

완벽한 자율학습서

**완자**

# 자율학습시 비상구 정답친해로 53

정확한 답과 친절한 해설

**지구과학 II**



# I. 고체 지구

## 1 지구의 형성과 역장

### 01 지구의 탄생과 지구 내부 에너지

#### 개념 확인 문제

14쪽

- ① 회전    ② 마그마 바다    ③ 핵과 맨틀    ④ 원시 바다  
 ⑤ 증가    ⑥ 석회암    ⑦ 광합성    ⑧ 오존층

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○    2 ㉠ 수소, ㉡ 지구형, ㉢ 목성형  
 3 (1) ㉠ 커, ㉡ 상승 (2) 밀도 (3) 먼저    4 ㉠ 화산 활동, ㉡ 지각  
 5 A: 질소, B: 이산화 탄소, C: 산소    6 산소    7 (1) ○  
 (2) × (3) ○

- 1 (1) 태양계는 현재 우리은하의 나선팔에 위치하고 있으므로 태양계 성운 역시 우리은하의 나선팔에 있었을 것이다.  
 (2) 태양계 성운은 우리은하 나선팔에 있는 거대 성운에서 초신성 폭발 등 외부로부터 주어진 충격파에 의해 분열되어 형성되었다.  
 (3) 각운동량 보존 법칙에 따르면, 회전하는 물체의 운동 속도는 회전 반지름이 작아지면 빨라진다. 태양계 성운은 수축하면서 크기가 작아져 회전 속도가 점점 빨라졌다.  
 (4) 태양계 성운이 거대 성운에서 분열되어 회전하는 동안 회전 중심으로 모여든 물질들이 뭉쳐 원시 태양을 만들었고, 원반에서 원시 행성들이 형성되었다.

- 2 태양이 수소 핵융합 반응으로 에너지를 방출하면서 태양 가까이 있는 가벼운 물질들은 가열되어 운동 에너지가 증가함에 따라 바깥쪽으로 밀려나갔다. 이로 인해 태양 가까운 곳에서는 주로 무거운 원소로 이루어진 지구형 행성이, 태양에서 먼 곳에서는 주로 가벼운 원소로 이루어진 목성형 행성이 만들어졌다.

- 3 (1) 지구는 많은 미행성체들과 충돌하면서 합쳐져 질량과 반지름이 커졌으며, 충돌하면서 발생한 열에너지, 중력 수축으로 발생한 열에너지 등에 의해 온도가 상승하였다.  
 (2) 마그마 바다에서 철, 니켈 등의 밀도가 큰 물질은 중심 쪽으로 가라앉아 핵을 형성하였고, 규산염 물질 등의 밀도가 작은 물질은 위로 떠올라 맨틀을 형성하였으므로 핵과 맨틀은 밀도 차이에 의해 분리되었다.

(3) 지구의 표면이 식어 원시 지각이 형성된 후에 빗물이 지각의 낮은 곳에 모여 원시 바다가 형성되었으므로 원시 지각은 원시 바다보다 먼저 형성되었다.

4 해저 화산 활동으로 방출된 많은 양의 염소 기체가 해수에 녹아 염화 이온이 되었으며, 지각을 구성하는 암석의 성분인 나트륨, 마그네슘 등은 빗물이나 강물에 녹아 바다로 이동하여 염류를 이루었다. 이에 따라 해수의 염분이 점차 증가하였다.

5 지구 대기에서 기체의 분압이 높고 일정하게 유지되어 온 A는 질소이고, 기체의 분압이 크게 감소한 B는 이산화 탄소이며, 약 27억 년 전부터 기체의 분압이 상승한 C는 산소이다. 이산화 탄소는 바다에 녹아 기체의 분압이 점점 감소하였고, 산소는 광합성을 하는 생명체 탄생 이후 해수와 대기에 공급되어 기체의 분압이 점점 증가하였다.

6 태양 빛에 의해 수증기 등이 광분해되어 생긴 산소는 주로 지구 표면에 있는 물질들을 산화시키는 데 사용되었으며, 식물의 광합성으로 생긴 산소는 해양과 대기에 축적되었다.

- 7 (1) 원시 지구에는 오존층이 형성되어 있지 않아서 자외선이 매우 강하였다. 따라서 원시 생명체는 수권이 형성된 이후 자외선이 차단되는 바다 속에서 처음 탄생한 것으로 추정된다.  
 (2) 약 35억 년 전에 광합성 작용을 하는 남세균이 출현하였다. 약 4억 년 전에는 오존층이 자외선을 차단하여 육상 생물이 서식할 수 있는 환경이 조성되었다.  
 (3) 오존층은 태양의 자외선을 흡수하며, 자외선은 생명체의 세포를 파괴하는 화학적 반응을 일으킨다. 따라서 오존층이 형성되기 전에는 주로 바다에서 생물이 서식하였고, 오존층이 형성된 후, 지표면에 도달하는 자외선의 양이 크게 줄어들면서 육상에서도 생물이 살 수 있는 환경이 조성되었다.

#### 개념 확인 문제

17쪽

- ① 미행성체    ② 방사성 동위 원소의 붕괴열    ③ 방사성 동위 원소의 붕괴열    ④ 지각 열류량    ⑤ 높고    ⑥ 높다

- 1 ㄱ, ㄴ, ㄹ    2 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○    3 전도, 대류  
 4 ㉡    5 (다), (나), (가)    6 A    7 ㉣



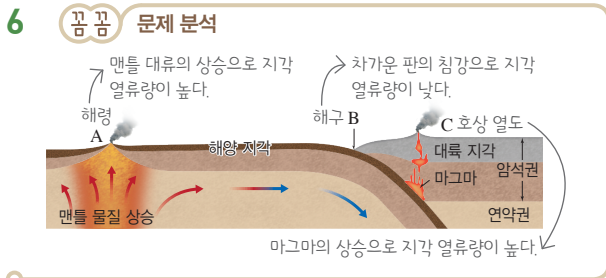
**1** 지구 내부 에너지의 열원은 미행성 충돌에 의해 지구에 축적된 에너지(ㄱ), 방사성 동위 원소가 붕괴되는 동안 방출되는 열에너지(ㄷ), 핵과 맨틀이 분리되는 동안 위치 에너지로부터 전환된 열에너지(ㄹ) 등이 있다. ㄴ은 태양 에너지, ㄴ은 조력 에너지의 에너지원으로, 지구 외부에서 발생하는 에너지이다.

**2** (1) 방사성 동위 원소는 규산염 마그마에 농집되는 성질이 있으므로 핵에는 거의 없으며, 대부분 지각과 맨틀에 존재한다.  
 (2) 화강암은 감람암보다 방사성 동위 원소의 함량이 많으므로 단위 부피당 방사성 동위 원소의 방출 열량이 더 많다.  
 (3) 맨틀은 감람암질 암석으로 이루어져 있고, 지각은 화강암질 암석이나 현무암질 암석으로 이루어져 있다. 방사성 동위 원소는 감람암보다 현무암이나 화강암에 더 많이 분포하므로 단위 부피당 방사성 동위 원소의 방출 열량은 맨틀이 지각보다 적다.  
 (4) 맨틀은 지각보다 단위 부피당 방사성 동위 원소의 방출 열량은 적지만, 전체 부피가 매우 크므로 전체적으로는 방사성 동위 원소의 방출 열량이 더 많다.

**3** 지각은 고체이므로 전도에 의해 지구 내부의 열에너지를 전달한다. 맨틀은 고체이면서도 약하게 대류를 일으키는 층이 있으므로 전도와 유동하는 물질이 에너지를 전달하는 방식인 대류에 의해 지구 내부의 열에너지를 지표면 쪽으로 전달한다. 지구 내부는 불투명하여 복사의 효과는 매우 작다.

**4** 열점, 해령, 열곡대, 호상 열도는 모두 마그마가 분출하는 곳이므로 지각 열류량이 높게 나타나고, 해령에서 멀리 떨어진 해구에서는 지각 열류량이 낮게 나타난다.

**5** 지구 내부 에너지의 방출은 오래된 조산대일수록 적고, 순상지는 조산대보다 더 적다. 따라서 지각 열류량을 비교하면, 선캄브리아 시대 순상지 < 고생대 조산대 < 신생대 조산대의 순이다.



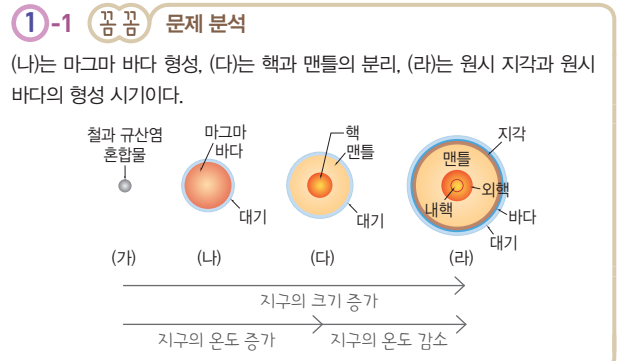
A(해령)는 맨틀 대류의 상승부이므로 지각 열류량이 높으며, B(해구)는 맨틀 대류의 하강부로 오래된 지각이 섭입하여 지각 열류량이 낮다. C(호상 열도)는 마그마의 상승으로 주변 지역에 비해 지각 열류량이 높지만, 해령 부근보다는 낮다.

**7** 지구 내부 에너지는 지각 변동을 일으키는 원동력이 된다. 지구 내부 에너지의 방출 과정에서 단층, 화산 활동, 지진, 온천 등이 형성되고, 지구 내부 에너지로 인한 맨틀 대류 과정에서 습곡 산맥이 형성된다. 하지만 석회동굴은 태양 에너지로 인해 물이 순환하는 과정에서 석회암이 녹아 형성된다.

**대표 자료 분석** 18쪽

**자료 1** 1 (1) 증가 (2) 증가 (3) 증가 2 (1) 감소 (2) 감소 (3) 증가 3 지권 → 수권 → 생물권 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○

**자료 2** 1 (1) < (2) > 2 해령에서는 뜨거운 맨틀 물질이 상승하고 있기 때문이다. 3 (1) × (2) ○ (3) ○



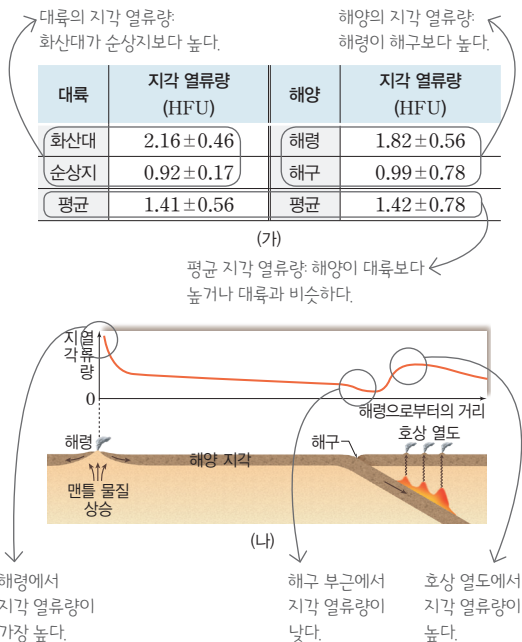
(1) (가)는 마그마 바다가 형성되기 전이고, (다)는 지구 내부가 녹아 마그마 바다가 형성된 상태에서 핵과 맨틀이 분리된 시기이므로 지구 표면의 평균 온도는 (가) → (다) 시기에 증가하였다.  
 (2) (가) → (다) 시기에는 많은 미행성체들이 충돌하여 지구의 질량과 크기가 증가하였다.  
 (3) 철과 규산염 혼합물 상태인 (가)는 지구의 밀도가 균일하였지만, 핵과 맨틀의 분리가 이루어진 (다)에서는 지구 표면에서 중심 쪽으로 갈수록 밀도가 커지며, 지구 중심부는 철 등의 무거운 물질로 이루어져 있다. 따라서 지구 중심부의 밀도는 (가)보다 (다)에서 증가하였다.

**1-2** (1), (2) (다)에서 핵과 맨틀이 분리된 이후 지구는 미행성체의 충돌 횟수가 감소하였다. 미행성체의 충돌열 공급이 줄어들면서 지구의 평균 온도가 서서히 감소하였고, (라)에서는 지구 표면이 식어 지각이 형성되었다.  
 (3) 미행성체들의 연간 충돌 수는 감소하였지만, 계속 충돌이 일어나 지구에 합쳐졌으므로 지구의 크기는 지속적으로 커졌다. 따라서 평균 반지름은 (라)까지 계속 증가하였다.

①-3 원시 지각이 형성된 후, 지각의 낮은 곳에 빗물이 모여 원시 바다가 형성되었고, 원시 바다에서 생명체가 등장하였으므로 지권 → 수권 → 생물권 순으로 형성되었다.

①-4 (1) 철과 규산염 혼합물 상태인 (가)의 시기에는 지구의 밀도가 거의 균일하였다.  
 (2) (나) 시기에 처음 만들어진 원시 지구 대기는 지구 중력에 의해 주변에 흩어져 있던 수소, 헬륨, 메테인, 암모니아 등 기체 성분들이 모여 만들어졌기 때문에 성분이 현재와는 다르다.  
 (3) 규산염 물질은 상대적으로 가벼워 표면 쪽으로 떠올라 맨틀을 형성하였고, 상대적으로 무거운 철 등이 핵을 형성하였다.  
 (4) 바다가 형성된 후 대기에 있던 많은 이산화 탄소가 바다에 녹아 들어가 지각으로부터 유입된 칼슘 이온과 결합하여 석회암으로 퇴적됨에 따라 대기 중 이산화 탄소 농도가 급격히 감소하였다.  
 (5) (다)에서 물질의 밀도 차이에 의해 무거운 물질이 지구 중심부로 가라앉아 지권이 핵과 맨틀로 나누어졌다.  
 (6) 기권의 기체가 수권에 녹거나 수권의 기체가 기권으로 방출되기도 하므로 수권의 형성은 기권의 성분 변화에 영향을 미친다.

## 2-1 꼼꼼 문제 분석



(1) 순상지는 지각 변동이 거의 없는 안정한 지역이다. 지각 열류량이 높은 지역에서 지각 변동이 활발하므로 순상지보다 화산 활동이 활발한 화산대에서 지각 열류량이 높다.  
 (2) 해령은 뜨거운 맨틀 물질이 상승하고 있으므로 해령에서 멀어져 해구 쪽으로 갈수록 지각 열류량이 낮아진다.

②-2 해령에서 상승한 뜨거운 맨틀 물질은 열에너지를 방출하면서 해구 쪽으로 이동하므로 지각 열류량은 해령에서 가장 높다.

②-3 (1) 해양 지각은 대륙 지각보다 방사성 동위 원소의 함량이 적으므로 단위 부피당 방사성 동위 원소로 인한 방출 열류량이 적다. 해양 지각의 지각 열류량이 대륙 지각과 비슷하거나 대륙 지각보다 높게 나타나는 까닭은 방사성 동위 원소의 붕괴열 외의 열원인 맨틀 대류로 전달되는 지구 내부 에너지의 영향을 크게 받기 때문이다.  
 (2) 해구에서는 오래되어 냉각된 해양판이 대륙판 아래로 섭입하고, 호상 열도에서는 화산 활동이 활발하므로 해구보다 호상 열도에서 지각 열류량이 높다.  
 (3) 지구 내부 에너지는 지각 변동의 원동력이 되므로 지각 열류량이 높은 지역에서 지각 변동이 활발한 경향이 있다.

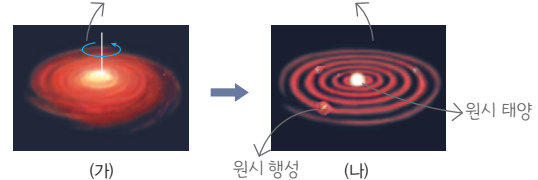
## 내신 만점 문제

19쪽~21쪽

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

## 01 꼼꼼 문제 분석

태양계 성운의 회전 방향 = 행성의 공전 방향 = 태양의 자전 방향



① (가) 태양계 성운이 수축하면서 중심으로 모여든 물질이 뭉쳐서 (나)와 같이 회전 중심에서 태양이 만들어졌다.  
 ② 태양계 성운은 성간 물질이 밀집되어 중력에 의해 수축하므로 (가) → (나)에서 중심부의 온도와 밀도가 높아진다.  
 ③ 회전하는 태양계 성운의 중심으로 대부분의 물질이 모여들어 태양을 형성하였으므로 태양은 태양계 질량의 대부분을 차지한다.  
 ④ 회전하는 태양계 성운에서 태양과 행성이 형성되었으므로 태양의 자전 방향과 행성의 공전 방향은 성운의 회전 방향과 같다.  
**▶바로알기** ⑤ 태양계 성운은 기체, 티끌 등이 모여 물이 소용돌이 치는 것과 같이 회전하므로 회전 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 느려진다. 태양계 행성들은 태양계 성운이 회전하여 형성된 원반에서 형성되므로 태양에 가까울수록 공전 속도가 빠르고, 태양에서 멀수록 공전 속도가 느리다.

**02** ㄱ. 회전하는 성운의 납작한 원반 부분에서 고리가 만들어지고 고리를 이루던 미행성체들이 뭉쳐 행성이 되었다.

ㄷ. 태양이 에너지를 방출하면서 태양풍에 의해 가벼운 기체 성분들은 바깥쪽으로 밀려 나갔고, 밀려나간 가벼운 기체들이 뭉쳐서 밀도가 작은 목성형 행성이 만들어졌다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 태양에 가까운 영역은 온도가 높아서 가벼운 물질은 증발하고 녹는점이 높은 무거운 물질이 남아 지구형 행성을 형성하였다.

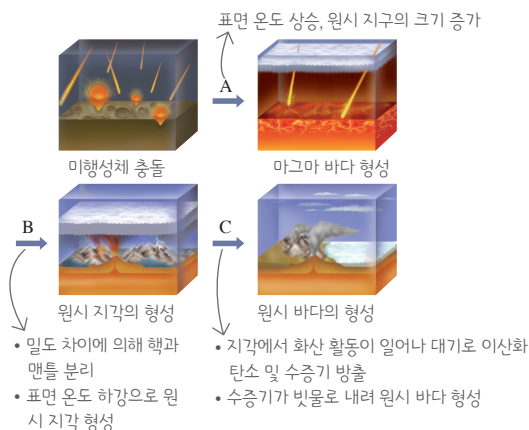
**03** 태양에 가까운 곳(태양계 성운의 안쪽)에는 밀도가 큰 지구형 행성이 존재하고, 태양에서 먼 곳(태양계 성운의 바깥쪽)에는 밀도가 작은 목성형 행성이 존재한다.

▣ **모범답안** ▣ 지구형 행성은 태양에 가까운 곳에서 생성되어 주로 티끌, 금속 등 무거운 성분으로 이루어져 밀도가 크고, 목성형 행성은 태양에서 먼 곳에서 생성되어 주로 가벼운 기체로 이루어져 밀도가 작다.

| 채점 기준                                            | 배점    |
|--------------------------------------------------|-------|
| 지구형 행성과 목성형 행성의 형성 위치, 구성 물질, 밀도를 옮겨 비교하여 서술한 경우 | 100 % |
| 형성 위치, 구성 물질, 밀도 중 한 가지만 옮겨 비교한 경우               | 30 %  |

**04** 수많은 미행성체의 충돌로 지구의 온도가 상승하여 지구의 상당 부분이 녹아서 마그마 바다가 만들어졌고(다), 이때 물질의 이동이 일어나 밀도가 큰 금속 성분이 가라앉고 밀도가 작은 규산염 물질이 위로 떠올라 핵과 맨틀이 분리되었다(가). 이후 미행성체의 충돌 횟수가 줄어들면서 지구의 온도가 낮아지고, 지표가 굳어서 원시 지각이 형성되었다(나). 화산 활동에 의해 대기 중으로 방출된 수증기가 응결하여 많은 비가 내렸고, 빗물이 지각의 낮은 곳으로 모여 원시 바다가 형성되었다(라).

## 05 **꼼꼼** 문제 분석

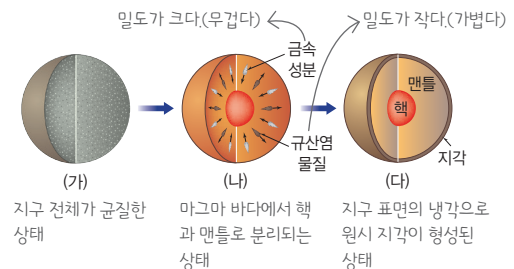


ㄱ. A 시기에는 미행성체의 충돌로 원시 지구에 미행성체의 질량이 더해져 원시 지구의 크기가 커졌다.

ㄴ. 대부분의 물질이 녹아서 마그마 바다가 형성된 후 B 시기에는 밀도가 큰 물질은 중심 쪽으로, 밀도가 작은 물질은 표면 쪽으로 이동하여 지구 내부가 핵과 맨틀로 분리되어 층상 구조를 이루었다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. A 시기에는 미행성체의 충돌열로 지구의 온도가 높아졌지만, B 시기부터는 미행성체의 충돌 횟수가 줄어 지구의 온도가 낮아지면서 지구 표면이 식어 원시 지각이 형성되었다.

## 06 **꼼꼼** 문제 분석



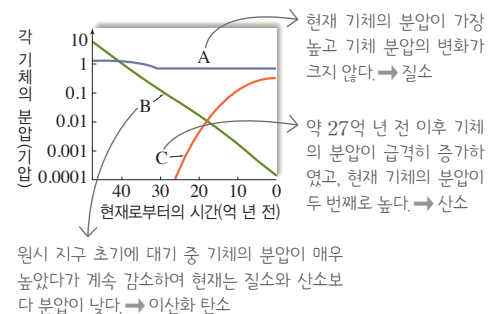
ㄱ. (가) → (나)에서 미행성체의 충돌로 발생한 열과 방사성 동위원소의 붕괴열, 중력 수축으로 발생한 열 등으로 지구의 온도가 높아져 마그마 바다가 형성되었다.

ㄷ. 지권이 (나) → (다)로 변화하는 동안 지구 표면이 냉각되어 마그마가 굳으면서 원시 지각이 형성되었으므로 지구 표면의 온도는 낮아졌다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. (나)의 마그마 바다에서 밀도 차이에 의해 무거운 금속 성분인 철과 니켈은 중심 쪽으로 가라앉아 핵을 이루었고, 가벼운 규산염 물질은 표면 쪽으로 떠올라 맨틀을 이루었다.

ㄷ. 마그마 바다에서 핵과 맨틀이 분리되었고, 이후 지구 표면이 식으면서 지각이 형성되었으므로 지권은 핵과 맨틀 → 지각 순으로 형성되었다.

## 07 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. A는 시간에 따른 기체의 분압 변화가 거의 없고 현재 대기 중 기체 분압이 가장 높으므로 질소이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. B는 이산화 탄소를, 지각이 형성된 후 활발한 화산 활동에 의해 대기에 축적되었다가 원시 바다가 형성된 후 바다에 녹아 기체의 분압이 감소하였다. 주로 생물의 광합성으로 생성된 기체는 C(산소)이다.

ㄷ. C는 산소로, 산소는 바다에서 광합성 생물이 등장한 후 해수 중의 농도가 증가하다가 대기로 방출되어 점차 대기에 축적되었고, 축적된 양이 증가하면서 오존층을 형성하였다. 따라서 오존층은 대기 중에 산소가 축적된 이후 형성된 것이다.

**08** 현재 대기의 약 20.9%를 차지하는 (가)는 산소이고, 원시 대기에 많았다가 현재 대기에 약 0.03%로 감소한 (나)는 이산화 탄소이다.

ㄱ. 산소는 (가)이고, 표의 원시 대기 성분에서 산소의 부피비가 0%이므로 원시 대기 속에는 산소가 없었다.

ㄷ. (나)는 이산화 탄소를, 수권이 형성된 이후 많은 양이 수권에 녹아 대기 중의 양이 급격히 감소하였다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. (가)는 산소로, 광합성 생물이 등장한 후 생물의 광합성 작용에 의해 생성되었다. 원시 지각에서 일어난 활발한 화산 활동으로 대기 중에 축적된 기체는 (나) 이산화 탄소이다.

**09** ㄱ. 지구의 진화 과정에서 지권, 기권, 수권이 먼저 생성되었고, 생명체는 수권에서 탄생하였다. 따라서 생명체가 탄생하였을 때에 지구에는 이미 기권, 수권, 지권이 모두 존재하였다.

ㄷ. 수권에 존재하는 염화 이온은 원시 지각 형성 후 해저 화산 활동에서 배출된 염소가 바닷물에 녹아서 공급되었다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 지구 대기 중의 산소는 대부분 광합성 생물이 등장한 후, 생물의 광합성 작용으로 공급된 산소가 대기에 축적된 것이다. 따라서 생명체가 탄생하기 직전에는 대기 중에 산소가 풍부하지 않았다.

**10** ㄱ. 최초의 생명체(A)는 자외선을 막아주는 바다 속에서 처음 탄생하였다.

ㄷ. 자외선은 화학 작용을 통해 생명체의 세포를 파괴하는데, 태양에서 지구로 들어오는 자외선은 오존층에 흡수된다. 따라서 오존층이 존재하지 않는 지구 표면에서는 자외선에 의해 세포가 파괴되므로 생명체가 존재하기 어려웠다. 따라서 오존층이 만들어진 이후 육상 생물(C)이 서식하기 적합한 환경이 조성되었다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 광합성 생물은 약 35억 년 전에 바다에서 처음 출현하였으며, 대기에 산소가 축적되기 시작한 시기는 약 27억 년 전부터이다. 광합성 생물이 출현한 초기에는 해수 중에 산소가 축적되었다가 충분히 축적된 후에 대기 중으로 방출되면서 대기 중의 산소가 증가하기 시작하였다.

**11** ③ 대륙 지각은 나이가 많고 안정한 곳일수록 방출하는 열량이 적으므로 지각 열류량이 낮다.

▣ **바로알기** ▣ ① 현재는 방사성 동위 원소의 붕괴열이 가장 많이 생성되고 있지만, 그보다 더 많은 양의 지구 내부 에너지가 지구 탄생 초기에 미행성체 충돌이나 지구 내부 분화 과정에서 생성되어 지구 내부에 축적되어 있다.

② 방사성 동위 원소는 불안정하므로 자연적으로 붕괴되어 안정한 원소로 바뀌면서 열을 방출한다.

④ 해양 지각은 대륙 지각보다 방사성 동위 원소의 붕괴열은 적지만, 지각의 두께가 얇고 맨틀이 상승하는 곳에서 생성되어 이동하므로 대륙 지각보다 지각 열류량이 높다.

⑤ 지구 내부 에너지는 지표로 전달되어 서서히 방출되며, 지구 중심부에 많은 양이 축적되어 있으므로 지구 중심으로 갈수록 온도가 상승한다.

**12** 암석 속에 포함된 방사성 동위 원소의 함량을 비교해 보면, 화강암 > 현무암 > 감람암 순이다.

### 13 **문제 분석**

| 암석  | 방사성 동위 원소의 함량(ppm)                 |                   |                 | 방출 열량<br>(10 <sup>-5</sup> mW/m <sup>3</sup> ) | 구성    |
|-----|------------------------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------------------|-------|
|     | <sup>238</sup> U, <sup>235</sup> U | <sup>232</sup> Th | <sup>40</sup> K |                                                |       |
| 화강암 | 5                                  | 18                | 38000           | 295                                            | 대륙 지각 |
| 현무암 | 0.5                                | 3                 | 8000            | 56                                             | 해양 지각 |
| 감람암 | 0.015                              | 0.06              | 100             | 1                                              | 맨틀    |

방사성 동위 원소의 함량:  
화강암 > 현무암 > 감람암

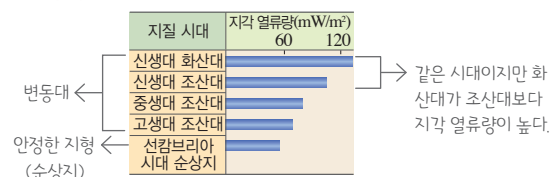
방사성 동위 원소의 단위 부피당 방출 열량:  
화강암 > 현무암 > 감람암

ㄴ. 방사성 동위 원소의 붕괴로 단위 부피당 방출되는 열량은 대륙 지각(화강암)이 해양 지각(현무암)보다 많다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 화강암은 대륙 지각의 구성 암석, 현무암은 해양 지각의 구성 암석, 감람암은 맨틀의 구성 암석이다. 방사성 동위 원소의 함량은 화강암 > 현무암 > 감람암이므로, 맨틀을 이루는 암석보다 지각을 이루는 암석에 많다.

ㄷ. 단위 부피당 방사성 동위 원소의 붕괴열은 맨틀을 이루는 감람암보다 지각을 이루는 화강암과 현무암이 더 많지만, 맨틀의 부피가 지각에 비해 매우 크므로 전체 방사성 동위 원소의 붕괴열은 맨틀이 지각보다 많다.

### 14 **문제 분석**



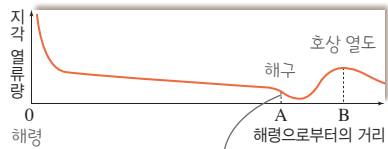


ㄴ. 그림에서 신생대의 화산대는 신생대의 조산대보다 지각 열류량이 높으므로 화산대는 조산대보다 지각 열류량이 높다.

ㄷ. 순상지는 지각 변동이 거의 없는 지역이며, 변동대는 지각 변동이 매우 활발한 지역이다. 따라서 지각 변동이 활발한 변동대가 지각 변동이 거의 없는 순상지보다 지각 열류량이 높다.

▶ **바로알기** ㄱ. 조산대의 지각 열류량을 비교하면, 고생대 조산대 < 중생대 조산대 < 신생대 조산대이다. 신생대에서 고생대로 갈수록 오래된 지질 시대이므로 지각 열류량은 오래된 지질 시대의 조산대일수록 낮다.

## 15 **문제 분석**



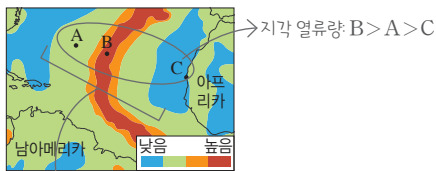
해령으로부터 멀리 떨어져 있으며 지각 열류량이 낮은 판 경계이므로 해구이다.

ㄴ. 화산 활동이 활발한 곳은 마그마가 상승하여 지각 열류량이 높다. A보다 B에서 지각 열류량이 높으므로 화산 활동은 A보다 B에서 더 활발하다. 화상 열도인 B에서는 해양 지각이 섭입되면서 생성된 마그마가 분출된다.

ㄷ. A(해구)는 맨틀 대류가 하강하는 곳으로, 지각 열류량이 낮다. 해구에서 해양판이 다른 판 아래로 섭입되면서 수심이 매우 깊은 골짜기가 형성된다.

▶ **바로알기** ㄱ. 해령보다 A에서 지각 열류량이 낮으므로 맨틀이 방출하는 열이 더 적다. 해령에서는 뜨거운 맨틀 물질이 상승하고, 상승한 맨틀 물질은 열을 방출하면서 해구 쪽으로 이동하므로 차가워져 해구에서 침강한다.

## 16 **문제 분석**



B를 중심으로 양쪽의 지각 열류량 분포가 대칭을 이룬다.

ㄴ. 해령에서는 맨틀 물질이 상승하여 지각 열류량이 높다. 그림에서 B는 지각 열류량이 가장 높고 양쪽으로 지각 열류량 분포가 대칭을 이루므로 해령이다.

▶ **바로알기** ㄱ. A는 B보다 지각 열류량이 낮으므로 지구 내부에 더 많은 열을 더 적게 방출한다.

ㄷ. C는 A~C 중 지각 열류량이 가장 낮고 해령에서 가장 먼 판의 내부 지역이므로 가장 안정하여 지각 변동이 적을 것이다.

## 2 지구 내부 구조

25 쪽

완자샘

비법 특강

Q1 25 km

Q1 지각의 두께가  $d$ , B 지점까지의 거리가  $l$ , 직접파의 속도를  $V_1$ , 굴절파의 속도를  $V_2$ 라고 할 때,  $d = \frac{l}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$ 이고,  $l = 130 \text{ km}$ ,  $V_1 = 6 \text{ km/s}$ ,  $V_2 = 8 \text{ km/s}$ ,  $\sqrt{7} = 2.6$ 이므로  $d = \frac{130 \text{ km}}{2} \sqrt{\frac{8 \text{ km/s} - 6 \text{ km/s}}{8 \text{ km/s} + 6 \text{ km/s}}} = 25 \text{ km}$ 이다.

