대하여 왼쪽으로 비스듬하게 분다.

㉠ 지상풍에서는 고도가 높아질수록 지표면의 마찰력이 작아지고, 전향력이 커져서 풍속이 빨라진다. 따라서 고도는 (가)보다 (나)에서 더 높다.

㉡ 대류권에서는 고도가 높아질수록 기압과 밀도는 감소한다. 따라서 고도가 낮은 (가)보다 고도가 높은 (나)에서 대기 밀도는 더 작다.

㉢ 지상풍은 지표면의 마찰력이 커질수록 등압선과 바람이 이루는 각(경각)이 커진다. 따라서 등압선과 바람이 이루는 각은 (가)보다 (나)에서 더 작다.

07 지균평과 지상풍

지균평은 높이 1 km 이상의 상층 대기에서 등압선이 직선으로 나란할 때 기압 경도력과 전향력이 평형을 이루면서 부는 바람이다. 지균평의 방향은 북반구에서는 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향이고, 남반구에서는 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향이다. 지표면의 마찰력이 작용하는 높이 1 km 이하의 대기 경계층(마찰층)에서 등압선이 직선일 때 부는 지상풍에는 기압 경도력, 전향력, 마찰력이 작용한다.

㉠ A는 지균평이고, B는 지상풍이다. 남반구에 위치한 P 지점의 상층 대기에서 지균평의 풍향이 서풍이므로 기압 경도력은 등압선 ㉠에서 등압선 ㉡으로 작용한다. 따라서 기압은 ㉠이 ㉡보다 크다.

㉡ 풍속은 전향력에 비례하여 나타난다. 두 등압선 ㉠과 ㉡ 사이의 거리와 기압 차가 같고, 밀도는 상층 대기에서 작으므로 전향력은 지균평인 A가 지상풍인 B보다 크다. 따라서 풍속은 A가 B보다 빠르다.

㉢ P 지점의 연직 상공에서는 서풍인 지균평이 불고, 지상 부근에서는 북서풍인 지상풍이 분다. 따라서 P 지점의 연직 상공에서 P 지점으로 이동할 때 풍향은 시계 방향으로 변한다.

08 500 hPa 등압면의 연직 분포

남반구와 북반구에서 모두 저위도와 고위도의 기온 차에 의해 중위도 지역에서는 기압 경도력이 저위도에서 고위도로 작용하여 상층에서는 서풍이 불게 된다. 같은 고도에서는 500 hPa 등압면의 등고선이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 기압 경도력이 작용한다.

㉠ 고위도 지역의 찬 공기는 저위도 지역의 따뜻한 공기보다 밀도가 더 크기 때문에 고도가 높아질수록 기압은 따뜻한 공기보다 찬 공기에서 더 급격히 낮아진다. 따라서 기온은 500 hPa 등압면의 고도가 높은 A 지점이 고도가 낮은 B 지점보다 높다.

㉡ 상층 대기에서는 저위도 지역에서 고위도 지역으로 기압 경도력이 작용하고, 고위도 지역에서 저위도 지역으로 전향력이 작용한다. 현재 기압 경도력은 B 지점에서 C 지점 쪽으로 작용하므로 위도는 B 지점이 C 지점보다 낮다.

㉢ B 지점에서 기압 경도력은 C 지점 쪽으로 작용하고, 전향력은 A 지점 쪽으로 작용하므로 B 지점에서 바람은 기압 경도력의 왼쪽 직각 방향인 동쪽으로 불어간다. 따라서 B 지점에서 바람은 서쪽에서 동쪽으로 분다.

09 편서풍 파동

편서풍 파동의 기압골 서쪽에서는 공기의 수렴이 일어나 공기가 하강하므로 지상에는 고기압이 발달하고, 기압골 동쪽에서는 공기의 발산이 일어나 지상으로부터 공기가 상승하므로 지상에는 저기압이 발달한다.

㉠ 기압골의 서쪽 지점(A)에서는 공기의 수렴이 일어나므로 지상에는 고기압이 발달하고, 동쪽 지점(B)에서는 공기의 발산이 일어나서 지상에는 저기압이 발달한다. 따라서 서쪽에서 동쪽으로 이동하는 편서풍 파동에 의해서 다음 날 우리나라의 날씨는 지상 고기압의 영향으로 맑아질 것이다.

㉡ 하강 기류가 나타나는 지상 고기압에 비해서 상승 기류가 나타나는 지상 저기압에서는 공기의 상승으로 구름이 형성될 확률이 높다. 따라서 강수 확률은 A의 지상보다 B의 지상에서 높다.

㉢ 편서풍 파동에서 기압골의 서쪽 지점(A)에서는 풍속이 감소하고, 기압골의 동쪽 지점(B)에서는 풍속이 증가한다. 따라서 지점을 통과한 후의 풍속은 A에서 B에서보다 작다. 지점을 통과하기 전의 풍속

10 500 hPa 등압면의 등고선

상층 일기도에서 등압면의 고도가 높은 지점은 기압이 높고, 등압면의 고도가 낮은 지점은 기압이 낮다. 상층의 500 hPa 일기도의 경우에는 대류권의 중층인 지상 평균 높이 5580 m를 기준으로 60 m 간격으로 등고선을 표시한다.

㉠ 풍속은 기압 경도력이 클수록 빨라진다. 같은 위도에 위치하는 A 지점과 B 지점에서의 전향력은 서로 같고, 기압 경도력은 A 지점이 B 지점에서보다 작으므로 풍속은 A 지점이 B 지점에

서보다 느리다.

✗. 500 hPa 등압면의 등고선 고도의 변화 폭은 북반구에서 4980 ~ 5700 m이고, 남반구에서 5100 ~ 5700 m이다. 따라서 500 hPa 등압면의 등고선 고도의 변화 폭은 북반구보다 남반구에서 작다.

✗. 500 hPa 등압면의 등고선은 대략적으로 편서풍 파동의 형태로 나타난다. 편서풍 파동이 남북 방향으로 굽이치는 진폭이 클수록 저위도 지역의 열에너지를 고위도 지역으로 수송할 수 있으므로, 500 hPa 등압면의 등고선 진폭이 작을수록 남북 사이의 에너지 수송량이 적어진다.

11 위도에 따른 바람의 연직 분포

높이에 따른 바람의 연직 분포는 기온의 연직 분포에 의한 기압 경도력의 변화를 통해 나타난다.

✗. 북반구에서 제트류가 (가)에서는 위도 45°N 부근 상공에 위치하고, (나)에서는 위도 30°N 부근 상공에 위치한다. 따라서 (가)는 북반구의 여름철 자료이고, (나)는 북반구의 겨울철 자료이다.

㉠. 중위도 상공의 대류권 계면 부근에서는 서풍이 우세하게 나타난다. 따라서 (+)는 서풍이고, (-)는 동풍이다.

㉡. 남북 사이의 기온 차가 클수록 기압 경도력이 크게 작용하여 바람의 속력이 빨라진다. 그러므로 높이에 따른 풍속 분포는 남북 사이의 기온 분포에 영향을 주로 받는다.

12 제트류

제트류는 남북 간의 기온 차가 가장 큰 대류권 계면 부근에서 형성된다. 제트류의 중심축은 겨울철에는 저위도로 이동하고, 여름철에는 고위도로 이동한다. 우리나라는 한대 (전선) 제트류의 영향을 주로 받는다.

✗. A는 지상으로부터 높이 약 10 km까지는 대체로 낮아지다가 이후에는 높아지는 경향이 나타나고, B는 지상으로부터 높이 약 12 km까지는 대체로 높아지다가 이후에는 낮아지는 경향이 나타난다. 따라서 A는 기온이고, B는 풍속이다.

㉠. 제트류는 남북 방향의 기온 차가 큰 곳에서 형성되므로 대기 대순환에서 대류권 계면 부근의 경계에서 주로 발생한다. 자료에서 풍속인 B가 높이 약 12 km에서 최댓값이 나타나므로 제트류는 대류권 계면 부근에서 나타난다.

✗. 지표면 부근에서는 높이가 높아질수록 기온이 상승하는 구간인 역전층이 나타난다. 역전층은 높이가 높아질수록 기온이 상승하는 기층이므로 기층의 안정도는 절대 안정이다.

13 대기 순환의 규모와 산곡풍

대기 순환은 공간 규모와 시간 규모에 따라 구분한다. 산곡풍은 바람이 약한 맑은 날에 산 사면과 골짜기의 온도 차이에 의해 낮에는 곡풍이, 밤에는 산풍이 하루 주기로 나타나는 바람이다.

㉠. 산곡풍은 바람이 약한 맑은 날 주간(낮)에는 주로 골짜기에서 산 사면을 타고 올라가는 곡풍이 불고, 야간(밤)에는 산의 정상부에서 산 사면을 타고 내려오는 산풍이 분다. 따라서 (가)는 바람이 약한 맑은 날에 주로 나타난다.

㉡. A의 대표적인 예로는 뇌우, 해륙풍 등이 있고, B의 대표적인 예로는 온대 저기압과 이동성 고기압 등이 있다. 따라서 일기도에 나타날 확률은 A보다 B가 크다.

㉢. 산곡풍은 하루를 주기로 바람의 방향이 바뀌므로 대기 순환 규모는 중간 규모인 A에 해당한다.

14 대기 대순환

대기 대순환은 자전하는 지구에서 위도에 따른 에너지 불균형으로 발생한다. 지구 자전에 의한 전향력의 영향으로 3개의 대기 순환 세포가 형성된다. 실제 지구는 지표면이 균일하지 않고 위도 간의 기온 차가 시간에 따라 달라지기 때문에 계절에 따라 기압과 바람의 형태가 다르게 나타난다. 대기 대순환은 자전하는 지구에서 위도에 따른 에너지 불균형으로 발생한다.

✗. 해들리 순환과 극순환은 열적 순환에 의한 열대류로 인해 형성되고, 페렐 순환은 해들리 순환과 극순환의 영향으로 역학적으로 생성되는 간접 순환이다. 따라서 대기 대순환 세포는 모두 열적 순환으로 형성되지 않는다.

㉠. 적도 저압대는 계절에 따라 남북으로 이동하는데 북반구의 여름철에는 북반구에 위치하고, 겨울철에는 남반구에 위치한다. (가)에서 적도 저압대의 위치는 (나)보다 더 북쪽에 위치한다. 따라서 (가)는 북반구의 여름철이고, (나)는 북반구의 겨울철의 자료이다.

㉡. (나)에서 위도 30°N의 지상에는 해들리 순환에 의해 극 쪽으로 이동하던 공기가 위도 25°N ~ 35°N 사이에서 공기의 냉각과 전향력의 영향으로 하강하여 중위도 고압대가 형성되므로 상공에는 하강 기류가 발달한다.

15 해륙풍

해안 지역에서는 낮 동안 육지 쪽이 바다 쪽보다 빨리 가열되고, 밤 동안에는 육지 쪽이 빨리 냉각된다. 따라서 낮에는 바다 쪽에서 육지 쪽으로 해풍이 불고, 밤에는 반대로 육풍이 분다.

㉠. 그림에서 12시를 경계로 이전에는 남풍 계열과 동풍 계열의 바람이 우세하게 불고, 이후에는 북풍 계열과 서풍 계열의 바람이 우세하게 분다. 따라서 육풍은 주로 남동풍 계열의 바람이 불고, 해풍은 주로 북서풍 계열의 바람이 불고 있으므로 육지는 남동쪽에, 바다는 북서쪽에 위치한다.

✗. 해륙풍은 하루를 주기로 바람의 방향이 바뀌므로 대기 순환 규모는 중간 규모에 해당한다.

✗. 해안에서의 풍속은 대체로 육풍이 해풍보다 느리다. 왜냐하면 낮이 밤보다 육지와 해양 간의 온도 차이가 크고, 바다에 비해서

육지에서는 지표면의 마찰로 인해 풍속이 감소하기 때문이다.

16 계절풍

계절풍은 대륙과 해양의 열용량 차이에 의해 1년을 주기로 풍향이 바뀌는 바람이다. 겨울철에는 대륙이 해양보다 빨리 냉각되므로 대륙에서 해양으로 계절풍이 불고, 여름철에는 대륙이 해양보다 빨리 가열되므로 해양에서 대륙으로 계절풍이 분다. (가)는 북반구의 여름철, (나)는 북반구의 겨울철 자료이다.