## 개념 확인 문제

26 쪽

- 1 지진파 연구 2 진원 3 진앙 4 P파 5 횡파  
6 고체 7 PS시 8 멀다 9 주시 곡선 10 교차 거리

1 (가) ㄱ, ㄴ (나) ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ 2 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×  
(5) × 3 (1) (가) P파 (나) S파 (다) L파 (2) 4분 4 C  
5 (1) ㉠, ㉡, ㉢ P (2) 3000 6 3

1 (가) 시추(ㄱ)와 화산 분출물 연구(ㄴ)는 지구 내부 물질의 시료를 직접 얻어 연구하는 방법이다.

(나) 운석 연구(ㄴ)는 운석을 연구하여 지구 내부 물질을 추정한다. 지진파 연구(ㄷ)는 지구 내부를 통과한 지진파를 연구하여 지구 내부 물질을 추정한다. 고온 고압 실험(ㄹ)은 지구 내부와 비슷한 온도와 압력 조건을 만들어 실험하는 방법이다. 지각 열류량 연구(ㅁ)는 지각의 열류량을 측정하여 지구 내부에 있는 물질을 추정한다.

2 (1) P파는 매질의 진동 방향과 파의 진행 방향이 같은 종파이고, S파는 매질의 진동 방향과 파의 진행 방향이 수직인 횡파이다.

(2) P파와 S파는 지구 내부를 통과하는 실체파이다.

(3) P파는 S파보다 전파 속도가 빠르므로 지진 관측소에 항상 먼저 도착한다.

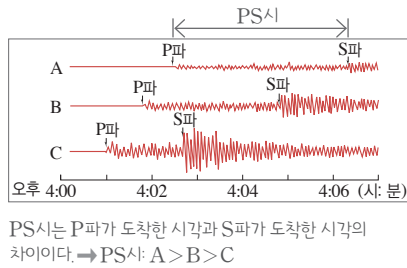
(4) 지진파의 진폭을 비교하면  $P\text{파} < S\text{파} < L\text{파}$ 이다.

(5) S파는 고체인 매질을 통해서만 전달된다.

3 (1) 지진파는 관측소에 P파, S파, L파의 순으로 도착한다. (가)는 P파, (나)는 S파, 가장 늦게 도착한 (다)는 L파이다.

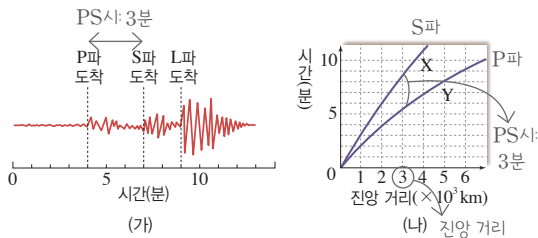
(2) PS시는 P파가 도착한 후 S파가 도착할 때까지 걸린 시간이다. P파는 1분, S파는 5분에 도착하였으므로 PS시는 4분이다.

#### 4 **꼼꼼** 문제 분석



진원 거리는 PS시가 길수록 멀다. 따라서 진원 거리가 가장 가까운 곳은 PS시가 가장 짧은 C이다.

#### 5 **꼼꼼** 문제 분석



- (1) X는 Y보다 관측소에 늦게 도착하였으므로 X는 S파의 도착 시간을, Y는 P파의 도착 시간을 나타낸다.
- (2) (가)에서 PS시는 3분이고, (나)에서 X와 Y의 시간 차이가 3분인 지점의 진원 거리는 약 3000 km이다.

**6** 진앙의 위치를 결정하기 위해서는 최소한 하나의 지진을 세 지점에서 관측하여 구한 진원 거리를 활용한다. 각 지점에서 진원 거리를 반지름으로 하는 원을 그렸을 때, 세 원의 공통현의 교점이 진앙의 위치가 된다.

#### 개념 확인 문제

30쪽

- ① 지진파 ② 4 ③ 대륙 ④ 연약권 ⑤ S ⑥ 밀도  
⑦ 지각 평형설 ⑧ 프래트설 ⑨ 에어리설

- 1 A: 지각, B: 맨틀, C: 외핵, D: 내핵 2 (1) × (2) ○ (3) ×  
3 (1) 두껍다 (2) 작다 (3) 현무암질 (4) 맨틀 (5) 연약권 (6) 외핵  
4 A: 온도, B: 압력, C: 밀도 5 ㉠ 에어리설, ㉡ 두껍고,  
㉢ 깊다 6 옳기

**1** 지구 내부의 층상 구조는 지표면에서 지구 중심 쪽으로 가면 지각, 맨틀, 외핵, 내핵으로 구분한다.

**2** (1) 모호면(모호로비치치 불연속면)은 지각과 맨틀의 경계면으로, 대륙 지각에서는 약 30 km~70 km 깊이에 존재하고, 해양 지각에서는 약 5 km~8 km 깊이에 존재한다.

(2) 구텐베르크 불연속면은 맨틀과 외핵의 경계면으로, 지진파가 모두 도달하지 않는 암영대(P파 암영대)가 존재한다는 사실로부터 그 존재가 밝혀졌다.

(3) 레만 불연속면은 외핵과 내핵의 경계면이다. 레만 불연속면을 경계로 바깥쪽에는 액체인 외핵이 존재하고, 안쪽에는 고체인 내핵이 존재한다.

**3** (1) 대륙 지각의 두께는 약 30 km~70 km이고, 해양 지각의 두께는 약 5 km~8 km이므로 대륙 지각이 더 두껍다.

(2) 대륙 지각은 해양 지각보다 밀도가 작은 암석으로 이루어져 있다. 대륙 지각의 평균 밀도는 약 2.7 g/cm³이고, 해양 지각의 평균 밀도는 약 3.0 g/cm³이다.

(3) 대륙 지각은 화강암질 암석으로 이루어져 있고, 해양 지각은 현무암질 암석으로 이루어져 있다.

(4) 지구 내부에서 가장 많은 부피를 차지하는 층은 맨틀이며, 맨틀은 지구 내부 전체 부피의 약 82 %를 차지하고 있다.

(5) 연약권에서는 맨틀이 부분적으로 용융되어 있어 고체이지만 유동성이 있고, 지진파의 속도가 느려지는 저속도층이 나타난다.

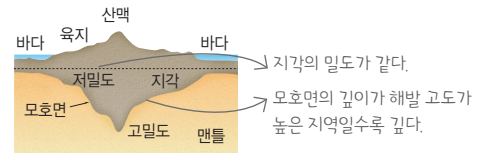
(6) 외핵은 주요 구성 물질이 철이고, S파가 통과하지 못하므로 액체 상태일 것으로 추정된다.

**4** • A: 지구 중심으로 갈수록 깊이 증가하지만, 증가율은 감소하므로 A는 온도의 변화이다.

• B: 지구 중심으로 갈수록 S자 곡선의 모습으로 증가하고, 증가율은 외핵에서 가장 크므로 B는 압력의 변화이다.

• C: 지구 중심으로 갈수록 각 층의 경계면에서 불연속적으로 증가하여 계단 모양의 분포를 이루므로 C는 밀도의 변화이다.

#### 5 **꼼꼼** 문제 분석



모호면의 깊이가 달라지는 것을 설명하는 지각 평형설은 에어리설이다. 에어리설에 따르면, 해발 고도가 높은 지역일수록 지각의 두께가 두껍게 나타난다. 따라서 해발 고도가 높은 지역은 모호면의 깊이가 깊고, 해발 고도가 낮은 지역은 모호면의 깊이도 얕다.

**6** 해발 고도가 높은 지역이 풍화, 침식 작용을 받으면 지각의 무게가 감소하여 평형을 유지하기 위해 지각이 융기한다.

자료 1 1 A: S파, B: P파 2 A: (나), B: (가) 3 속도

4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×

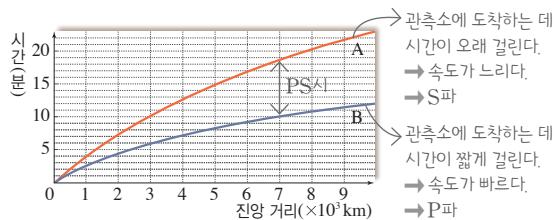
자료 2 1 ㉠ P파, ㉡ S파, A: 지각, B: 맨틀, C: 외핵, D: 내핵

2 B층과 C층: 구텐베르크 불연속면, C층과 D층: 레만 불연속면 3 C 4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○

자료 3 1 지구 내부 온도가 구성 물질의 용융 온도보다 높거나 비슷하기 때문이다. 2 B 3 밀도 4 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×

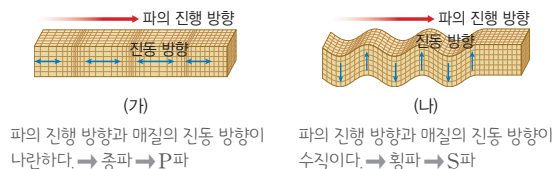
자료 4 1 (가) 에어리설 (나) 프래트설 2 (가) 3 용기 4 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ×

### 1-1 꼼꼼 문제 분석



같은 진앙 거리에 도착하는 데 걸린 시간이 B가 A보다 짧으므로 전파 속도는 B가 A보다 빠르다. 지진파의 속도는 P파가 S파보다 빠르므로 B는 P파, A는 S파이다.

### 1-2 꼼꼼 문제 분석



(가)는 종파이므로 P파이고, (나)는 횡파이므로 S파이다. 따라서 A는 (나)에 해당하고, B는 (가)에 해당한다.

1-3 주시 곡선은 가로축에 진앙 거리를, 세로축에 이동한 시간을 표시하므로 기울기의 역수는 진앙 거리를 시간으로 나눈 값, 즉 속도에 해당한다.

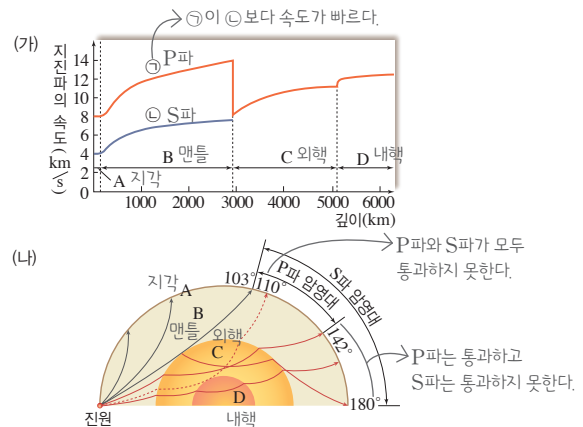
1-4 (1) 관측소에 도착하는 데 걸린 시간이 B가 A보다 짧으므로 B가 A보다 빠른 속도로 이동한다.

(2) S파인 A는 고체인 매질을 통해서만 전파되고, P파인 B는 고체, 액체, 기체인 모든 매질을 통해 전파된다.

(3) PS시는 S파와 P파의 도착 시간 차이로, 그래프에서 PS시가 길수록 진앙과 지진 관측소 사이의 거리, 즉 진앙 거리가 멀다.

(4) 주시 곡선에서 기울기의 역수가 속도이므로 기울기가 완만할수록 지진파의 속도가 빠르다.

### 2-1 꼼꼼 문제 분석



(가)에서 속도가 빠른 ㉠은 P파이고, 고체, 액체, 기체인 모든 매질을 통해 전달된다. 속도가 느린 ㉡은 S파이고, 고체인 매질만을 통해 전달된다. 지진파의 속도가 급격히 변하는 곳을 경계로 지구 내부는 4개 층으로 구분할 수 있으며 지표에서부터 지각(A), 맨틀(B), 외핵(C), 내핵(D)으로 구분한다.

2-2 B층과 C층의 경계면은 지하 약 2900 km 지점에 있는 구텐베르크 불연속면이며, C층과 D층의 경계면은 지하 약 5100 km에 위치한 레만 불연속면이다.

2-3 B층의 아래인 C층을 지진파 ㉡(S파)이 통과하지 못하므로 C층이 고체가 아님을 알 수 있으며, 이러한 사실은 S파 암영대가 진앙에서 각거리 103°~180°에 나타나는 것으로 입증된다.

2-4 (1) (가)에서 ㉠은 P파이므로 고체, 액체, 기체인 매질에서 모두 전파된다. 고체인 매질에서만 전파되는 것은 S파이다.

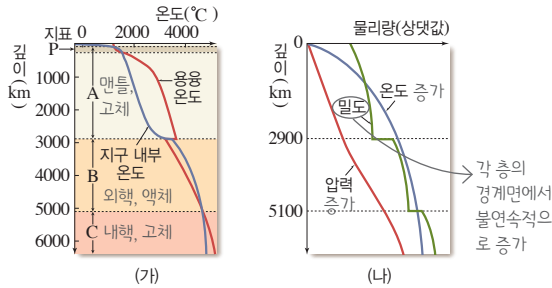
(2) (가)에서 지진파의 속도가 가장 크게 변하는 곳은 물질의 상태가 고체에서 액체로 변하는 경계면 B층과 C층의 경계면이다.

(3) S파는 진앙에서 각거리 103°~180° 사이인 지표면에는 도달하지 않으며, 이 지역을 S파 암영대라고 한다.

(4) S파는 액체인 매질을 통과할 수 없으므로 C층이 고체가 아니라 액체라는 사실은 S파 암영대를 통해 알 수 있다. P파 암영대는 지하 약 2900 km에 구텐베르크 불연속면이 존재한다는 사실을 알려준다.

(5) 진앙에서 각거리 약 110°인 지표면에 도달한 약한 P파는 지하 약 5100 km 지점에 있는 레만 불연속면에서 굴절한 파가 도달하며, 레만 불연속면이 존재하지 않으면 도달하지 못하므로 C층과 D층의 경계를 알게 해준다.

### 3-1 꼼꼼 문제 분석



P 구간에서는 지구 내부 온도가 맨틀 물질의 용융 온도보다 높거나 비슷하므로 맨틀 물질이 부분적으로 용융되어 있다.

3-2 지구 내부 온도가 물질의 용융 온도보다 높으면 물질은 녹아 액체 상태로 존재할 수 있으며, 이에 해당하는 층은 B이다.

3-3 지진파의 속도는 지구 내부 각 층의 경계면에서 크게 변하는데, 이는 각 층을 이루는 물질의 밀도가 크게 다르기 때문이다.

3-4 (1) A층은 맨틀이다. 맨틀은 지구 내부 부피의 약 82%로, 가장 많은 부피를 차지한다.

(2) B층은 외핵, C층은 내핵이다. 외핵과 내핵을 이루는 주요 물질은 철(Fe)이다. 지구 내부 온도가 구성 물질의 용융 온도보다 높은 B층은 액체 상태이고, 구성 물질의 용융 온도보다 낮은 C층은 고체 상태이다.

(3) 지구 내부 층상 구조의 경계면에서 밀도가 불연속적으로 커진다.

(4) 지구 내부로 갈수록 온도는 상승하지만, 지온 상승률은 작아진다. 따라서 지온 상승률은 맨틀보다 외핵에서 작다.

### 4-1 꼼꼼 문제 분석

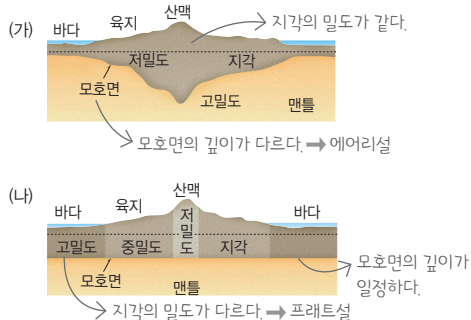


그림 (가)는 모호면의 깊이가 지역에 따라 다르게 나타난다고 생각하는 에어리설을, (나)는 모호면의 깊이가 일정하다고 생각하는 프래트설을 나타낸다.

4-2 현재 육지의 경우는 해발 고도가 높은 지역은 모호면의 깊이가 깊게 나타나고 해발 고도가 낮은 지역은 모호면의 깊이가 얇게 나타나는 것으로 알려져 있으며, 이는 에어리설인 (가)로 설명할 수 있다.

4-3 해발 고도가 높은 지역은 풍화와 침식 작용을 받게 되고 이로 인해 지각의 무게가 감소하여 융기가 일어난다. 해발 고도가 낮은 지역은 주변으로부터 운반되어 온 퇴적물이 쌓여 지각의 무게가 증가하므로 침강이 나타난다.

4-4 (1) (가) 에어리설에서는 해발 고도가 달라져도 육지의 밀도는 모두 같다.

(2) (가) 에어리설에서는 해발 고도가 높을수록 모호면이 깊은 곳에 나타나므로 모호면의 깊이는 결국 지형에 따라 달라진다.

(3) (나) 프래트설에서는 지형이 달라져도 모호면이 항상 같은 깊이에서 나타나며, 지각의 밀도가 달라진다.

(4) (나) 프래트설을 근거로 할 때 해발 고도가 높은 지역은 밀도가 작게 나타난다.

(5) 지표면에 퇴적물이 쌓이면, 지각의 무게가 증가하여 지각 평형을 이루기 위해 침강이 일어난다.

### 내신 만점 문제

33쪽~37쪽

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

01 (가)는 지하의 물질을 직접 채취하는 시추이다. 시추는 비용이 많이 들고, 시추한 지점의 정보만 알 수 있으며, 탐사할 수 있는 깊이에 한계가 있다.

(나)는 지구 내부 에너지가 지표로 방출되는 열량인 지각 열류량 연구이다. 지각 열류량을 측정하면 지구 내부 물질의 열적 성질과 에너지원의 분포를 알아낼 수 있다.

02 나. 화산 분출물 중에는 마그마에 포획된 맨틀 물질을 포함하는 경우가 있으므로 (나)로 상부 맨틀 물질을 분석할 수 있다.

ㄷ. 지진파는 지구 내부를 통과하므로 지구 내부의 층상 구조를 밝히는 데 화산 분출물 연구보다 지진파 연구가 효과적이다.

■ 바로알기 1. 지진파 연구를 통해 지구 내부 물질을 직접 얻을 수는 없으므로 (가)는 간접적인 방법이다.



**03** ㄴ. A(진원)에서 관측소까지의 거리를 진원 거리라 하고, B(진앙)에서 관측소까지의 거리를 진앙 거리라고 한다.

ㄷ. P파가 S파보다 전파 속도가 빠르므로 진앙 거리가 멀수록 P파와 S파의 도착 시간 차이(PS시)가 커진다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. A는 지진의 에너지가 방출되는 지점이므로 진원, B는 진원의 연직 방향에 있는 지표상의 지점이므로 진앙이다.

**04** ① P파는 지진파 중에서 이동 속도가 가장 빠르다. 따라서 지진 관측소에 가장 먼저 도착한다.

② 지진파의 진폭은  $P < S < L$ 파이다. 따라서 P파보다 S파의 진폭이 더 크다.

③ S파는 고체인 매질만을 통해 전달되며, 기체나 액체인 매질은 통과하지 못한다.

⑤ 피해를 가장 많이 주는 지진파는 진폭이 가장 큰 L파이다.

▮ **바로알기** ▮ ④ S파는 횡파이므로 매질의 진동 방향과 파의 진행 방향이 서로 수직이다. 매질의 진동 방향과 파의 진행 방향이 같은 것은 종파인 P파이다.

**05** 지진이 발생한 C는 진원이고, 진원에서 수직으로 지표면과 만나는 A는 진앙이다. 지표면을 따라 전달되는 L파는 표면파이고, 지구 내부를 통과하여 전달되는 P파와 S파는 실체파이다.

ㄱ. 지진은 지구 내부 에너지가 모인 장소에서 단층 활동 등의 지각 변동이 일어날 때 생긴다.

ㄷ. L파는 진앙으로부터 지표면만을 따라 전달되는 표면파이다.

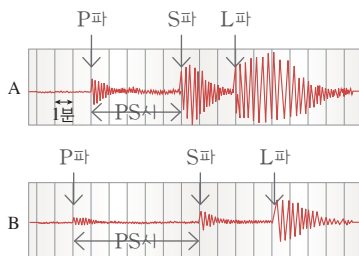
▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 지진파는 진폭이 클수록 많은 에너지를 전달하고 더 많은 피해를 발생시킨다. P파는 S파보다 진폭이 작으므로 적은 에너지를 전달한다.

**06** ㄱ. P파는 종파에 해당하고, S파는 횡파에 해당한다. (가)는 파의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 같은 종파이므로 P파에 해당하고, (나)는 파의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 서로 수직인 횡파이므로 S파에 해당한다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. (나) S파는 (가) P파보다 더 느린 속도로 이동한다.

ㄷ. S파는 P파보다 진폭이 커서 더 큰 피해를 발생시키므로 (나)가 (가)보다 더 큰 피해를 발생시킨다.

## 07 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. PS시는 P파와 S파의 도착 시간 차이로, A는 약 5분, B는 약 7분이다.

ㄴ. PS시가 길수록 진원까지의 거리가 멀다. A보다 B의 PS시가 길기 때문에 진원까지의 거리는 B가 A보다 멀다.

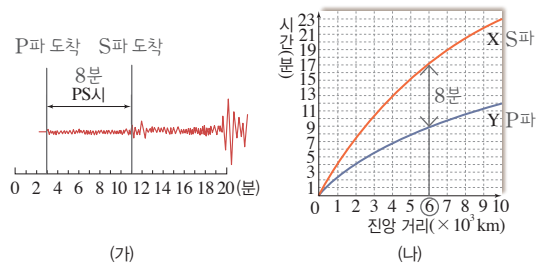
▮ **바로알기** ▮ ㄷ. S파는 액체 매질을 통과하지 못한다. A와 B에는 모두 S파가 도착하였으므로 지진파가 고체 매질을 통과하였다.

**08** P파는 01시 16분 43초에 도착하였고, S파는 01시 16분 55초에 도착하였으므로 PS시는 12초이다. P파의 속도는 8 km/s, S파의 속도는 4 km/s이므로 진원 거리를 구하는 식에 PS시, P파의 속도, S파의 속도를 대입하면 진원 거리를 구할 수 있다.

모범답안 진원 거리( $d$ ) =  $\frac{V_P \times V_S}{V_P - V_S} \times \text{PS시} = \frac{8 \text{ km/s} \times 4 \text{ km/s}}{8 \text{ km/s} - 4 \text{ km/s}} \times 12 \text{ s}$ 이므로 진원 거리는 96 km이다.

| 채점 기준                                | 배점    |
|--------------------------------------|-------|
| PS시를 포함하여 식을 옳게 세우고, 진원 거리를 옳게 구한 경우 | 100 % |
| PS시를 포함하여 식만 옳게 세우고, 답이 틀린 경우        | 50 %  |

## 09 **꼼꼼** 문제 분석

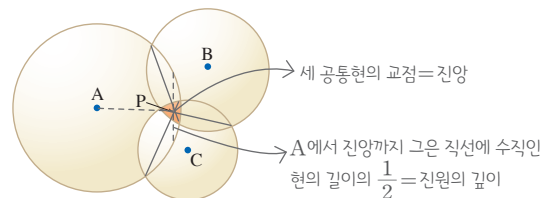


ㄱ. (가)에서 P파가 약 3분에, S파가 약 11분에 도착하였으므로 PS시(S파의 도착 시간 - P파의 도착 시간)는 약 8분이다.

ㄴ. (나)의 주시 곡선에서 가장 먼저 도착한 Y는 P파의 곡선이고, 두 번째로 도착한 X는 S파의 곡선이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄷ. 관측소와 진앙 사이의 거리는 그래프에서 X선과 Y선 사이의 간격, 즉 PS시가 8분인 지점의 가로축 값을 읽으면 되는데, 약 6000 km이다.

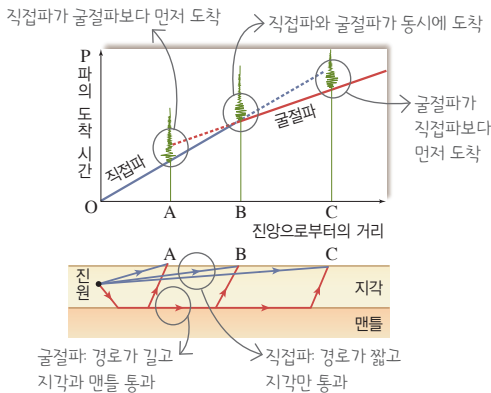
## 10 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 세 관측소의 진원 거리를 반지름으로 하여 그린 세 개의 원에서 두 원이 이루는 공통현을 각각 그리면 한 점에서 만나는데, 그 점의 위치가 진앙이다. 이 지진의 진앙은 P 영역 내에 위치한다.  
 ㄷ. 정확한 진앙의 위치를 파악하기 위해 3개 이상의 관측소에서 측정한 자료가 필요하다.

❗ **바로알기** ㄱ. 진원 거리를 반지름으로 하여 원을 그렸으므로 진원 거리를 비교하면  $A > B > C$ 이다. 진원 거리가 멀수록 PS가 길므로 PS시를 비교하면  $A > B > C$ 이다.  
 ㄴ. A에서 진앙까지 그은 직선에 수직인 현의 길이의  $\frac{1}{2}$ 이 진원의 깊이에 해당한다.

## 11 **꼼꼼** 문제 분석

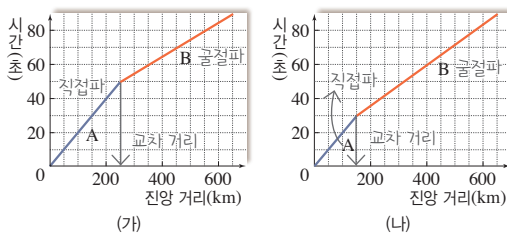


ㄱ. B 지점에는 직접파와 굴절파가 동시에 도착하는데 지각만 통과한 직접파보다 지각과 맨틀을 통과한 굴절파의 전파 경로가 더 길다. 따라서 P파의 속도는 지각보다 맨틀에서 빠르다는 것을 알 수 있다.

ㄴ. A 지점에는 직접파의 도착 시간이 굴절파의 도착 시간보다 빠르므로 직접파가 굴절파보다 먼저 도착하였다.

❗ **바로알기** ㄷ. C 지점에는 직접파가 굴절파보다 나중에 도착한다.  
 ㄴ. B 지점은 직접파와 굴절파가 동시에 도착하는 지점으로, 진앙에서 B 지점까지의 거리는 지각의 두께가 두꺼울수록 멀어진다.

## 12 **꼼꼼** 문제 분석



직접파와 굴절파가 동시에 도착하는 지점까지의 거리가 교차 거리이다.  
 (가)에서 교차 거리는 250 km, (나)에서 교차 거리는 150 km이다.

ㄱ. 교차 거리보다 진앙에 가까운 지점에는 직접파가 굴절파보다 먼저 도착한다. 따라서 A는 직접파, B는 굴절파이다.

ㄴ. (가)에서 직접파는 진앙에서 200 km 거리를 이동하는 데 40초가 걸렸다.  $\text{속도} = \frac{\text{거리}}{\text{시간}} = \frac{200 \text{ km}}{40 \text{ s}} = 5 \text{ km/s}$

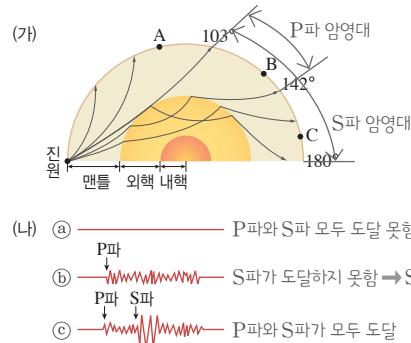
ㄷ. 지각의 두께가 두꺼울수록 교차 거리가 길므로 지각의 두께는 교차 거리가 더 긴 (가) 지역이 (나) 지역보다 두껍다.

13 ㄱ. 그림에서 속도가 더 빠른 (가)는 P파, 속도가 더 느린 (나)는 S파에 해당한다.

ㄴ. S파인 (나)는 액체로 이루어진 C층에서는 전달되지 못한다.

❗ **바로알기** ㄷ. C층은 외핵, D층은 내핵이다. C층과 D층은 주로 철로 이루어져 있어 구성 성분의 차이는 크지 않으며, 상태가 달라 경계에서 밀도의 변화가 크므로 지진파의 속도 변화가 크다.

## 14 **꼼꼼** 문제 분석

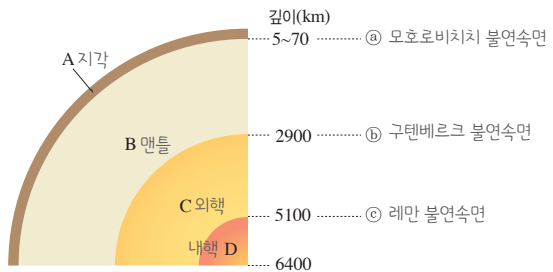


A에는 지각과 맨틀을 통과한 P파와 S파가 모두 도달하므로 지진 기록은 ㉠이다.

B는 진앙에서 각거리가 103°~142° 사이인 P파 암영대에 있어 P파와 S파가 모두 도달하지 못하므로 지진 기록은 ㉡이다.

C는 진앙에서 각거리가 103°~180° 사이인 S파 암영대에 있어 외핵을 통과한 P파가 도달하지만, S파는 도달하지 않으므로 지진 기록은 ㉢이다.

## 15 **꼼꼼** 문제 분석



- ① A층은 지각으로, 대륙 지각과 해양 지각으로 이루어져 있다.  
 ② B층은 맨틀로, 지구 내부 전체 부피의 약 82%를 차지한다.  
 따라서 B층이 지구 내부에서 가장 많은 부피를 차지한다.  
 ③ B층과 C층의 경계인 ⑥는 지하 약 2900 km에 존재하는 구텐베르크 불연속면이며, 지진파의 암영대가 존재한다는 사실로부터 확인되었다.  
 ⑤ 지구 내부에서 평균 밀도는 지구 중심 쪽으로 갈수록 증가하므로 밀도를 비교하면,  $A < B < C < D$ 이다.

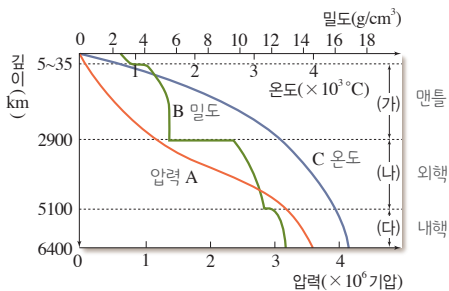
■ **바로알기** ④ C층은 액체 상태이므로 고체인 매질을 통해서만 전달되는 S파는 진행하지 못하지만, 고체, 액체, 기체인 매질을 통해 전달되는 P파는 진행할 수 있다.

**16** ㄱ. 지각은 산소(O)와 규소(Si)가 주요 구성 원소이므로, 산소와 규소가 화학적으로 결합한 규산염 광물이 대부분을 차지한다.

■ **바로알기** ㄴ. 지구 전체에는 철이 가장 많다.

ㄷ. 지구 전체에는 철의 질량비가 가장 크데, 맨틀과 지각에는 산소와 규소의 질량비가 가장 크므로 핵에는 철의 질량비가 매우 클 것이다. 맨틀은 산소와 규소의 질량비가 가장 크므로 주요 구성 성분이 핵보다 지각에 가깝다.

## 17 **꼼꼼** 문제 분석



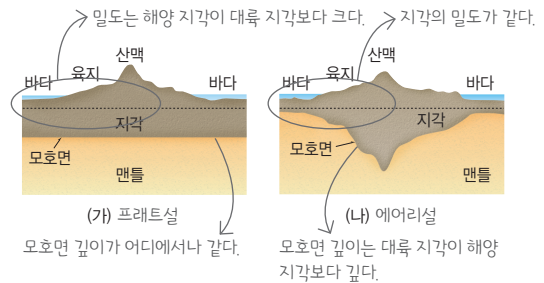
- ① 증가하는 양상은 다르지만, A~C는 모두 지구 중심 쪽으로 갈수록 증가한다.  
 ② A는 지구 내부의 압력 분포로, A의 증가율은 (가) 맨틀에서 커지다가 (나) 외핵에서 가장 크고, (다) 내핵에서 감소한다.  
 ③ B는 지구 내부의 밀도 분포로, 밀도는 지구 내부 각 층의 경계면에서 크게 증가한다. 지진파는 밀도가 클수록 전파 속도가 빨라지므로 밀도가 크게 증가하는 곳에서 지진파의 속도도 크게 증가한다.  
 ④ C는 지구 내부의 온도 분포로, 지온 증가율은 지표 부근에서 가장 크고, (다) 내핵에서 가장 작다.

■ **바로알기** ⑤ (가)~(다)층을 구분하는 데 가장 유용한 물리량은 각 층의 경계면에서 변화가 뚜렷한 B 밀도의 분포이다.

- 18** ㄱ. A 구간에서는 지구 내부 온도가 맨틀 물질의 용융 온도보다 높거나 비슷하므로 맨틀 물질이 부분 용융되어 있다.  
 ㄴ. 외핵에서는 지구 내부 온도가 철 합금의 용융 온도보다 높으므로 액체 상태로 되어 있다.

■ **바로알기** ㄷ. 내핵에서는 지구 내부 온도가 철 합금의 용융 온도보다 낮으므로 고체 상태로 되어 있다.

## 19 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. (가)와 (나) 학설 모두 밀도가 작은 지각이 밀도가 큰 맨틀 위에 떠서 평형을 이룬다.

ㄴ. 실제 모호면의 깊이는 해양 지각에서 얇고, 대륙 지각에서 깊으므로 (나)에서 잘 설명된다.

■ **바로알기** ㄷ. 실제 대륙 지각은 해양 지각보다 밀도가 작으므로 지각의 밀도는 (가)에서 잘 설명된다.

**20** ㄴ. 나무 도막이 물 위에 떠 있으므로 물은 밀도가 큰 맨틀에 해당하고, 나무 도막은 밀도가 작은 지각에 해당한다.

ㄷ. 나무 도막 B를 A 위에 올리면 나무 도막 A가 더 많이 가라앉으므로 나무 도막에서 물속에 잠기는 부분의 두께가 두꺼워진다.

ㄹ. 얼음이 녹으면 지각 평형을 이루기 위해 밀도가 작은 나무 도막이 떠올라 물 위로 드러난 부분이 높아진다.

■ **바로알기** ㄱ. 나무 도막 B를 나무 도막 A 위에 올리면 A가 더 많이 가라앉으므로 이 실험은 모호면의 깊이가 해발 고도에 따라 달라진다고 생각하는 에어리설을 검증하는 실험이다.

**21** ㄷ. A 지역은 1만 년 동안 250 m 융기하였으므로 해발 고도 평균 변화율은  $\frac{25000 \text{ cm}}{10000 \text{ 년}} = 2.5 \text{ cm/년}$ 이다.

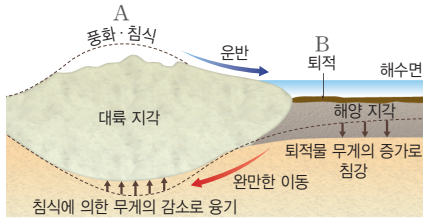
■ **바로알기** ㄱ. 지각을 누르던 무게의 감소량이 클수록 융기량이 많으므로 융기량이 많은 곳일수록 빙하가 녹은 양이 많다.

ㄴ. 빙하가 녹으면서 지각이 융기하였으므로 1만 년 동안 모호면의 깊이는 얕아졌을 것이다.

**22** 그림의 지형은 산봉우리였던 부분들이 침강하여 여러 개의 섬으로 남은 다도해로, 육지에서 퇴적 작용이 일어나 지각을 누르는 무게가 증가하여 생긴 것이다.

**23** A 지역은 풍화 및 침식에 의해 지각의 윗부분이 계속 깎여 나가 지각의 무게가 감소하므로 지각이 융기하여 모호면의 깊이가 얕아진다.

B 지역은 운반되어 온 퇴적물이 쌓여 지각의 무게가 증가하므로 지각이 침강하여 모호면의 깊이가 깊어진다.



**모범답안** A 지역은 침식에 의해 지각의 무게가 감소하여 융기하므로 모호면의 깊이가 얕아지고, B 지역은 퇴적에 의해 지각의 무게가 증가하여 침강하므로 모호면의 깊이가 깊어진다.

| 채점 기준                                                                      | 배점    |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|
| '침식과 퇴적에 의한 지각의 무게 변화, 지각의 융기와 침강'을 모두 포함하여 A와 B 지역의 모호면의 깊이 변화를 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 지각의 융기와 침강만 언급하여 A와 B 지역의 모호면의 깊이 변화를 옳게 서술한 경우                            | 80 %  |
| 모호면의 깊이 변화만 옳게 서술한 경우                                                      | 50 %  |

### 3 지구의 중력장과 자기장

#### 개념 확인 문제

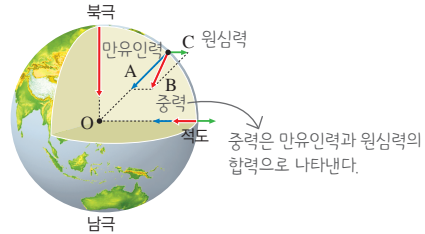
41 쪽

- ① 중력장 ② 커진다 ③ 만유인력 ④ 가까울 ⑤ 원심력  
⑥ 멀 ⑦ 단진자 ⑧ 표준 중력 ⑨ 고 ⑩ 저

- 1 ㉠ 중력, ㉡ 중력장 2 (1) A: 만유인력, B: 중력, C: 원심력 (2) 극(북극, 남극) (3) 극(북극, 남극), 적도 3 4초  
4 (1) 2.01초 (2) 9.76 m/s<sup>2</sup> 5 (1) 같다 (2) 크다 (3) 크다  
6 ㉠ 멀어, ㉡ 작게

**1** 지구가 주변에 위치한 물체를 끌어당기는 힘을 중력이라 하고, 중력은 만유인력과 원심력의 합력으로 나타난다. 이 중력이 작용하는 공간을 중력장이라고 한다.

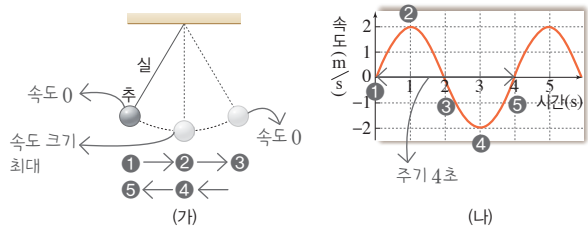
#### 2 문제 분석



- (1) A: 항상 지구 중심 방향으로 작용하는 힘으로, 만유인력이다. C: 자전하고 있는 지구에서 자전축(회전축)에 대해 수직 방향으로 멀어지려고 하는 힘으로, 원심력이다.  
B: 만유인력(A)과 원심력(C)의 합력으로 나타나는 중력이다.  
(2) 중력은 만유인력과 원심력의 합력으로 나타나는데, 극에서는 원심력의 크기가 0이므로 만유인력과 중력의 크기가 같다. 따라서 지구에서 만유인력(A)과 중력(B)의 크기가 같은 지점은 북극과 남극, 즉 양극 지역뿐이다.  
(3) 중력(B)은 적도와 극에서는 지구의 중심을 향하고, 그 이외의 지역에서는 원심력의 영향으로 지구 중심에서 약간 벗어난 지점을 향한다.

#### 3 문제 분석

단진자 운동에서 움직이는 한쪽 방향을 +의 속도로 가정하면, 반대 방향으로 움직일 때의 속도는 -로 표시한다.



단진자의 주기는 단진자가 운동하여 다시 제자리로 되돌아오는 데 걸린 시간, 즉, 왕복하는 데 걸린 시간이므로 속도가 같은 지점 사이의 시간을 구하면 4초이다.

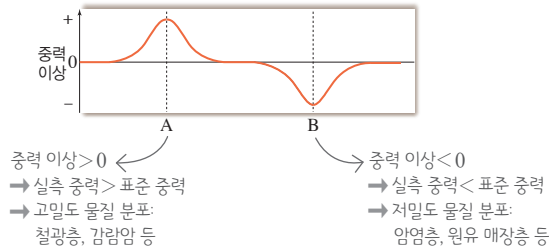
**4** (1) 단진자가 10회 왕복하는 데 걸린 평균 시간이 20.1(초) ( $= \frac{20.09+20.11+20.10+20.11}{5}$ )이므로 1회 왕복하는 데 걸린 평균 시간은 2.01초이며, 이것이 단진자의 평균 주기이다.

(2) 단진자의 길이( $l$ ) 1 m와 주기( $T$ ) 2.01초를 식에 대입하여 중력 가속도( $g$ )를 구하면 다음과 같다.

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{4 \times (3.14)^2 \times 1 \text{ m}}{(2.01 \text{ s})^2} \approx 9.76 \text{ m/s}^2$$

## 5 **문제 분석**

위도와 해발 고도가 같은 A와 B의 중력 이상  
중력 이상 = 실측 중력 - 표준 중력



- (1) 동일한 위도에서는 표준 중력이 같으므로 A와 B에서 표준 중력은 같다.
- (2) 표준 중력은 같은데 중력 이상이 A가 B보다 크므로 실측 중력은 A가 B보다 크다.
- (3) 지하에 철광층 등의 밀도가 큰 물질이 있으면 중력 이상은 (+) 값으로 나타나고, 지하에 암염층 등의 밀도가 작은 물질이 있으면 중력 이상은 (-) 값으로 나타난다. 따라서 지하 물질의 밀도는 중력 이상이 (+)인 A가 중력 이상이 (-)인 B보다 크다.

**6** 중력은 만유인력과 원심력의 합력으로 나타난다. 같은 위도에서는 원심력의 크기가 같으므로 만유인력의 크기가 클수록 중력의 크기도 커진다. 만유인력은 두 물체의 질량의 곱에 비례하고 두 물체 사이 거리의 제곱에 반비례한다. 해발 고도가 높은 곳에서는 지구 중심에서 측정 지점까지의 거리가 멀어 만유인력이 작아지므로 중력의 크기도 작아진다.

## 개념 확인 문제

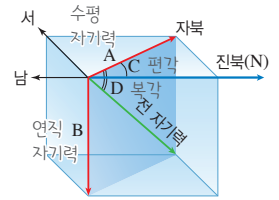
44쪽

- ① 지구 자기장    ② 다이너모 이론    ③ 편각    ④ 북각  
⑤ 수평 자기력    ⑥ 자기 폭풍    ⑦ 영년 변화    ⑧ 맨틀렌대

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×    2 A: 수평 자기력, B: 연직 자기력, C: 편각, D: 북각    3 (1) ① +, ② E (2) ① 0°, ② +90° (3) ① 최대, ② 0    4 (1) 태양 에너지 (2) 크다 (3) 크다  
5 자기 폭풍, 오로라    6 지구 내부의 변화(외핵의 열대류 변화)  
7 ① 맨틀렌대, ② 양성자, ③ 전자

- 1 (1) 나침반의 N극은 자북극을 가리키고, S극은 자남극을 가리킨다.
- (2) 지구 자기장은 마치 자북극이 S극, 자남극이 N극인 막대자석이 있는 것처럼 형성되어 있으므로 북반구에서는 나침반의 N극이 지표 쪽을 향하고, 남반구에서는 S극이 지표 쪽을 향한다.
- (3) 지구 자기의 축은 자북극과 자남극을 잇는 축으로, 지구 자전축에 대해 약 11.5° 기울어져 있다.
- (4) 지구 자기의 축과 지구 자전축이 일치하지 않으므로 자북극과 지리상의 북극은 일치하지 않는다.

**2** 전 자기력에 대하여 A는 수평 성분이므로 수평 자기력, B는 연직 성분이므로 연직 자기력에 해당한다. C는 진북과 자북 사이의 각이므로 편각에 해당한다. D는 수평면과 전 자기력 사이의 각으로,



나침반의 자침은 전 자기력 방향으로 기울어진다. 따라서 D는 나침반의 자침이 수평면에 대해 기울어진 각인 북각에 해당한다.

- 3 (1) 편각은 진북을 기준으로 자북이 동쪽으로 치우쳐 있으면 (+) 또는 E(동편각)로 표시하고, 서쪽으로 치우쳐 있으면 (-) 또는 W(서편각)로 표시한다.
- (2) 북각은 수평면에서 나침반의 자침이 기울어진 각, 즉 수평면과 자기력선이 이루는 각도를 나타낸다. 자기 적도에서는 자기력선이 지표면에 수평하게 나타나므로 북각이 0°이다. 자북극과 자남극에서는 자기력선의 방향이 지표면에 수직이므로 각각 +90°와 -90°로 나타난다.
- (3) 자기 적도에서는 전 자기력 방향이 수평면에 평행하므로 연직 자기력이 0이고, 수평 자기력은 최대로 전 자기력과 같다. 자극에서는 전 자기력 방향이 수평면에 대하여 수직이므로 수평 자기력은 0이고, 연직 자기력이 최대로 전 자기력과 같다.

- 4 (1) 지구 자기장의 일변화는 태양 고도가 변함에 따라 지구 대기의 전리층이 영향을 받는 정도가 달라지기 때문에 발생한다. 따라서 자기장 일변화의 원인은 태양 에너지이다.
- (2), (3) 태양이 떠 있는 낮이 태양이 보이지 않는 밤보다 자기장의 일변화가 크고, 여름이 겨울보다 태양 고도 변화가 크므로 일변화가 크다.

**5** 흑점 수가 최대인 A 시기에는 태양 활동이 활발하다. 따라서 태양으로부터 유입되는 대전 입자 수가 많아져 지구 자기장이 짧은 시간 동안 크게 변하는 자기 폭풍이 발생한다. 또한, 이때 유입되는 대전 입자로 인해 오로라가 자주 발생한다.



**6** 지구 자기장의 영년 변화는 지구 내부에서 외핵의 열대류에 변화가 생겨 나타나는 것으로 추정되며, 이로 인해 자극의 이동, 전 자기력의 변화 등이 나타난다.

**7** 지구 자기권은 태양풍의 영향으로 태양 방향은 압축되어 지구 반지름의 약 10배, 태양과 반대 방향은 지구 반지름의 약 100배에 해당하는 곳까지 대전 입자들이 지구 자기장의 영향을 받아 운동한다. 대전 입자들이 밀집되어 있는 모습은 도넛 모양으로 나타나는데 이를 밴앨런대라고 한다. 밴앨런대는 양성자가 주로 운동하는 내대와 전자가 주로 운동하는 외대로 나누어져 있다.

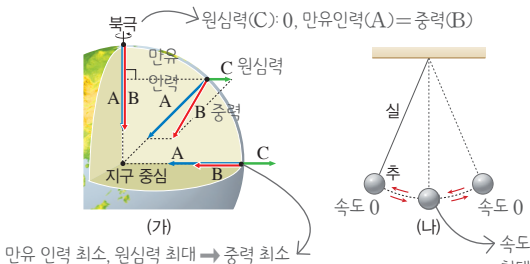
### 대표 자료 분석

45쪽

- 자료 1** 1 (1) 커진다 (2) 커진다 (3) 작아진다 2 (1) 짧아진다  
(2) 길어진다 3 적도, 중위도, 극 4 (1) ○ (2) ○  
(3) ○ (4) ○ (5) × (6) ×
- 자료 2** 1 편각: 20°W 또는 -20°, 북각: +30° 2 (1) 커진다  
(2) 시계 반대 방향 (3) 커진다 3 (1) × (2) × (3) ○  
(4) ○

### 1-1 꼼꼼 문제 분석

중력(B)=만유인력(A)+원심력(C)



- (1) 만유인력의 크기는  $F=G\frac{Mm}{r^2}$ 으로, 두 물체의 질량( $M$ ,  $m$ )의 곱에 비례하고, 두 물체 사이 거리( $r$ )의 제곱에 반비례한다. 지구는 적도 반지름이 극 반지름보다 긴 타원체이므로 적도에서 극으로 갈수록 지구와 물체 사이의 거리가 감소하여 만유인력(A)이 커진다.
- (2) 중력(B)은 만유인력과 원심력의 합력으로, 적도에서 극으로 갈수록 만유인력이 커지고, 원심력이 작아지며 만유인력이 원심력보다 크므로 중력은 적도에서 극으로 갈수록 커진다.
- (3) 원심력(C)은  $F=mr\omega^2$ 으로, 지구는 모든 지점에서 회전 각속도( $\omega$ )의 크기가 같고, 적도에서 극으로 갈수록 회전축과의 거리( $r$ )가 짧아지기 때문에 지구의 원심력(F)은 적도에서 최대이고, 고위도로 갈수록 작아지며, 극에서 0이다.

**1-2**  $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ,  $g=\frac{4\pi^2l}{T^2}$ 에서 중력 가속도( $g$ )는 단진자의 길이( $l$ )에 비례하고, 주기( $T$ )의 제곱에 반비례한다.

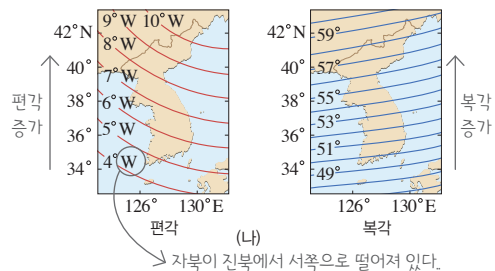
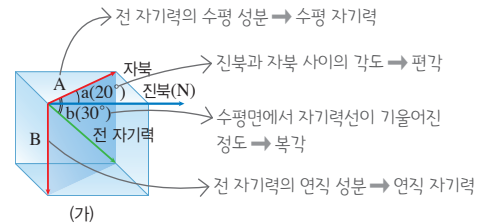
- (1) 실의 길이가 같을 때, 중력이 큰 곳은 중력이 작은 곳보다 단진자의 주기가 짧게 나타난다.
- (2) 중력의 크기가 같을 때 실의 길이를 다르게 하여 측정할 경우, 실을 길게 하면 단진자의 주기가 길어진다.

**1-3** 단진자의 주기는 중력이 작을수록 길어진다. 지구의 중력은 적도에서 가장 작고 극에서 가장 크므로 단진자의 주기를 비교하면 적도>중위도>극이다.

**1-4** (1) 중력인 B는 만유인력인 A와 원심력인 C의 합력으로 나타난다.

- (2) 양 극에서는 원심력의 크기가 0이므로 만유인력(A)과 중력(B)의 크기가 같다.
- (3) 만유인력(A)은 원심력(C)에 비해 약 300배 정도 강한 크기로 작용하므로 중력(B)에 더 큰 영향을 미친다.
- (4) 만유인력(A)은 항상 지구 중심을 향하여 작용한다.
- (5) 지구의 중력(B)은 양 극과 적도에서는 지구 중심으로 작용하고, 다른 지역에서는 지구 중심에서 약간 벗어난 곳을 향하여 작용한다.
- (6) 단진자의 주기는 추의 질량과는 무관하며, 실의 길이나 중력 가속도에 따라 달라진다.

### 2-1 꼼꼼 문제 분석



(가)에서 자북이 진북에서 서쪽으로 20° 떨어져 있으므로 편각은 20°W 또는 -20°이다. 북반구이고, 전 자기력이 수평면에서 30° 기울어져 있으므로 북각은 +30°이다.

②-2 (1) 편각은 제주도에서 약 4°W, 서울에서 약 7°W로 나타나므로 제주도에서 서울로 갈수록 점점 커진다. 북각은 제주도에서 약 48°, 서울에서 약 54°로 나타나므로 제주도에서 서울로 갈수록 점점 커진다.

(2) 제주도에서 서울로 가면 서편각이 커지므로 자북은 진북에 대하여 서쪽으로 점점 멀어진다. 따라서 나침반의 자침은 진북에 대하여 시계 반대 방향으로 돌아간다.

(3) 제주도에서 서울로 가면 북각이 점점 커지므로 수평면에서 나침반의 자침이 기울어진 각의 크기가 점점 커진다.

②-3 (1) 전 자기력의 세기가 일정한 경우, 수평 자기력(A)의 크기는 자기 적도에서 자극으로 갈수록 점점 작아진다. 반면에, 자극으로 갈수록 북각의 크기가 커지면서 연직 자기력(B)의 크기는 점점 커진다.

(2) 편각이 존재하는 경우 자기 적도에서 자극을 향해 직선으로 이동하면 진북과 자북 사이의 각인 편각(a)이 조금씩 증가한다.

(3) 자기 적도에서 자극으로 갈수록 북각(b)은 증가한다.

(4) (나)의 제주도에서 서편각이 나타나고 있으므로 나침반의 자침이 향한 방향에 대하여 동쪽에 진북이 존재한다.

#### 내신 만점 문제

46쪽~49쪽

|      |        |          |          |      |      |
|------|--------|----------|----------|------|------|
| 01 ③ | 02 ⑤   | 03 A, B  | 04 ⑤     | 05 ③ | 06 ② |
| 07 ② | 08 ⑤   | 09 해설 참조 | 10 ③     | 11 ③ |      |
| 12 ④ | 13 커진다 | 14 ②     | 15 해설 참조 | 16 ① |      |
| 17 ① | 18 ④   | 19 ③     |          |      |      |

01 ③ 만유인력은 항상 지구 중심을 향하고, 원심력은 자전축에서 바깥쪽으로 작용하므로 두 힘의 합력인 중력은 극과 적도를 제외하고는 지구 중심에서 약간 벗어난 방향을 향한다. 북극에서는 원심력이 0이므로 중력도 지구 중심 방향으로 작용한다.

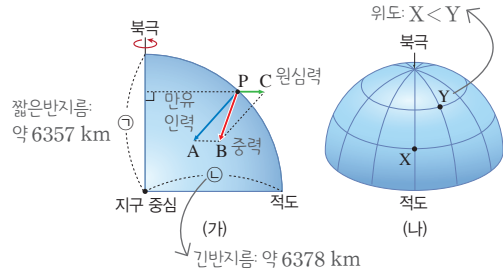
▮ 바로알기 ▮ ① 만유인력은 두 물체의 질량의 곱에 비례하고, 두 물체 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 물체의 질량이 2배가 되면 만유인력은 2배가 된다.

② 원심력은 회전하는 물체의 회전 각속도에 비례하므로 지구의 자전 속도가 느려지면 지구의 원심력은 작아진다.

④ 표준 중력은 지구 내부의 밀도가 균일하다고 가정했을 때 지구 타원체상에서 위도에 따라 이론적으로 구한 중력값으로, 같은 위도에서는 표준 중력이 같다.

⑤ 암염층은 저밀도 물질로, 중력 측정 지점의 지하에 암염층이 있으면 실측 중력이 표준 중력보다 작게 측정되어 중력 이상이 (-) 값으로 나타난다.

#### [02~03] 꼬꼬 문제 분석



02 ⑤ 중력(B)은 만유인력(A)과 원심력(C)의 합력이고, 북극에서는 회전축과 물체 사이의 거리가 0이므로 원심력의 크기가 0이다. 따라서 만유인력(A)과 중력(B)의 크기가 서로 같다.

▮ 바로알기 ▮ ① 지구는 자전에 의해 적도가 부풀 타원체 모양이다. 따라서 적도 반지름(㉠)이 극반지름(㉡)보다 더 길다.

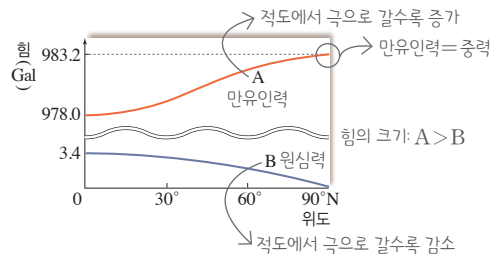
② A는 만유인력, B는 중력을 나타낸다.

③ 만유인력인 A의 크기는 지구와 물체 사이 거리의 제곱에 반비례하고, 물체의 질량에 비례한다. 따라서 A는 지구 표면에서 지구 중심과의 거리가 가장 긴 적도에서는 크기가 가장 작다.

④ 원심력인 C의 크기는 자전축과의 거리가 멀수록 커지므로 극에서는 0이고 적도로 갈수록 커진다.

03 그림 (나)에서 X 지점에 비해 Y 지점은 고위도 지역이다. 따라서 X 지점에서 Y 지점으로, 즉, 저위도에서 고위도로 이동하면, 만유인력(A)과 중력(B)은 커지고 원심력(C)은 작아진다.

#### 04 꼬꼬 문제 분석



ㄱ. 만유인력은 원심력보다 크고, 원심력은 극에서 0이므로 A가 만유인력, B가 원심력에 해당한다.

ㄴ. 적도에서는 만유인력과 원심력이 서로 반대 방향으로 작용하므로 중력은 만유인력의 크기에서 원심력의 크기를 뺀 값이다.  
 $978.0 \text{ Gal} - 3.4 \text{ Gal} = 974.6 \text{ Gal}$

ㄷ. 중력은 만유인력과 원심력의 합력이다. 만유인력은 지구 중심으로 작용하고 원심력은 자전축에서 지구 바깥쪽으로 작용하며, 적도에서 극으로 가면서 만유인력이 커지고 원심력은 작아지므로 중력은 커진다.

**05** ㄱ. 단진자의 주기는 단진자가 1회 왕복하는 데 걸린 시간  
이므로 A 지역에서 단진자의 주기는 2.005초이고, B 지역에서  
단진자의 주기는 2.004초이다.

ㄴ. 단진자의 주기는 중력의 크기가 클수록 짧아진다. 따라서 중  
력의 크기는 단진자의 주기가 짧은 B 지역에서 더 크다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 고위도로 갈수록 중력이 커지고, 중력이 클수록  
단진자의 주기가 짧아지므로 단진자의 주기가 더 짧은 B 지역이  
A 지역보다 고위도에 있다.

**06** ㄷ. 원심력의 크기는 고위도로 갈수록 작아지므로 위도가  
더 낮은 (가) 지역이 (나) 지역보다 원심력이 크게 작용한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 용수철은 중력이 큰 지역에서 더 길게 늘어나기  
때문에 (가) 지역보다 (나) 지역에서 중력이 더 크며, 중력은 적도  
에서 극으로 갈수록 커지므로 (나) 지역이 (가) 지역보다 고위도  
에 위치한다.

ㄴ. 만유인력은 고위도로 갈수록 커지므로 위도가 더 높은 (나)  
지역이 (가) 지역보다 만유인력이 크다.

**07** ㄴ. 중력 이상이 (-) 값이면 실측 중력이 표준 중력보다 작  
으므로 지하에 주변 지역에 비해 밀도가 작은 물질이 분포한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 중력 이상은 실측 중력에서 표준 중력을 뺀 값이므  
로 중력 이상이 (-) 값이면 실측 중력이 표준 중력보다 작다.  
ㄷ. 철광상은 고밀도 물질이므로 지하에 철광상이 있으면 중력  
이상이 (+) 값으로 나타난다. A 지역의 중력 이상은 (-) 값이  
므로 지하에 암염층, 원유 매장층 등 저밀도 물질이 분포한다.

**08** ㄱ. 표준 중력은 지하 물질의 밀도가 같다고 가정하고 지구  
타원체상에서 위도에 따라 이론적으로 구한 중력 값이므로 같은  
위도에서는 표준 중력이 같다. A와 B 지역은 위도가 같으므로  
표준 중력이 같다.

ㄴ. A 지역은 중력 이상이 (+) 값이고, B 지역은 중력 이상이  
(-) 값이므로 실측 중력은 A 지역이 B 지역보다 크다.

ㄷ. 중력 이상으로 저밀도인 지각의 깊이를 유추할 수 있으므로  
지각 평형의 효과를 연구할 수 있다. 히말라야산맥이 위치하는 B  
지역은 맨틀에 비해 저밀도인 지각이 두껍게 분포하여 중력 이상  
값이 작게 나타난다.

**09** **모범답안** 액체 상태의 외핵에서 열대류가 생겨 유도 전류가 발생  
하고, 이 전류가 흐르면서 지구 자기장이 발생한다.

| 채점 기준                                            | 배점    |
|--------------------------------------------------|-------|
| 열대류, 유도 전류, 자기장을 모두 포함하여 외핵에서의 열대류를 옮겨<br>서술한 경우 | 100 % |
| 유도 전류 내용을 포함하지 않고 외핵에서의 열대류만으로 서술한<br>경우         | 50 %  |

**10** ③ B는 전 자기력의 연직 성분인 연직 자기력으로, 자기  
적도에서 0이고 자극에서 최대이다.

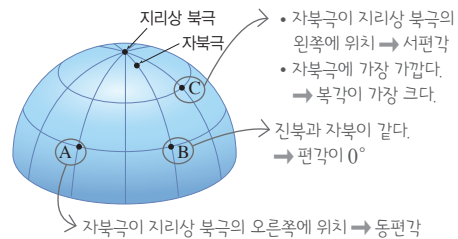
▣ **바로알기** ▣ ① a는 자북과 진북 사이의 각도인 편각이고, b는 수  
평면과 전 자기력 사이의 각도인 북각이다.

② A(수평 자기력)의 크기는 전 자기력과 북각의 영향을 받으며,  
편각인 a의 크기와는 관계없다.

④ 나침반의 자침은 P 지점에서의 전 자기력 방향으로 힘을 받  
는다. 따라서 진북에 대해 서쪽 방향을 가리킨다.

⑤ A(수평 자기력)는 자기 적도에서 최대이고, 자극에서 0이다.

## 11 **꼼꼼** 문제 분석

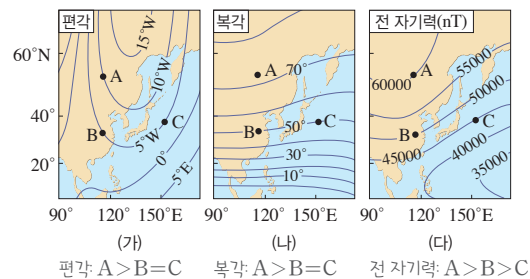


ㄱ. A에서 자북극 방향(자북)은 지리상 북극 방향(진북)의 동쪽  
에 있으므로 동편각이 나타난다.

ㄴ. 북각은 자기 적도에서 0°이고, 자북극에서 +90°이다. 따라  
서 자북극에 가까울수록 북각의 크기가 커지므로 B보다 C에서  
크다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 전 자기력의 크기가 같을 때, 수평 자기력의 크  
기는 북각의 크기가 클수록 작다. 북각은 B보다 C에서 크므로 수  
평 자기력의 크기는 B보다 C에서 작다.

## 12 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 나침반의 자침이 수평면과 이루는 각의 크기는 북각이다.  
(나)에서 A 지점은 C 지점보다 북각의 크기가 더 크다.

ㄷ. (나)에서 북각의 크기는 B 지점과 C 지점이 같지만, (다)에서  
전 자기력은 B 지점이 C 지점보다 크다. 북각의 크기가 같을 때,  
전 자기력이 클수록 수평 자기력과 연직 자기력이 더 크다. 따라  
서 B 지점은 C 지점보다 연직 자기력이 더 강하다.

■ **바로알기** ㄱ. (가)에서 A 지점의 편각은 10°W, B 지점의 편각은 5°W이다. 편각은 자북과 진북 사이의 각도이고, 나침반의 자침이 가리키는 방향은 자북을 의미하므로 자북이 진북에 더 가까운 곳은 A지점보다 편각이 더 작은 B 지점이다.

### 13 **꼼꼼** 문제 분석



나침반 N극의 방향은 자북이고, 북극성은 지구 자전축의 연장선 상에 있으므로 북극성의 방향은 진북이다. 서울에서 북극성 방향(진북)으로 나아갈수록 진북과 자북 사이의 각이 점점 커지므로 편각의 크기는 커진다.

14 ㄷ. 태양의 고도가 높아지면 태양 복사 에너지를 더 많이 받아 전리층이 영향을 많이 받으므로 자기장의 일변화가 커진다.

■ **바로알기** ㄱ. 그림에서 여름에는 편각의 변화 폭이 약 13'이고, 겨울에는 약 3'이다. 여름에는 겨울보다 태양의 남중 고도가 높으므로 자기장의 일변화는 겨울보다 여름에 더 크게 나타난다.  
 ㄴ. 그림에서 낮(6시~18시)에는 편각의 변화가 약 13'이고, 밤(18시~6시)에는 편각의 변화가 약 2'이다. 자기장의 일변화는 태양 에너지의 영향을 받으므로 밤보다 낮에 변화가 더 크다.

15 **모범답안** 자료에서 흑점 수가 극대기일 때 자기 폭풍 발생 횟수가 많으므로, 자기 폭풍은 태양 활동이 활발하여 흑점 수가 많아질 때 주로 발생한다.

| 채점 기준                               | 배점    |
|-------------------------------------|-------|
| 자료를 해석하여 자기 폭풍과 흑점 수의 관계를 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 흑점 수가 많을 때 자기 폭풍이 많이 발생한다고만 서술한 경우  | 70 %  |

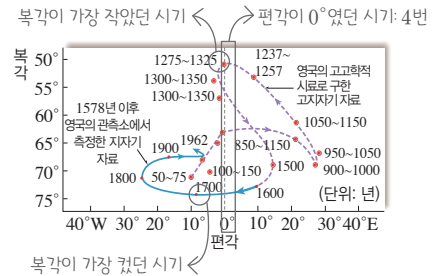
16 주어진 자료는 급격한 지구 자기장의 변화로 자기 폭풍이 발생하여 일어난 사건에 대한 내용이다.