✕. 이 지역에서 6월에는 남서풍 계열의 바람이 우세하게 나타나고, 12월에는 북동풍 계열의 바람이 우세하게 나타난다. 따라서 해양은 이 지역의 남서쪽에 위치한다.

○. 6월에는 남서풍 계열의 바람이 넓게 분포하고 있고, 12월에는 북동풍 계열의 바람이 좁게 분포하고 있다. 따라서 풍향의 변화 폭은 (가)보다 (나)에서 작다.

✕. 계절풍은 해륙풍의 발생 원리와 비슷하게 나타난다. 대륙 쪽의 평균 대기 밀도가 높으면 기온이 낮고 기압이 높아지므로 기압 경도력이 대륙에서 해양으로 작용한다. 따라서 대륙에서 해양으로 바람이 부는 겨울철(12월)에 대륙 쪽이 해양 쪽보다 평균 대기 밀도가 높다.

08 행성의 운동(1)

수능 2점 테스트

본문 151~154쪽

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

01 지구상의 위치와 시각

평면 위에 있는 한 점의 위치를 표현할 때 좌표를 이용하는 것처럼, 지구의 한 지점 위치는 위도와 경도를 이용하여 나타낼 수 있다.

Ⓐ. 경도는 그리니치 천문대를 지나는 경선을 기준으로 어떤 위치를 지나는 경선이 이루는 각이다.

Ⓑ. 위도는 자전축에 수직인 원 중 반지름이 가장 큰 원인 적도를 0°로 하고, 북극과 남극을 각각 90°N과 90°S로 정하여 나타낸다. 북위 37°인 지역은 지구 중심에 대해 북극으로부터 53° 떨어져 있다.

Ⓒ. 표준시는 경도 0°의 시각인 세계 표준시를 기준으로 어떤 지점의 시각을 나타내는 것으로 동쪽으로 갈수록 빠르며, 경도 15°가 1시간에 해당한다. 동경 135°를 표준시로 사용하는 지역의 시각은 세계 표준시보다 9시간 빠르다.

02 천구의 기준점과 기준선

지구의 자전축을 연장할 때 천구와 만나는 두 점은 천구의 북극과 천구의 남극이며, 지구상에 있는 관측점에서 연직선을 연장할 때 천구와 만나는 두 점은 천정과 천저이다.

Ⓐ. A는 천구의 적도이다. 천체의 일주권은 천구의 적도면과 나란하므로 A에 위치한 별들은 같은 일주권을 그린다.

Ⓑ. B는 자오선으로, 천구의 북극과 남극, 천정과 천저를 동시에 지나는 천구상의 대원이다.

Ⓒ. 적도에서는 천구의 적도가 지평선에 수직이므로 천정과 천저를 지나며 자오선 또한 천정과 천저를 지나므로 A와 B의 교차점이 천정과 천저에 위치한다.

03 지평 좌표계

지평 좌표계는 북점(또는 남점)을 기준으로 하는 방위각과 지평선을 기준으로 하는 고도로 천체의 위치를 나타내는 좌표계이다.

Ⓐ. 천구의 북극이 북점과 천정 사이에 위치한 것으로 보아 북반구에서 관측한 것이다.

✕. 방위각은 북점(또는 남점)으로부터 지평선을 따라 시계 방향으로 천체를 지나는 수직권까지 잰 각이다. A를 지나는 수직권이 남점과 서점 사이에 위치하므로 A의 방위각은 180°와 270° 사이

이다.

✗. A는 남중후 이후 서쪽 지평선을 향하고 있으므로 A의 고도는 현재보다 1시간 후가 낮다.

04 적도 좌표계

적도 좌표계는 춘분점을 기준으로 하는 적경과 천구의 적도를 기준으로 하는 적위로 천체의 위치를 나타내는 좌표계이다.

㉠. 적경은 춘분점을 기준으로 천구의 적도를 따라 천체를 지나는 시간권까지 시계 반대 방향(서 → 동)으로 잴 각이다. A는 B보다 서쪽에 위치하지만 A와 B 사이에 춘분점이 위치하므로 적경은 A가 B보다 크다.

㉡. B는 춘분점으로부터 시계 반대 방향으로 90° 떨어진 하지점에 위치하므로 B의 적위는 +23.5°이다.

㉢. A는 적경이 약 22^h, 적위가 0°이고, B는 적경이 6^h, 적위가 +23.5°이다. 우리나라에서 추분날 자정에 A는 남서쪽 하늘, B는 동쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

05 적도 좌표계

적도 좌표계는 관측 장소나 시각의 변화와 관계없이 천체의 위치가 일정한 값으로 표현되므로, 별들의 목록이나 성도를 작성하는데 이용된다.

㉠. 북점으로부터 천구의 북극까지의 각거리가 30°이므로 이 지역의 위도는 30°N이다.

✗. 동짓날 21시에 북점에 위치한 별의 적경은 15^h이고, 이로부터 90° 떨어진 A의 적경은 21^h이다. 동짓날 태양의 적경은 18^h이다.

✗. 천구의 북극 주변에서 천체의 일주권은 천구의 북극을 중심으로 동심원을 이루므로 이날 최대 고도는 B가 45°이고, C가 60°이다.

06 천체의 위치와 좌표계

천구의 북극과 천정을 지나는 대원(자오선)이 천구의 북극 방향에서 지평선과 만나는 지점을 북점, 그 반대편을 남점이라고 한다.

✗. 북점에 위치한 A의 적위가 +37°이므로 북점과 천구의 북극이 이루는 각은 53°이다. 천구의 북극의 고도는 관측 지역의 위도와 같으므로 이 지역의 위도는 53°N이다.

✗. 북점에 위치한 별의 적경이 6^h일 때 이로부터 시계 반대 방향으로 270° 떨어진 동점에 위치한 별의 적경은 0^h이다.

㉠. 천체의 남중 고도(h)는 $(90^\circ - \text{위도} + \text{적위})$ 이다. 따라서 이날 남중 고도는 A가 74°, B가 37°이다.

07 태양의 연주 운동

천구상에서 태양이 연주 운동하는 경로를 황도라 하며, 황도는 천구의 적도와 약 23.5° 기울어져 있다.

✗. 우리나라에서 태양은 적위가 클수록 더 북쪽에서 뜨므로 태양이 지평선에서 뜨는 위치는 A가 C보다 더 북쪽이다. 따라서 우리

나라에서 태양이 뜰 때의 방위각은 A가 C보다 작다.

✗. 태양은 적경이 증가하는 방향인 서에서 동으로 연주 운동하므로 태양의 위치 순서는 C → B → A이다. B는 태양이 황도를 따라 천구의 남반구에서 북반구로 올라가면서 천구의 적도와 만나는 지점인 춘분점이다.

㉠. 우리나라에서는 태양의 적위가 클수록 낮의 길이가 길다. A는 C보다 적위가 크므로 우리나라에서 낮의 길이는 태양이 A에 위치한 날이 C에 위치한 날보다 길다.

08 태양의 위치와 일주권

하짓날 태양의 적위는 +23.5°이며, 천체가 일주 운동하는 경로는 천구의 적도와 나란하다.

✗. 천체의 남중 고도는 $(90^\circ - \text{위도} + \text{적위})$ 이다. (가)에서 태양의 남중 고도가 30°이므로 (가)의 위도는 83.5°N이다. 북극성의 고도는 관측 지역의 위도와 거의 같으므로 (가)에서 북극성의 고도는 약 83.5°이다.

✗. (나)에서 태양의 남중 고도가 60°이므로 (나)의 위도는 53.5°N이다. 천체의 일주권과 지평선이 이루는 각은 $(90^\circ - \text{위도})$ 이므로 (나)에서 지평선과 태양의 일주권이 이루는 각은 36.5°이다.

㉠. 하짓날 북반구에서는 고위도 지역일수록 태양이 지평선 위에 떠 있는 시간이 길어지며 66.5°N보다 고위도 지역에서는 태양이 일주 운동하는 동안 지평선 아래로 내려가지 않는다. 따라서 하짓날 태양이 지평선 위에 떠 있는 시간은 83.5°N인 (가)가 53.5°N인 (나)보다 길다.

09 내행성의 위치 관계

A는 내합과 서방 최대 이각 사이에 위치하고, B는 서방 최대 이각과 외합 사이에 위치한다.

㉠. 이날 A와 B는 모두 서방 이각에 위치하므로 우리나라에서 해 뜨기 직전 동쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

✗. 행성의 $\frac{\text{지구에서 밝게 보이는 면적}}{\text{지구를 향한 면적}}$ 은 그믐달 모양에서 보름달 모양으로 갈수록 커진다. A의 위상은 그믐달 모양이고, B의 위상은 하현달과 보름달 사이의 모양이므로 행성의 $\frac{\text{지구에서 밝게 보이는 면적}}{\text{지구를 향한 면적}}$ 은 A가 B보다 작다.

㉠. 내행성의 위치는 내합 → 서방 최대 이각 → 외합으로 변하므로 다음 날 태양과의 이각은 A는 커지고, B는 작아질 것이다.

10 행성의 관측

상현달이 남중하는 시각은 약 18시경이다.

✗. 추분날 태양의 적경은 12^h이므로 태양보다 90° 동쪽에 위치한 상현달의 적경은 약 18^h이다.

✗. 내행성은 최대 이각 범위 내에만 위치한다. A는 상현달보다 동쪽에 위치하므로 외행성이다.

㉠. 행성은 태양이 지평선 아래 위치할 때 관측 가능하므로 태양이 진 직후 남동쪽에 위치한 A가 남서쪽에 위치한 B보다 관측 가능한 시간이 길다.

11 수성의 위치와 좌표계

수성의 태양면 통과 현상은 수성이 태양 앞을 지나가는 현상으로 드물게 나타난다.

㉠. 수성의 태양면 통과 현상은 수성이 태양을 동쪽에서 서쪽으로 지날 때 일어나므로 이날 수성은 ㉠에서 ㉡으로 이동하였다.

㉡. 수성의 태양면 통과 현상은 적경이 감소하는 내합 부근에서 일어나므로 적경은 ㉠에 위치할 때가 ㉡에 위치할 때보다 크다.

㉢. 11월에 태양의 적위는 (-) 값이며 ㉠에 위치한 수성은 황도보다 남쪽에 위치하므로 수성이 ㉠에 위치할 때 적위는 (-) 값이다.

12 행성의 위치와 좌표계

태양은 황도를 따라 연주 운동하고, 행성들도 태양의 둘레를 공전하므로 태양계 천체들의 적경과 적위 값은 매일 조금씩 달라진다.

㉠. A와 C는 적경이 12° 차이 나므로 태양 또는 화성이고, B는 금성이다. 내행성인 금성은 최대 이각 범위 내에만 위치하므로 A가 태양이고 C가 화성이다.

✗. 금성은 태양보다 적경이 약 3° 작으므로 서방 최대 이각 부근에 위치한다.

㉢. 외행성인 화성은 지구보다 공전 각속도가 느리므로 일주일 뒤 충과 동구 사이에 위치하게 된다.

13 여러 가지 우주관에서 금성의 운동

(가)에서 금성은 태양을 중심으로 공전하며 태양은 지구를 중심으로 공전한다. (나)에서 금성은 주전원을 돌며 주전원의 중심이 지구를 돈다. (다)에서 금성과 지구는 태양을 중심으로 공전한다.

㉠. (가)는 티코 브라헤의 지구 중심설, (나)는 프톨레마이오스의 지구 중심설, (다)는 코페르니쿠스의 태양 중심설이다.

14 여러 가지 우주관의 특징

A는 프톨레마이오스의 우주관, B는 코페르니쿠스의 우주관, C는 티코 브라헤의 우주관이다.

✗. 프톨레마이오스의 우주관에서 금성은 태양보다 항상 가까이 있으므로 반달보다 작은 모양만 나타나게 된다.

✗. 코페르니쿠스의 우주관에서 행성은 태양을 중심으로 공전한다.

㉢. 티코 브라헤의 우주관은 수성과 금성의 최대 이각을 설명할 수 있다.