• 철민: 태양 활동이 활발하여 흑점 수의 극대기에 이르는 경우 지구에서는 자기 폭풍이 자주 발생한다. 이때 유입된 많은 대전 입자로 인해 정전 현상, 오로라 등이 자주 발생한다.

■ **바로알기** • 희진: 지구 자기장의 급격한 변화는 주로 태양 활동의 영향을 받는다. 외핵의 열대류 변화는 오랜 시간 자기장의 변화에 영향을 미쳐 영년 변화의 원인이 되는 것으로 추정된다.

• 지수: 오로라는 주로 극지방 부근의 고위도 상공에서 발생한다.

### 17 **꼼꼼** 문제 분석

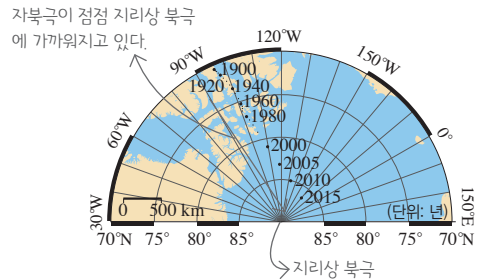


ㄱ. 편각은 관측 지점에서 자북과 진북이 이루는 각이므로 자북과 진북 사이의 각이 0°이면 편각이 0°이다. 이 기간 동안 런던에서는 편각이 0°이었던 적이 4번 있었다.

■ **바로알기** ㄴ. 런던은 1275년~1325년에 북각의 크기가 가장 작았다. 북각은 자북극에 가까울수록 커지므로 런던은 1275년~1325년에 자북극에서 가장 먼 곳에 있었다.

ㄷ. 이 기간 동안 편각과 북각이 계속 변하였으므로 자북극의 위치는 계속 변하였다.

### 18 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 북각의 크기는 자기 적도에서 자극으로 갈수록 커지며, 1900년 이후 자북극과 지리상 북극의 위치가 가까워졌으므로 지리상 북극에서 측정한 북각의 크기는 증가하였다.

ㄷ. 자북극의 이동은 영년 변화에 해당하며, 지구 내부의 외핵에서 열대류의 변화에 의해 발생하는 것으로 추정된다.

■ **바로알기** ㄴ. 지구 자기 역전은 자북극과 자남극의 위치가 반대로 바뀌는 현상이다. 1900년~2015년 사이에 자북극의 위치는 북반구에 있었으므로 지구 자기가 역전되지 않았다.

19 ㄱ. 자기권은 태양풍의 영향으로 태양을 향한 쪽은 좁게 분포하고, 태양의 반대쪽은 길게 분포한다.

ㄷ. 밴앨런대는 태양으로부터 오는 고에너지 입자들을 붙잡아 지표에 도달하는 것을 막아주므로 지구의 생명체를 보호하는 역할을 한다.

■ **바로알기** ㄴ. A는 밴앨런대의 외대로, 주로 전자가 분포한다. B는 밴앨런대의 내대로, 주로 양성자가 분포한다.



- ① 지구형 ② 목성형 ③ 밀도 차이 ④ 이산화 탄소 ⑤ 높은  
⑥ P파 ⑦ S파 ⑧ 길수록 ⑨ 길수록 ⑩ 두껍다  
⑪ 액체 ⑫ 고체 ⑬ 프래트설 ⑭ 에어리설 ⑮ 침강  
⑯ 최소 ⑰ 최대 ⑱ 표준 중력 ⑲ 편각 ⑳ 영년 변화

중단원 마무리 문제

52쪽~55쪽

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

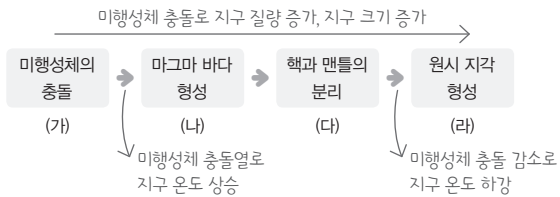
01 ㄱ. 태양계는 현재 우리은하의 나선팔에 위치하며, 우리은하의 나선팔에 있던 거대 성운에서 형성된 태양계 성운이 수축하여 탄생하였다.

ㄴ. 태양계 성운은 중력에 의해 수축하면서 회전하여 중심부는 원시 태양이 되고, 주변부는 납작한 원반이 만들어져 이곳에서 원시 행성들이 형성되었다.

ㄷ. 태양계 성운의 회전 중심으로 모여든 물질들은 뭉쳐져 원시 태양을 형성하였고, 원시 태양의 온도가 높아지면서 핵융합 반응으로 에너지를 생성하는 태양(주계열성)이 되었다.

❗ **바로알기** ㄴ. 대폭발은 지금으로부터 약 138억 년 전에 일어났으며, 태양계 성운은 약 50억 년 전에 우리은하의 나선팔에서 초신성 폭발 등의 영향으로 생성되었다.

02 **꼼꼼** 문제 분석



① 지구는 태양계 성운의 원반에서 만들어져 우주 공간을 떠돌던 수많은 미행성체들이 충돌하고 합쳐져 만들어졌다. (가)에서 (라)로 가는 동안 미행성체의 충돌이 계속 일어났으므로 미행성체의 질량이 더해져 지구의 질량과 크기가 증가하였다.

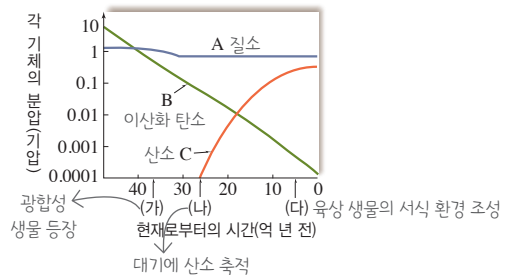
② 미행성체의 충돌열과 중력 수축으로 발생한 열 등이 모여 지구가 점점 뜨거워져 지구의 상당 부분이 녹아 마그마 바다를 이루었다.

③ (나) → (다) 과정에서 무거운 철 등의 물질은 중심 쪽으로 가라앉아 핵을 이루었고, 가벼운 규산염 물질은 지표 쪽으로 떠올라 맨틀을 이루었다.

⑤ 미행성체가 충돌할 때 지구에 축적된 에너지는 현재에도 지구 내부에 일부가 저장되어 있다.

❗ **바로알기** ④ 원시 바다는 원시 지각이 형성된 후에 지각의 낮은 곳에 빗물이 모여 형성되었다. 따라서 (라) 과정 이후에 형성되었다.

03 **꼼꼼** 문제 분석

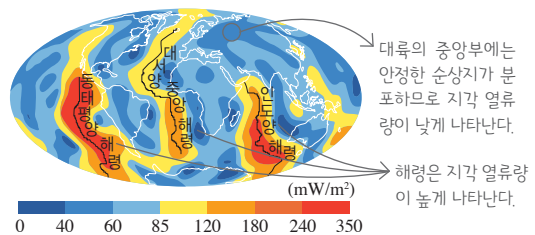


ㄱ. (가) 시기에 이산화 탄소는 바다에 녹아들어 대기에서 빠르게 줄어들고 있으며, 육지로부터 유입된 칼슘 이온과 결합하여 석회암으로 퇴적되었다.

ㄴ. (다) 시기에는 지구 대기에 충분한 양의 산소가 존재하므로 오존층이 형성되었고, 오존층이 자외선을 차단하여 육상에도 생물이 살 수 있는 환경이 조성되었다.

❗ **바로알기** ㄴ. 지구 대기에 산소가 축적되기 시작한 것은 (나) 시기인 약 27억 년 전부터이다. 약 35억 년 전 바다에서 광합성을 하는 남세균이 처음 등장하여 바다에 산소가 축적되었다가 대기로 방출되어 (나) 시기부터 대기에 산소가 축적되기 시작하였다. 따라서 광합성을 하는 생물은 (나) 시기 이전에 처음 등장하였다.

04 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 대서양 중앙 해령, 동태평양 해령, 인도양 해령에서는 지각 열류량이 높게 나타나는데, 이 지역들은 맨틀 대류의 상승부이다.

ㄴ. 대륙의 중앙부(순상지)는 안정한 지역으로, 지각 열류량이 낮게 나타난다.

❗ **바로알기** ㄴ. 해령에서 지각 열류량이 높게 나타나는 까닭은 지각 아래의 맨틀 대류의 상승으로 열이 많이 공급되기 때문이다. 단위 부피당 방사성 동위 원소의 붕괴열은 대륙 지각이 해양 지각보다 많다.

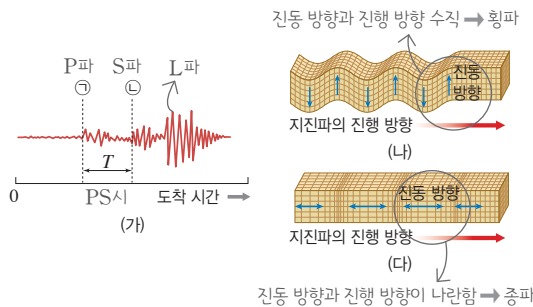


**05** ㄴ. 맨틀 물질은 해령에서 상승하여 양쪽으로 퍼져 나간다. 따라서 지온이 높은 B층이 시작되는 깊이가 더 얇은 (나)가 (가)보다 해령에 더 가깝다.

▣ **바로알기** ▮. 지온 증가율이 높은 A층은 암석권, 지온 증가율이 급격히 낮아지는 B층은 맨틀 대류가 나타나는 연약권이다. 따라서 A와 B의 경계는 암석권과 연약권의 경계로, 모호면이 아니다. 해양 지각의 모호면은 깊이 5 km~10 km로, (가)와 (나)보다 얇게 분포한다.

ㄷ. (가)는 (나)보다 같은 온도에 도달하는 깊이가 더 깊으므로 지온 상승률이 더 작다.

## 06 **꼼꼼** 문제 분석

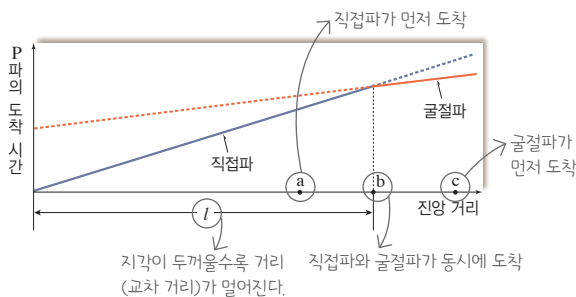


ㄷ.  $T$ 는 P파와 S파의 도착 시간 차이이므로 PS시를 의미한다. 진원 거리가 멀수록 PS시가 길어진다.

▣ **바로알기** ▮. ㉠은 가장 먼저 도착한 지진파이므로 P파이고, ㉡은 두 번째로 도착한 지진파이므로 S파이다. 지진 피해는 ㉠(P파)보다 진폭이 더 큰 ㉡(S파)에 의해 크게 발생한다.

ㄴ. S파(㉡)는 (나)와 같이 파의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 수직인 횡파이다. (다)와 같이 파의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 같은 종파는 P파(㉠)이다.

## 07 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. a에는 직접파가 굴절파보다 먼저 도착하고, b에는 직접파와 굴절파가 동시에 도착하며, c에는 굴절파가 직접파보다 먼저 도착한다.

▣ **바로알기** ▮. 굴절파는 지각과 맨틀을 거쳐 전파된다. 진앙으로부터의 거리가  $b$ 보다 먼 곳에 굴절파가 먼저 도착할 수 있는 까닭은 P파의 전파 속도가 지각보다 맨틀에서 빠르기 때문이다.

ㄷ. 지각에서의 전파 속도를  $V_1$ , 맨틀에서의 전파 속도를  $V_2$ 라고 할 때, 지각의 두께( $d$ )는  $d = \frac{l}{2} \times \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$ 이다. 따라서 지각의 두께가 두꺼울수록 직접파와 굴절파가 동시에 도착하는 교차 거리, 즉  $b$ 까지의 진앙 거리( $l$ )가 멀어진다.

**08** ㄴ. (나)에서는 지진파가 전파되는 도중에 굴절되는 구간이 있는데, 이는 행성 내부에 밀도가 다른 층이 존재하기 때문이다. 따라서 (나)에서는 행성 내부에 불연속면이 있다.

▣ **바로알기** ▮. (가)는 지진파의 전파 경로에서 굴절이나 반사되는 구간이 없으므로 암영대가 나타나지 않는다.

ㄷ. (가)에서 지진파의 전파 경로가 곡선으로 나타난 것은 행성 내부로 들어갈수록 밀도가 증가하여 지진파의 속도가 빨라지기 때문이다.

**09** ㄴ. 방사성 동위 원소는 규산염 마그마에 농집되는 성질이 있기 때문에 핵에는 거의 없을 것으로 추정된다.

▣ **바로알기** ▮. A에서는 P파의 속도가 크게 감소하고, S파가 통과하지 못하므로 B보다 A에서 지진파의 속도 변화가 크다.

ㄷ. 외핵과 내핵은 모두 주요 구성 물질의 성분이 철이지만, 외핵은 액체 상태이고 내핵은 고체 상태이다.

**10** ㄱ. 지각에는 산소가 약 46.6%, 규소가 약 27.7% 포함되어 있으므로 두 원소가 약 74.3% 포함되어 있다.

ㄴ. 지각과 맨틀은 모두 산소와 규소가 가장 많이 포함되어 있기 때문에 대부분 두 원소가 결합하여 만든 규산염 광물로 구성되어 있다.

ㄷ. 지각이나 맨틀에서는 산소의 함량비가 가장 크지만, 지구 전체에서는 철의 함량비가 가장 크다. 이는 핵이 지각이나 맨틀보다 철을 더 많이 포함하고 있기 때문이다.

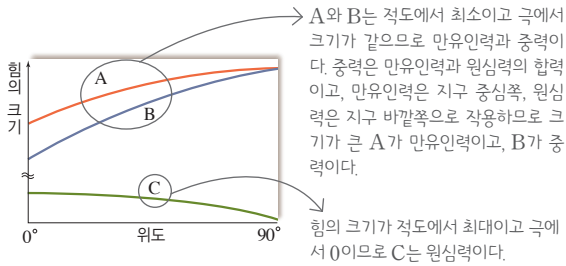
**11** ㄴ. 지각 평형 깊이에 작용하는 압력이 같고, 밀도가 큰 맨틀이 B보다 A에서 두꺼우므로 A에 작용하는 압력은 B에 작용하는 압력보다 작다.

ㄷ. 해양 지각에 퇴적물이 많이 쌓이면 무게 때문에 침강이 일어나 해양 지각의 모호면의 깊이는 더 깊어질 것이다.

▣ **바로알기** ▮. 모호면은 지각과 맨틀의 경계면이므로 A보다 B에서 깊다.

ㄷ. 에어리설은 지각의 두께 차이로 지각 평형을 설명하고, 프래트설은 지각의 밀도 차이로 지각 평형을 설명한다. 해양 지각이 대륙 지각보다 밀도가 큰 것은 프래트설로 잘 설명이 되고, 해양 지각이 대륙 지각보다 두께가 얇은 것은 에어리설로 잘 설명이 된다.

## 12 **꼼꼼** 문제 분석



- ㄱ. A(만유인력)의 방향은 모든 위도에서 지구 중심을 향한다.  
 ㄴ. B는 중력이고, C는 지구 자전에 의한 원심력이다. 중력(B)은 만유인력(A)과 원심력(C)의 합력으로 나타난다.  
**|| 바로알기 ||** ㄷ. C는 지구 자전에 의한 원심력이므로 항상 지구 자전축에 수직인 방향으로 작용한다.

## 13 **꼼꼼** 문제 분석

| 측정 지점       | A  | B    | C    |
|-------------|----|------|------|
| 위도          | 0° | 45°N | 45°N |
| 중력 이상(mGal) | 0  | 0    | +30  |

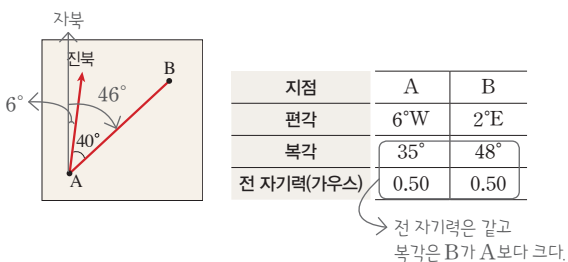
표준 중력이 같다.

실측 중력 = 표준 중력 ← B 지점

실측 중력 > 표준 중력 ← C 지점

- ㄷ. C 지점은 B 지점과 표준 중력은 같고 중력 이상이 (+)이므로 실측 중력은 B 지점보다 크다. 따라서 C 지점은 B 지점보다 지하에 고밀도 물질이 존재할 것으로 추정된다.  
**|| 바로알기 ||** ㄱ. 표준 중력의 크기는 위도가 같은 지점에서 같고, 고위도로 갈수록 커진다. A 지점은 B 지점보다 위도가 낮으므로 지구 중심으로부터의 거리가 멀어 표준 중력이 더 작다.  
 ㄴ. B 지점은 C 지점과 위도가 같으므로 표준 중력이 같고, 중력 이상이 다르므로 실측 중력이 다르다. 중력 이상은 실측 중력에서 표준 중력을 뺀 값으로, B 지점에서 0 mGal, C 지점에서 +30 mGal이므로 B 지점보다 C 지점에서 실측 중력이 크다.

## 14 **꼼꼼** 문제 분석



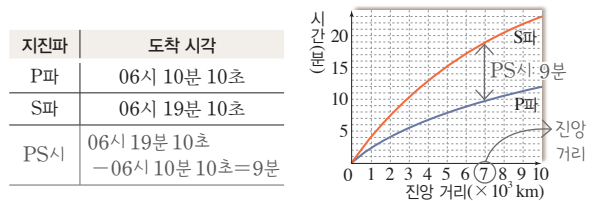
- ㄱ. A에서 편각은 6°W로, 서편각이므로 나침반의 자침은 진북에 대해 서쪽을 가리킨다.  
 ㄴ. 두 지점의 전 자기력이 같으므로 A보다 복각이 큰 B에서 연직 자기력의 크기가 더 크다.

**|| 바로알기 ||** ㄷ. A에서 나침반 자침은 진북에 대해 서쪽으로 6°를 가리키고, B는 A에서 진북 방향에 대해 40° 동쪽에 있다. 따라서 A에서 B로 가기 위해서는 나침반 자침의 N극 방향에 대해 46° 동쪽으로 출발해야 한다.

- 15** 마그마 바다가 형성되면서 핵과 맨틀의 분리로 핵에 철 등 무거운 물질이 밀집되면서 분리 전보다 지구 중심부의 밀도가 커졌다.  
**모범답안** (가) 밀도가 큰 물질이 중심 쪽으로 가라앉고, 밀도가 작은 물질이 표면 쪽으로 떠올라 지구 중심부의 밀도는 커진다.  
 (나) 지구 전체의 구성 물질은 변화하지 않으므로 지구 전체의 평균 밀도는 거의 변하지 않는다.

| 채점 기준                      | 배점    |
|----------------------------|-------|
| (가)와 (나)를 모두 옳게 서술한 경우     | 100 % |
| (가)와 (나) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우 | 50 %  |

## 16 **꼼꼼** 문제 분석



진앙 거리: 그래프에서 PS시가 9분인 진앙 거리는 약 7000 km이다.

**모범답안** PS시는 9분이고, 진앙 거리는 약 7000 km이다.

| 채점 기준                   | 배점    |
|-------------------------|-------|
| PS시와 진앙 거리를 모두 옳게 구한 경우 | 100 % |
| PS시만 옳게 구한 경우           | 50 %  |

- 17** 그림은 11월 6일경에 지구 자기장의 급격한 변화가 나타난 것으로, 자기 폭풍이 일어난 때이다. 태양 활동이 활발한 시기에 태양 표면의 흑점 수가 많아지면 흑점 주변에서 강력한 폭발 현상(플레어)이 발생하며, 이로 인해 방출된 많은 대전 입자와 전자 기파가 지구 대기로 유입되어 자기 폭풍, 오로라, 델린저 현상 등이 발생한다.

**모범답안** 태양 활동의 변화로 급격한 자기장의 변화가 나타난다. 태양 활동이 활발한 시기에 태양에서는 강력한 플레어가 발생할 수 있고, 지구에서는 자기 폭풍, 오로라, 델린저 현상 등이 발생할 수 있다.

| 채점 기준                                                          | 배점    |
|----------------------------------------------------------------|-------|
| 자기장 변화의 원인과 이 시기에 태양과 지구에서 나타날 수 있는 현상을 한 가지씩 옳게 서술한 경우        | 100 % |
| 자기장 변화의 원인을 옳게 서술하고, 이 시기에 태양과 지구에서 나타날 수 있는 현상 중 한 가지만 서술한 경우 | 70 %  |
| 자기장 변화의 원인만 옳게 서술한 경우                                          | 40 %  |

## 수능 실전 문제

56 쪽~59 쪽

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

## 01

### 선택지 분석

- ㉠ 지구 중심부의 밀도는 A보다 C일 때 컸다.  
㉡ 지표의 온도는 B보다 C일 때 높았다. 낮았다  
㉢ D 시기에 대기 중 산소의 기체 분압은 매우 높았다. 낮았다

ㄱ. 핵과 맨틀은 B에서 마그마 바다 상태에서 분리되었고, 그 후 원시 지각이 형성되었다. 지구 중심부의 밀도는 핵과 맨틀이 분리된 후에 더 커졌으므로 A보다 C일 때 컸다.

▮ **바로알기** ㄴ. 지구의 상당 부분이 녹아 마그마 바다가 형성(B) 되었고, 그 후 지표면이 식어 지각이 형성된 후 바다가 형성(C) 되었다. 따라서 마그마 바다가 형성된 B 시기보다 원시 바다가 형성된 C 시기에 지표의 온도가 낮았다.

ㄷ. 약 39억 년 전, 최초의 생명체가 탄생한 시기(D)에는 산소가 거의 없었고, 이산화 탄소, 암모니아, 메테인, 수소 등이 대기를 이루고 있었다. 약 35억 년 전 광합성 생물이 등장한 후 해양에 산소가 축적되기 시작했고, 약 27억 년 전 대기 중에 산소가 축적되기 시작하였다.

## 02

### 선택지 분석

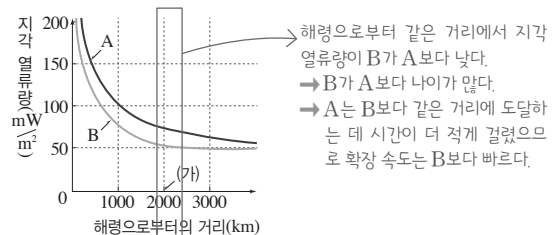
- ㉠ 원시 지구의 대기 층상 구조는 현재 화성과 비슷하였다.  
㉡ 현재 대기 층상 구조는 지구보다 화성이 더 복잡하다. 단순하다  
㉢ 지구 대기의 A층은 광합성 생물에 의해 형성되었다.

ㄱ. 원시 지구의 대기 조성은 현재 화성과 비슷하게 질소와 이산화 탄소가 많았다. 대기 중에 산소가 적어 오존층이 존재하지 않아 대기의 층상 구조는 현재의 화성과 비슷했을 것이다.

ㄷ. A층은 높이 올라갈수록 기온이 높아지는 성층권으로, 오존층이 자외선을 흡수하여 기온이 높아진다. 오존층은 광합성 생물에 의해 대기 중에 산소가 충분히 많아진 이후 형성되었다.

▮ **바로알기** ㄴ. 현재 화성의 대기는 높이 올라갈수록 기온이 낮아지는 구간만 나타난다. 현재 지구의 대기 층상 구조는 오존층이 존재하여 성층권이 생성되어 있으므로 화성보다 복잡하다.

## 03 문제 분석



### 선택지 분석

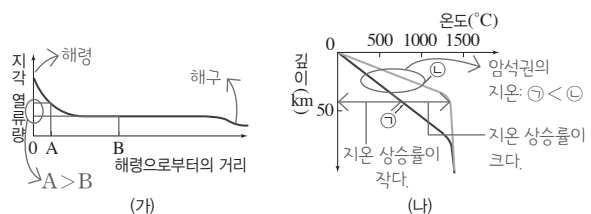
- ㉠ A판은 B판보다 지각 열류량이 높다.  
㉡ (가) 지점에서 A판은 B판보다 해저 지각의 나이가 많다. 적다  
㉢ A판에서는 B판보다 더 많은 방사성 동위 원소가 붕괴된다. B판과 비슷한 양의

ㄱ. 해령으로부터 같은 거리에 있을 때 지각 열류량을 비교하면, A판이 B판보다 높다.

▮ **바로알기** ㄴ. 해령에서 멀어짐에 따라 지각 열류량은 점차 감소하며, 해양판의 확장 속도가 빠를수록 같은 거리에서 지각 열류량이 더 높다. A판이 B판보다 더 빠른 속도로 확장되고 있으므로 (가) 지점에서 해양판의 나이는 A판이 B판보다 적다.

ㄷ. A판과 B판은 모두 해양판이므로 방사성 동위 원소에 의한 붕괴열의 양은 비슷하다.

## 04 문제 분석



### 선택지 분석

- ㉠ 지각 열류량은 A가 B보다 높다.  
㉡ B 지점의 지온 분포는 ㉠이다.  
㉢ 암석권에서의 깊이에 따른 지온 변화율은 ㉡보다 ㉠이 크다. 적다

ㄱ. 해양 지각에서 지각 열류량은 해령에서 가장 높고 해구 쪽으로 갈수록 낮아진다. 따라서 해령에 가까운 A 지역이 해령에서 먼 B 지역보다 지각 열류량이 높다.

ㄴ. A 지역은 B 지역보다 지각 열류량이 높고 ㉠은 ㉡보다 지표 부근의 온도가 높으므로 A 지역은 ㉠과 같은 지온 분포를 보이고, B 지역은 ㉡과 같은 지온 분포를 보인다.

▣ **바로알기** ▣ ㉢. 지표에서부터 지온 상승률이 낮아지는 깊이까지의 구간이 암석권이다. 암석권에서 같은 깊이만큼 들어갈 때 지온이 더 높은 경우가 지온 상승률이 더 크다. 따라서 (나)에서 지온 변화율은 ㉠이 ㉡보다 크다.

## 05

### 선택지 분석

- ㉠ 진원 거리는 (나)가 (가)보다 멀다.
- ㉡ ㉠ 시점에 관측소에 도달한 에너지량은 (나)가 (가)보다 많다.
- ㉢ 지표면의 진동은 (가)보다 (나)에서 크다.

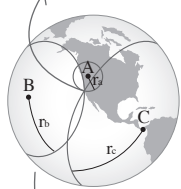
ㄱ. 진원 거리가 멀수록 PS시가 길어진다. PS시는 (가)에서는 13초이고, (나)에서는 20초이다.

ㄴ. 진폭은 관측소에 도달한 에너지량에 의해 결정되므로 진폭이 더 큰 (나)가 (가)보다 더 많은 에너지가 도달하였다.

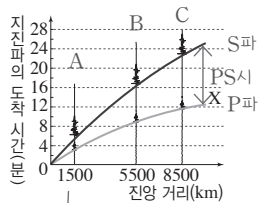
㉢. 관측소에서 측정된 ㉠(S파)의 진폭은 (나)가 (가)보다 더 크다. 지진파의 진폭이 클수록 지표면이 크게 진동하므로 (가)보다 (나)에서 지표면의 진동이 크다.

## 06 **꼼꼼** 문제 분석

공동현의 교점 → 진앙



진원 거리를 반지름으로 한 원의 크기:  $C > B > A$   
 → 진원 거리:  $C > B > A$   
 → PS시:  $C > B > A$



PS시: 8500 km 지점 > 5500 km 지점 > 1500 km 지점  
 → A의 진앙 거리는 1500 km, B의 진앙 거리는 5500 km, C의 진앙 거리는 8500 km이다.

### 선택지 분석

- ㉠ (나)에서 X는 P파의 주시 곡선이다.
- ㉡ A 관측소에서 PS시는 약 6분이다. 3분
- ㉢ 세 관측소 중 C가 진앙에 가장 가깝다. A

ㄱ. (나)에서 X는 관측소에 먼저 도달한 지진파의 주시 곡선이므로 P파의 주시 곡선이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. PS시는 P파와 S파의 도착 시간 차이이고, 진원 거리가 멀수록 PS시가 길다. (가)에서 A 관측소의 진원 거리가 가장 가까우므로 PS시가 가장 짧고, (나)에서 진앙 거리가 1500 km인 관측소의 PS시가 가장 짧으므로 A 관측소의 진앙 거리는 1500 km이다. 이때 PS시를 그래프에서 읽으면 약 3분이다.

㉢. 진앙 거리가 멀수록 PS가 길다. 세 관측소 중 A의 PS시가 가장 짧고 C의 PS시가 가장 길므로, A가 진앙에 가장 가깝고 C가 진앙에서 가장 멀다.

## 07

### 선택지 분석

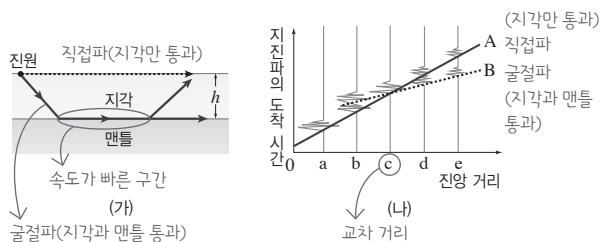
- ㉠ ㉡은 지진이 발생한 시간이다.
- ㉢ 진앙 거리가 멀수록 PS시가 길어진다.
- ㉣ A~D 지진 관측소에는 모두 직접파가 최초로 도착하였다.

ㄱ. ㉡은 PS시가 0초에 해당하므로 지진이 발생한 시간이다.

ㄴ. 진앙 거리가 멀어지면 P파의 도착 시간이 늦어지고, P파의 도착 시간이 늦어지면 그림에서 PS시가 증가하므로 진앙 거리가 멀어질수록 PS시도 증가한다.

㉣. A, B, C, D 지역에서 P파의 도착 시간이 일정하게 증가하므로 A~D 지진 관측소에는 모두 직접파가 도착하였다.

## 08 **꼼꼼** 문제 분석



### 선택지 분석

- ㉠ 지각보다 맨틀에서 전파 속도가 빠르다.
- ㉡ (나)의 d와 e 지점에는 굴절파보다 직접파가 먼저 도착하였다. **나중에**
- ㉢ (가)의 h가 두꺼워질수록 (나)에서 A와 B가 교차하는 진앙 거리가 멀어진다.

지각의 진원에서 전파된 지진파가 맨틀을 만나면 물질의 밀도가 달라져 전파 속도가 달라지면서 굴절이 일어난다. (나)에서 A는 직접파의 도착 시간을, B는 굴절파의 도착 시간을 나타낸다.

ㄱ. 거리가 먼 d나 e 지점에 맨틀에서 굴절된 지진파가 먼저 도착하는 것으로 볼 때 맨틀은 지각보다 지진파의 속도가 빠르다.  
 ㄴ. 지각의 두께  $h$ 가 두꺼워질수록 굴절파는 더 먼 거리를 이동해야 관측소에 도착하므로 직접파와 굴절파가 동시에 도달하는 진앙 거리(교차 거리)가 멀어진다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. (나)의 d와 e 지점에서는 A보다 B가 먼저 도착하였으므로 직접파보다 굴절파가 먼저 도착한다.

## 09

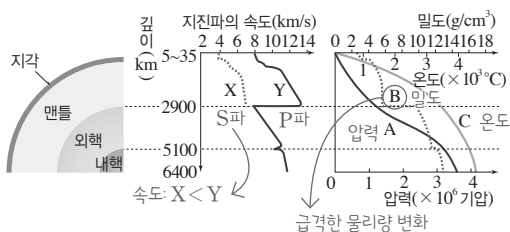
### 선택지 분석

- ㉠ 지진파 속도는  $V_1 < V_2 < V_3$ 이다.
- ㉡  $V_2$ 의 지진파 속도가 증가하면 ㉠은 증가한다. **감소**
- ㉢ ㉠ 구간에는  $V_1$ 로만 전달된 P파보다  $V_1$ 과  $V_2$ 로 전달된 P파가 먼저 도착한다.

ㄱ.  $V_1$ 을 통해 전달된 직접파가 도달한 구간이 ㉠ 구간이다. ㉠ 구간에는  $V_1$ 과  $V_2$ 로 이동한 굴절파가 도달한다. 이때 굴절파는 직접파보다 더 빨리 도달하므로  $V_1$ 보다  $V_2$ 에서 지진파의 속도가 빠르다. 또한,  $V_1, V_2, V_3$ 를 통과하여 도달한 굴절파는  $V_2$ 로 전달되는 지진파보다 더 빨리 도달하므로  $V_3$ 는  $V_2$ 보다 지진파의 속도가 더 빠르다. 따라서 지진파의 속도는  $V_1 < V_2 < V_3$ 이다.  
 ㄴ. ㉠ 구간에는  $V_1$ 으로만 전달되는 직접파보다  $V_1$ 과  $V_2$ 로 전달된 굴절파가 더 빨리 도착한다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ.  $V_2$ 에서 지진파의 속도가 증가하면 굴절파가 더 빨리 도착하므로 교차 거리가 짧아져 ㉠ 구간이 감소한다.

## 10 **문제 분석**



### 선택지 분석

- ㉠ X는 P파, Y는 S파이다.
- ㉡ A는 압력, B는 온도, C는 밀도의 변화이다.
- ㉢ Y의 속도 분포에 가장 큰 영향을 미치는 것은 A~C 중 B이다.

ㄴ. P파(Y)의 속도 분포는 각 층의 경계면에서 크게 변하며, 밀도(B) 또한 각 층의 경계면에서 불연속적으로 크게 변하므로 P파(Y)의 속도 분포에 가장 큰 영향을 미치는 것은 밀도(B)이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. X는 맨틀에서는 속도 분포가 나타나지만 외핵과 내핵에서는 속도 분포가 나타나지 않으므로 액체인 외핵을 통과하지 못하는 S파이며, Y는 지구 모든 층상 구조에서 속도 분포가 나타나므로 P파이다.

ㄴ. A는 S자 곡선의 형태로 지구 중심으로 가면서 지속적으로 물리량의 값이 증가하므로 압력이다. B는 층상 구조의 경계면에서 불연속적으로 물리량의 값이 증가하므로 밀도이다. C는 지구 중심으로 가면서 지속적으로 증가하므로 온도이다.

## 11

### 선택지 분석

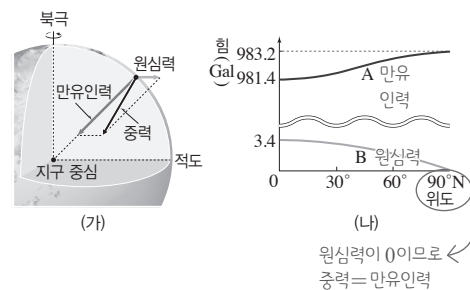
- ㉠ 저울의 눈금이 0이 되었을 때에 지각 평형이 이루어진 상태를 나타낸다.
- ㉡ (나)와 (다)는 가라앉은 나무 도막의 두께가 같다. **다르다**
- ㉢ 침식이 일어나는 지역의 지표면은 (나) → (다)와 같은 현상이 일어난다.

ㄱ. 저울의 눈금이 0이 되었다는 것은 나무 도막이 더 이상 아래쪽으로 가라앉지도 않고 위쪽으로 떠오르지도 않았음을 의미하므로 평형이 되었음을 알 수 있다.

ㄴ. 지표면이 침식되면 지각의 무게가 감소하므로 (나) → (다) 과정과 같이 지각이 위쪽으로 떠오르는 융기가 일어난다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. (나)는 나무 도막 위에 추가 있는 상태에서, (다)는 추를 제거한 상태에서 평형이 이루어졌으므로 추의 무게로 인해 더 무거운 (나)의 나무 도막이 더 많이 가라앉는다.

## 12 **문제 분석**



### 선택지 분석

- ㉠ A는 원심력에 해당한다. **만유인력**
- ㉡ 중위도에서 자유 낙하하는 물체는 힘 A 방향으로 떨어진다.
- ㉢ 중력의 크기는 양 극에서 적도로 갈수록 커진다. **작아진다**
- ㉣ 극에서 중력의 크기는 983.2 Gal이다.
- ㉤ 단진자의 주기는 30°N보다 60°N에서 길다. **짧다**



④ 극에서는 원심력(B)이 0이므로 만유인력(A)이 곧 중력이 된다. 따라서 중력은 983.2 Gal이다.

❗ **바로알기** ① 만유인력과 원심력의 크기를 비교하면 만유인력이 훨씬 크다. 따라서 A는 만유인력, B는 원심력에 해당한다.

② 지구에서 자유 낙하하는 모든 물체는 중력의 영향을 받으며 낙하한다. 따라서 중위도 지역에서 낙하하는 물체는 만유인력(A) 방향이 아닌 중력 방향으로 낙하한다.

③ 적도에서 양 극으로 갈수록 만유인력(A)이 커지고 원심력(B)이 작아지므로 두 힘의 합력인 중력의 크기는 적도에서 양 극으로 갈수록 커진다.

⑤ 중력이 클수록 단진자의 주기가 짧다. 고위도로 갈수록 중력의 크기가 커지므로 단진자의 주기는 30°N보다 60°N에서 짧다.

## 13

### 선택지 분석

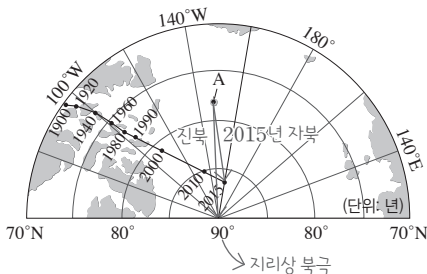
- ㉠ 표준 중력은 A 지점이 B 지점보다 크다.
- ㉡ C 지점은 표준 중력이 실측 중력보다 크다.
- ㉢ 해수면 아래에 분포하는 물질의 평균 밀도는 C 지점이 A 지점보다 크다. **작다**

㉠. 지구에서 표준 중력은 고위도로 갈수록 커진다. A 지점은 B 지점보다 고위도에 위치하므로 표준 중력은 A 지점이 B 지점보다 크다.

㉡. 중력 이상은 실측 중력에서 표준 중력을 뺀 값이다. C 지점은 중력 이상이 (-)이므로 실측 중력이 표준 중력보다 작다.

❗ **바로알기** ㉢. 중력 이상이 (+)인 지점은 지하에 주변 지역에 비해 고밀도 물질이 분포하고, (-)인 지점은 지하에 주변 지역에 비해 저밀도 물질이 분포한다. A와 C 지점은 위도가 같아 표준 중력이 같으므로 중력 이상이 큰 곳의 실측 중력이 크다. A 지점의 중력 이상은 +20, C 지점의 중력 이상은 -10 정도이므로 해수면 아래에 분포하는 물질의 평균 밀도는 A 지점이 C 지점보다 크다.

## 14 **꼼꼼** 문제 분석



### 선택지 분석

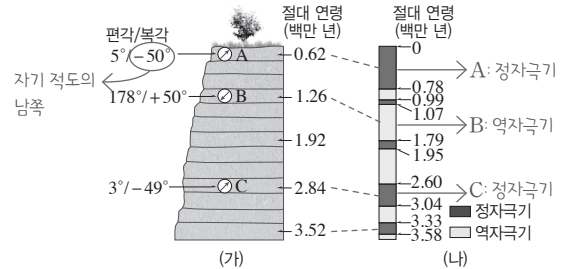
- ㉠ 2015년에는 동편각으로 나타난다. **서편각**
- ㉡ 북각의 크기는 2010년보다 2015년에 감소하였다.
- ㉢ 태양 활동의 변화로 자북극의 위치가 변하였다. **지구 내부의 변화**

㉡. 자북극이 이동함에 따라 A 지점은 2010년보다 2015년에 자북극에서 멀어졌다. 북각은 자북극으로 갈수록 커지므로 A 지점의 북각은 2010년보다 2015년에 감소하였다.

❗ **바로알기** ㉠. 2015년에 A 지점에서 지리상 북극(90°N)을 바라보았을 때 자북은 서쪽에 위치한다. 따라서 편각은 서편각(W)으로 나타난다.

㉢. 자북극의 이동은 영년 변화에 해당하며, 지구 내부 외핵에서 일어나는 열대류의 변화에 의해 발생하는 것으로 추정된다.

## 15 **꼼꼼** 문제 분석



### 선택지 분석

- ㉠ A는 자기 적도의 남쪽에서 형성되었다.
- ㉡ B가 형성될 때 지구 자기장의 방향은 현재와 같았다. **반대였다**
- ㉢ C가 형성된 후 24만 년이 흘렀을 때 지구 자기장의 역전이 일어난다.

㉠. 자기 적도를 기준으로 북반구에서 북각은 (+), 남반구에서 북각은 (-)로 나타낸다. A가 형성될 때는 정자극기이고 이 지역의 북각은 -50°이므로 자기 적도를 기준으로 남쪽에 있었다.

㉡. C가 형성된 284만 년 전에서 24만 년이 지난 이후 260만 년 전에 지구 자기장의 역전이 일어났다.

❗ **바로알기** ㉡. B가 형성된 시기는 역자극기였고, 현재는 정자극기이므로 B가 형성된 시기에 지구 자기장의 방향은 현재와 반대였다.



## 2

## 지구 구성 물질과 자원

### 01

### 광물의 성질

#### 개념 확인 문제

65쪽

- ① 광물 ② 규산염 ③ 규산염 사면체 ④ 증가 ⑤ 조흔색  
⑥ 쪼개짐 ⑦ 깨짐

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ 2 (1) ㉔ (2) ㉔ (3) ㉔ (4) ㉔  
(5) ㉔ (6) ㉔ 3 A: 규소, B: 산소 4 ④ 5 (1) ○  
(2) × (3) × (4) ○ (5) × 6 황옥 > 인회석 > 방해석

- 1 (1) 광물은 자연적으로 만들어진 고체의 무기물이나 화합물로, 인공적인 것은 광물이라고 하지 않는다.  
(2) 광물은 생물의 활동에 의해 만들어진 유기질을 제외하므로 고체로 이루어진 무기질이나 화합물이어야 한다.  
(3) 광물은 일정한 화학 조성과 규칙적인 내부 결정 구조를 가진다.

2 광물은 한 가지 원소로 이루어진 원소 광물이 있고, 광물에 포함된 음이온에 따라 산화 광물, 황화 광물, 규산염 광물, 탄산염 광물, 황산염 광물, 할로젠화 광물 등이 있다.

3 규산염 사면체는 중심에 규소 이온( $\text{Si}^{4+}$ )이 있고, 네 개의 꼭짓점에 산소 이온( $\text{O}^{2-}$ )이 위치하고 있는 구조이다.

- 4 ① 망상 구조는 규산염 사면체끼리 산소 4개를 공유한다.  
② 판상 구조는 규산염 사면체끼리 산소 3개를 공유한다.  
③ 단사슬 구조는 규산염 사면체끼리 산소 2개를 공유한다.  
④ 독립형 구조는 규산염 사면체가 다른 규산염 사면체와 결합되어 있지 않아 공유하는 산소가 없다.  
⑤ 복사슬 구조는 규산염 사면체끼리 산소 2개 또는 3개를 공유한다.

- 5 (1) 광물은 광물을 이루고 있는 원자나 이온이 규칙적으로 배열되어 독특한 결정형이 나타나며, 결정형은 광물에 따라 다양하게 나타난다.  
(2) 무색 광물은 Na, K 함량이 높다. Mg, Fe 함량이 높은 광물은 유색 광물이다.  
(3) 모스 굳기는 광물의 단단한 순서만으로 정한 것이다. 따라서 모스 굳기가 2배 차이난다고 2배 더 단단한 것은 아니다.

- (4) 광물에 힘을 가할 때 광물의 모든 방향에서 결합력이 비슷하여 방향성 없이 불규칙하게 깨지는 성질을 깨짐이라고 한다.  
(5) 유리 광택, 진주광택, 견사 광택은 비금속 광택의 종류이다.

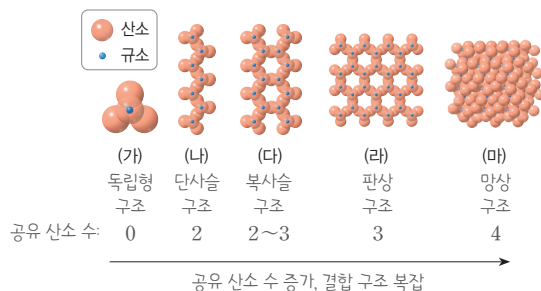
6 두 광물을 서로 긁었을 때 무른 광물이 긁힌다. 인회석과 방해석은 황옥보다 무르고, 방해석은 인회석보다 무르다.

#### 대표 자료 분석

66쪽

- 자료 1 1 (가) 독립형 구조 (나) 단사슬 구조 (다) 복사슬 구조 (라) 판상 구조 (마) 망상 구조 2 (마) 3 ㉔ 1 : 4, ㉔ 두 방향, ㉔ 한 방향, ㉔ 깨짐 4 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○  
자료 2 1 (가) A, B, C, D, E (나) F, G 2 ㉔, ㉔ 3 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○

#### 1-1 꼼꼼 문제 분석



(가)는 규산염 사면체끼리 공유하는 산소가 없으므로 독립형 구조이고, (나)와 (다)는 각각 1개와 2개의 긴 사슬 모양으로 결합을 이루므로 단사슬 구조와 복사슬 구조이다. (라)는 판 모양의 결합을 이루므로 판상 구조이고, (마)는 입체 모양으로 결합을 이루므로 망상 구조이다.

1-2 (마)는 망상 구조로, 규산염 사면체 사이에 산소 4개를 모두 공유하여 3차원으로 결합한다.

- 1-3 ㉔ 독립형 구조인 (가)의 기본 음이온은  $\text{SiO}_4^{4-}$ 이므로  $\text{Si} : \text{O}$ 는 1 : 4이고, 광물에서는 깨짐이 잘 나타난다.  
㉔ 단사슬 구조인 (나)의 광물에서는 규산염 사면체 사이의 결합이 없는 면을 따라 두 방향의 쪼개짐이 잘 나타난다.  
㉔ 판상 구조인 (라)의 광물에서는 규산염 사면체 사이의 결합이 없는 면을 따라 한 방향의 쪼개짐이 잘 나타난다.  
㉔ 망상 구조인 석영은 모든 방향으로 결합력이 비슷하므로 깨짐이 잘 나타난다.

- ①-4 (1) 각섬석의 구조는 (다) 복사슬 구조에 속한다. (가) 독립형 구조에 속하는 대표적인 광물은 감람석이다.
- (2) (가)에서 (마)로 갈수록 규산염 사면체의 공유 산소 수가 증가하므로 규산염 사면체의 공유 산소 수는 (다)가 (나)보다 많다.
- (3) (라)는 (다)보다 공유 산소 수가 많으므로 Si 원자 1개당 O 원자의 개수가 적다. 따라서  $\frac{O \text{ 개수}}{Si \text{ 개수}}$ 는 (다)가 (라)보다 크다.
- (4) (가)와 (마)는 모든 방향으로 결합력이 비슷하여 깨짐이 잘 발달한다.
- (5) (가)에서 (마)로 갈수록 공유 결합에 의한 결합력이 크므로 화학적 풍화에 강하다.

## 2-1 꼼꼼 문제 분석

규산염 광물 중 유색 광물에 많은 원소

| 광물 | 색   | 조흔색    | 조개짐·깨짐 | 모스 굳기 | 구성 원소         |                                |
|----|-----|--------|--------|-------|---------------|--------------------------------|
|    |     |        |        |       | 금속 원소         | 음이온                            |
| A  | 담록색 | 흰색     | 깨짐     | 6.5~7 | Mg, Fe        | SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup> |
| B  | 녹흑색 | 녹색, 흰색 | 두 방향   | 5~6   | Ca, Mg, Fe    | SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup> |
| C  | 흑갈색 | 흰색     | 한 방향   | 2.5~3 | Al, K, Mg, Fe | SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup> |
| D  | 흰색  | 흰색     | 두 방향   | 6     | Al, K         | SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup> |
| E  | 무색  | 흰색     | 깨짐     | 7     | —             | SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup> |
| F  | 무색  | 흰색     | 세 방향   | 3     | Ca            | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>  |
| G  | 황색  | 녹흑색    | 깨짐     | 3.5~4 | Cu, Fe        | S <sup>2-</sup>                |

- 색: 유색 광물: A, B, C, G  
무색 광물: D, E, F
- 조개짐·깨짐: 조개짐: B, C, D, F  
깨짐: A, E, G
- 굳기: E ≥ A > D ≥ B > G > F ≥ C
- 광물: 규산염 광물: A, B, C, D, E  
비규산염 광물: F(탄산염 광물), G(황화 광물)

광물에 포함된 음이온이 규산 이온(SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup>)이면 규산염 광물이라고 한다. 따라서 A~E는 규산염 광물이고, F와 G는 SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup>를 포함하고 있지 않으므로 비규산염 광물이다.

- ②-2 가. 두 광물은 조흔색이 흰색으로 같으므로 조흔판으로 두 광물을 구별할 수 없다.
- 나. A는 깨짐이 나타나고, C는 조개짐이 나타나므로 광물에 망치로 충격을 주어 관찰하면 두 광물을 구별할 수 있다.
- 다. 붉은 염산은 탄산염 광물과 반응하여 광물 표면에 이산화 탄소 기체가 발생한다. 두 광물 모두 규산염 광물이므로 붉은 염산과 반응하지 않는다.
- 르. 모스 굳기 4.5인 쇠못으로 긁으면 A는 긁히지 않지만, C는 긁히므로 두 광물을 구별할 수 있다.

- ②-3 (1) 무색 광물은 광물의 색이 밝게 보이는 광물로, 조흔색과는 관련이 없다. D, E, F가 무색 광물이다.
- (2) A, E에서 깨짐이 나타나는 까닭은 방향에 따른 결합력이 비슷하기 때문이며, 굳기와는 관련이 없다.
- (3) C는 한 방향의 조개짐이 나타나므로 판 모양으로 쪼개지는 성질이 있다.
- (4) B는 F보다 모스 굳기가 크므로 더 단단한 광물이다. 따라서 B와 F를 서로 긁으면 F가 긁힌다.

## 내신 만점 문제

67쪽~69쪽

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

- 01 ①, ② 광물은 자연적으로 만들어진 고체 물질로, 일정한 화학 조성과 규칙적인 내부 결정 구조를 가진다.
- ③ 지구의 지각은 암석으로 구성되어 있고, 암석을 구성하는 기본 물질은 광물이다.
- ④ 광물은 대부분 내부 구조가 규칙적인 결정질이지만, 단백석과 같이 비결정질인 것도 있다.
- 바로알기 ⑤ 대부분의 광물은 두 종류 이상의 원소가 화합물을 이루지만, 한 종류의 원소가 광물을 이루는 것도 있다. 이를 원소 광물이라고 한다.

- 02 그림은 점무늬가 규칙적으로 배열되어 있는 라우에 점무늬이다.
- 가. 점무늬가 규칙적으로 나타나는 까닭은 광물 내부의 원자나 이온의 배열 상태가 규칙적이기 때문이다.
- 바로알기 나. 광물 내부의 원자 배열이 규칙적인 것을 결정질이라고 한다.
- 다. 라우에 점무늬로 광물의 생성 환경을 알 수 없으므로 무기적으로 생성되었음을 판단할 수 없다.

## 03 꼼꼼 문제 분석

| 광물군      | 광물에 포함된 음이온                          |
|----------|--------------------------------------|
| A 원소 광물  | 없음                                   |
| B 탄산염 광물 | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> 탄산 이온  |
| C 규산염 광물 | SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup> 규산 이온 |

ㄴ. 묶은 염산을 떨어뜨리면 A는 반응하지 않지만 B는 광물 표면에 이산화 탄소 기체가 발생하므로 두 광물을 구별할 수 있다.  
 ㄷ. C는 규산염 광물이다. 규산염 광물은 지각과 맨틀의 대부분을 구성한다.

❏ **바로알기** ㄱ. 석영은 규소와 산소로 이루어진 규산 이온( $\text{SiO}_4^{4-}$ )이 포함되어 있는 규산염 광물이므로 C에 속한다. A는 한 가지 원소로 이루어진 원소 광물로, 구리, 금, 금강석 등이 속한다.

**04** A는 조암 광물의 92 %를 차지하는 규산염 광물로, 석영, 휘석, 감람석, 흑운모 등이 있다. B는 조암 광물의 8 %를 차지하는 비규산염 광물이다. 암염, 황철석, 방해석은 각각 비규산염 광물인 할로젠화 광물, 황화 광물, 탄산염 광물이다.

**05** ㄱ. 규산염 광물은 규소와 산소로 이루어진 규산염 사면체를 기본 구조로 한다.

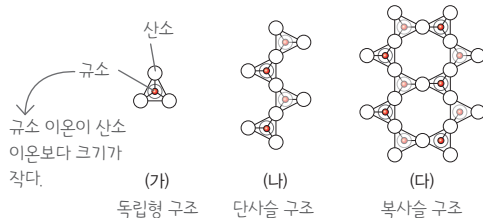
❏ **바로알기** ㄴ. 규산염 사면체는 1개의 규소 이온 주위에 4개의 산소 이온이 위치한 구조이므로 A는 산소, B는 규소이다.  
 ㄷ. 규산염 사면체끼리 산소(A)를 공유하는 방식에 따라 다양한 규산염 광물이 만들어진다.

**06** ④ 산소 2개를 공유하는 규산염 사면체와 산소 3개를 공유하는 규산염 사면체가 교대로 배열되어 2개의 단사슬 사면체 구조가 연결되는 복사슬 구조를 이룬다.

❏ **바로알기** ① 복사슬 구조를 나타낸 것이다.

- ② 복사슬 구조는 규소와 산소의 결합비( $\text{Si} : \text{O}$ )가 4 : 11이다.  $\text{Si} : \text{O}$ 가 1 : 2인 규산염 광물의 결합 구조는 망상 구조이다.  
 ③ 결합 구조가 복사슬 구조인 대표적인 광물로 각섬석이 있다. 감람석은 결합 구조가 독립형 구조인 광물이다.  
 ⑤ 복사슬 구조는 규산염 사면체가 산소 2개 또는 3개를 공유한다. 산소 4개를 공유하는 결합 구조는 망상 구조이다.

## [07~08] **꼼꼼** 문제 분석



**07** ㄱ. 빨간색 스타이로폼 공은 규산염 사면체의 중심에 있으므로 규소에 해당한다.

ㄴ. 규소 이온은 산소 이온보다 크기가 작으므로 빨간색 스타이로폼 공은 흰색 스타이로폼 공보다 크기가 작아야 한다.

ㄷ. (가)는 규산염 사면체가 독립적으로 있으므로 독립형 구조 모형을 만든 것이다. (나)는 1개의 긴 사슬 모양을 이루므로 단사슬 구조 모형을 만든 것이다. (다)는 단사슬 구조 2개가 연결되어 결합하므로 복사슬 구조 모형을 만든 것이다.

❏ **바로알기** ㄴ. 규산염 사면체가 독립된 구조는 (가) 독립형 구조이다. (나) 단사슬 구조는 규산염 사면체가 인접한 사면체와 2개의 산소를 공유하여 형성된다.

**08** ㄴ. (나)는 규산염 사면체끼리 양쪽의 산소를 공유하여 1개의 긴 사슬을 이루므로 단사슬 구조이다.

❏ **바로알기** ㄱ. 규산염 사면체가 공유하는 산소 수는 (가)는 0개, (나)는 2개이다. 따라서 (나)가 (가)보다 규산염 사면체가 공유하는 산소 수가 많다.

ㄷ. (다)는 복사슬 구조이므로 각섬석의 결합 구조이다. 휘석의 결합 구조는 단사슬 구조이다.

**09** 같은 종류의 광물을 이루고 있는 원자나 이온의 배열이 규칙적이기 때문에 광물의 내부 구조는 같다.

❏ **모범답안** 같은 종류의 광물을 이루고 있는 원자나 이온이 규칙적으로 배열되기 때문이다.

| 채점 기준                          | 배점    |
|--------------------------------|-------|
| 원자나 이온의 배열을 언급하여 까닭을 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 원자나 이온의 배열을 언급하지 않고 까닭을 서술한 경우 | 0 %   |

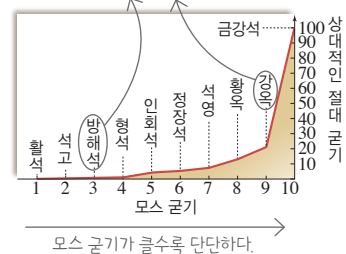
**10** ㄱ. (가) 석영은 밝은색을 띠므로 무색 광물이고, (나) 각섬석은 어두운색을 띠므로 유색 광물이다.

ㄷ. 석영과 각섬석은 규산염 사면체가 각각 망상 구조와 복사슬 구조로 결합된 것이므로 두 광물 모두 규산염 광물이다.

❏ **바로알기** ㄴ. 규산염 광물 중에서 유색 광물은 Mg와 Fe 함량이 높아 어둡게 보이므로 (나)는 (가)보다 Mg와 Fe 함량이 높다.

## 11 **꼼꼼** 문제 분석

강옥이 방해석보다 모스 굳기가 3배 더 크지만, 절대 굳기가 3배 더 단단한 것은 아니다.



모스 굳기가 클수록 단단하다.

ㄱ. 모스 굳기 숫자가 클수록 단단한 광물이다. 황옥의 모스 굳기(8)는 형석의 모스 굳기(4)보다 크므로 두 광물을 서로 긁으면 더 무른 형석이 긁힌다.

▣ **바로알기** ▣ 나. 모스 굳기는 광물의 단단한 순서를 상대적으로 정한 것이다. 따라서 모스 굳기가 9인 강옥이 모스 굳기가 3인 방해석보다 3배 단단한 것은 아니다.

ㄷ. 석영(모스 굳기: 7)이 활석(모스 굳기: 1)보다 모스 굳기가 큰 것은 화학적 결합력이 더 강하기 때문이다.

**12** 흑운모는 규산염 사면체끼리 산소를 공유하면서 판상 구조를 이루고, 흑운모에 힘을 주면 결합력이 약한 면을 따라 한 방향의 쪼개짐이 나타난다.

**13** ㄱ. 두 광물 모두 규산염 광물이므로 규산염 사면체를 기본 구조로 하여 형성되었다.

▣ **바로알기** ▣ 나. (가)는 규산염 사면체가 산소를 공유하지 않고, (나)는 모든 산소를 공유하므로 규소와 산소의 개수비가 다르다. (가)의 Si : O는 1 : 4이고, (나)의 Si : O는 1 : 2이다.

ㄷ. 광물에 충격을 주면 평탄한 면을 따라 갈라지는 성질은 쪼개짐이다. (가)와 (나)는 모든 방향으로 결합력이 비슷하므로 광물에 충격을 주면 방향성 없이 불규칙하게 갈라진다.

**14** **모범답안** 감람석은 독립형 구조, 석영은 망상 구조로 결합되어 있기 때문에 모든 방향으로 결합력이 비슷하다. 따라서 두 광물에 망치로 충격을 주면 깨짐이 나타난다.

| 채점 기준                           | 배점    |
|---------------------------------|-------|
| 결합 구조를 포함하여 결합력의 방향성을 서술한 경우    | 100 % |
| 결합 구조를 포함하지 않고 결합력의 방향성을 서술한 경우 | 30 %  |

## 15 **꼭 꼭** 문제 분석

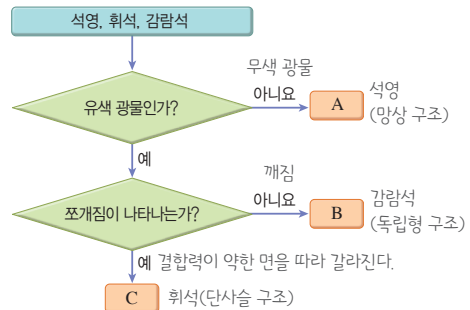
| 광물  | 화학식                | 색           | 조흔색        | 쪼개짐·깨짐      | 모스 굳기      |
|-----|--------------------|-------------|------------|-------------|------------|
| 금   | Au                 | 노란색         | 노란색        | 깨짐          | 2.5~3      |
| 황동석 | FeS <sub>2</sub>   | 노란색         | 녹흑색        | 깨짐          | 3.5~4      |
| 황철석 | CuFeS <sub>2</sub> | 노란색         | 검은색        | 깨짐          | 6~6.5      |
|     |                    | ↓<br>구별 불가능 | ↓<br>구별 가능 | ↓<br>구별 불가능 | ↓<br>구별 가능 |

ㄱ. 세 광물의 색은 모두 같지만, 조흔색은 모두 다르므로 조흔색에 굽어보면 세 광물을 서로 구별할 수 있다.

ㄷ. 세 광물의 모스 굳기는 황철석 > 황동석 > 금 순서이다. 황동석과 금을 서로 긁으면 금이 긁히고, 황동석과 황철석을 서로 긁으면 황동석이 긁히므로 황동석을 이용하여 금과 황철석을 구별할 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ 나. 금과 황동석에 망치로 힘을 가하면 두 광물 모두 깨짐이 나타나므로 구별할 수 없다.

## 16 **꼭 꼭** 문제 분석



나. A(석영)는 규산염 사면체끼리 산소를 모두 공유하지만 B(감람석)는 공유하는 산소가 없다. 공유하는 산소 수가 많을수록 Si 원자 1개당 O 원자의 개수가 감소한다. 따라서  $\frac{O \text{ 개수}}{Si \text{ 개수}}$  값은 A가 B보다 작다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. A는 석영, B는 감람석, C는 휘석이다.

ㄷ. C(휘석)는 결합력이 약한 방향이 있으므로 쪼개짐이 나타난다. 규산염 사면체의 결합력이 모든 방향으로 비슷할 경우에는 깨짐이 나타난다.

## 02 **개념 확인 문제** **편광 현미경과 암석의 조직**

### 개념 확인 문제

73쪽

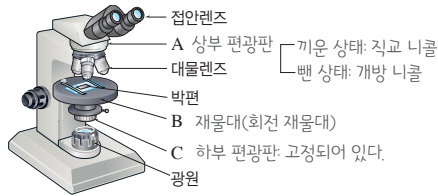
- ① 등방체    ② 이방체    ③ 상부    ④ 하부    ⑤ 수직  
⑥ 개방    ⑦ 직교

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○    2 A: 상부 편광판, B: 재물대(회전 재물대), C: 하부 편광판    3 (1) ○ (2) × (3) ×    4 박편  
5 (1) ㉠, ㉡ (2) ㉢, ㉣ (3) ㉤, ㉥ (4) ㉦, ㉧    6 ㉠ 직교, ㉡ 어둡게



- 1 (1) 등방체 광물은 단굴절이 일어나는 광물로, 빛이 등방체 광물 내부를 통과하면 방향에 관계없이 빛의 속도가 일정하여 한 방향으로 굴절된다.
- (2) 복굴절이 일어나는 광물은 이방체 광물이고, 단굴절이 일어나는 광물은 등방체 광물이다.
- (3) 석영과 방해석은 복굴절이 일어나므로 이방체 광물이다.

## 2 **꼼꼼** 문제 분석



B는 박편을 올려놓는 재물대(회전 재물대)이다. A는 재물대보다 위에 있는 상부 편광판이고, C는 재물대보다 아래에 있는 하부 편광판이다.

- 3 (1) 하부 편광판은 편광 현미경에 고정되어 있고, 상부 편광판은 끼웠다 뺐다 할 수 있다. 상부 편광판을 **빔** 상태를 개방 니콜이라 하고, **끼운** 상태를 직교 니콜이라고 한다.
- (2) 재물대는 360° 회전시킬 수 있다.
- (3) 편광 현미경으로 광물을 관찰하면 광물의 광학적 성질을 알 수 있다. 광물의 내부 구조는 X선을 통과시켜 알 수 있다.

4 박편은 빛이 통과할 수 있도록 암석이나 광물을 0.03 mm 정도의 두께로 얇게 만든 것으로, 재물대에 놓고 관찰한다.