15 프톨레마이오스의 우주관

프톨레마이오스의 우주관은 지구가 우주의 중심에 고정되어 있고, 태양, 달, 행성들이 지구 주위를 공전하고 있다는 태양계 모형이다.

✗. 수성과 금성의 주전원 중심은 항상 지구와 태양을 잇는 선 위에 위치한다. P는 태양이 위치한 방향과 거의 반대 방향에 주전원이 위치하므로 수성과 금성은 아니다.

㉠. 프톨레마이오스의 우주관에서 수성과 금성을 제외한 다른 행성의 경우, 주전원의 중심은 태양보다 바깥쪽에서 공전한다.

㉢. 주전원의 지구 가까운 지점에서 행성의 역행이 일어나므로 P는 주전원의 ㉠까지 이동하는 사이에 역행이 일어난다.

16 금성의 위상 변화와 우주관

보름달 모양의 금성이 관측되기 위해서는 금성이 태양의 뒤쪽에 위치해야 하는데, 금성이 태양과 지구 사이의 주전원에서만 공전하는 지구 중심설로는 설명되지 않는다.

✗. (나)에서 보름달 모양의 금성이 나타나므로 ㉠은 코페르니쿠스 우주관에서의 금성 이동 경로(공전 궤도)이며, 태양은 ㉠의 중심에 위치한다.

✗. ㉡은 금성의 공전 궤도이다.

㉢. 이 우주관은 코페르니쿠스의 우주관이다. 금성은 A에 위치할 때 외합이므로 순행한다.

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

01 지구상의 위치와 시각

위도는 적도를 0°로 하고, 북극을 90°N, 남극을 90°S로 나타낸다. 경도는 경도가 0°인 경선을 기준으로 동쪽으로는 동경, 서쪽으로는 서경으로 180°까지 나타낸다.

- ㉠. B는 그리니치 천문대가 속한 경선으로부터 서쪽으로 30° 떨어져 있고, 적도로부터 북쪽으로 60° 떨어져 있으므로 30°W, 60°N이다.
㉡. A와 B는 북극을 기준으로 서로 반대편 경선에 위치하므로 표준시를 가정할 때 12시간 차이가 나타난다.
㉢. 경도 15°가 1시간에 해당하므로 A와 C의 시각 차이는 4시간이고, B와 D의 시각 차이는 2시간이다.

02 지평 좌표계

지평 좌표계는 관측자 중심의 좌표계로 관측 장소와 시간에 따라 방위각과 고도가 달라진다.

- ㉠. 관측 장소의 위도가 37°N이므로 고도가 45°인 ㉠은 천구의 북극과 천정 사이에 위치한다. 천구의 북극 부근에 있는 별들은 천구의 북극을 중심으로 시계 반대 방향으로 일주 운동하므로 ㉠의 방위각은 관측 시각의 1시간 후(270°와 360° 사이)가 관측 시각의 1시간 전(0°와 90° 사이)보다 크다.
㉡. 37°N에서 동점에 위치한 별은 6시간 후에 남중하지만, 동점보다 고도가 높은 별은 남중하기까지 걸리는 시간이 6시간보다 짧다.
㉢. A가 관측한 당시 ㉢은 방위각이 180°인 것으로 보아 남중하였고 남중 고도는 10°이다. 관측 장소의 위도가 37°N이므로 ㉢의 적위는 -43°가 되고, A가 관측한 당시에 같은 경도의 65°N인 지역에서는 남점의 적위가 -25°이므로 ㉢이 남쪽 지평선 아래에 있어 관측할 수 없다.

03 천체의 위치와 좌표계

태양이 황도를 따라 천구의 남반구에서 북반구로 올라가면서 천구의 적도와 만나는 점은 춘분점이다.

- ㉡. A는 적위가 +60°이고, B는 적위가 +10°이다. 37°N에서 A는 최대 고도가 67°, 최소 고도가 7°로 최대 고도와 최소 고도의 차가 60°이고, B는 최대 고도가 63°, 최소 고도가 0°로 최대 고도와 최소 고도의 차가 63°이다.
㉢. A는 춘분점으로부터 시계 반대 방향으로 270° 떨어져 있으므로 적경이 18°이다. 따라서 동짓날 자정에 A는 북쪽 자오선상에 위치하며 이때 천정 거리는 약 83°이다.

㉣. B는 적경이 6°이고, C는 적경이 2°이다. 추분날 자정에 B와 C는 동쪽 하늘 부근에 위치하므로 적경이 작은 C가 적경이 큰 B보다 자오선을 먼저 통과한다.

04 천체의 위치와 일주 운동

북반구에서 관측할 때 천구의 북극 주변의 별들은 시계 반대 방향으로 일주 운동을 하고, 남반구에서 관측할 때 천구의 남극 주변의 별들은 시계 방향으로 일주 운동을 한다.

- ㉡. 북반구에서는 천구의 북극의 고도가 관측 지역의 위도와 같고, 남반구에서는 천구의 남극의 고도가 관측 지역의 위도와 같다. 따라서 (가)의 지역은 30°N이고, (나)의 지역은 45°S이다.
㉢. (가)에서 별 ㉠은 천구의 북극보다 동쪽에 위치한다. 북반구에서 관측할 때 천구의 북극 주변의 별들은 시계 반대 방향으로 1시간에 15°씩 일주 운동하므로 별 ㉠의 고도는 1시간 후에 더 높아질 것이다.
㉣. 동짓날 자정에 (가)에서 천구의 북극과 북점을 잇는 시간권의 적경과 (나)에서 천구의 남극과 남점을 잇는 시간권의 적경은 모두 18°이다. 적경은 서쪽에서 동쪽으로 갈수록 증가하므로 ㉢의 적경은 약 13°50'이고, ㉣의 적경은 약 12°30'이다.

05 천구의 적도와 황도

황도는 천구상에서 태양이 연주 운동하는 경로로, 천구의 적도와 약 23.5° 기울어져 있다.

- ㉡. (가)에서 천구의 적도와 남쪽 자오선의 교차점의 고도($\theta_1 + \theta_2$)는 $(90^\circ - \text{위도})$ 와 같다. 따라서 위도는 $90^\circ - (\theta_1 + \theta_2)$ 이다.
㉢. (나)의 남쪽 하늘에서 천구의 적도와 황도가 이루는 교차점은 추분점이다. 별 ㉠은 추분점보다 서쪽에 위치하므로 별 ㉠의 적경은 12°보다 작다.
㉣. (가)는 자정에 천구의 적도와 황도의 교차점이 동점과 서점에 위치하고 황도가 천구의 적도보다 지평선 가까이 위치하므로 하짓날에 해당하고, (나)는 자정에 추분점이 남중하므로 춘분날에 해당한다. 북반구 중위도에서 태양이 뜰 때의 방위각은 하짓날이 춘분날보다 작다.

06 태양의 일주 운동

판자의 그림자는 태양의 반대 방향으로 생기며, 태양의 고도가 높을수록 판자로부터 판자 그림자 끝까지의 거리가 짧다.

- ㉠. θ 는 $(90^\circ - \text{천구의 북극을 가리키는 직선과 선분 AB가 이루는 각})$ 이다. 하짓날 판자의 그림자 끝이 이동한 경로가 판자의 A 지점을 지나므로 이 지역은 하짓날 태양이 천정을 지나며 위도가 23.5°이다. 따라서 θ 는 $(90^\circ - 23.5^\circ) = 66.5^\circ$ 이다.
㉢. 그림자 끝이 X에 위치할 때는 춘분날과 추분날에 태양이 남동쪽 하늘에 위치할 때이다. 따라서 그림자 끝이 X에 위치할 때 태양의 방위각은 90°와 180° 사이에 해당한다.

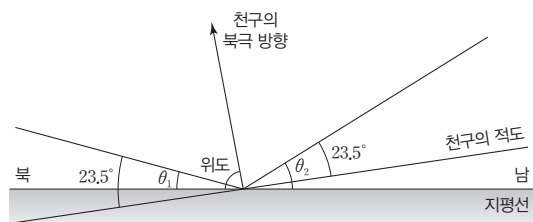
㉔ 23.5°N보다 위도가 20° 높은 43.5°N에서는 하짓날과 동짓날 각각 태양의 고도가 23.5°N에서보다 낮다. 이 지역보다 위도가 20° 높은 지역에서 같은 활동을 반복한다면 하짓날 판자 그림자 끝까지의 거리가 길어지지만, 동짓날 판자 그림자 끝까지의 거리는 더 길어지므로 l 은 길어질 것이다.

07 태양의 일주 경로

하짓날 66.5°N보다 고위도 지역에서는 태양이 일주하는 동안 지평선 아래로 지지 않는다.

㉑ θ_1 은 $23.5^\circ - (90^\circ - \text{위도})$ 이고, θ_2 는 $23.5^\circ + (90^\circ - \text{위도})$ 이다.

따라서 위도는 $90^\circ - \left(\frac{\theta_2 - \theta_1}{2}\right)$ 이다.



㉒ 이 지역은 하짓날 하루 동안 태양이 지지 않는 것으로 보아 66.5°N보다 고위도 지역이다. 이 지역에서 북극으로 이동할수록 θ_1 은 증가하여 북극에서는 θ_1 이 23.5°가 된다.

㉓ 다음 날 태양의 적위는 하짓날보다 작아지므로 θ_1 과 θ_2 는 모두 작아진다.

08 행성의 위치 관계

금성은 서방 최대 이각에, 목성은 동구에, 화성은 서구와 충 사이에 위치한다.

㉑ 금성이 서방 최대 이각에 위치하므로 37°N에서 관측할 때 금성은 하현달 모양으로 관측된다.

✕. 추분날 태양의 적경은 12^h이고 적경은 시계 반대 방향으로 갈수록 증가하므로 화성은 적경이 약 3^h이고 금성은 적경이 약 9^h이다.

✕. 목성은 적경이 약 18^h이다. 행성의 공전 궤도가 같은 평면상에 있다고 가정하였으므로 행성은 황도상에 분포하게 된다. 따라서 목성은 동지점에 위치하므로 행성 중 적위가 가장 작으며 37°N에서 관측할 때 남중 고도도 가장 낮다.

09 행성이 지는 시각과 위치 관계

행성이 뜨고 지는 시각을 이용하여 태양과의 위치 관계를 파악할 수 있다.

㉑ A와 C는 자정에 질 때도 있는 것으로 보아 외행성이고, B는 지는 시각이 일몰 시각에서 크게 벗어나지 않는 것으로 보아 내행성이다.

㉒ 9월 초에 B는 태양보다 먼저 지는 것으로 보아 태양보다 서쪽에 위치한다. 따라서 9월 초에 B는 태양이 뜨기 직전 동쪽 하늘에

서 관측된다.

㉓ 11월 초에 C는 태양이 뜰 때 지므로 태양 반대편인 충 부근에 위치하며 적경이 감소한다.

10 행성의 위치 관계

태양계 행성의 공전 궤도면은 황도면과 거의 일치한다.

㉑ 수성은 천구의 적도보다 남쪽 지평선 가까이 위치하므로 적위가 (-) 값이다.

㉒ 금성이 최대 이각에 위치할 때 천구상에서 태양은 금성보다 수성에 가까이 위치하므로 금성의 동쪽에 위치한다. 따라서 금성은 서방 최대 이각에 위치하므로 위상이 하현달 모양이다.

㉓ 토성은 태양과 서방 최대 이각에 위치한 금성 사이에 위치하므로 합과 서구 사이에 위치한다.

㉔ 이날 화성은 목성보다 적위가 작으므로 지평선 위에 떠 있는 시간이 목성보다 짧다.

✕ 다음 날 태양에 대하여 금성은 동쪽으로 이동하고 목성은 서쪽으로 이동하므로 금성-지구-목성이 이루는 각은 이날보다 작아진다.

11 금성의 관측

남반구 중위도에서는 금성이 서방 이각에 위치할 때 해 뜨기 직전 동쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

✕ 남반구 중위도에서 천구의 적도가 지평선을 향해 오른쪽 아래로 경사진 것으로 보아 동쪽 하늘을 관측한 것이다.

✕ 3월 21일에 태양은 천구의 적도 부근에 위치하지만 금성은 천구의 적도보다 남쪽에 위치하므로 최대 고도는 금성이 태양보다 높다.