- 5 (1) 색은 하부 편광판을 통과한 빛이 광물을 통과할 때 광물에 흡수되어 나타나는 현상(㉠)으로, 개방 니콜(㉡) 상태에서 관찰한다.
- (2) 소광은 빛이 완전히 차단되어 어둡게 보이는 현상(㉢)으로, 직교 니콜(㉣) 상태에서 관찰한다.
- (3) 간섭색은 복굴절로 만들어진 두 방향의 빛이 서로 간섭을 일으켜 찬란하고 다양한 색이 나타나는 현상(㉤)으로, 직교 니콜(㉣) 상태에서 관찰한다.
- (4) 다색성은 재물대를 돌리면 광축 방향에 따라 빛을 흡수하는 정도가 달라져 색과 밝기가 미세하게 변하는 현상(㉥)으로, 개방 니콜(㉡) 상태에서 관찰한다.

6 재물대 위에 박편이 없는 상태에서 직교 니콜로 관찰하면 점안렌즈까지 도달하는 빛이 없어 암흑 상태가 된다. 이는 하부 편광판을 통과한 빛과 상부 편광판을 통과한 빛의 진동 방향이 서로 수직이기 때문이다.

## 개념 확인 문제

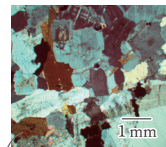
76쪽

- ① 자형    ② 조립질    ③ 심성암    ④ 반상    ⑤ 세립질  
⑥ 화산암    ⑦ 쇄설성    ⑧ 비쇄설성    ⑨ 열리    ⑩ 혼펠스

- 1 A: 자형, B: 타형, C: 반자형    2 (1) (가) 조립질 조직 (나) 반상 조직 (다) 세립질 조직 (2) (가) (3) (다) → (나) → (가)  
3 (1) ○ (2) × (3) ○    4 쇄설성    5 ⑤    6 입상 변정질

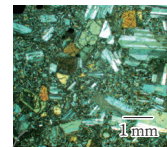
1 A는 결정면 전체가 발달한 자형, B는 결정면 전체가 발달하지 못한 타형, C는 결정면의 일부가 발달한 반자형이다.

## 2 **꼼꼼** 문제 분석



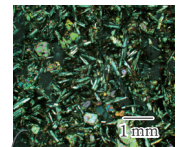
(가) 조립질 조직

결정의 크기가 크고 비교적 고르다.  
→ 마그마가 천천히 식어 형성되었다.  
→ 심성암에서 나타난다.



(나) 반상 조직

큰 입자와 작은 입자가 섞여 있다.  
→ 마그마가 천천히 식다가 갑자기 빠르게 식어 형성되었다.  
→ 반심성암에서 나타난다.



(다) 세립질 조직

결정의 크기가 매우 작다.  
→ 마그마가 빠르게 식어 형성되었다.  
→ 화산암에서 나타난다.

(1) (가)는 광물 결정의 크기가 크고 비교적 고른 조립질 조직이고, (나)는 조립질 조직과 세립질 조직의 광물이 함께 나타나므로 반상 조직이다. (다)는 광물 결정의 크기가 매우 작으므로 세립질 조직이다.

- (2) 심성암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 식어 형성되므로 결정의 크기가 크고 고른 (가) 조립질 조직이 나타난다.
- (3) 마그마의 냉각 속도가 가장 빨랐던 암석은 결정의 크기가 가장 작은 (다) 세립질 조직이고, 가장 느렸던 암석은 결정의 크기가 가장 큰 (가) 조립질 조직이다.

- 3 (1) 심성암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 굳어 형성된 암석이므로 지표에서 굳어 형성된 화산암보다 냉각 속도가 느린 환경에서 형성된다.
- (2) 결정의 크기가 거의 없는 조직을 유리질 조직이라고 한다. 조립질 조직은 결정의 크기가 크고 비교적 고르다.
- (3) 반심성암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 식다가 비교적 얇은 깊이까지 올라와 굳어 형성되었으므로 반상 조직이 나타난다.

4 쇄설성 퇴적암은 암석의 풍화와 침식에 의해 생긴 쇄설성 입자가 속성 작용을 받아 생성된 암석이다.

5 ① 편암, ② 점판암, ③ 천매암, ④ 편마암은 기존 암석이 열과 압력에 의한 변성 작용을 받아 엽리가 나타난다.

⑤ 혼펠스는 기존 암석이 열에 의한 변성 작용을 받아 혼펠스 조직이 나타난다.

6 접촉 변성암의 대표적인 조직에는 혼펠스 조직과 입상 변정질 조직이 있다. 그중 입상 변정질 조직은 방향성이 없고 입자의 크기가 비슷하며 조립질로 구성된 조직이다.

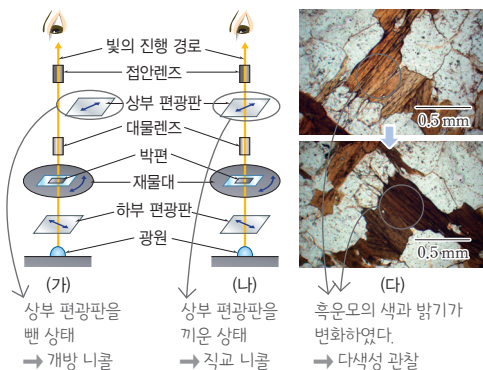
## 대표 자료 분석

77쪽

자료 1 1 (가) 개방 니콜 (나) 직교 니콜 2 다색성 3 석영, 감람석 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

자료 2 1 (가) 심성암 (나) 화산암 2 (다) 쇄설성 조직 (라) 엽리 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○ (7) ×

## 1-1 꼼꼼 문제 분석



(가)는 상부 편광판을 뺀 상태이므로 개방 니콜이고, (나)는 상부 편광판을 끼운 상태이므로 직교 니콜이다.

1-2 (다)에서 흑운모의 색이 연한 갈색에서 진한 갈색으로 색의 진하기가 변하였으므로 다색성을 볼 수 있다.

1-3 간섭색은 (나) 직교 니콜 상태에서 복굴절로 만들어진 두 방향의 빛이 서로 간섭을 일으켜 나타나는 현상으로, 투명 광물 중 이방체 광물에서만 나타난다.

- 석영과 감람석은 투명 광물 중 이방체 광물이므로 직교 니콜 상태에서 간섭색을 관찰할 수 있다.
- 암염은 등방체 광물이므로 직교 니콜 상태에서는 완전 소광이 일어나 간섭색을 관찰할 수 없다.
- 자철석은 불투명 광물이므로 광물의 방향에 관계없이 항상 어둡게 보여 간섭색을 관찰할 수 없다.

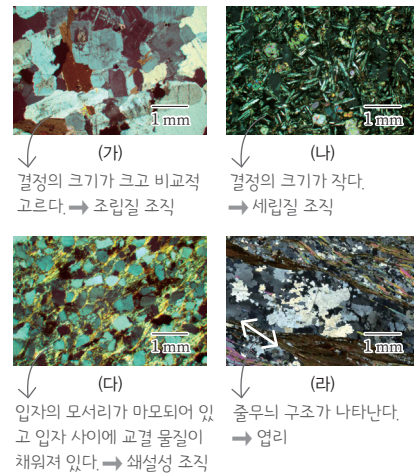
1-4 (1) 광물의 색과 다색성은 개방 니콜 상태에서 관찰할 수 있다. 따라서 광물의 다색성을 관찰하기 위해서는 (가)의 방법을 이용한다.

(2) (나) 직교 니콜 상태에서 등방체 광물을 관찰하면 항상 어둡게 보이는 완전 소광이 관찰된다.

(3) 금속 광물은 빛을 통과시키지 못하므로 개방 니콜이나 직교 니콜로 관찰하면 모두 어둡게 보인다.

(4) (다)는 흑운모의 다색성을 관찰한 것이므로 (가) 개방 니콜 상태에서 관찰하였다.

## 2-1 꼼꼼 문제 분석



(가)는 조립질 조직이므로 심성암에서 잘 나타나고, (나)는 세립질 조직이므로 화산암에서 잘 나타난다.

2-2 (다)는 입자의 모서리가 마모되어 있으므로 쇄설성 조직이고, (라)는 입자가 줄무늬 구조를 이루고 있으므로 엽리이다.

2-3 (1) (가)는 심성암에서 나타나는 조립질 조직, (나)는 화산암에서 나타나는 세립질 조직이다.

(2), (3) (가)의 결정이 (나)의 결정보다 크기가 큰 까닭은 지하 깊은 곳에서 마그마가 천천히 식어 굳었기 때문이다.

(4) (다)는 쇄설성 조직이므로 쇄설성 퇴적암에서 나타난다. 화학적 퇴적암에서는 비쇄설성 조직이 나타난다.

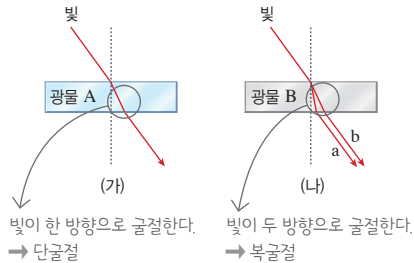
(5) (라)에서 일정한 방향으로 배열된 줄무늬 구조를 엽리라고 한다.

(6) 엽리는 높은 압력을 받아 생기므로 (라)의 암석은 높은 열과 압력에 의해 변성 작용을 받았다.

(7) 혼펠스는 열에 의해 변성 작용을 받은 암석이므로 엽리가 나타나지 않는다. 엽리가 나타나는 암석에는 높은 열과 압력을 받아 생성된 점판암, 천매암, 편암, 편마암 등이 있다.

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

### [01~02] 문제 분석



**01** 나. A는 단굴절이 일어나는 등방체 광물이고, B는 복굴절이 일어나는 이방체 광물이다.

다. 방해석은 이방체 광물이므로 빛이 방해석을 통과하면 (나)와 같이 복굴절이 일어난다.

▶ **바로알기** ▶ 가. A와 B는 모두 빛을 통과시키므로 투명 광물이다.

**02** 나. B에서 두 방향으로 굴절된 빛 a, b의 진동 방향은 서로 수직이다.

다. 편광 현미경은 편광판을 이용한 현미경으로, 편광 현미경을 이용하여 B의 광학적 성질을 관찰할 수 있다.

▶ **바로알기** ▶ 가. (나)에서 광물 내부를 통과하는 빛이 복굴절하므로 B는 이방체 광물이다. A는 빛이 단굴절하는 등방체 광물이다.

### 03 문제 분석

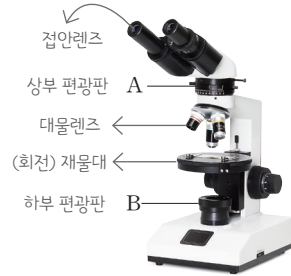


글자가 이중으로 보이는 것은 빛이 방해석을 통과할 때 진동 방향이 서로 수직인 두 광선으로 나뉘면서 굴절하는 복굴절 현상이 나타나기 때문이다.

①, ③, ④, ⑤ 석영, 각섬석, 감람석, 사장석은 모두 복굴절하는 이방체 광물이다.

▶ **바로알기** ▶ ② 암염은 단굴절하는 등방체 광물이므로 글자 위에 암염을 올려도 글자가 이중으로 보이지 않는다.

### 04 문제 분석



- 상부 편광판을 뺀 상태를 개방 니콜, 끼운 상태를 직교 니콜이라고 한다.
- 개방 니콜 상태에서는 광물의 색, 다색성을 관찰할 수 있다.
- 직교 니콜 상태에서는 광물의 간섭색, 소광을 관찰할 수 있다.

가. A는 재물대보다 위에 있는 상부 편광판이고, B는 재물대보다 아래에 있는 하부 편광판이다.

▶ **바로알기** ▶ 나. B는 편광 현미경에 고정되어 있고, A는 뺀다 할 수 있다. 개방 니콜은 A만 뺀 상태이다.

다. A(상부 편광판)를 통과한 빛과 B(하부 편광판)를 통과한 빛의 진행 방향은 서로 수직이다.

**05** 가. 박편에서 빛이 통과해야 편광 현미경으로 관찰할 수 있다. 투명 광물은 박편에서 빛이 통과하는 광물이므로 편광 현미경을 이용하여 투명 광물을 관찰할 수 있다.

▶ **바로알기** ▶ 나. 하부 편광판은 편광 현미경에 고정되어 있다. 상부 편광판을 뺀 상태를 개방 니콜이라고 하고, 상부 편광판을 삽입한 상태를 직교 니콜이라고 한다.

다. 상부 편광판을 삽입하면 직교 니콜 상태가 된다. 상부 편광판을 통과한 빛과 하부 편광판을 통과한 빛의 진행 방향은 서로 수직이므로 재물대 위에 박편이 없는 상태에서 직교 니콜로 관찰하면 어둡게 보인다.

**06** 편광 현미경으로 관찰한 흑운모의 색의 진하기가 점점 짙어졌으므로 다색성이 나타난 것이다. 다색성은 상부 편광판을 뺀 상태(개방 니콜)에서 재물대를 돌리면서 관찰한다.

**07** (가) 재물대를 회전시켰을 때 소광이 나타났으므로 직교 니콜로 관찰한 것이다.

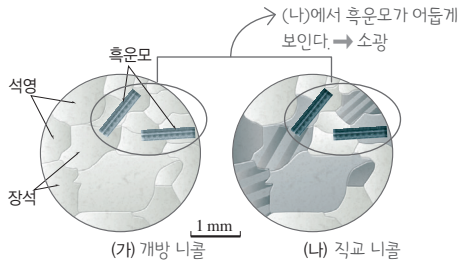
(나) 직교 니콜 상태에서 광물을 관찰하면 간섭색과 소광이 나타난다.

▶ **모범답안** ▶ (가) 상부 편광판을 끼운 상태에서 관찰한다.

(나) 석영의 간섭색과 소광이 관찰된다.

| 채점 기준                      | 배점    |
|----------------------------|-------|
| (가)와 (나)를 모두 옳게 서술한 경우     | 100 % |
| (가)와 (나) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우 | 50 %  |

## 08 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 광물이 어둡게 보이는 현상인 소광은 직교 니콜에서 관찰할 수 있다. (가)에서는 소광이 나타나지 않았으므로 개방 니콜로 관찰한 것이다.

ㄷ. (나) 직교 니콜에서는 간섭색과 소광을 관찰할 수 있다.

■ **바로알기** ㄴ. 직교 니콜에서 이방체 광물을 돌리면 90°마다 어두워지는 소광이 나타난다. 따라서 소광은 (나)에서 일어난다.

09 ㄴ. 흑운모와 각섬석에서 나타난 간섭색은 이방체 광물을 관찰할 때 북극점으로 만들어진 두 방향의 빛이 서로 간섭을 일으켜 나타나는 현상으로, 직교 니콜에서 관찰할 수 있다.

■ **바로알기** ㄱ. 석영은 무색 광물이고 다색성이 없으므로 개방 니콜에서 재물대를 돌리면 투명한 상태로 색의 변화가 없다.

ㄷ. 흑운모와 각섬석은 이방체 광물이면서 유색 광물이지만, 석영은 이방체 광물이면서 무색 광물이다.

## 10 꼼꼼 문제 분석

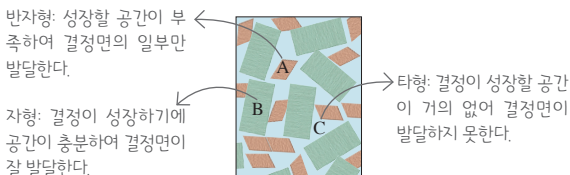
- 개방 니콜 상태에서 관찰하였더니 갈색으로 보였다.  
→ 빛이 박편을 통과하여 색이 보였으므로 투명 광물이다.
- 직교 니콜 상태에서 관찰하였더니 검게 보였고, 재물대를 천천히 회전하여도 변화가 없었다.  
→ 완전 소광이 나타난다.

ㄴ. 개방 니콜에서는 빛이 통과하였지만, 직교 니콜에서는 빛이 통과하지 못하였으므로 석류석은 등방체 광물에 해당한다.

■ **바로알기** ㄱ. 개방 니콜에서 빛이 박편을 통과하였으므로 석류석은 투명 광물이다.

ㄷ. 석류석은 등방체 광물이므로 다색성이 나타나지 않는다.

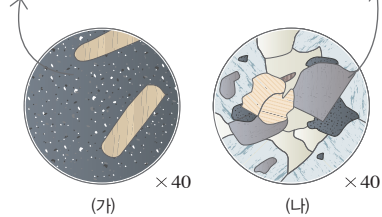
## 11 꼼꼼 문제 분석



A는 반자형, B는 자형, C는 타형이다. 광물의 모양으로 정출된 순서를 알 수 있는데, 자형(B) → 반자형(A) → 타형(C) 순으로 생성된다.

## 12 꼼꼼 문제 분석

- 결정이 큰 입자와 작은 입자가 섞여 있다.  
→ 반상 조직  
→ 반심성암에서 잘 나타난다.
- 결정의 크기가 대체로 크고 고르다.  
→ 조립질 조직  
→ 심성암에서 잘 나타난다.



ㄴ. (가)는 (나)보다 결정의 크기가 작은 것이 섞여 있으므로 마그마가 (나)에 비해 빨리 식어 형성되었다. 따라서 (가)는 (나)보다 마그마의 냉각 속도가 빨랐다.

■ **바로알기** ㄱ. (가)는 결정이 큰 입자와 작은 입자가 섞여 있는 반상 조직이고, (나)는 결정의 크기가 크고 비교적 고른 조립질 조직이다. 세립질 조직은 결정의 크기가 매우 작은 조직으로, 화산암에서 잘 나타난다.

ㄷ. (가)와 (나)의 결정 크기가 다른 까닭은 마그마가 냉각된 깊이 또는 마그마가 냉각된 속도가 다르기 때문이다.

13 (나)에서 결정이 큰 입자와 작은 입자가 함께 분포하므로 반상 조직이 나타난다.

■ **모범답안** 반상 조직, 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어가다가 비교적 얕은 깊이까지 올라와 빠르게 식어 형성되었기 때문에 나타난다.

| 채점 기준                                  | 배점    |
|----------------------------------------|-------|
| 조직을 쓰고, 화성암의 형성 깊이를 포함하여 까닭을 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 화성암의 형성 깊이만 포함하여 까닭만 옳게 서술한 경우         | 70 %  |
| 조직만 옳게 쓴 경우                            | 30 %  |

14 (가)는 마그마가 분출되어 지표에서 빠르게 식어 형성된 화산암이고, (나)는 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어 형성된 심성암이다.

ㄱ. (가)는 화산암으로, 결정의 크기가 매우 작은 세립질 조직이 나타난다.

ㄷ. (나)는 (가)보다 결정의 크기가 크므로 마그마가 천천히 냉각되어 생성되었다. 마그마가 천천히 냉각되기 위해서는 지표보다 지하 깊은 곳이 더 유리하다.

■ **바로알기** ㄴ. 결정의 크기가 작은 (가)는 화산암이고, 결정의 크기가 큰 (나)는 심성암이다.



## [15~16] **문제 분석**

| 구분           | 특징                                  | 예           | 조직      |
|--------------|-------------------------------------|-------------|---------|
| A<br>유기적 퇴적암 | 생물의 골격이나 껍데기 등이 쌓여 생성된다.            | 석회암, 석탄     | 비쇄설성 조직 |
| B<br>쇄설성 퇴적암 | 풍화와 침식에 의해 생성된 입자들이 쌓여 생성된다.        | 역암, 사암, 이암  | 쇄설성 조직  |
| C<br>화학적 퇴적암 | 물속에 녹아 있는 이온 등의 반응으로 광물이 침전하여 생성된다. | 석회암, 석고, 암염 | 비쇄설성 조직 |

**15** A는 유기적 퇴적암으로, 석회암, 석탄 등이 있다.  
B는 쇄설성 퇴적암으로, 역암, 사암, 이암(세일) 등이 있다.  
C는 화학적 퇴적암으로, 석회암, 석고, 암염 등이 있다.

**16** ㄴ. B는 쇄설성 퇴적암으로, 쇄설성 조직이 나타난다. 쇄설성 조직을 관찰하면 기존 암석들이 풍화와 침식을 받았으므로 입자 모서리가 마모되어 있고, 입자 사이에 교결 물질이 채워져 있다.

ㄷ. A, B, C는 퇴적물의 기원은 다르지만, A~C 모두 다짐 작용과 교결 작용을 거쳐 퇴적암이 되므로 속성 작용을 받는다.

❗ **바로알기** ㄱ. A는 생물의 골격이나 껍데기 등이 퇴적암을 형성하므로 유기적 퇴적암이고, 비쇄설성 조직이 나타난다. 쇄설성 조직은 쇄설성 퇴적암인 B에서 볼 수 있다.

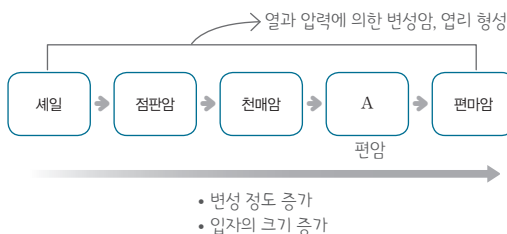
**17** (가)는 암석 내에 화석이 관찰되므로 유기적 퇴적암인 석회암의 조직이다. (나)는 입자의 모서리가 마모되어 있고 입자 사이에 교결 물질이 채워져 있으므로 쇄설성 퇴적암인 사암의 조직이다.

ㄴ. (가)는 생물의 골격이나 껍데기와 같은 유기적 퇴적물이 쌓여 생성되므로 화석이 발견되기도 한다.

❗ **바로알기** ㄱ. (가)는 석회암의 조직으로, 비쇄설성 조직이다. 쇄설성 조직은 (나)에서 볼 수 있다.

ㄷ. 한 종류의 광물로 이루어진 결정질 조직은 화학적 퇴적암에서 나타난다.

## **18** **문제 분석**



ㄱ. A는 천매암보다 변성도가 크고, 편마암보다 변성도가 작으므로 편암이다.

ㄴ. 점판암, 천매암, A(편암), 편마암은 모두 압력의 영향을 받아 엽리가 발달한다. 엽리는 암석에 가해진 압력 방향과 수직 방향으로 기존 광물이 재배열되거나 새로 만들어진 광물이 배열되어 만들어진다.

ㄷ. 세일이 변성 작용을 받을수록 변성 정도가 증가하면서 입자의 크기가 커진다. 따라서 A는 점판암보다 조립질 입자로 이루어져 있다.

## **19** **문제 분석**



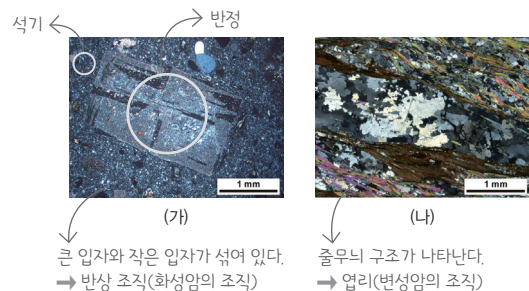
ㄱ. (가)에서는 줄무늬 구조인 엽리가 나타나는데, 편마암에서 나타나는 엽리를 편마 구조라고 한다.

ㄴ. (나) 혼펠스는 접촉 변성암으로, 주로 열에 의한 변성 작용을 받아 만들어진다.

ㄷ. (가) 편마암과 (나) 혼펠스 모두 변성 작용을 받은 변성암이므로 광물 조성과 암석 조직이 변화했다.

❗ **바로알기** ㄴ. (가)는 열과 압력에 의한 변성암이고, (나)는 열에 의한 변성암이다. (나)에 가해진 열이 증가한다고 (가)가 되는 것은 아니다.

## **20** **문제 분석**



ㄱ. (가)는 큰 결정과 작은 결정이 섞여 있으므로 반심성암에서 잘 나타나는 반상 조직이다.

ㄴ. (나)에서 나타나는 엽리는 암석에 압력이 가해진 방향과 수직인 방향으로 기존 광물이 재배열되어 만들어진다.

❗ **바로알기** ㄷ. (가)는 화성암에서, (나)는 변성암에서 관찰할 수 있다.





## 3 지하자원의 형성과 이용

### 개념 확인 문제

85쪽

- ① 금속    ② 비금속    ③ 화성    ④ 페그마타이트    ⑤ 퇴적  
⑥ 변성    ⑦ 제련

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○    2 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢    3 (다) → (라)  
→ (가) → (나)    4 ㉠ 표사, ㉡ 풍화 잔류, ㉢ 침전    5 ㉢  
6 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

- 1 (1) 지하자원은 지구에서 자연 현상으로 땅속에서 만들어진 자원이다.  
(2) 지하자원은 크게 광물 자원과 에너지 자원으로 구분하고, 광물 자원은 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원으로 구분한다.  
(3) 화석 연료에는 석유, 석탄, 천연가스 등이 있으며, 에너지 자원에 속한다.

- 2 (1) 금속 광물 자원은 금속이 주성분인 광물 자원으로, 금, 은, 구리 등이 있다.  
(2) 비금속 광물 자원은 비금속이 주성분인 광물 자원으로, 석회석, 고령토 등이 있다.  
(3) 에너지 자원은 일상생활과 경제 활동을 위해 사용하는 연료로, 석유, 석탄, 천연가스 등의 화석 연료와 원자력 에너지 등이 있다.

- 3 (다) 정마그마 광상은 마그마가 냉각되는 초기에 형성된 광상이고, 마그마의 온도가 낮아짐에 따라 (라) 페그마타이트 광상, (가) 기성 광상, (나) 열수 광상 순으로 형성된다.

- 4 퇴적 광상은 지표의 광상이나 암석이 풍화, 침식, 운반, 퇴적되는 과정에서 형성된 광상으로, 유용한 광물질이 모이는 과정에 따라 구분한다.  
㉠ 사금 광상은 밀도가 큰 사금이 하천의 바닥에 쌓여 형성된 표사 광상이다.  
㉡ 보크사이트는 고령토의 화학적 풍화 작용에 의해 형성되는데, 이 광상은 풍화 잔류 광상에 속한다.  
㉢ 호상 철광층은 해수에 녹아 있던 철이 산소와 결합한 후 침전하여 형성된 침전 광상이다.

- 5 변성 광상에서 산출되는 주요 광물은 우라늄, 흑연, 활석, 납정석, 홍주석, 석류석 등이다. 고령토는 퇴적 광상 중 풍화 잔류 광상에서 산출된다.

- 6 (1) 지각에서 가장 풍부한 금속 원소는 알루미늄이다. 철은 지각에서 알루미늄 다음으로 풍부한 금속 원소이다.  
(2) 전선과 전자 제품에 이용되기 위해서는 전기가 잘 통해야 한다. 구리는 전기 전도도가 높기 때문에 전선과 전선 제품에 이용된다.  
(3) 희토류는 전기 및 하이브리드 자동차, 풍력 발전, 태양열 발전 등에 필수적인 영구 자석을 만드는 데 꼭 필요하며, 휴대폰 액정의 연마제, 반도체 등에 이용된다.  
(4) 활석은 매우 무르고 매끄러우므로 종이나 화장품 제조의 원료로 이용된다.  
(5) 건축 자재, 표지석, 돌그릇 등으로 주로 이용되는 암석은 각섬암이다. 석회암은 탄산칼슘으로 이루어져 있으며, 시멘트의 주 원료, 비료의 원료 등으로 이용된다.

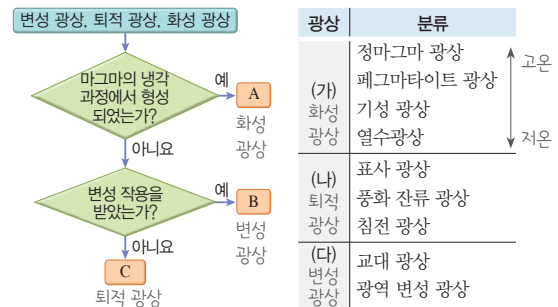
### 대표 자료 분석

86쪽

- 자료 1 1 A: 화성 광상, B: 변성 광상, C: 퇴적 광상    2 (가) A (나) C (다) B    3 (1) (나) (2) (다) (3) (가)    4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○

- 자료 2 1 (가) 고령토 (나) 구리 (다) 철    2 (1) 강하기 (2) 편마암 (3) 무르기    3 (1) × (2) ○ (3) ○

### 1-1 꼼꼼 문제 분석



A는 마그마가 냉각되는 과정에서 마그마 속에 포함된 유용한 광물이 정출되어 형성된 광상인 화성 광상이다. B는 지각 내에서 기존의 광상이 변성 작용을 받아 광물의 조성이 변하여 형성된 광상인 변성 광상이다. C는 지표의 광상이나 암석이 풍화, 침식, 운반, 퇴적되는 과정에서 유용한 광물이 모여 형성된 광상인 퇴적 광상이다.

①-2 (가)는 마그마의 온도와 위치에 따라 분류한 화성 광상(A), (나)는 유용한 광물이 모이는 과정에 따라 분류한 퇴적 광상(C), (다)는 변성 작용이 일어나는 과정의 차이에 따라 분류한 변성 광상(B)이다.

①-3 (1) 사금은 표사 광상에서 산출된다. 표사 광상은 (나) 퇴적 광상에 해당된다.  
 (2) 흑연, 활석은 (다) 변성 광상에서 산출된다.  
 (3) 니켈은 정마그마 광상에서, 납은 열수 광상에서 산출되므로 (가) 화성 광상에 해당한다.

①-4 (1) 보크사이트는 화학적 풍화가 일어날 때 용해되지 않은 풍화 잔류물에 의해 형성되므로 풍화 잔류 광상에서 산출된다. 풍화 잔류 광상은 퇴적 광상(C)에 속하며, B는 변성 광상이다.  
 (2) 해수가 증발하면서 용해된 물질의 침전에 의해 형성된 광상은 침전 광상이다. 침전 광상은 퇴적 광상(C)에 속한다.  
 (3) (가) 화성 광상은 마그마의 온도와 위치에 따라 구분하며, 그 중 마그마가 냉각되는 초기에 용융점이 높고 밀도가 큰 광물이 정출되어 정마그마가 광상이 형성된다.  
 (4) 표사 광상은 밀도가 크고 풍화에 강한 광물이 하천의 바닥에 쌓여 형성된 광상이다.  
 (5) 석류석, 흑연, 활석, 납정석, 홍주석, 우라늄 등은 (다) 변성 광상에서 산출된다.

②-1 (가) 도자기는 고령토를 이용하여 모양을 빚은 후 열을 가하여 단단하게 구워 만든다.  
 (나) 구리는 전기 전도도가 높으면서 다른 광물들에 비해 상대적으로 저렴하기 때문에 전선을 만드는 데 이용된다.  
 (다) 다리는 단단한 철을 이용하여 만든다. 하지만, 철은 부식에 약하기 때문에 순수한 철이 아닌, 철 합금강을 만들어 이용한다.

②-2 (1) (라) 다보탑은 화강암으로 만들어져 있는데, 화강암은 풍화 작용에 강하므로 현재까지 건립된 당시의 모습을 대부분 유지하고 있다.  
 (2) (마) 정원석에 이용된 암석은 밝은색과 어두운색의 줄무늬가 나타나는 편마암이다.  
 (3) (바)에 이용된 대리암은 다른 암석에 비해 무르므로 세밀한 조각을 하기에 유리하다.

②-3 (1) 도자기에 이용된 광물은 고령토이다. 고령토는 정장석의 화학적 풍화에 의해 형성된다. 보크사이트를 전기 분해하여 얻을 수 있는 광물은 알루미늄이다.

(2) (다)에 이용된 철은 단단하다는 장점이 있지만, 부식에 약하다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 스테인리스강 등 철 합금강을 만들어 이용한다.  
 (3) 대리암은 무늬가 아름다우므로 건물의 벽이나 바닥의 장식용으로 이용되기도 한다.

## 내신 만점 문제

87쪽~89쪽

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

01 ② 지하자원은 크게 광물 자원과 에너지 자원으로 구분할 수 있으며, 광물 자원은 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원으로 구분한다.

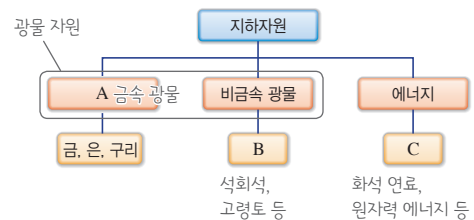
▶ **바로알기** ① 지하자원은 지하에서 자연 현상으로 땅속에서 만들어진 자원을 말한다. 따라서 인위적으로 생성된 물질은 지하자원에 포함하지 않는다.

③ 풍력 에너지와 파력 에너지는 땅속에서 만들어진 것이 아니므로 지하자원에 해당하지 않는다.

④ 금속이 주성분이 광물 자원을 금속 광물 자원이라고 한다. 비금속 광물 자원은 비금속이 주성분인 광물 자원이다.