㉑ 3월 21일에 금성은 반달 모양의 위상이 나타나며 태양보다 서쪽에 위치하므로 서방 최대 이각 부근에 위치한다.

✕ 6월 21일부터 9월 21일까지 금성은 최대 이각을 지나 외합을 향해 이동하므로 순행한다.

✕ 지구로부터 금성까지의 거리가 멀어질수록 시지름이 작아지고 보름달에 가까운 모양이 된다. 따라서 지구로부터 금성까지의 거리는 1월 21일이 9월 21일보다 가깝다.

12 화성의 관측과 적도 좌표

외행성은 공전하는 동안 대부분 순행하고, 충 부근에 있을 때 역행한다.

㉑ 외행성은 공전하는 동안 대부분 순행하여 적경이 증가하므로 위치 변화는 ㉑ → ㉒ → ㉓ → ㉔이다. 따라서 8월 1일 화성의 위치는 ㉑이다.

㉒ ㉑과 ㉓ 사이에 화성은 적경이 감소하므로 역행한다.

✕ 화성은 ㉔에 위치할 때 충을 지나 태양의 동쪽에 위치할 때이므로 우리나라에서 해 뜨기 직전 동쪽 하늘에서 관측할 수 없다.

13 프톨레마이오스의 우주관

프톨레마이오스의 우주관에서 금성은 주전원을 돌며, 주전원의 중심이 지구 주위를 돈다.

✗ (가)에서 금성은 태양의 서쪽에 위치하며 이각이 최대이지만 태양이 주전원의 중심에 위치한 것은 아니기 때문에 하현달 모양으로는 보이지 않는다.

✗ 금성의 주전원 중심이 별자리에 대해 지구 둘레를 회전하는 주기는 태양의 공전 주기(1년)와 같다. ㉠에서 ㉡까지 걸리는 시간의 2배는 금성의 회합 주기이다.

㉢ (가)는 프톨레마이오스의 우주관으로, 순행에서 역행으로, 또는 역행에서 순행으로 바뀔 때 행성이 정지한 것처럼 보이는 유를 설명할 수 있다.

14 티코 브라헤의 우주관

티코 브라헤는 태양 중심설의 증거인 별의 연주 시차를 측정하기 위해 노력하였으나 연주 시차가 매우 작아 측정에 실패하였다. 그 후 지구가 공전한다는 태양 중심설을 포기하고 자신만의 태양계 모형을 주장하였다.

✗ 티코 브라헤의 우주관에서 태양과 달은 지구를 중심으로 공전하고, 지구를 제외한 행성들은 태양을 중심으로 공전한다. 따라서 A는 수성, B는 태양, C는 지구, D는 달이다.

✗ 티코 브라헤의 우주관에서 지구를 제외한 모든 행성은 태양(B)을 중심으로 공전한다.

✗ 보름달 모양의 금성은 티코 브라헤의 우주관으로 설명할 수 있다.

✗ 연주 시차는 티코 브라헤의 우주관으로 설명할 수 없다.

㉤ 티코 브라헤의 우주관은 코페르니쿠스의 우주관 이후에 등장하였다.

09 행성의 운동(2)

수능 2점 테스트

본문 169~171쪽

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

01 행성의 회합 주기

태양에 대한 행성의 상대적 위치가 반복되는 주기를 회합 주기라고 한다.

㉠ 내행성의 회합 주기는 내합(또는 외합)에서 다음 내합(또는 외합)이 되는 데까지 걸리는 시간이다.

㉡ 외행성은 지구보다 공전 주기가 길기 때문에 외행성의 회합 주기는 지구가 1회 공전하는 데 걸리는 시간인 1년보다 길다.

㉢ 회합 주기는 지구와 행성의 공전 각속도 차이 때문에 발생하므로 지구에서 관측한 어느 행성의 회합 주기와 그 행성에서 관측한 지구의 회합 주기는 같다.

02 외행성의 회합 주기

외행성인 A의 회합 주기는 총(또는 합)에서 다음 총(또는 합)이 되는 데까지 걸리는 시간이다.

✗ A는 현재 총에서 $\frac{5}{4}$ 년 후 다시 총에 위치하므로 회합 주기가 $\frac{5}{4}$ 년이다. 따라서 총에서 합까지 걸리는 시간은 회합 주기의 절반인 $\frac{5}{8}$ 년이다.

✗ A는 $\frac{5}{4}$ 년 동안 90° 공전하였으므로 공전 주기는 5년이다. 따라서 A가 4회 공전하는 동안 지구는 20회 공전한다.

㉢ 케플러 제3법칙에서 공전 주기를 P (년), 공전 궤도 긴반지름을 a (AU)라고 하면, $\frac{a^3}{P^2}=1$ 이 성립한다. 공전 주기가 5년인 A의 공전 궤도 긴반지름(a)은 $a^3=25$ 이므로 3 AU보다 작다.

03 내행성의 회합 주기

내행성의 회합 주기는 내합(또는 외합)에서 다음 내합(또는 외합)이 되는 데까지 걸리는 시간이다.

㉠ 이 행성은 태양으로부터 일정한 각도 이상 벗어나지 않는 것으로 보아 내행성이다. 내행성은 하루 동안 공전하는 각도가 지구보다 크다.

✗ 이 행성은 태양과의 이각이 0° 에서 짧은 시간 동안 최대 이각까지 이동한 후 긴 시간 동안 이각 0° 로 이동하였다. 따라서 그래프의 출발점은 내합이고, 서방 최대 이각, 외합, 동방 최대 이각을

거쳐 내합까지 이동하는 데 걸린 시간, 즉 회합 주기가 584일이다.
 ㉠ A는 서방 최대 이각이다. 서방 최대 이각으로부터 회합 주기의 절반(292일)이 지난 후 위치한 지점은 외합과 동방 최대 이각 사이이다.

04 외행성의 회합 주기

지구로부터 외행성까지의 거리는 외행성이 충에 위치할 때 가장 가까고, 합에 위치할 때 가장 멀다. 지구와 외행성의 공전 주기를 각각 E 와 P 라고 하면, 외행성의 회합 주기(S)는 $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ 이다.

✕. A는 지구로부터의 평균 거리가 4 AU이므로 케플러 제3법칙에 따라 공전 주기는 8년이고, 회합 주기는 $\frac{8}{7}$ 년이다. A는 지구로부터의 거리가 ㉠일 때 가장 멀므로 합에 위치하고, ㉡일 때 가장 가까우므로 충에 위치한다. 따라서 ㉠에서 ㉡까지 걸리는 시간은 회합 주기의 절반인 $\frac{4}{7}$ 년이다.

㉢. A는 ㉢일 때 충에 위치하고, ㉣일 때 합에 위치한다. 충에서 합으로 이동하는 동안 태양과의 이각은 감소한다.

㉤. A는 합에 위치할 때로부터 1년 후, 아직 회합 주기($\frac{8}{7}$ 년)에 미치지 못했으므로 동구와 합 사이에 위치한다.

05 화성의 공전 주기와 회합 주기

화성이 1회 공전하는 동안 지구는 1회 이상 공전하므로 태양에 대한 화성의 상대적 위치가 달라진다.

㉠. 적경은 춘분점을 기준으로 시계 반대 방향으로 갈수록 커진다. 따라서 화성의 적경은 ㉠일 때가 ㉡일 때보다 작다.

✕. 화성은 공전 주기가 687일이므로 화성이 1회 공전할 때 지구는 1회 공전한 후 반 바퀴 이상을 더 공전하게 된다. 따라서 ㉢은 ㉠보다 나중의 위치이다.

✕. 지구는 ㉠으로부터 687일 후 ㉡에 위치한다. 지구가 ㉠에 위치할 때 화성은 충과 동구 사이에 위치하였으나 ㉡에 위치할 때 같은 위치까지 이르지 못하고 서구와 충 사이에 위치하므로 지구에서 측정한 화성의 회합 주기는 687일보다 길다.

06 행성의 회합 주기

내행성은 지구에 가까울수록 회합 주기가 길고, 외행성은 지구에서 멀수록 회합 주기가 짧아지면서 점점 1년에 가까워진다.

㉠. 지구는 태양으로부터의 거리가 1 AU이므로 x 는 1이다.

㉡. y 는 회합 주기를 측정하는 관측자가 위치한 행성의 공전 주기와 같다. 금성의 공전 주기는 1년보다 짧으므로 금성에서 측정하면 y 는 1보다 작다.

㉢. 회합 주기를 측정하는 행성의 태양으로부터의 거리는 x 이고,

공전 주기는 y 이다. 태양계 행성은 케플러 제3법칙에 따라 x 의 세제곱과 y 의 제곱이 서로 비례한다.

07 케플러 제1법칙

타원은 이심률이 작을수록 원에 가까운 모양이 되고 이심률이 클수록 더 납작한 모양이 된다.

㉠. 태양계 행성은 원에 가까운 타원 궤도로 공전하며, 타원 궤도의 두 초점 중 한 초점에 태양이 위치한다.

✕. 실의 길이를 길게 하여 탐구 과정을 반복하면 긴반지름과 짧은반지름의 차이가 감소하므로 타원의 이심률은 감소한다.

✕. 압정 사이의 거리를 길게 하여 탐구 과정을 반복하면 긴반지름은 그대로이지만 짧은반지름이 감소하므로 타원의 이심률은 증가한다.

08 케플러 제1법칙

행성이 타원 궤도상에서 태양에 가장 가까이 있게 되는 위치를 근일점이라고 하고, 가장 멀리 있게 되는 위치를 원일점이라고 한다.

㉠. 행성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다. 근일점 거리와 원일점 거리를 더한 값의 절반이 긴반지름이므로 A와 B는 긴반지름이 4 AU로 같다. 따라서 공전 주기는 A와 B가 8년으로 같다.

㉡. 초점 거리는 원일점 거리에서 근일점 거리를 뺀 값의 절반이다. 따라서 C의 초점 거리는 2 AU이다.

㉢. 타원의 긴반지름을 a , 초점 거리를 c 라고 할 때, 이심률(e)은 $\frac{c}{a}$ 이다. 따라서 이심률은 A가 $\frac{1}{4}$, B가 $\frac{3}{4}$, C가 $\frac{2}{3}$ 이다.

09 케플러 제2법칙

행성이 타원 궤도를 따라 공전할 때 태양과 행성을 잇는 선분은 같은 시간 동안 같은 면적을 쓸고 지나간다.

㉠. 이 소행성은 1년 동안 전체 면적의 $\frac{1}{8}$ 을 쓸고 지나가므로 공전 주기가 8년이고, 공전 궤도 긴반지름이 4 AU이다. 선분 P_1P_3 은 긴반지름의 2배이므로 8 AU이다.

✕. 소행성이 타원 궤도를 따라 공전할 때 태양과 소행성을 잇는 선분은 같은 시간 동안 같은 면적을 쓸고 지나가므로 B는 A와 같이 전체 면적의 $\frac{1}{8}$ 이다.

✕. 소행성이 공전하며 쓸고 지나간 면적은 P_1 에서 P_3 까지가 P_2 에서 P_4 까지보다 좁으므로 공전하는 데 걸리는 시간은 P_1 에서 P_3 까지가 P_2 에서 P_4 까지보다 짧다.

10 케플러 제3법칙

행성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다.

- ㉠ 공전 궤도 긴반지름이 클수록 공전 속도는 느리며 공전 주기가 길다.
- ㉡ 공전 속도는 공전 궤도 긴반지름이 작을수록 빠르다.
- ㉢ 화성과 금성은 목성의 내행성에 해당하므로 목성에서 측정한 회합 주기는 목성에 더 가까운 화성이 금성보다 길다.

11 케플러 법칙

- 탐사선 궤도는 지구 공전 궤도와 만나는 점을 근일점, 화성 공전 궤도와 만나는 점을 원일점으로 하는 타원 궤도이다.
- ✕ E₀에서 M₁까지 이동하는 동안 탐사선은 타원 궤도의 근일점에서 원일점을 향해 이동하므로 속도는 점차 감소한다.
 - ㉠ 탐사선 궤도의 원일점 거리는 1.5 AU이고, 근일점 거리는 1 AU이다.
 - ㉡ 탐사선 궤도는 긴반지름이 1.25 AU, 초점 거리가 0.25 AU 이므로 탐사선 궤도의 이심률은 0.2이다.

12 쌍성계의 운동

- 쌍성계를 이루는 두 별은 공통 질량 중심을 기준으로 서로 반대 방향에 위치하며, 공전 방향과 공전 주기가 서로 같다.
- ㉠ 쌍성계에서 별의 질량은 공통 질량 중심으로부터의 거리에 반 비례하므로 질량은 A가 B의 3배이다.
 - ㉡ A와 B는 공전 주기가 같지만 공통 질량 중심으로부터의 거리는 B가 A의 3배이므로 공전 속도는 B가 A의 3배이다.
 - ㉢ 쌍성계에서 두 별 사이의 거리를 a , 공전 주기를 P , 두 별의 질량의 합을 m , 태양 질량을 M_{\odot} 이라 하면, $\frac{a^3}{P^2} = \frac{m}{M_{\odot}}$ 이 성립한다. a 가 4 AU, m 이 $1M_{\odot}$ 이므로 B의 공전 주기는 8년이다.

- 01 ㉡ 02 ㉢ 03 ㉤ 04 ㉢ 05 ㉤ 06 ㉤ 07 ㉤
08 ㉢ 09 ㉡ 10 ㉤ 11 ㉣ 12 ㉤

01 수성의 회합 주기

- 수성의 겉보기 등급 변화 주기와 시지름 변화 주기는 수성의 회합 주기와 거의 일치한다.
- ✕ 수성은 내합 부근에 위치할 때 시지름이 가장 크지만, 지구에서 관측할 때 밝게 빛나는 면적의 비율이 가장 작아 어둡게 관측된다.
 - ㉠ 수성은 5월 초에 시지름이 가장 큰 것으로 보아 내합 부근에 위치하며 이때 역행한다.
 - ✕ 겉보기 등급과 시지름 변화 주기를 통해 수성의 회합 주기가 약 4개월임을 알 수 있다. 수성의 공전 주기는 약 3개월이다.

02 행성의 공전 주기와 회합 주기

- 회합 주기가 가장 긴 행성은 화성이며, 외행성의 경우 공전 주기가 길수록 회합 주기가 1년에 가까워진다.
- ㉠ 금성은 공전 주기가 225일이므로 6개월 동안 약 290° 공전한다. 따라서 6월 1일 금성의 위치는 ㉠이다.
 - ㉡ 6월 1일과 12월 1일 사이에 화성은 충을 거쳤으므로 역행한 적이 있다.
 - ✕ 외행성의 경우 지구로부터의 거리가 멀수록 회합 주기가 짧아 지므로 지구와의 회합 주기는 목성이 화성보다 짧다. 태양계 행성 중 회합 주기가 가장 긴 행성은 화성이다.

03 내행성의 회합 주기

- 내행성이 원 궤도로 공전한다고 가정할 때, 내행성이 최대 이각에 위치하면 지구와 내행성을 잇는 선분과 태양과 내행성을 잇는 선분은 직각을 이룬다.
- ㉠ B는 태양의 서쪽에 위치하며 태양과 이루는 각이 최대이므로 '서방 최대 이각'은 ㉠으로 적절하다.
 - ㉡ A는 최대 이각이 45°이고 태양으로부터 지구까지의 거리가 1 AU이므로 태양으로부터 A까지의 거리는 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ AU이다.
 - ㉢ B는 최대 이각이 30°이므로 B의 공전 궤도 반지름은 $\frac{1}{2}$ AU이다. 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례하므로 B의 공전 주기는 $\frac{1}{2\sqrt{2}}$ 년이다. 지구와 내행성의 공전 주기를 각각 E 와 P 라고 하면, 내행성의 회합 주기(S)는 $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$ 이므로 $S = \frac{1}{2\sqrt{2}-1}$ (년)이다. 따라서 B에서 측정한 지구의 회합

주기는 $\frac{1}{2\sqrt{2}}$ 년보다 길다.

04 외행성의 회합 주기

지구와 외행성의 공전 주기를 각각 E 와 P 라고 하면, 외행성의 회합 주기(S)는 $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ 이다.

㉠. A는 공전 궤도 반지름이 4 AU이므로 공전 주기가 8년이다. 따라서 A에서 측정할 지구의 회합 주기는 $\frac{8}{7}$ 년이다.

㉡. B는 공전 궤도 반지름이 $2.25 \text{ AU} (= \frac{9}{4} \text{ AU})$ 이므로 공전 주기가 $\frac{27}{8}$ 년이고, 회합 주기는 $\frac{27}{19}$ 년(≈ 1.42 년)이다. 동구에서 서구까지 이동하는 데 걸리는 시간은 회합 주기의 절반보다 길므로 B가 동구에서 서구까지 이동하는 데 걸리는 시간은 0.7년보다 길다.

㉢. A의 회합 주기가 $\frac{8}{7}$ 년이고, B의 회합 주기가 $\frac{27}{19}$ 년이므로 이날로부터 216년째 되는 날까지 회합 주기를 A는 189회, B는 152회 거치게 된다. 따라서 이날로부터 216년째 되는 날 태양, 지구, A, B는 현재와 같은 위치 관계가 나타난다. 하룻날 A는 태양 반대편에 위치하여 적위가 -23.5° 이고, B는 태양과 같은 방향에 위치하여 적위가 $+23.5^\circ$ 이므로 우리나라에서의 남중 고도는 A가 B보다 낮다.

05 행성의 회합 주기

A와 B가 공전 주기는 다르지만, 지구에서 측정할 회합 주기가 같다면 A와 B 중 한 행성은 내행성, 나머지 한 행성은 외행성이다. C는 회합 주기가 1년이므로 내행성이고, 공전 주기는 0.5년이다. 공전 주기는 B가 C의 3배이므로 B는 공전 주기가 1.5년인 외행성이고, B의 회합 주기는 3년이다. B가 외행성이므로 A는 내행성이고, 회합 주기가 3년이므로 공전 주기는 0.75년이다.

㉠. A는 공전 주기가 0.75년인 내행성이다.

㉡. 공전 주기는 B가 1.5년, C가 0.5년이다. 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 반지름의 세제곱에 비례하므로, 공전 궤도 반지름은 B가 C의 $3^{\frac{2}{3}}$ 배이다.

㉢. A와 C의 공전 주기를 각각 a , c 라고 하면, C에서 측정할 A의 회합 주기(S)는 $\frac{1}{S} = \frac{1}{c} - \frac{1}{a}$ 이다. 따라서 C에서 측정할 A의 회합 주기는 1.5년이고, 이는 B의 공전 주기(1.5년)와 같다.

06 내행성의 타원 궤도

타원 궤도로 공전하는 내행성은 궤도상에서 태양으로부터의 거리에 따라 최대 이각의 크기가 다르게 나타난다.

㉠. ㉠에서 ㉡까지 이동하는 데 걸리는 시간은 ㉠에서 ㉠까지 이

동하는 데 걸리는 시간보다 짧다. 내행성은 동방 최대 이각에서 서방 최대 이각까지 이동하는 데 걸리는 시간이 서방 최대 이각에서 동방 최대 이각까지 이동하는 데 걸리는 시간보다 짧으므로 ㉠은 동방 최대 이각이고, 이 행성이 ㉠에 위치할 때 우리나라에서 상현달 모양으로 관측된다.

㉡. 1989년 1월 8일부터 112일 동안 약 1 회합 주기를 거친다. 내행성은 1 회합 주기 동안 1회 이상 공전하므로 이 행성의 1989년 1월 8일부터 112일 동안의 공전 각은 180° 보다 크다.

㉢. 타원 궤도로 공전하는 내행성은 최대 이각이 작을수록 태양으로부터의 거리가 가깝다. 1989년 1월 8일이 1989년 8월 28일보다 최대 이각이 작아 태양으로부터의 거리가 가까우므로 공전 속도가 빠르다.

07 케플러 제1법칙

타원의 긴반지름을 a , 짧은반지름을 b , 초점 거리를 c 라고 할 때, 이심률(e)은 $\frac{c}{a} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$ 이다.

㉠. A는 초점 거리가 10 cm이고 이심률이 0.5이므로 긴반지름은 20 cm이다. ㉠은 타원의 긴반지름과 같으므로 20 cm이다.

㉡. 그림에서 B의 공전 궤도 짧은반지름이 10 cm이므로 실제로는 2 AU이다. B는 공전 궤도 긴반지름이 4 AU, 짧은반지름이 2 AU이므로 B의 공전 궤도 이심률은 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 이다.

㉢. A와 B는 공전 궤도 긴반지름이 모두 4 AU이다. 공전 궤도 긴반지름의 세제곱과 공전 주기의 제곱은 비례하므로 A와 B의 공전 주기는 8년이다.

08 케플러 제2법칙

행성이 타원 궤도를 따라 공전할 때 태양과 행성을 잇는 선분은 같은 시간 동안 같은 면적을 쓸고 지나간다.

㉠. A는 6개월 동안 전체 궤도 면적의 $\frac{1}{16}$ 을 쓸고 지나가므로 공전 주기가 8년이고, B는 6개월 동안 전체 궤도 면적의 $\frac{1}{2}$ 을 쓸고 지나가므로 공전 주기가 1년이다.

㉡. A는 공전 주기가 8년이므로 공전 궤도 긴반지름이 4 AU이다. 원 궤도로 공전하는 B의 공전 궤도 반지름이 1 AU이므로 A는 근일점 거리가 1 AU, 원일점 거리가 7 AU가 되며 초점 거리는 3 AU이다.

㉢. B가 4바퀴 공전하는 데 걸리는 시간은 4년이다. A는 현재 원일점을 지나 근일점을 향하는 궤도상에 위치하므로 공전 주기의 절반인 4년 후 근일점을 지나 원일점을 향하는 궤도상에 위치하게 된다. 따라서 현재부터 B가 4바퀴 공전하는 동안 공전 속도는 빨라지다가 근일점을 지난 후 느려지게 된다.

09 케플러 법칙

공전 궤도 긴반지름이 같을 때 이심률이 클수록 타원의 전체 면적은 작아진다.

✕. A는 B와 공전 주기가 같으므로 공전 궤도 긴반지름도 B와 같은 2 AU이다. A는 원일점 거리가 3.5 AU이므로 근일점 거리가 0.5 AU이며, 공전 궤도 짧은반지름은 $\frac{\sqrt{7}}{2}$ AU이다.

✕. 원 궤도로 공전하는 행성의 공전 속도는 공전 주기에 반비례하고, 공전 궤도 긴반지름에 비례하므로 공전 속도는 B가 지구의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 배이다.

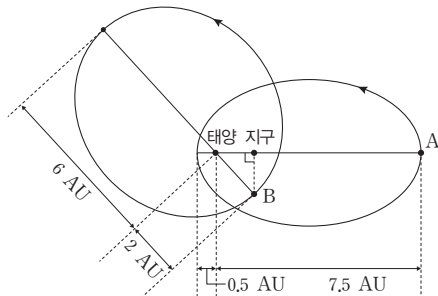
⊙. A와 B의 공전 궤도 긴반지름은 같지만, A가 B보다 공전 궤도 이심률이 크기 때문에 타원의 전체 면적은 A가 B보다 작다. 따라서 태양과 소행성을 잇는 선분이 1년 동안 쓸고 지나가는 면적은 A가 B보다 작다.

10 케플러 법칙

공전 궤도 긴반지름이 같을 때 타원 궤도의 이심률이 클수록 근일점에서의 공전 속도가 빠르다.

⊙. A는 공전 궤도 이심률이 0.875, B는 공전 궤도 이심률이 0.5이다.

⊙. A는 자정에 남중하므로 태양 반대편에 위치한다. A의 근일점 거리가 0.5 AU이므로 A가 근일점에 위치할 때는 자정에 남중할 수 없다. 따라서 이날 A는 원일점에, B는 근일점에 위치하게 되며 지구로부터의 거리는 A가 6.5 AU, B가 $\sqrt{3}$ AU이다.



이날 자정 지구와 A, B의 위치 관계

⊙. A와 B는 공전 궤도 긴반지름이 4 AU이므로 공전 주기가 8년이다. 이날로부터 4년째 되는 날에 공전 궤도상 반대편에 위치하게 되므로 A는 근일점, B는 원일점에 위치하게 된다. 따라서 이날로부터 4년째 되는 날의 공전 속도는 A가 B보다 빠르다.