⑤ 금속 광물 자원은 대체로 제련 과정을 거쳐 이용한다. 제련 과정을 거치지 않고, 분쇄하여 이용하기도 하는 것은 비금속 광물 자원이다.

## 02 **꼼꼼** 문제 분석

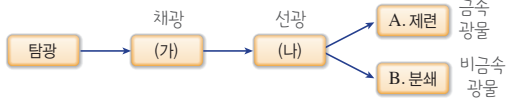


ㄱ. A는 금, 은, 구리 등 금속이 주성분인 지하자원으로, 금속 광물 자원이다.

ㄴ. 에너지 자원은 일상생활과 경제 활동을 위해 사용하는 연료로, 화석 연료와 원자력 에너지가 해당된다.

▶ **바로알기** ㄴ. 비금속 광물을 이용하기 위해서는 제련 과정이 필요하지 않다. 제련 과정이 필요한 것은 금속 광물 자원(A)이다.

### 03 **문제 분석**



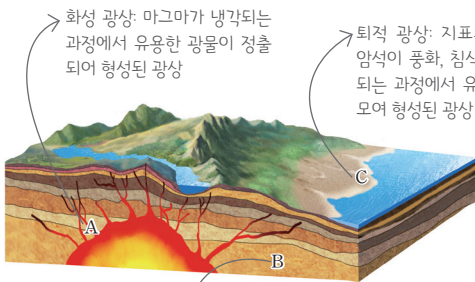
- 금속 광물 자원은 제련 과정을 거쳐 이용한다.
- 비금속 광물 자원은 제련 과정을 거치지 않고, 분쇄 과정을 거쳐 이용한다.

ㄴ. (나)는 선광으로, (가) 채광 단계를 거친 광물에서 원하는 광물만 가려내는 단계이다.

ㄷ. 구리는 금속 광물 자원이므로 제련 과정을 거쳐 이용한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. (가)는 탐광 다음 단계로, 원하는 광석을 채취하는 채광 단계이다. 선광 단계는 (나)이다.

### 04 **문제 분석**



변성 광상: 기존의 광상이 변성 작용을 받아 광물의 조성이 변하여 형성된 광상

ㄱ. A는 마그마 근처에서 형성되는 광상이다. 마그마가 냉각되는 과정에서 유용한 광물이 정출되어 형성되는 광상은 화성 광상이다.

ㄴ. C(퇴적 광상)는 지표 환경에서 형성된다. B(변성 광상)는 퇴적 광상보다 지하 깊은 곳에서 형성되므로 B는 C보다 고온 고압 환경에서 형성된다.

ㄷ. 기존 광상이 풍화 작용을 받아 침식, 운반, 퇴적되면서 형성되는 광상은 퇴적 광상(C)이다.

05 ㄷ. 변성 광상은 열이나 압력을 받는 과정에서 새로운 광물이 형성되어 특정한 곳에 집중 분포하거나 기존 광물의 조성이 변하여 형성된다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 화성 광상은 마그마의 생성이 활발한 판의 수렴형 경계나 발산형 경계에서 형성된다. 판의 보존형 경계에서는 화산 활동이 일어나지 않으므로 마그마가 잘 생성되지 않아 화성 광상이 형성되기 어렵다.

ㄴ. 퇴적 광상은 대부분 지표나 지표 부근의 저온 저압 환경에서 형성된다.

### 06 **문제 분석**

| 광상          | 특징                                                  | 산출 광물        |
|-------------|-----------------------------------------------------|--------------|
| A 정마그마 광상   | 마그마 냉각 초기에 밀도가 큰 광물이 정출되어 형성된다.                     | 백금, 니켈 등     |
| B 페그마타이트 광상 | 마그마 냉각 후기에 마그마가 주변 암석을 관입하면서 광물이 정출되어 형성된다.         | 석영, 장석, 운모 등 |
| C 기성 광상     | 마그마에 남아 있는 고온의 수증기와 휘발 성분이 주변의 암석과 화학 반응을 일으켜 형성된다. | 주석, 형석 등     |
| D 열수 광상     | 마그마가 굳은 후 남은 열수 용액에서 광물 성분이 침전하여 형성된다.              | 금, 은, 구리 등   |

ㄱ. A는 마그마가 냉각되는 초기에 형성되므로 정마그마 광상이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. A~D 모두 마그마의 냉각 과정에서 형성되는 광상이므로 화성 광상에 속한다.

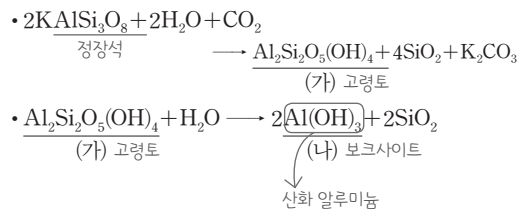
ㄷ. 마그마 냉각 초기에 정출되는 광물은 후기에 정출되는 광물보다 용융점이 높으므로 A에서 용융점이 가장 높은 광물이 정출된다.

07 ㄱ. 마그마가 냉각되는 과정에서 형성되므로 화성 광상에 속한다.

ㄷ. 페그마타이트 광상에는 암석 내에서 석영, 장석 등의 광물이 결정으로 산출된다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 페그마타이트는 마그마가 냉각되는 후기에 형성되므로 결정의 크기가 큰 암석이 산출된다. 따라서 화성 광상 중 페그마타이트 광상이다.

### 08 **문제 분석**



- 고령토와 보크사이트는 퇴적 광상 중 풍화 잔류 광상에서 산출된다.
- 정장석의 화학적 풍화 작용에 의해 고령토가 생성되고, 고령토의 화학적 풍화 작용에 의해 보크사이트가 생성된다.

ㄱ. (가)는 정장석의 풍화 작용에 의해 생성되므로 고령토, (나)는 (가) 고령토의 풍화 작용에 의해 생성되므로 보크사이트이다.

ㄴ. 정장석의 풍화 작용에 의해 생성된 (가)는 잔류하고,  $\text{SiO}_2$ 와  $\text{K}_2\text{CO}_3$ 는 물에 녹아 제거된다. (가)의 풍화 작용에 의해 생성된 (나)는 잔류하고,  $\text{SiO}_2$ 는 물에 녹아 제거된다. 따라서 (가)와 (나)는 풍화 잔류 광상에서 산출된다.

ㄷ. 보크사이트는 알루미늄 산화물로 이루어져 있으므로 (나)로부터 알루미늄을 얻을 수 있다.

■ **바로알기** ㄹ. 풍화 잔류 광상은 화학적 풍화 작용이 일어나는 고온 다습한 환경에서 잘 형성된다. 따라서 한대 지방보다 열대 지방에서 잘 일어난다.

**09** ㄱ. 호상 철광층은 해수에 녹아 있던 철이 생물의 광합성으로 생성된 산소와 결합하여 산화 철이 되고 해저에 침전하여 형성되므로 침전 광상에 해당한다.

■ **바로알기** ㄴ. 층상 구조가 생긴 까닭은 침전하는 물질의 종류가 달라졌기 때문이다. 철 성분이 풍부한 층과 철 성분이 적은 층으로 구분된다.

ㄷ. 해수에 녹아 있던 철이 산소와 결합하여 산화 철이 되어 침전하여 호상 철광층이 형성되었으므로 해수에 용존 산소가 증가하면서 광상이 형성되었다.

**10** 하천에서 모래로부터 사금을 채취하는 원리는 액체에 떠 있는 입자의 밀도 차를 이용한 것으로, 밀도가 작은 모래나 흙을 흘려보내면 밀도가 큰 사금이 남는다.

■ **모범답안** 표사 광상(또는 퇴적 광상), 사금은 모래보다 밀도가 크기 때문에 모래로부터 사금을 채취할 수 있다.

| 채점 기준                                                 | 배점    |
|-------------------------------------------------------|-------|
| 표사 광상 또는 퇴적 광상을 쓰고, 사금과 모래의 밀도를 비교하여 채취 원리를 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 채취 원리만 옳게 서술한 경우                                      | 60 %  |
| 표사 광상 또는 퇴적 광상만 쓴 경우                                  | 40 %  |

**11** ㄴ. 철은 수분이 많은 환경에서 쉽게 산화하여 부식되는 단점이 있으므로 주방 용기는 이를 보완한 철 합금강인 스테인리스강으로 만든다.

■ **바로알기** ㄱ. 철탑 제작에 철을 이용하는 것은 비교적 저렴한 비용으로 단단한 구조물을 만들 수 있기 때문이며, 전기 전도도가 높은 성질은 철탑 제작의 단점에 해당한다.

ㄷ. 철은 금속 광물로, 자철석이나 적철석 등의 광석을 제련하여 얻는다.

**12** 알루미늄의 특성을 나타낸 것이다.

①, ④ 알루미늄은 전성과 연성이 뛰어나고, 가벼우며 쉽게 녹슬지 않으므로 주방 용기나 캔 제조의 원료로 적합하다.

② 알루미늄은 쉽게 녹슬지 않고 가벼우므로 창틀 제조의 원료로 적합하다.

③ 알루미늄은 쉽게 녹슬지 않고 전기 전도도가 높으며, 가벼우므로 고압 전선 제조의 원료로 적합하다.

■ **바로알기** ⑤ 알루미늄은 금속 광물이므로 얇게 만들어도 빛이 통과하지 않아 광학용 렌즈를 만드는 데에는 적합하지 않다.

**13** 활석은 모스 굳기가 1로 낮고, 분말이 부드러우므로 화장품 제조 등에 이용된다.

■ **모범답안** 활석은 굳기가 낮아 분말로 만들기 쉽다.

| 채점 기준              | 배점    |
|--------------------|-------|
| 굳기를 포함하여 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 굳기를 포함하지 않고 서술한 경우 | 0 %   |

## 14 **꼼꼼** 문제 분석



→ 쪼개짐이 발달한다.

ㄴ. 점판암은 한 방향으로 쪼개짐이 발달하므로 이러한 성질을 이용하여 지붕을 만들었다.

ㄷ. 점판암은 우리나라 모든 지역에서 산출되지 않으며, 지역성이 매우 강한 재료이다. 따라서 점판암 지붕은 생활 주변에서 얻을 수 있는 암석을 건축 재료로 이용한 예이다.

■ **바로알기** ㄱ. 퇴적물이 쌓여 형성된 암석은 퇴적암이다. 점판암은 셰일이 열과 압력에 의한 변성 작용을 받아 형성된 변성암이다.

## 15 **꼼꼼** 문제 분석



(가) 대리암

- 무르다.
- 탄산염 광물이다. → 산과 반응한다.



(나) 화강암

- 단단하다.
- 풍화 작용에 강하다.

ㄴ. (가)는 (나)보다 무르기 때문에 세밀한 조각에는 (가)가 더 유리하다.

■ **바로알기** ㄱ. (가)는 탄산염 광물로 이루어져 있으므로 산과 반응하여 부식된다. 따라서 (가)는 (나)보다 산성비에 의한 풍화에 약하다.

ㄷ. 마그마가 굳어 생성된 암석은 화성암이다. (가)는 석회암이 변성 작용을 받아 생성된 변성암이고, (나)는 마그마가 지하 깊은 곳에서 굳어 생성된 화성암이다.

## 04 해양 자원

### 개념 확인 문제

92쪽

① 이산화 탄소      ② 가스수화물      ③ 해양 재생 에너지

④ 해양 생물      ⑤ 해양 광물

1 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×      2 (1) (나), (라) (2) (가), (다), (마)      3 가스수화물      4 (가) 조류 발전 (나) 파력 발전  
5 (1) (가), (나) (2) (다)      6 망가니즈 단괴      7 해양

1 (1) 해양에서 이용 가능한 모든 것을 해양 자원이라고 하며, 해양 자원은 해양 에너지 자원과 해양 물질 자원으로 구분한다. 해양 에너지 자원은 해양에서 얻을 수 있는 에너지를 의미하고, 해양 물질 자원은 해수에 녹아 있거나 해저에 퇴적, 침강, 축적된 이로운 물질을 의미한다.

(2) 화석 연료는 연소하는 과정에서 이산화 탄소가 발생하여 지구 온난화를 일으킨다.

(3) 해양 재생 에너지는 해수를 이용하여 전기 에너지를 생산하는 방식으로, 온실 기체 등 대기 오염 물질을 배출하지 않으며 재생 가능한 자원이므로 에너지가 고갈되지 않는다.

(4) 해양 물질 자원은 해수에 녹아 있거나 해저에 퇴적, 침강, 축적된 이로운 물질로, 해수 자원, 해양 생물 자원, 해양 광물 자원 등이 있다.

(5) 해양 광물 자원은 해수에 녹아 있는 용존 물질 중 경제적으로 채취가 가능하거나 해저에 매장되어 있는 광물 자원으로, 망가니즈 단괴, 브로민 등이 있다. 대부분 식용으로 이용되는 해양 자원은 해양 생물 자원이다.

2 (1) 해양 에너지 자원은 해양에서 얻을 수 있는 에너지로, (나) 석유 등의 화석 연료, 해양 재생 에너지인 (라) 조력 발전 등이 있다.

(2) 해양 물질 자원은 해수에 녹아 있거나 해저에 퇴적, 침강, 축적된 이로운 물질로, (가) 리튬과 같은 해수 자원, (다) 해조류와 같은 해양 생물 자원, (마) 망가니즈 단괴와 같은 해양 광물 자원 등이 있다.

3 가스수화물은 저온 고압 환경에서 메테인이 얼음과 결합하여 있는 고체의 에너지 물질로, 영구 동토나 심해저에서 형성된다. 가스수화물은 얼음 형태로 매장되어 있으며, 불을 붙이면 잘 타므로 '불타는 얼음'으로도 불리고, 우리나라 동해의 울릉 분지에 약 6억 톤 정도 매장되어 있다.

4 (가)는 강한 조류의 흐름을 이용하여 터빈을 돌려 발전하는 조류 발전이다. (나)는 파도에 의한 해수면 높이 변화를 이용하여 터빈을 돌려 발전하는 파력 발전이다.

5 (1) (가) 조력 발전과 (나) 조류 발전의 근원 에너지는 조력 에너지로, 조석 현상에 의한 해수 운동을 이용한 발전이다.

(2) 바람이 강하게 부는 곳에서는 파도의 운동 에너지를 이용한 파력 발전이 적합하다.

6 망가니즈 단괴는 해수에 녹아 있던 망가니즈 등의 금속 성분이 침전하여 성장한 덩어리로, 심해저에 폭넓게 분포한다.

7 빠른 속도로 고갈되는 화석 연료와 육지에서 채굴하기에 부족한 광물 자원을 대체할 다른 자원은 해양에서 얻을 수 있다.

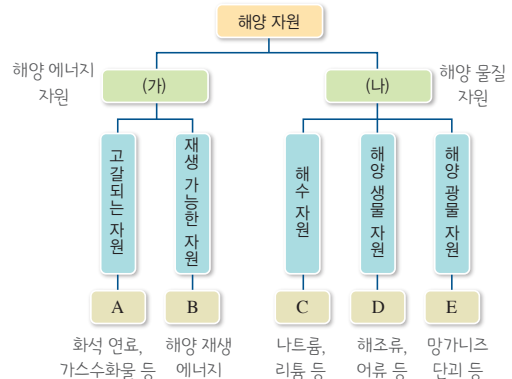
### 대표 자료 분석

93쪽

자료 1 1 (가) 해양 에너지 자원 (나) 해양 물질 자원      2 D  
3 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) ○

자료 2 1 (가) 조력 발전 (나) 조류 발전 (다) 파력 발전 (라) 해양 온도 차 발전      2 (다), (라)      3 (가), (나)      4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○

### ①-1 꼼꼼 문제 분석



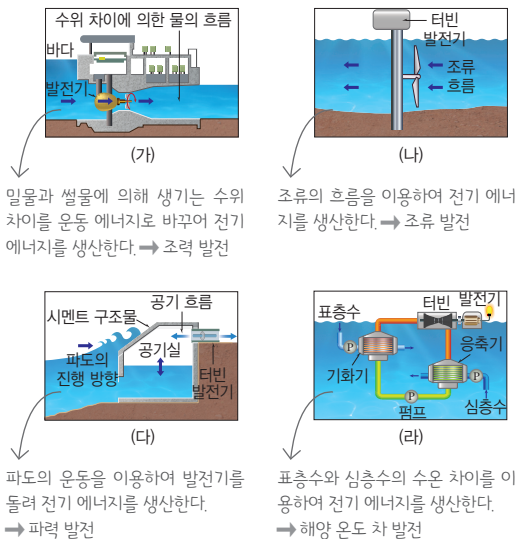
해양 자원은 크게 (가) 해양 에너지 자원과 (나) 해양 물질 자원으로 구분한다.

①-2 해양 생물의 재생산력이 육상 생물에 비해 크므로 해양 생물 자원은 대부분 식용으로 이용되지만 최근에는 활용 분야가 넓어져 의약품 원료, 공업 원료, 공예품 원료 등 다양하게 이용되고 있다.



- ①-3 (1) 석유와 천연가스는 화석 연료로, 자원의 양이 한정되어 있어 고갈된다. (A)
- (2) 해수의 운동이나 수온 차이 등에서 에너지를 얻는 해양 자원은 해양 재생 에너지인 B이다.
- (3) 가스수화물은 저온 고압 환경에서 메테인이 물 분자와 결합한 고체의 에너지 자원으로, A에 속한다. B에는 조력 발전, 조류 발전 등이 속한다.
- (4) 해수를 담수화하면 공업용수, 농업용수, 생활용수로 이용할 수 있는데, 이는 해수 자원인 C에 해당한다.
- (5) 망가니즈 단괴는 심해저에 분포하는 망가니즈, 니켈, 코발트 등 금속 광물을 함유한 덩어리로, 해양 광물 자원인 E에 속한다.
- (6) 홍합을 추출하여 의약품 생체 접착제로 활용하는 등 해양 생물 자원은 최근 해양 신소재 개발이나 해양 바이오 산업에 활용되고 있다.

②-1 **꼼꼼 문제 분석**



(가)는 밀물과 썰물에 의해 생기는 해수면 높이 차이를 이용하는 조력 발전이고, (나)는 밀물과 썰물일 때 조류의 흐름을 이용하는 조류 발전이다. (다)는 파도에 의한 해수면 높이 차이를 이용하는 파력 발전이고, (라)는 표층수와 심층수의 수온 차이를 이용하는 해양 온도 차 발전이다.

②-2 (다)는 바람의 운동 에너지에 의해 파도가 생기므로 에너지원이 태양 에너지이다. (라)는 태양 에너지로 가열된 표층수를 이용하여 기체를 만들어 터빈을 돌리고, 찬 심층수를 이용하여 기체를 응축시키는 과정을 반복하므로 에너지원이 태양 에너지이다.

②-3 (가)와 (나)는 조석 현상에 의한 주기적인 해수면 높이 차이나 조류의 흐름을 이용하므로 에너지원이 조력 에너지이다.

②-4 (1) (가)는 밀물과 썰물 때의 수위 차이에 의한 위치 에너지가 운동 에너지로 전환되면서 전기 에너지를 생산하므로 밀물과 썰물 때의 수위 차이가 클수록 유리한 발전 방식이다. 조류가 빠른 곳에서 운용하는 것이 유리한 발전 방식은 조류의 흐름을 이용하는 (나)이다.

(2) (가)는 방조제를 설치하므로 갯벌이 사라지거나 해류의 흐름이 바뀌는 등 해양 생태계의 교란이 생길 수 있다.

(3) (나)는 조류의 흐름을 이용하므로 조류가 빠른 곳에서 발전하는 것이 효율적이다. 섬과 육지 또는 섬과 섬 사이인 곳에서 조류가 빠르므로 우리나라 서해안이나 남해안에 조류 발전소를 설치하여 운용하고 있다.

(4) 파도는 바람이 불어 생기기 때문에 (다)는 바람의 영향을 많이 받는다.

(5) 열대 해역은 한대 해역보다 표층수와 심층수의 수온 차이가 크기 때문에 (라)는 한대 해역보다 열대 해역에서 유리한 발전 방식이다.

(6) (가)~(라)는 태양 에너지나 조력 에너지를 통해 해수를 이용하여 전기 에너지를 얻으므로 모두 재생 가능한 자원이다.

내신 만점 문제

94쪽~95쪽

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

01 ① 해양 자원은 해양에서 이용 가능한 모든 것을 의미한다. 심해저의 가스수화물은 저온 고압의 환경에서 메테인이 물 분자와 결합한 고체의 에너지 물질로, 해양 자원에 속한다.

② 해양 생물 자원은 해양에서 채취하는 동식물로, 해조류, 어류, 조개류 등이 해당한다.

④ 해양 재생 에너지는 공해가 없고, 태양 에너지, 조력 에너지와 같은 에너지와 해수를 이용하므로 재생 가능하다.

⑤ 브로민, 마그네슘 등의 해양 광물 자원은 해수에 녹아 있다.

■ **바로알기** ③ 망가니즈 단괴는 심해저에 많이 분포한다. 석유, 석탄, 천연가스 등이 대륙 연안부에 매장되어 있다.

**02** ① 화석 연료는 경제적 가치가 가장 높은 해양 에너지 자원으로, 석유, 석탄, 천연가스 등이 속한다.

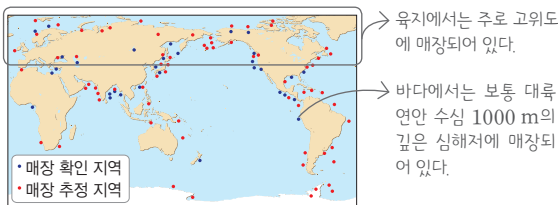
② 화석 연료는 매장되어 있는 양이 한정되어 있으므로 고갈되는 자원이다.

③ 화석 연료의 정유 공정에서 나온 부산물은 화학 공업의 필수 원료가 된다.

④ 화석 연료를 연소시키면 탄소와 산소가 결합한 이산화 탄소가 발생하여 지구 온난화를 일으킨다.

▮ **바로알기** ▮ ⑤ 해수 속에 분포하는 화석 연료는 대부분 수심이 얇은 대륙붕에 매장되어 있다.

### 03 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 가스수화물은 고위도 육지의 영구 동토층이나 심해저의 퇴적물에서 채취할 수 있다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 가스수화물은 메테인으로 이루어져 있으므로 연소시키면 이산화 탄소를 배출한다.

ㄷ. 가스수화물은 저온 고압의 환경에서 형성되므로 고온 다습한 육지에서는 형성되지 않는다.

**04** ㄴ. 해양 재생 에너지는 해수의 수온 차이나 해수의 운동을 이용하여 얻는 에너지이므로 이산화 탄소 등 대기 오염 물질을 방출하지 않고 공해가 없다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 천연가스는 화석 연료에 포함되어 고갈되는 에너지이므로 해양 재생 에너지에 포함되지 않는다.

ㄷ. 해양 재생 에너지는 해수의 운동이나 해수의 수온 차이를 이용하므로 고갈되지 않는 에너지이다.

**05** (가)는 밀물과 썰물에 의해 생기는 수위 차이를 이용한 조력 발전이고, (나)는 조류의 흐름을 이용한 조류 발전이다.

ㄱ. (가)는 밀물 때 유입된 해수를 가두어 발전하므로 갯벌이 사라지는 피해가 생긴다. 따라서 (가)가 (나)보다 갯벌의 생태계에 더 큰 영향을 미친다.

ㄴ. (가)는 조석 간만의 차이가 클수록 발전에 유리하므로 우리나라 동해안보다 서해안에서 유리하다.

▮ **바로알기** ▮ ㄷ. (나)는 조류를 이용하므로 조류가 빠른 곳에 발전소를 설치해야 하는 지역적 제한이 있다. 우리나라는 전라남도 울돌목에서 조류 발전소를 운영하고 있다.

**06** 그림은 파도가 운동하면서 공기실 내의 공기를 압축하거나 팽창시켜 발전하는 파력 발전이다.

▮ **모범답안** ▮ • 환경적 조건: 파도가 강하고 지속적으로 발생하는 지역에 적합하다.

• 단점: 파도의 세기가 일정하지 않아 발전량이 고르지 않다.

| 채점 기준                        | 배점    |
|------------------------------|-------|
| 환경적 조건과 단점을 모두 옳게 서술한 경우     | 100 % |
| 환경적 조건과 단점 중 한 가지만 옳게 서술한 경우 | 50 %  |

**07** ㄱ. 미세 조류는 화석 연료와 분자 구조가 유사한 기름을 생산한다. ㉠은 미세 조류에서 에너지를 얻는 것이므로 화석 연료를 대체할 수 있다.

ㄷ. 해양 생물 자원은 해양에서 채취하는 동식물로, 해조류, 어류, 조개류 등이 포함된다. ㉠은 미세 조류에서 얻고, ㉡은 혼합에서 얻으므로 ㉠과 ㉡ 모두 해양 생물 자원을 활용한 것이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 해수 자원은 심층수 개발, 해수 담수화 등 해수를 자원으로 이용한다. ㉡은 해양 생물 자원인 혼합에서 추출한 것이다.

**08** ① 우리나라는 태평양의 클라리온-클리퍼턴 해역을 탐사하여 망가니즈 단괴의 단독 개발권을 확보하였다. 따라서 그림과 관련 있는 광물은 망가니즈 단괴이다.

② 망가니즈 단괴는 해양 물질 자원 중 해양 광물 자원에 속한다.

③, ⑤ 망가니즈 단괴는 수심 3000 m~6000 m 정도인 심해저에 많이 분포하므로 망가니즈 단괴를 채취하기 위해서는 심해저 채굴 기술의 개발이 필요하다.

▮ **바로알기** ▮ ④ 우리나라 동해의 울릉 분지에 다량 매장되어 있는 해양 자원은 가스수화물이다. 망가니즈 단괴는 심해저에 많이 분포하고 있다.

### 09 **꼼꼼** 문제 분석

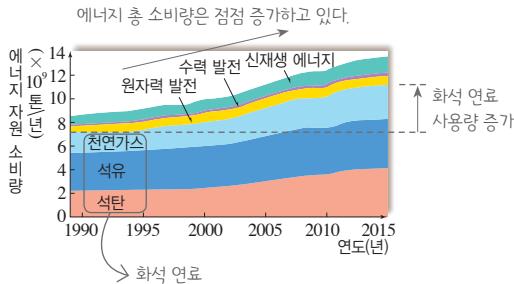


ㄱ. (가)는 저온 고압의 환경에서 메테인이 물 분자와 결합하여 얼음 형태로 매장되어 있다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. (나)는 해수에 녹은 광물이 침전하여 형성된 광물 결합체이다.

ㄷ. (가)는 해양 에너지 자원이고, (나)는 해양 물질 자원 중 해양 광물 자원이다.

## 10 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 1989년에 소비한 에너지 자원의 총 소비량은 약  $8.5 \times 10^9$ 톤이었지만, 시간이 지날수록 증가하여 2015년에는 약  $13.5 \times 10^9$ 톤을 소비하였다. 따라서 에너지 총 소비량은 증가하고 있다.

ㄴ. 화석 연료는 연소 과정에서 이산화 탄소가 발생하여 지구 온난화를 일으킨다. 따라서 현재와 같이 화석 연료의 소비량이 많아지면 지구 온난화는 심화될 것이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 석탄, 석유, 천연가스 등 화석 연료의 사용량이 증가하고 있다.

ㄷ. 수력 발전, 신재생 에너지 등 재생 가능한 에너지의 사용량은 증가하고 있지만 에너지 총 소비량 중에서 재생 가능한 에너지가 차지하는 비율은 석탄에 비해 매우 작다.

11 ㄱ. 육지에서 암석을 이루는 광물의 일부는 물에 녹아 바다로 운반되므로 부족한 육상 광물 자원을 해양에서 얻을 수 있다.

ㄴ. 밀물과 썰물, 파도 등 해수의 운동 에너지에서 전기 에너지를 얻을 수 있으므로 화석 연료를 대체하여 재생 에너지를 얻을 수 있다.

ㄷ. 해양 생물 자원은 대부분 식용으로 이용되지만 최근에는 공업용 원료, 의약품 원료 등으로 이용되고, 해양 신소재 개발이나 해양 바이오 산업에도 활용되고 있다.

### 중단원 핵심 정리

96쪽~97쪽

- 1 규산염 사면체   2 단사슬   3 판상   4 크다   5 단굴절
- 6 복굴절   7 개방 니콜   8 직교 니콜   9 자형   10 타형
- 11 조립질   12 비쇄설성   13 혼펠스   14 열수   15 표사
- 16 교대   17 이산화 탄소   18 메테인   19 조력 발전
- 20 망가니즈 단괴

## 중단원 마무리 문제

98쪽~101쪽

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

01 ㄱ. 광물은 규칙적인 내부 구조를 가지는 결정질이다.

ㄷ. 대부분의 광물은 여러 원소가 화합물을 이루지만 구리, 금과 같이 한 종류의 원소로 이루어진 광물도 있다. 한 종류의 원소로 이루어진 광물을 원소 광물이라고 한다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 광물은 자연적으로 만들어진 물질을 말하며, 인공적으로 만든 것은 광물에 포함하지 않는다.

## 02 꼼꼼 문제 분석

| 광물  | 화학 조성                                                               | 분류     |
|-----|---------------------------------------------------------------------|--------|
| 석영  | SiO <sub>2</sub>                                                    | 규산염 광물 |
| 방해석 | CaCO <sub>3</sub>                                                   | 탄산염 광물 |
| 감람석 | Fe <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> , Mg <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> | 규산염 광물 |
| 금강석 | C                                                                   | 원소 광물  |

ㄱ. 석영과 감람석은 Si(규소)와 O(산소)가 화합물을 이루므로 규산염 이온(SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup>)이 포함된 규산염 광물이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 방해석은 광물에 포함된 음이온이 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>인 탄산염 광물이고, 금강석은 C(탄소)의 한 가지 원소로 이루어진 원소 광물이다.

ㄷ. 금강석은 원소 광물이므로 묶은 염산에 반응하지 않는다. 묶은 염산에 반응하는 광물은 탄산염 광물이다.

03 ㄱ. 규산염 광물은 규산염 사면체를 기본 구조로 하여 다양한 광물을 만든다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 규산염 사면체 사이에 산소를 공유하면서 결합이 형성된다.

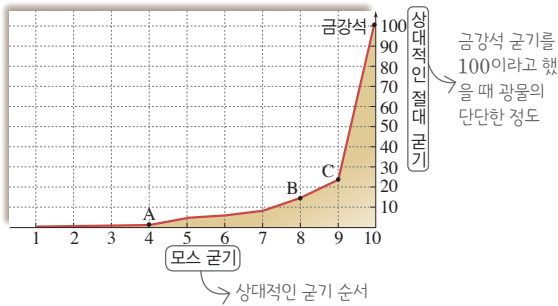
ㄷ. 규산염 사면체가 양쪽의 산소를 공유하며 1개의 긴 사슬 모양으로 결합을 이루므로 단사슬 구조이다. 복사슬 구조는 2개의 단사슬 구조가 연결된 모양이다.

04 ㄱ. 규산염 사면체의 결합으로 얇은 판 모양을 형성하므로 판상 구조를 이룬다.

ㄴ. 판상 구조는 판과 판 사이의 결합이 상대적으로 약하여 한 방향의 쪼개짐이 나타난다.

ㄷ. 흑운모는 규산염 사면체가 판상 구조를 이루는 광물이다.

## 05 꼼꼼 문제 분석



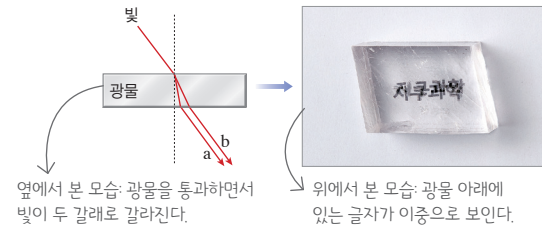
굳기:  $A < B < C \Rightarrow A$ 는 B와 C에 굽히고, B는 C에 굽힌다.

ㄴ. 모스 굳기 숫자가 클수록 단단한 광물이다. 따라서 B와 C를 서로 굽으면 상대적으로 무른 광물인 B가 굽힌다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 모스 굳기는 광물의 상대적인 굳기를 나타낸 것이므로 B가 A보다 2배 단단한 것은 아니다. 상대적인 절대 굳기를 보면 B는 A보다 2배 이상 단단하다.

ㄷ. C의 굳기는 A, B보다 단단하므로 C의 굳기를 이용하여 A와 B를 구별할 수 없다.