11 케플러 제3법칙

케플러는 '행성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다'는 케플러 제3법칙(조화 법칙)을 발표하였다. 이후 뉴턴은 자신이 유도한 만유인력 법칙을 이용하여 케플러 제3법칙을 증명하고 행성의 운동을 설명하였다.

④ 천체의 공전 주기를 P , 공전 속도를 v , 질량을 m , 공통 질량 중심으로부터 천체까지의 거리를 a 라고 할 때, 구심력은 $\frac{mv^2}{a}$,

공전 속도는 $\frac{2\pi a}{P}$ 이다.

12 쌍성계의 운동

쌍성계를 이루는 두 별은 공통 질량 중심을 기준으로 서로 반대 방향에 위치하며, 공전 방향과 공전 주기가 서로 같다.

⊙. A의 질량이 태양 질량의 2배이므로 공통 질량 중심으로부터의 거리가 A의 $\frac{1}{3}$ 배인 B의 질량은 태양 질량의 6배이다. A와 B의 질량의 합이 태양 질량의 8배이고, A와 B 사이의 거리가 8 AU이므로 케플러 제3법칙에 따르면 A와 B의 공전 주기는 8년이다.

⊙. A와 D는 공전 주기가 같으므로 C와 D의 공전 주기도 8년이다. 두 쌍성계에서 두 천체 사이의 거리와 공전 주기가 같다면 쌍성계의 질량도 서로 같으므로 C와 D의 질량의 합은 태양 질량의 8배이다. 공통 질량 중심으로부터의 거리가 D가 C의 7배이므로 C의 질량은 태양 질량의 7배이고, D의 질량은 태양 질량과 같다. 따라서 B의 질량과 C의 질량의 합은 태양 질량의 13배이다.

⊙. A~D의 공전 주기가 모두 8년이므로 공전 속도는 공전 궤도 반지름이 가장 큰 D가 가장 빠르다.

10 우리은하와 우주의 구조

수능 2점 테스트

본문 191~196쪽

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

01 겉보기 등급과 절대 등급

별의 밝기는 등급으로 나타내며 밝은 별일수록 작은 숫자로 나타낸다.

- ㉠ A와 B의 겉보기 등급은 5.0 차이가 나므로 A가 B보다 100배 밝게 보인다.
 ㉡ 거리 지수는 겉보기 등급과 절대 등급의 차이이다. B의 거리 지수는 7.0이다.
 ✕ A의 거리 지수는 3.0이고, B의 거리 지수는 7.0이다. 거리 지수가 클수록 별까지의 거리는 멀다.

02 천체의 거리

연주 시차는 지구 공전 궤도의 양끝에서 별을 바라보았을 때 생기는 각(시차)의 $\frac{1}{2}$ 이다.

- ㉠ (가)는 연주 시차, (나)는 세페이드 변광성을 이용한 거리 측정, (다)는 주계열 맞추기이다. 별의 거리 지수는 (겉보기 등급 - 표준 주계열성의 절대 등급)이고 거리 지수가 클수록 별까지의 거리는 멀다.
 ㉡ 연주 시차는 지구 공전 궤도 양끝에서 별을 바라보았을 때 생기는 각도를 이용하는데, 목성의 공전 궤도는 지구보다 커서 연주 시차가 더 크게 나타나므로 더 먼 거리의 별도 측정할 수 있다.
 ㉢ 세페이드 변광성을 이용한 거리 측정은 외부 은하까지의 거리 측정에도 이용할 수 있을 만큼 멀리 있는 별의 거리를 측정할 수 있다.

03 세페이드 변광성

세페이드 변광성은 변광 주기가 길수록 절대 등급이 작은 특징을 나타낸다.

- ✕ 절대 등급은 B가 A보다 작다. 따라서 변광 주기는 B가 A보다 길다.
 ㉠ 거리 지수는 A가 B보다 작다. 따라서 별까지의 거리는 B가 A보다 멀다.
 ✕ B의 거리 지수는 25이고, B까지의 거리는 10^6 pc이다. 연주

시차는 약 1000 pc 이내의 가까운 별의 거리를 측정하는 데 이용된다.

04 색지수

색지수는 한 파장대에서 측정한 등급과 다른 파장대에서 측정한 등급의 차이로, 별의 표면 온도를 나타내는 척도가 된다.

- ✕ 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 긴 별일수록 색지수 ($B-V$)가 크다.
 ㉠ 색지수 ($B-V$)는 별의 표면 온도가 높을수록 작다.
 ㉡ 절대 등급은 (가)가 (나)보다 작고, 두 별의 겉보기 등급이 같으므로 거리 지수는 (가)가 (나)보다 크다.

05 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.

- ✕ 색지수 ($B-V$)는 별의 표면 온도가 높을수록 작다. 따라서 색지수는 A가 B보다 작다.
 ㉠ B의 겉보기 등급은 10보다 크고 절대 등급은 5이다. 따라서 거리 지수는 5보다 크다.
 ㉡ 성단의 거리 지수가 5보다 크고 6보다 작다. 성단까지의 거리가 1 kpc이 되려면 거리 지수가 10이어야 한다.

06 구상 성단과 산개 성단

(가)는 구상 성단, (나)는 산개 성단이다.

- ✕ (가)는 구형으로 별이 밀집해 있는 것으로 보아 구상 성단이다.
 ✕ (나)는 산개 성단으로 주계열 이후 단계의 별보다 주계열 단계의 별이 더 많다.
 ㉠ 구상 성단은 수만에서 수십만 개의 별들이 모여 있고, 산개 성단은 수백에서 수천 개의 별들이 모여 있다.

07 우리은하의 모형

새플리는 변광성을 이용하여 구상 성단까지의 거리를 측정하고 그 분포를 조사하였다.

- ㉠ 새플리는 우리은하의 지름이 100 kpc 정도 된다고 생각하였는데 이는 성간 소광을 고려하지 않았기 때문이다.
 ✕ A는 구상 성단으로 변광성을 통해 분포를 알아냈다.
 ✕ 새플리는 우리은하의 중심이 태양계가 아니라는 사실을 밝혀냈다.

08 우리은하의 특징

우리은하는 막대 나선 은하에 해당하며, (가)는 헤일로, (나)는 중앙 팽대부, (다)는 은하 원반이다.

- 태양은 은하 원반에 위치한다.
- ✗ 구상 성단은 은하 원반보다 헤일로에 더 많이 위치한다.
- ✗ 푸른색 별의 비율은 중앙 팽대부보다 은하 원반에서 높다.

09 성간 적색화

별빛이 성간 티끌을 통과하는 동안 파장이 짧은 파란빛은 감소하고 파장이 긴 붉은빛이 상대적으로 많이 도달하기 때문에 별이 실제보다 붉게 보이는 것을 성간 적색화라고 한다.

- ✗ 별빛이 성간 티끌을 통과하는 동안 파장이 짧은 파란빛은 산란되고 파장이 긴 붉은빛은 상대적으로 많이 통과한다.
- B에서는 성간 적색화가 나타나므로 색조가 A보다 크다.
- ✗ B에서는 성간 소광이 나타나 별이 실제보다 멀리 있는 것처럼 관측된다.

10 성간 소광과 암흑 성운

성간 티끌에 의해 별빛이 통과하지 못해 어둡게 보이는 성운을 암흑 성운이라고 한다.

- ✗ 암흑 성운 내의 성간 티끌은 파장이 짧을수록 빛을 더 잘 흡수하거나 산란시키므로 빛의 파장이 길수록 성간 소광이 상대적으로 잘 나타나지 않는다.
- A의 별빛이 암흑 성운을 통과하면서 상대적으로 파장이 짧은 파란빛이 감소하고 성간 적색화가 나타난다.
- ✗ 성간 티끌은 파장이 짧을수록 빛을 더 잘 흡수하거나 산란시켜 성간 소광을 일으킨다.

11 방출 성운과 반사 성운

방출 성운은 H II 영역의 전리된 수소가 자유 전자와 재결합하는 과정에서 빛을 방출하여 밝게 보이고, 반사 성운은 성운 주변에 있는 밝은 별의 빛을 산란시켜 뿌옇게 보이는 성운이다.

- 방출 성운은 성운 근처 온도가 높은 별이 방출하는 빛에 의해 수소가 전리되어서 형성된다.
- ✗ 반사 성운은 주로 파란색으로 관측된다.
- ✗ 방출 성운이 밝게 보이는 현상은 H II 영역의 전리된 수소가 자유 전자와 재결합하는 과정에서 빛을 방출하기 때문이다.

12 성간 물질과 암흑 성운

성간 물질의 99%(질량비)는 원자와 분자 형태로 존재하는 기체이다. A는 성간 기체, B는 성간 티끌이다.

- 성간 기체에는 수소와 헬륨이 가장 많다.
- ✗ 암흑 성운은 주로 분자운으로 구성된다.
- ✗ 암흑 성운을 구성하는 물질의 대부분은 수소와 헬륨이다.

13 성간 기체

H I 영역은 수소가 중성 원자 상태이고, H II 영역은 이온 상태

이다.

- A는 고온의 별에서 방출한 자외선에 의하여 이온화된 수소로 이루어진 H II 영역이다.
- ✗ B는 H I 영역으로 수소는 주로 중성 원자의 형태로 존재한다.
- 온도는 고온의 별 근처에 있는 A가 B보다 높다.

14 시선 속도와 접선 속도

접선 속도는 별까지의 거리와 고유 운동을 이용하여 구한다.

- 시선 속도는 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \times c$ ($\Delta\lambda$: 관측한 별의 흡수선 파장 변화량, λ_0 : 흡수선의 고유 파장, c : 빛의 속도)이다. 따라서 시선 속도는 A가 B보다 크므로 고유 파장이 400 nm인 흡수선의 관측 파장은 A가 B보다 길다.
- ✗ 공간 속도는 $\sqrt{(\text{접선 속도})^2 + (\text{시선 속도})^2}$ 이므로 A와 B가 같다.
- ✗ 접선 속도는 고유 운동과 별까지의 거리의 곱에 비례하므로 접선 속도가 큰 B가 고유 운동이 크다.

15 강제 회전과 케플러 회전

우리는하는 중심부는 강제와 같이 회전하며, 태양 근처에서는 케플러 회전을 한다.

- 케플러 회전의 속도는 $\sqrt{\frac{1}{\text{회전 중심부로부터의 거리}}}$ 에 비례하므로 r_2 에서 회전 속도는 $\sqrt{\frac{r_1}{r_2}}$ 이다.
- 강제 회전을 하는 별들은 공전 주기가 같다.
- 케플러 회전은 질량이 중심부에 집중되어 있을 때 나타난다.

16 21 cm 전파의 관측과 해석

케플러 회전을 하는 경우 우리는하 중심으로부터 멀어질수록 회전 속도가 느려진다.

- A는 공전 속도가 태양보다 느리므로 태양과 가까워지고 시선 속도가 (-)를 나타낸다.
- B는 A보다 더 빠른 속도로 멀어지므로 관측되는 21 cm 수소선의 파장은 B보다 A가 짧다.
- C는 B보다 은하 중심에 가까우므로 시선 속도가 크게 나타나고 (+)를 나타낸다. 따라서 B가 C이고 복사 세기가 큰 것으로 보아 중성 수소는 B보다 C에 많이 분포한다.

17 은하의 회전과 별의 운동

태양과 별 A~D는 케플러 회전을 하고 있으므로 은하 중심에서 가까울수록 회전 속도가 빠르다.

- A는 태양보다 바깥쪽 궤도를 태양보다 뒤쪽에서 공전하고 있으므로 태양에서 멀어지고 있고 적색 편이가 나타난다.
- ✗ C는 태양과 같은 궤도를 돌고 있어 시선 속도는 나타나지 않지만 접선 속도는 나타난다.

✗ B, 태양, D, 은하 중심은 일직선상에 위치하므로 태양에서 관측할 때 B와 D에서 시선 속도가 나타나지 않는다.

18 산개 성단의 색등급도

산개 성단은 나이가 젊고 고온의 푸른색 별들이 많다. 또한 나이가 많을수록 주계열성 중 붉은색 별이 차지하는 비율이 높아진다.

✗ 산개 성단의 색등급도에서 전향점에 위치한 별의 색지수($B-V$)가 클수록 성단의 나이가 많다. 전향점에 위치한 별의 색지수($B-V$)는 B가 A보다 크다.

○ A는 대부분의 별이 주계열성에 해당하며, 질량이 매우 큰 일부 주계열성만 주계열을 벗어났지만, C는 상당수의 주계열성이 주계열을 벗어났다.

✗ A, B, C의 전향점에 위치한 별의 색지수($B-V$)로 보아 A, B, C는 형성된 지 100억 년이 되지 않았다.

19 산개 성단과 구상 성단의 색등급도

산개 성단은 주계열성의 비율이 높고, 젊고 푸른색 주계열성이 많이 분포한다. 구상 성단은 대부분 나이가 많고 온도가 낮은 주계열성과 거성으로 이루어져 있다. (가)는 산개 성단, (나)는 구상 성단이다.

○ 전향점의 색지수($B-V$)는 (가)는 0보다 작고, (나)는 약 0.5이다.

○ 구상 성단은 수만~수십만 개의 별들로 구성되고, 산개 성단은 수백~수천 개의 별들로 구성된다.

○ 색지수($B-V$)가 같은 주계열성의 겉보기 등급이 (나)가 (가)보다 큰 것으로 보아 성단까지의 거리는 (나)가 (가)보다 멀다.

20 은하의 회전 속도 곡선

은하의 질량이 은하 중심에 집중되어 있다면 은하 중심으로부터 거리가 멀수록 회전 속도가 감소하는 케플러 회전을 해야 한다.

✗ 은하 중심에서 8 kpc 사이에 위치한 별들의 회전 속도는 거리가 증가함에 따라 증가하는 부분이 있으므로 모든 별들이 케플러 회전을 하는 것은 아니다.

✗ 은하의 질량이 은하 중심에 집중되어 있다면 은하 중심으로부터 거리가 멀수록 회전 속도가 감소하는 케플러 회전을 해야 하는데, 은하 중심으로부터 거리가 약 10 kpc인 곳에서는 회전 속도가 증가하기 시작하고 은하 중심으로부터 거리가 약 14 kpc 이상인 곳에서는 거의 일정한 것으로 보아 우리은하의 질량은 은하 중심부에 집중되어 있지 않다.

○ 우리은하 중심에서 거리가 약 10 kpc 이상인 곳에서 회전 속도가 증가하다가 일정해지는 것은 암흑 물질의 존재로 설명한다.

21 국부 은하군

국부 은하군은 우리은하와 안드로메다은하 등 40개 이상의 크고

작은 은하들로 이루어져 있다.

✗ 국부 은하군의 무게 중심은 우리은하와 안드로메다은하 사이에 위치한다.

○ 안드로메다은하와 우리은하는 중력적으로 묶여 있고 서로 접근하고 있다.

✗ 국부 은하군에는 소마젤란은하와 같은 불규칙 은하가 포함된다.

22 우주의 구조

(가)는 우리은하에 속한 구상 성단이고, (나)는 국부 은하군에 속한 은하이다.

○ (가)는 우리은하에 속해 있고, (다)는 외부 은하이므로 지구에서부터 거리는 (가)가 (다)보다 가깝다.

✗ 국부 은하군의 은하들은 서로 중력적으로 묶여 있고 (나)는 우리은하로 접근하고 있다.

○ 규모가 가장 큰 것은 은하군인 (다)이다.

23 은하들의 집단

은하군은 은하의 무리를 구성하는 가장 작은 단위로 수십 개의 은하들이 서로의 중력에 속박되어 구성된 집단이다. 은하단은 수백 개~수천 개의 은하로 구성되어 은하군보다 규모가 더 큰 집단이다.

○ (가)는 은하군으로 수십 개 이하의 은하로 구성된다.

✗ 우리은하가 속한 국부 은하군은 처녀자리 초은하단에 속한다.

○ 은하군을 구성하는 은하들은 서로 중력적으로 묶여 있다.

24 우주 거대 구조

대부분의 은하들은 우주 공간에서 그물망과 비슷한 거대 가락(필라멘트) 구조를 따라 분포하며, 이러한 거대 구조를 은하 장성이라고 한다.

✗ 은하 장성은 초은하단보다 더 거대한 규모로 은하들이 모인 구조이다.

✗ 암흑 물질은 은하가 거의 존재하지 않는 (나)보다 은하가 많이 존재하는 (가)에 많이 분포한다.

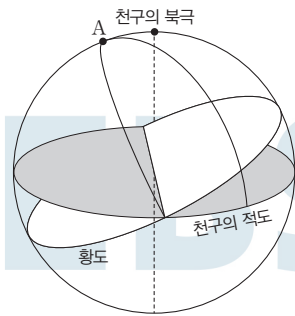
○ 거대 공동의 밀도는 우주 평균 밀도보다 작다.

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

01 연주 시차

A는 1년 동안 천구상에서 이동한 궤적이 원형이고 B는 납작한 타원형인 것으로 보아 천구상에서 A가 B보다 황도에서 멀리 떨어져 있다.

㉠. A는 1년 동안 천구상에서 이동한 궤적으로 보아 천구의 북반구에 위치하는 경우 아래 그림처럼 위치하고, 천구의 남반구에 위치하는 경우는 천구의 중심을 기준으로 A의 반대편에 위치하게 된다. B는 황도 근처에 위치한다. 따라서 적위의 절댓값은 A가 B보다 크다.



✕. A의 연주 시차는 0.05"이므로 거리는 20 pc이다.
 ㉡. 별까지의 거리는 A가 B보다 멀고 겉보기 등급은 A와 B가 같으므로 실제 밝기는 A가 B보다 밝다.

02 은하의 관측

(가)는 가시광선, (나)는 21 cm 전파, (다)는 근적외선으로 관측한 영상이다.

✕. (가)에서 티끌에 의한 성간 소광이 나타나고 은하 중심부가 밝게 보이는 것으로 보아 가시광선으로 관측한 영상이다.

㉢. (나)에서 중심부는 어둡고 나선팔이 있는 부분이 밝게 보이는 것으로 중성 수소 원자가 은하 중심부보다 나선팔에 많이 존재한다는 것을 알 수 있다.

✕. 성간 소광 효과는 가시광선으로 관측할 때가 근적외선으로 관측할 때보다 크다.

03 우리은하의 회전 속도

태양계 근처에서는 별들의 시선 속도와 접선 속도를 직접 측정하여 은하의 회전 속도를 알아낼 수 있다.

✕. 태양과 A~H는 케플러 회전을 하므로, 별의 시선 방향을 보면 태양은 ㉠ 방향으로 공전하고 있음을 알 수 있다.

✕. 접선 속도는 시선 방향에 수직인 방향의 선속도로 D는 그림에서 위쪽으로 올라오고 있고, E는 아래로 내려가고 있으므로 접선 속도의 방향은 다르다.

㉡. R을 은하 중심으로부터 별 G까지의 거리라고 하면, 별 G의 접선 속도는 $\sqrt{\frac{1}{R}} - \sqrt{\frac{1}{R+d}}$ 에 비례하고, 별 B의 접선 속도는 $\sqrt{\frac{1}{R+d}} - \sqrt{\frac{1}{R+2d}}$ 에 비례하므로 공간 속도의 크기는 G가 B보다 크다.

04 천체의 거리

연주 시차는 지구 공전 궤도의 양끝에서 별을 바라보았을 때 생기는 각(시차)의 $\frac{1}{2}$ 이다.

㉢. 별 A의 연주 시차로 보아 별까지의 거리는 10 pc이다. 따라서 별 A의 겉보기 등급은 -2.0이다.

㉣. 별 B의 거리 지수는 7이다. 따라서 별 B까지의 거리는 100 pc보다는 멀고, 1000 pc보다는 가깝다.

✕. 별 C의 연주 시차로 보아 별 C의 절대 등급은 -1.0이다. 광도는 절대 등급이 작을수록 크므로 별 A가 가장 크다.

05 세페이드 변광성

종족 I 세페이드 변광성은 변광 주기가 길수록 광도가 커지고 절대 등급이 작아지는 관계를 나타낸다.

✕. 평균 겉보기 등급은 A가 B보다 크므로 평균 겉보기 밝기는 B가 A보다 밝다.

✕. 변광 주기는 A는 약 12일, B는 약 6일이다. 따라서 절대 등급은 A가 B보다 작다.

㉤. 거리 지수는 (겉보기 등급 - 절대 등급)이므로 별까지의 거리는 A가 B보다 멀다.

06 성단의 나이 추정하기

전향점에 위치한 별의 색지수(B-V)가 클수록 성단의 나이는 많다.

㉥. (가)의 색지수(B-V)는 9.1 - 8.5 = 0.6이다.

✕. (나)의 색지수(B-V)는 -0.2이므로 이 성단에서 관측되는 별들의 대부분은 주계열 단계 이후 진화 단계에 있지 않다.

㉦. 성단의 나이는 전향점에 위치한 별의 색지수가 큰 (가)가 속한 성단이 (나)가 속한 성단보다 많다.

07 별의 밝기를 이용한 거리 측정

별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례한다. 또한 별의 밝기는 등급으로 나타내며, 1등급의 별은 6등급의 별보다 100배 밝다.

㉧. C는 A보다 3배 멀리 위치하고, 별의 밝기는 거리의 제곱에

반비례하므로 C는 A보다 9배 어둡게 보인다.

㉠ B는 A보다 2배 멀리 떨어져 있으므로 겉보기 밝기는 4배 어둡다. 따라서 겉보기 등급 차는 $5\log 2$ 가 된다.

㉡ C는 B보다 $\frac{3}{2}$ 배 멀리 떨어져 있으므로 겉보기 밝기는 $\frac{9}{4}$ 배 어둡다. 지구와 B의 거리를 r 이라고 하면 지구와 C의 거리는 $\frac{3}{2}r$ 이다. B와 C의 절대 등급을 M 이라고 하면, B의 거리 지수는 $5\log r - 5$ 이고, C의 거리 지수는 $5\log \frac{3}{2}r - 5$ 이다. 따라서 거리 지수는 C가 B의 3배가 아니다.

08 별의 밝기를 이용한 거리 측정

각 성단의 전향점에 위치한 별의 색지수($B-V$)를 비교하면 각 성단의 나이를 비교할 수 있다.

㉠ ㉠은 대부분 주계열성으로 이루어져 있고, 젊고 푸른색 주계열성이 많이 분포하는 것으로 보아 산개 성단이다.

㉡ 성단 ㉠과 ㉡의 주계열성 겉보기 등급 차는 5보다 작으므로 $\frac{\text{㉠까지의 거리}}{\text{㉡까지의 거리}}$ 는 10보다 작다.

㉢ 전향점의 색지수는 ㉠이 ㉡보다 크므로 성단의 나이는 ㉠이 ㉡보다 많다.

09 태양계 부근 별들의 공간 운동

케플러 회전은 회전 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 느려지는 회전이다. 은경에 따라 별들은 멀어지거나 가까워지는 것처럼 보인다.

㉠ B는 은경 180° 에 위치하므로 은하 중심과 태양을 잇는 직선 상에 태양 바깥쪽에 위치한다. 따라서 시선 속도가 나타나지 않는다.

㉡ A는 은경 45° 에 위치하므로 태양 안쪽 궤도를 돌고, B는 태양 바깥쪽 궤도를 돌고 있으므로 은하 중심을 공전하는 주기는 A가 B보다 짧다.

㉢ A에서 C를 관측하면 적색 편이가 나타난다.

10 우리은하의 발견

허셜은 최초로 우리은하 지도를 작성하였고 태양이 은하의 중심에 있다고 생각하였다. (가)는 허셜이 주장한 우리은하의 모습이고, (나)는 캅테인이 주장한 우리은하의 모습이다.

㉠ 허셜은 태양이 우리은하의 중심에 위치하였다고 생각했지만, 캅테인은 태양이 우리은하 중심부 근처에 위치한다고 생각하였다.

㉡ 캅테인은 성간 소광을 고려하지 않았다.

㉢ 캅테인의 우주는 허셜의 우주보다 9배 정도 크기가 확장되었다.

11 항성 계수법

같은 면적의 암흑 성운 안쪽의 영역과 바깥쪽 영역에서 촬영된 별

의 개수를 세면 암흑 성운에 의한 소광 정도를 알 수 있다.

㉠ 성간 소광은 상대적으로 파장이 짧은 빛이 긴 빛보다 잘 일어난다. 따라서 V 필터보다 B 필터로 관측할 때 성간 소광이 더 크게 나타나고 거리도 더 멀게 측정된다.

㉡ ㉠은 ㉡보다 전체적으로 색지수가 큰 쪽에 분포한다. 따라서 평균 색지수는 ㉠이 ㉡보다 크다.

㉢ 암흑 성운에 의해 성간 소광과 성간 적색화가 일어난다. 암흑 성운에 의해 성간 적색화가 나타나면 색지수($B-V$)가 고유 색지수(B_0-V_0)에 비해 크게 관측된다. 따라서 ㉠은 Q 영역을 관측한 결과이다.

12 색초과

‘색초과=관측된 색지수-고유 색지수’이다. 성간 적색화가 되면 별의 색지수가 고유의 값보다 크게 관측된다.

㉠ 색초과는 (관측된 색지수-고유 색지수)이므로 색초과는 (가)가 (나)보다 크다.

㉡ 색초과= $(B-V)-(B_0-V_0)=(B-B_0)-(V-V_0)=(B$ 필터에서 소광량-V 필터에서 소광량)이므로 B 필터에서 성간 소광량(A_B)과 V 필터에서 성간 소광량(A_V)의 차는 (가)가 (나)보다 크다.

㉢ 별 (가)와 (나)는 지구로부터의 거리가 같고 절대 등급도 같으므로 성간 소광이 없다면 겉보기 등급도 같아야 한다. 성간 소광량(A_V)은 (가)가 (나)보다 크므로 ㉠이 ㉡보다 크다.

13 성간 물질

성간 물질의 약 99%는 성간 기체이다. 성간 기체는 대부분 수소와 헬륨으로 구성된다.

㉠ 성운은 대부분 수소와 헬륨으로 구성된다.

㉡ 성운의 온도는 방출 성운이 암흑 성운보다 높다.

㉢ 성운 내에서 수소가 분자 상태로 존재하는 비율은 분자운이 많이 분포하는 (가)가 (나)보다 높다.

14 우리은하의 모습

우리은하는 막대 모양의 구조와 나선팔을 가지고 있는 막대 나선 은하이다. 성간 물질은 은하 원반에 주로 분포한다.

㉠ 우리은하는 막대 나선 은하로 은하핵에 막대 모양의 구조가 존재한다.

㉡ 우리은하에서 성간 물질은 헤일로보다 은하 원반에 많이 분포한다.

㉢ 성간 물질이 헤일로보다 은하 원반에 많이 분포하므로 지구에서 관측된 겉보기 등급은 성간 소광을 많이 받은 ㉠이 ㉡보다 크다.

15 공간 운동

별이 우주 공간에서 실제로 운동하는 것을 공간 운동이라 하고 별

의 공간 속도 = $\sqrt{(\text{접선 속도})^2 + (\text{시선 속도})^2}$ 이다.

- ㉠ 시선 방향으로 별이 멀어지고 있는 것은 (가)이다.
- ㉡ 별 A와 B의 접선 속도의 크기는 $V \sin 60^\circ$ 로 같다.
- ㉢ 별의 접선 속도는 고유 운동과 별까지의 거리의 곱에 비례한다. 따라서 $\frac{B \text{의 고유 운동}}{A \text{의 고유 운동}} = \frac{3}{2}$ 이다.

16 주계열 맞추기

성단의 별들은 거의 같은 시기에 같은 장소에서 생성되었으므로 성단을 구성하는 모든 별들은 거의 같은 거리에 위치한다고 생각할 수 있다. 따라서 성단의 색등급도를 표준 주계열성의 색등급도와 비교하여 성단까지의 거리를 구할 수 있다.

- ㉠ 구상 성단은 적색 거성 가지와 점근 거성 가지가 나타난다. 따라서 (가)는 구상 성단이다.
- ㉡ 색지수($B-V$)가 대략 0.75인 성단 내 주계열성의 겉보기 등급(m_V)은 약 22인데 표준 주계열성의 절대 등급(M_V)은 5보다 크고 6보다 작다. 따라서 거리 지수는 20보다 작다. 거리 지수가 20일 때 거리가 100 kpc이므로 성단까지의 거리는 100 kpc보다 가깝다.
- ㉢ 색지수($B-V$)는 B 등급(m_B)과 V 등급(m_V)의 차이므로 별 A의 m_B 는 24이다.

17 구상 성단과 산개 성단

산개 성단은 주계열성의 비율이 높고, 젊고 푸른색 주계열성이 많이 분포한다. 구상 성단은 대부분 나이가 많고 온도가 낮은 주계열성과 거성으로 이루어져 있다. (가)는 산개 성단, (나)는 구상 성단이다.

- ㉠ 산개 성단은 수백~수천 개의 별들이 허술하게 모여 있는 집단이다.
- ㉡ 산개 성단은 구상 성단보다 성단 내 주계열성 비율이 높고, 젊고 푸른색 주계열성이 많다.
- ㉢ 우리은하 헤일로에는 산개 성단보다 구상 성단이 주로 분포한다.

18 21 cm 전파의 해석

21 cm 전파를 이용하면 중성 수소의 분포를 알 수 있으며, 이를 통해 은하의 구조를 알아낼 수 있다.

- ㉠ 자연 상태에서 중성 수소는 에너지가 높은 상태에서 낮은 상태로 자발적으로 바뀌기도 하는데 이때 방출되는 것이 21 cm 전파이다.
- ㉡ 21 cm 전파를 이용하면 중성 수소의 분포를 알 수 있으며 이를 통해 나선팔의 존재를 알 수 있다.
- ㉢ 중성 수소는 나선팔이 나타나지 않는 A보다 나선팔이 나타나는 B에 많이 분포한다.

19 우리은하의 회전

케플러 회전을 하는 경우 우리은하 중심으로부터의 거리가 멀수록 회전 속도가 느려진다.

- ㉠ A는 태양보다 은하 중심에 가까운 궤도를 태양의 앞쪽에서 회전하고 있으므로 태양과 A 사이의 거리는 멀어진다.
- ㉡ 은하 중심과 B 사이의 거리는 4 kpc이다. 케플러 회전을 하는 천체들의 속도(V)는 은하 중심까지의 거리를 r 이라고 할 때 $\frac{1}{\sqrt{r}}$ 에 비례한다. 따라서 B의 회전 속도는 $220\sqrt{2}$ km/s이다.
- ㉢ 태양에서 관측할 때 B의 시선 속도 크기는 $(220\sqrt{2} \times \cos 0^\circ) - (220 \times \sin 30^\circ)$ 이고, 접선 속도 크기는 $220 \times \cos 30^\circ$ 이다. 정리하면 시선 속도는 $110(\sqrt{8} - \sqrt{1})$ 이고, 접선 속도는 $110\sqrt{3}$ 이므로 (시선 속도 크기 - 접선 속도 크기)는 $110(\sqrt{8} - \sqrt{1} - \sqrt{3}) > 0$ 이 되고 태양에서 관측할 때 B의 시선 속도 크기는 접선 속도 크기보다 크다.

20 은하의 회전 속도 곡선

은하의 실제 회전 속도 곡선과 은하의 질량이 중심부에 집중되어 있다고 가정할 때 예측한 회전 속도 곡선을 비교하면 실제 회전 속도 곡선에서 은하 외곽에서의 회전 속도가 더 빠르다.

- ㉠ 별의 광도로부터 측정된 우리은하의 회전 속도 분포 곡선은 우리은하의 질량이 중심부에 집중되어 있는 것처럼 나타난다. 은하 중심에 질량이 집중되어 있는 형태는 B이다.
- ㉡ 태양의 회전 속도는 A가 B보다 1.375배 크다. 따라서 태양 안쪽의 은하 질량이 태양에 미치는 만유인력과 태양이 원운동하는 구심력이 같으므로 태양 안쪽의 은하 질량은 A에서가 B에서보다 $(1.375)^3$ 배 크다.
- ㉢ ㉠ 구간에서는 케플러 회전이 나타나고 ㉡에 비해 별의 광도로 계산한 회전 속도와 실제 회전 속도와의 차가 작다. ㉠ 구간에서는 별의 광도로 추정된 회전 속도와 실제 회전 속도와의 차이가 ㉠보다 크고 실제 속도는 거의 일정하다. 이는 물질 중 암흑 물질이 차지하는 비율은 ㉠ 구간이 ㉠ 구간보다 크다는 것을 의미한다.

21 은하단의 구성 물질

은하단 내에서 전자기파로 관측되는 은하와 성간 물질보다 전자기파로 관측되지 않는 암흑 물질이 더 많은 질량을 차지한다.

- ㉠ 은하단은 우주에서 서로의 중력에 묶여 있는 천체들 중 가장 규모가 크다.
- ㉡ 은하 간 물질의 대부분은 성간 기체로 주로 수소와 헬륨으로 구성된다.
- ㉢ 은하단 전체 질량 중 암흑 물질이 차지하는 비율은 90%로 은하단 대부분의 질량은 전자기파로 관측되지 않는다.

22 우주의 구조

(가)는 대마젤란은하, (나)는 안드로메다은하로 (가)와 (나)는 국부 은하군에 포함된다. 국부 은하군은 처녀자리 초은하단에 포함된다.

㉠ 국부 은하군에는 우리은하, 안드로메다은하, 대마젤란은하, 소마젤란은하 등의 은하가 포함된다.

㉡ 은하군 내의 은하들은 서로 중력적으로 묶여 있다.

㉢ 대마젤란은하와 안드로메다은하는 국부 은하군에 포함되고, 국부 은하군은 처녀자리 초은하단에 포함된다.

23 우주 거대 구조

우주 거대 구조는 우주의 가장 큰 규모로 거대 가락과 거대 공동이 나타난다.

㉠ A는 B보다 우리은하로부터 멀리 떨어져 있다.

㉡ A에는 은하들이 거의 나타나지 않고 B에는 은하들이 밀집해 있다. 은하들이 거의 없는 거대 공동은 은하들이 밀집해 있는 곳보다 밀도가 작다.

㉢ 우주 거대 구조의 형태는 시간에 따라 조금씩 변해왔으며, 이런 형태 변화는 우주가 팽창하기 때문이라고 알려져 있다.

24 처녀자리 은하단과 처녀자리 초은하단

처녀자리 은하단은 우리은하에서 가장 가까운 은하단이고 처녀자리 초은하단에 속해 있다.

㉠ 국부 은하군은 처녀자리 초은하단에 속하지만 처녀자리 은하단에 속하지 않는다.

㉡ 우주에서 서로 중력에 묶여 있는 천체들 중 가장 규모가 큰 것은 은하단이다.

㉢ 처녀자리 은하단은 처녀자리 초은하단에 포함된다.

[인용 사진 출처]

33p_조립질 조직: ©agefotostock / Alamy Stock Photo

33p_세립질 조직: ©2010 J.M.DEROCHETTE

33p, 37p_반상 조직: ©2010 J.M.DEROCHETTE

34p, 37p_쇄설성 조직(사암): ©ALFRED PASIEKA / SCIENCE PHOTO LIBRARY

34p_비쇄설성 조직(화석이 포함된 석회암): ©agefotostock / Alamy Stock Photo

35p_엽리: ©Malcolm Park sciences / Alamy Stock Photo

35p_훈펠스 조직: ©BTEU/Gerfototek / Alamy Stock Photo

35p, 37p_입상 변정질 조직: ©ALEX STREKEISEN

43p_고령토: ©한국학중앙연구원. 김형수

44p_윤모로 만든 절연체: (주)스웨코

46p_시화호 조력 발전소: ©경기관광포털사이트(ggfour.or.kr)

69p_점판암: ©Dorling Kindersley Ltd / Alamy Stock Photo

75p_스트로마톨라이트: ©문화재청

75p_공룡 발자국: ©문화재청



EBS *i*  

EBS *i*  

EBS *i*  