## 06 꼼꼼 문제 분석



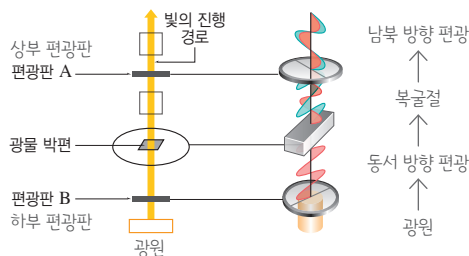
복굴절이 일어난다.  $\Rightarrow$  이방체 광물

ㄴ. 복굴절하는 두 갈래의 빛은 진동 방향이 서로 수직이다.

ㄷ. 편광 현미경은 광물을 통과한 빛이 복굴절하는 현상을 이용하여 간섭색을 관찰하므로 이 광물의 간섭색을 관찰할 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 암염은 단굴절하는 등방체 광물이다. 복굴절하는 광물에는 방해석, 석영 등이 있으며, 대부분의 광물은 이방체 광물에 해당한다.

## 07 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. A는 상부 편광판, B는 하부 편광판이다. 하부 편광판(B)은 편광 현미경에 고정되어 있고, 상부 편광판인 A를 뺀 상태를 개방 니콜, A를 낀 상태를 직교 니콜이라고 한다.

ㄴ. 광원에서 나온 빛이 하부 편광판(B)을 통과하면 동서 방향으로 편광되고, 상부 편광판(A)을 통과하면 남북 방향으로 편광되므로 편광 방향이 서로 수직이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 불투명 광물은 박편에서 빛이 통과하지 못하므로 편광 현미경으로 관찰하면 어둡게 보인다. 광물 박편은 투명 광물로 관찰한다.

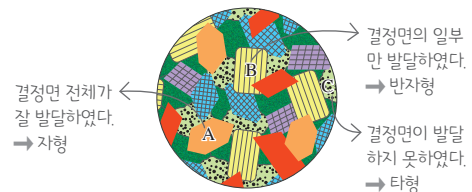
08 A는 단굴절이 일어나므로 등방체 광물, B는 복굴절이 일어나므로 이방체 광물이다.

ㄴ. 등방체 광물을 통과한 빛은 직교 니콜에서 진행 경로가 완전히 막힌다. A는 등방체 광물이므로 직교 니콜에서 항상 어둡게 보이는 완전 소광이 일어난다.

ㄷ. B는 이방체 광물이므로 직교 니콜에서 간섭색을 관찰할 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 다색성은 개방 니콜에서 재물대를 돌릴 때 광물을 통과한 빛이 복굴절하면서 빛의 진행 방향에 따라 흡수되는 정도가 다르기 때문에 나타나는 현상이다. 등방체 광물인 A는 빛이 단굴절하므로 다색성이 나타나지 않는다.

## 09 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. 마그마가 냉각되면서 결정이 생성될 때 성장할 공간이 충분하면 자형이 발달하므로 결정이 생성된 순서는 자형(A)  $\rightarrow$  반자형(B)  $\rightarrow$  타형(C)이다.

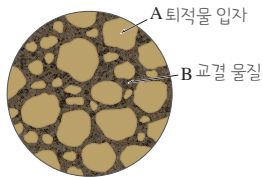
ㄷ. A는 결정이 성장할 공간이 충분하였고, C는 결정이 성장할 공간이 부족하였다. 따라서 광물이 성장할 수 있는 공간은 A가 C보다 넓었다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. A는 자형, B는 반자형, C는 타형이다.

10 결정이 큰 입자와 작은 입자가 함께 나타나므로 반상 조직이 관찰된다. 이 조직은 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어가다가 비교적 얇은 곳까지 상승하여 빠르게 식어 굳은 반심성암에서 잘 나타난다. 마그마가 지하 깊은 곳에서 굳은 심성암에서는 결정이 큰 조립질 조직이 나타나고, 지표 부근에서 굳은 화산암에서는 결정이 작은 세립질 조직이나 유리질 조직이 나타난다.



## 11 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 역암은 자갈, 모래, 진흙이 섞여 굳은 퇴적암이므로 A가 자갈이면 이 퇴적암은 역암이다.

ㄴ. B는 채설물 입자 사이에 채워져 단단한 암석으로 만드는 방해석, 점토 광물, 불투명 광물 등의 교결 물질이다.

▣ **바로알기** ㄷ. 채설성 조직은 기존 암석의 풍화와 침식에 의해 생긴 채설성 입자가 굳어 나타난다. 해수의 증발에 의해 형성된 퇴적암에서는 비채설성 조직이 나타난다.

12 ㄱ. 천매암과 편마암은 모두 열과 압력에 의해 변성되어 생성되는 변성암이므로 엽리가 발달한다.

ㄴ. 세일이 열과 압력을 받는 정도에 따라 점판암 → (가) 천매암 → 편암 → (나) 편마암으로 변한다.

ㄷ. 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암으로 갈수록 변성 정도가 증가하면서 세립질 입자에서 조립질 입자로 변한다. 따라서 (가)는 (나)보다 세립질 입자로 이루어진다.

13 ② 마그마가 굳은 후 남은 마그마수, 지각으로 스며든 지하수, 해수 등이 마그마 주변에서 가열되어 열수 용액이 되고, 열수 용액에 포함된 광물 성분이 침전하여 형성된 광상을 열수 광상이라고 한다.

▣ **바로알기** ① 기성 광상은 마그마에 남아 있는 고온의 수증기와 휘발 성분이 주변 암석과 화학 반응을 일으켜 형성된 광상이다.

③ 정마그마 광상은 고온의 마그마가 냉각되는 초기에 용융점이 높고 밀도가 큰 광물이 정출되어 형성된 광상이다.

④ 광역 변성 광상은 대규모 지각 변동으로 넓은 지역에 걸쳐 변성 작용이 일어나면서 기존 광상의 성질이 변하여 형성된 광상이다.

⑤ 페그마타이트 광상은 마그마가 냉각되는 후기에 휘발 성분이 풍부한 마그마가 주변의 암석을 관입하면서 광물이 정출되어 형성된 광상이다.

## 14 **꼼꼼** 문제 분석

(가) 풍화에 의해 생긴 광물이 물에 의해 운반되는 동안 하천의 바닥에 쌓여 형성된다.

→ 표사 광상: 풍화에 강하고 밀도가 큰 광물이 주로 모여 있다.

(나) 풍화 작용에 의해 유용한 광물이 남고 나머지는 제거되어 형성된다.

→ 풍화 잔류 광상: 상대적으로 잘 녹지 않는 광물만 남아 있다.

(가)는 표사 광상, (나)는 풍화 잔류 광상에 대한 설명이다.

ㄱ. (가)와 (나)는 기존 광상이 풍화 과정을 거쳐 형성되므로 퇴적 광상이다.

ㄷ. 고령토는 정장석이 화학적 풍화 작용을 받아 물에 녹는 탄산 칼륨과 규산은 빠져나가고 남은 물질이다. 보크사이트는 고령토의 화학적 풍화 작용이 더욱 진행되면서 규산이 빠져나가고 남은 물질이다. 따라서 고령토와 보크사이트는 풍화 잔류 광상인 (나)에서 산출된다.

▣ **바로알기** ㄴ. (가)에서 물에 운반되는 광물 중 밀도가 큰 것은 하천의 바닥에 가라앉아 쌓여 표사 광상을 형성한다.

15 ①, ③ 알루미늄은 가벼우므로 송전용 전선의 무게를 줄일 수 있고, 전기 전도도가 높으므로 송전에 유리하다.

④ 알루미늄이 쉽게 녹슬지 않는다는 점은 송전용 전선으로 이용하기에 유리하다.

⑤ 알루미늄은 지각에 산소, 규소 다음으로 풍부한 원소이다. 알루미늄이 지각에 풍부하다는 점은 송전용 전선으로 이용하기에 유리하다.

▣ **바로알기** ② 가늘고 길게 늘어나는 성질을 연성이라고 한다. 알루미늄은 연성이 뛰어나므로 전선으로 만들기 유리하다.

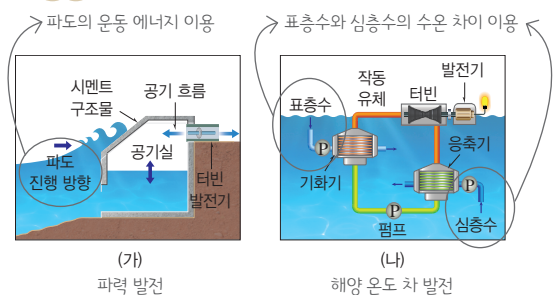
16 그림은 가스수화물이다.

ㄷ. 우리나라에서는 동해의 울릉 분지에 가스수화물이 매장되어 있다는 것이 확인되었다.

▣ **바로알기** ㄱ. 가스수화물은 심해저에서 형성될 뿐만 아니라 고위도의 영구 동토에서도 형성된다.

ㄴ. 가스수화물은 메테인과 물 분자로 이루어져 있으므로 메테인이 연소되는 과정에서 이산화 탄소와 물이 형성되어 온실 기체를 발생시킨다.

## 17 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. (가)는 파도의 운동 에너지를 이용하여 전기 에너지를 얻는 발전 방식이므로 에너지원은 태양 에너지이다. (나)는 태양 에너지에 의해 따뜻해진 표층과 찬 심층의 수온 차이를 이용하여 전기 에너지를 얻는 발전 방식이므로 에너지원은 태양 에너지이다.



▣ **바로알기** ▣ 나. (가)는 바람이 불어 발생하는 파도를 이용하므로 바람이 강하고 지속적으로 부는 곳에 알맞은 발전 방식이다. 조석 간만의 차이가 큰 해역에서는 조력 발전이 적합하다.

ㄷ. 고위도로 갈수록 표층수와 심층수의 수온 차이가 감소하므로 (나)의 발전량 증가에 불리하다. 해양 온도 차 발전은 저위도로 갈수록 발전량 증가에 유리하다.

**18** (1) Mg와 Fe의 함량이 높은 규산염 광물은 유색 광물로, 어둡게 보이고, Na, K의 함량이 높은 규산염 광물은 무색 광물로, 흰색이나 투명하게 보인다.

(2) 규산염 광물은 규산염 사면체끼리 산소를 공유하면서 여러 구조가 만들어진다. 이때 규산염 사면체 사이에 결합력이 약한 부분이 있는 경우에는 쪼개짐이 나타나고, 모든 방향으로 결합력이 비슷한 경우에는 깨짐이 나타난다.

▣ **모범답안** ▣ (1) 석영은 무색 광물로 Mg와 Fe를 함유하지 않고, 감람석은 유색 광물로 Mg와 Fe의 함량이 높기 때문이다.

(2) 두 광물 모두 규산염 사면체의 결합력이 모든 방향으로 비슷하기 때문에 깨짐이 나타난다.

| 채점 기준                              | 배점   |
|------------------------------------|------|
| (1) Mg와 Fe의 함량을 비교하여 까닭을 옳게 설명한 경우 | 50 % |
| (2) 결합력의 차이로 깨짐을 옳게 설명한 경우         | 50 % |
| 깨짐이 나타난다고만 서술한 경우                  | 30 % |

**19** 그림은 간섭색과 소광이 나타나므로 직교 니콜로 관찰한 모습이다. 다색성은 개방 니콜 상태에서 재물대를 돌리며 관찰할 때 나타난다.

▣ **모범답안** ▣ 상부 편광판을 빼고, 재물대를 천천히 돌리면서 색의 변화를 관찰한다.

| 채점 기준                              | 배점    |
|------------------------------------|-------|
| 상부 편광판과 재물대 조작을 모두 옳게 설명한 경우       | 100 % |
| 상부 편광판 또는 재물대 조작 중 한 가지만 옳게 설명한 경우 | 50 %  |

**20** 선캄브리아 시대 초기에는 바다에 산소가 없었으나 남세균이 출현한 이후 광합성을 활발히 하여 산소가 생성되었다. 해수에 산소가 풍부해지면서 산소는 해수에 녹아 있던 철과 반응하여 산화 철이 되었고, 해저에 침전되어 호상 철광층이 형성되었다.

▣ **모범답안** ▣ 남세균의 광합성에 의해 생성된 산소가 해수 중의 철과 반응하여 산화 철이 된 후 침전하여 호상 철광층이 형성되었다.

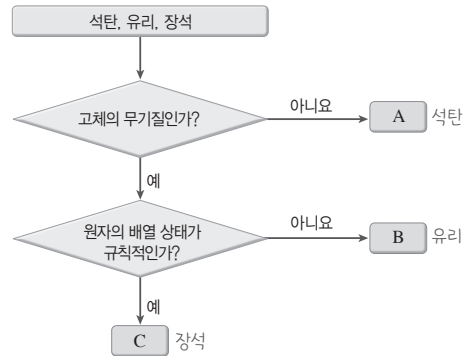
| 채점 기준                              | 배점    |
|------------------------------------|-------|
| 남세균, 산소, 침전을 모두 포함하여 옳게 서술한 경우     | 100 % |
| 남세균, 산소, 침전 중 두 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우 | 70 %  |
| 남세균, 산소, 침전 중 한 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우 | 40 %  |

## 수능 실전 문제

102쪽~105쪽

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

### 01 **꼼꼼** 문제 분석



#### 선택지 분석

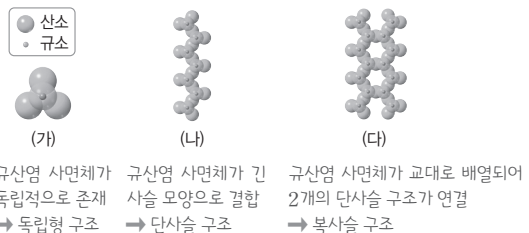
- Ⓐ A는 석탄이다.
- Ⓑ B에서 라우에 점무늬가 나타난다. 나타나지 않는다
- Ⓒ C는 여러 종류의 원소가 화합물을 이룬다.

ㄱ. 석탄은 식물체가 지층에 매몰되어 생성된 유기물이므로 A는 석탄이다.

ㄷ. C는 고체의 무기질이고, 결정질인 장식이다. 장식은 규산염 광물에 속하므로 여러 종류의 원소가 화합물을 이룬다.

▣ **바로알기** ▣ 나. B는 고체의 무기질이면서 원자의 배열 상태가 불규칙한 비결정질인 유리이다. 라우에 점무늬는 물질 내부의 원자 배열이 규칙적일 때 나타난다.

### 02 **꼼꼼** 문제 분석



#### 선택지 분석

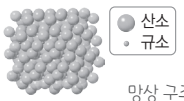
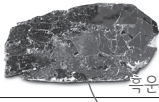
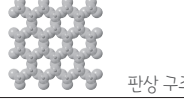
- Ⓐ (가)는 쪼개짐이 발달한다. 깨짐
- Ⓑ (나)는 (다)보다 규산염 사면체의 공유 산소 수가 많다. 적다
- Ⓒ (가) → (나) → (다)로 갈수록 화학적 풍화에 강하다.

ㄷ. (가) → (나) → (다)로 갈수록 규산염 사면체끼리 공유하는 산소가 많아지므로 결합력이 증가하여 화학적 풍화에 강하다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. (가)는 독립형 구조로, 모든 방향의 결합력이 비슷하여 깨짐이 발달한다.

ㄴ. 규산염 광물의 결합 구조가 복잡할수록 규산염 사면체의 공유 산소 수가 증가한다. (나)보다 (다)의 결합 구조가 복잡하므로 (다)는 (나)보다 규산염 사면체의 공유 산소 수가 많다.

### 03 **꼼꼼** 문제 분석

| 구분  | 광물                                                                                    | 결합 구조                                                                                   |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| (가) |  석영  |  망상 구조 |
| (나) |  흑운모 |  판상 구조 |

#### 선택지 분석

㉠ (가)는 깨짐이 발달한다.

㉡ Mg와 Fe의 함량은 (가)가 (나)보다 높다. **낮다**

㉢  $\frac{\text{Si 개수}}{\text{O 개수}}$  값은 (가)가 (나)보다 작다. **크다**

ㄱ. (가)는 규산염 사면체끼리 산소를 모두 공유하여 입체 모양인 망상 구조를 이루므로 모든 방향으로 결합력이 비슷하여 깨짐이 발달한다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. (가)는 밝은색을 띠는 무색 광물이고, (나)는 어두운색을 띠는 유색 광물이다. Mg와 Fe의 함량이 높을수록 어두운색을 띠므로 Mg와 Fe의 함량은 (나)가 (가)보다 높다.

ㄷ. (가)는 (나)보다 규산염 사면체가 공유하는 산소 수가 많으므로 규소 개수에 대한 산소의 개수가 적다. 따라서  $\frac{\text{Si 개수}}{\text{O 개수}}$  값은 (가)가 (나)보다 크다. 석영은 Si : O = 1 : 2이고, 흑운모는 Si : O = 2 : 5이다.

### 04 **꼼꼼** 문제 분석

| 광물 | 조개짐·깨짐 | 모스 굳기 | 주요 구성 원소             | 색     |
|----|--------|-------|----------------------|-------|
| A  | 깨짐     | 6.5~7 | Mg, Fe, Si, O        | 유색 광물 |
| B  | 조개짐    | 2.5~3 | Al, K, Mg, Fe, Si, O |       |
| C  | 조개짐    | 6     | Al, K, Si, O         | 무색 광물 |
| D  | 깨짐     | 7     | Si, O                |       |

#### 선택지 분석

㉠ A와 B는 유색 광물이다.

㉡ B와 D의 떨어져 나간 면을 관찰하면 서로 구분이 된다.

㉢ D를 조흔판에 긁으면 D의 조흔색을 알 수 있다. **없다**

㉣ A~D는 모두 규산염 사면체가 형성하는 광물이다.

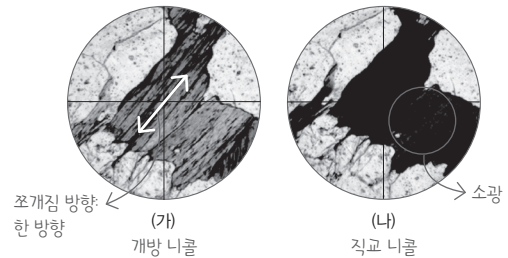
ㄱ. A와 B는 주요 구성 원소에 Mg와 Fe가 포함되므로 유색 광물이다.

ㄴ. B는 조개짐이 발달하고, D는 깨짐이 발달하므로 두 광물의 떨어져 나간 면을 관찰하면 서로 구분이 된다.

ㄷ. 규산염 사면체는 규소 이온(Si<sup>4+</sup>)을 중심으로 산소 이온(O<sup>2-</sup>) 4개가 결합한 구조이다. A~D는 모두 Si와 O가 주요 구성 원소이므로 규산염 사면체를 기본 구조로 하는 규산염 광물이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄷ. 모스 굳기 숫자가 클수록 단단한 광물이며, 굳기가 서로 다른 두 광물을 긁으면 긁히는 광물이 더 무르다. 조흔판의 모스 굳기는 6.5이므로 광물 B와 C는 조흔판에 그어 조흔색을 알 수 있지만, D는 조흔판보다 단단하므로 조흔판에 그어 조흔색을 알아내기 어렵다.

### 05 **꼼꼼** 문제 분석



#### 선택지 분석

㉠ (가)는 개방 니콜로 관찰한 모습이다.

㉡ (가)에서 조개짐이 관찰된다.

㉢ (나)의 상태에서 재물대를 돌리면 흑운모의 소광을 관찰할 수 있다.

ㄱ. (가)와 (나)를 비교할 때 (나)에서 소광이 나타난다. 소광은 직교 니콜 상태일 때 관찰되므로 (가)는 개방 니콜, (나)는 직교 니콜로 관찰한 모습이다.

ㄴ. 흑운모는 판상 구조를 보이므로 한 방향의 조개짐이 발달하며, (가)에서 조개짐의 방향을 볼 수 있다.

ㄷ. (나)는 직교 니콜로 관찰한 모습이므로 직교 니콜 상태에서 재물대를 돌리면 90°마다 어두워지는 흑운모의 소광을 관찰할 수 있다.

## | 선택지 분석 |

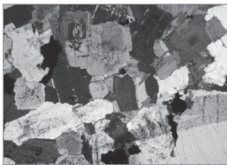
- ㉠ (가)는 세립질 조직이 나타난다.  
 ㉡ (나)는 결정의 크기가 크고 비교적 고르다.  
 ㉢ (나)는 (가)보다 지하 깊은 곳에서 형성되었다.

(가)는 현무암이고, (나)는 반력암이다.

㉠. (가)는 현무암으로, 구성 광물의 입자가 작으므로 세립질 조직이 나타나는 화산암이다. 화산암은 마그마가 지표 부근에서 빨리 식어 결정이 자라날 시간이 부족하여 결정의 크기가 작다.

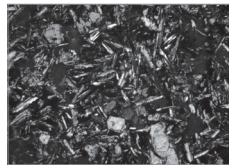
㉡. (나)는 반력암으로, 구성 광물의 입자가 크므로 조립질 조직이 나타나는 심성암이다. 심성암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어 결정의 크기가 크고, 비교적 고른 조립질 조직이 나타난다.

㉢. 결정의 크기가 작을수록 지표 부근에서 빠르게 식어 굳는다. 따라서 (나)는 (가)보다 지하 깊은 곳에서 형성되었다.

07 **꼼꼼** 문제 분석

(가)

결정의 크기가 크고 비교적 고르다.  
 → 조립질 조직  
 → 마그마가 천천히 냉각되었다.  
 → 심성암의 조직



(나)

결정의 크기가 작다.  
 → 세립질 조직  
 → 마그마가 빨리 냉각되었다.  
 → 화산암의 조직

## | 선택지 분석 |

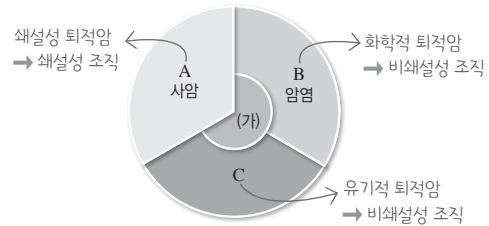
- ㉠ (가)는 조립질 조직이 나타난다.  
 ㉡ 마그마의 냉각 속도는 (가)가 (나)보다 **빨랐다**. **느렸다**  
 ㉢ 유색 광물의 함량비는 (가)가 (나)보다 **높다**. **낮다**

화산암은 결정이 비교적 작고, 심성암은 결정이 비교적 크므로 (가)는 심성암, (나)는 화산암이다.

㉠. (가)는 결정의 크기가 크고 비교적 고르며, 입자 사이가 맞물려 있으므로 조립질 조직이 나타난다. (나)는 결정의 크기가 작은 세립질 조직이 나타난다.

|| **바로알기** || ㉡. (가)와 (나)는 동일한 배율로 관찰한 모습이므로 결정의 평균적인 크기는 (가)가 (나)보다 크다. 이는 마그마가 냉각될 때 (가)가 (나)보다 천천히 식어 결정이 자라날 시간이 충분했기 때문이다.

㉢. (나)가 (가)보다 어둡게 보이므로 유색 광물의 함량비는 (나)가 (가)보다 높다.

08 **꼼꼼** 문제 분석

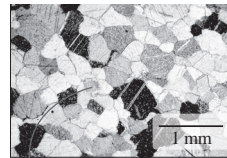
## | 선택지 분석 |

- ㉠ A에서는 쇄설성 조직이 나타난다.  
 ㉡ B는 유기적 퇴적물이 쌓여 생성된다. **C**  
 ㉢ 석회암은 (가)에 해당한다.

㉠. A는 사암을 포함하므로 쇄설성 퇴적암이고, 쇄설성 퇴적암에서 입자 모서리가 마모된 쇄설성 조직이 나타난다.

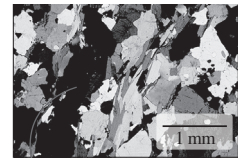
㉢. 석회암은 해수에 녹은 탄산염이 무기적으로 침전되거나 생물체에 흡수되었다가 퇴적되어 생성되므로 화학적 퇴적암(B)이 될 수도 있고, 유기적 퇴적암(C)이 될 수도 있다.

|| **바로알기** || ㉡. B는 암염을 포함하므로 화학적 퇴적암이다. 화학적 퇴적암은 해수에 녹은 물질이 침전하거나 해수의 증발에 의해 쌓인 퇴적물에 의해 생성되며, 비쇄설성 조직이 나타난다. 유기적 퇴적물이 쌓여 생성되는 암석은 유기적 퇴적암이다.

09 **꼼꼼** 문제 분석

(가)

방향성이 없고 입자의 크기가 비슷하여 조립질로 구성  
 → 입상 변정질 조직  
 → 열에 의한 변성암



(나)

줄무늬 구조  
 → 엽리  
 → 열과 압력에 의한 변성암

## | 선택지 분석 |

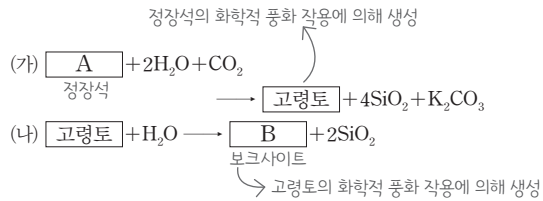
- ㉠ (가)는 열에 의해 생성되었다.  
 ㉡ (나)의 줄무늬는 퇴적된 방향에 나란하게 형성된다. **압력**  
 ㉢ 편마암에서는 (나)와 같은 조직이 나타난다.

㉠. (가)는 열에 의해 재결정 작용을 받아 입자가 촘촘하게 맞물려 있는 조직이 나타나는 변성암이다. (나)는 열과 압력에 의해 광물이 재배열되거나 새로 만들어진 광물이 배열되어 줄무늬 구조(엽리)가 나타나는 변성암이다.

㉢. 편마암은 세일이 높은 열과 압력을 받아 생성되므로 (나)와 같은 엽리가 나타난다.

■ **바로알기** ㄴ. (나)의 줄무늬는 광물이 압력 방향에 수직인 방향으로 배열되어 생성된 엽리이다.

## 10 문제 분석



## 선택지 분석

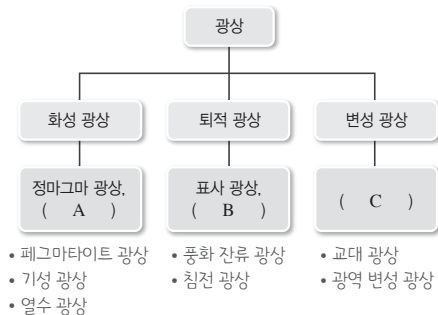
- ㉠ A는 정장석, B는 보크사이트이다.
- ㉡ (나)는 (가)보다 고온 다습한 환경에서 일어난다.
- ㉢ (가)의 고령토와 (나)의 B는 침전 광상에 해당한다.
- 풍화 잔류 광상

7. (가)는 정상석의 화학적 풍화 작용이 일어나는 과정이고, (나)는 고령토의 화학적 풍화 작용이 일어나는 과정이므로 A는 정상석, B는 보크사이트이다.

나. (가)는 온난 다습한 온대 지방에서 잘 일어나고, (나)는 고온 다습한 열대 지방에서 잘 일어나므로 (나)는 (가)보다 고온 다습한 환경에서 일어난다.

■ **바로알기** ㉔. (가)의 고령토와 (나)의 B(보크사이트)는 각각 물에 녹지 않고 남아 있는 풍화 잔류물이므로 풍화 잔류 광상에 해당한다. 침전 광상은 해수가 증발하면서 해수에 녹은 물질이 침전하여 형성된다.

## 11 문제 분석



## 선택지 분석

- ☒ Ⓐ 페그마타이트 광상은 A에 해당한다.  
☒ Ⓑ 해수의 용존 물질이 침전되어 형성된 광상은 B에 해당한다.  
☒ Ⓒ C에서 산출되는 광상으로 흑연 광상이 있다.

7. 페그마타이트 광상은 마그마 냉각의 후기에 형성되는 광상으로, A에 해당한다.

나. 해수의 용존 물질이 침전되어 형성된 광상은 침전 광상이다.  
침전 광상은 퇴적 광상에 속하므로 B에 해당한다.

ㄷ. 흑연 광상은 유기물이 지층에 매몰된 후 열이나 열과 압력에 의해 변성 작용을 받아 생성되므로 C에서 산출된다.

## 12 문제 분석

→철 →알루미늄  
A는 지각에서 B 다음으로 풍부한 금속 원소이다. A는 단단하고, 전기 전도도가 높으며, 가공하기 쉽지만 ㉠부식이 잘 생기는 단점이 있다. B는 ㉡전성과 연성이 뛰어나고 가벼우며, 쉽게 녹슬지 않는 장점이 있다.

부식을 보완하기 위해 철 합금강을 만들어 이용한다.

## 선택지 분석

- A는 알루미늄, B는 철이다.  
철                  알루미늄
- ☒㉠. ㉠을 보완하기 위해 합금강을 만들어 이용한다.
- ☒㉡. B를 이용하여 캔을 만드는 것은 ㉠을 이용한 것이다.

나. 부식이 잘 생기는 철의 단점을 보완하기 위해 합금을 하여 부식에 대한 저항성이 높은 스테인리스강을 만들어 이용한다.

ㄷ. 넓은 판으로 얇게 펴지는 성질을 전성이라고 한다. 알루미늄은 전성이 뛰어나므로 이를 이용하여 캔을 만든다.

■ **바로알기** 7. 지각에 가장 풍부한 금속 원소는 알루미늄이고, 그 다음으로 풍부한 원소는 철이다.(지각의 구성 원소: 산소>규소>알루미늄>철>칼슘>나트륨>칼륨>마그네슘 등)

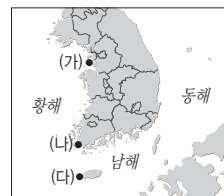
## 13 문제 분석

조력 (가) **밀물과 썰물의 수위 차이**를 이용하여 발전한다.

조류 (나) **조류의 흐름**을 이용하여 발전한다.

파력 (다) **파도의 운동**을 이용하여 발전한다. → 바람에 의한 파도 이용 → 근원 에너지: 태양 에너지





## 선택지 분석

- ㄱ. (가)는 서해안이 동해안보다 유리하다.
- ㄴ. (나)와 (다)는 모두 에너지원이 조력 에너지이다.  
(나)의 에너지원은 조력 에너지, (다)의 에너지원은 태양 에너지
- ㄷ. (가)~(다)는 모두 해수의 운동 에너지를 전기 에너지로  
적환한다.



(가)~(다)는 해양 에너지 자원 중 재생 에너지로, (가)는 조력 발전, (나)는 조류 발전, (다)는 파력 발전이다.

ㄱ. (가)는 조력 발전이므로 조석 간만의 차이가 큰 서해안이 동해안보다 유리하다.

ㄴ. (가)와 (나)는 조석 현상에 의한 해수 운동을 이용하여 전기 에너지를 생산하고, (다)는 파도에 의한 해수 운동을 이용하여 전기 에너지를 생산한다.

|| **바로알기** || ㄴ. (나)는 조류 발전이므로 조력 에너지를 이용한 발전이고, (다)는 파력 발전이므로 태양 에너지를 이용한 발전이다.

## 14

### 선택지 분석

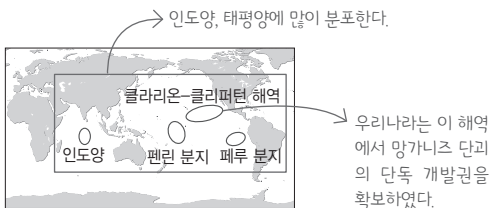
- ㉠ 해수에 녹은 리튬을 추출한다.
- ㉡ 해양 에너지 자원을 얻을 수 있다. **해양 광물 자원**
- ㉢ 대부분의 리튬이 대기로부터 공급되었다. **해양으로부터**

ㄱ. 해양 플랜트는 해수에 녹은 리튬을 추출하기 위한 장치이다.

|| **바로알기** || ㄴ. 리튬은 전지를 생산하는 데 필수적인 원료로, 해양 광물 자원이다.

ㄴ. 해양에 리튬을 비롯하여 나트륨, 마그네슘 등 다양한 광물이 녹아 있는데, 이들은 하천수나 지하수가 바다로 이동하는 동안 암석의 광물질을 녹여 운반한 것이다.

## 15 **꼼꼼** 문제 분석



망가니즈 단괴의 분포 해역을 나타낸 것이다.

### 선택지 분석

- ㉠ 퇴적물의 퇴적 속도가 빠른 해역에서 잘 형성된다. **느린**
- ㉡ 우리나라에서 단독 개발권을 확보한 곳이 있다.
- ㉢ 제련 과정을 거쳐 이용한다.

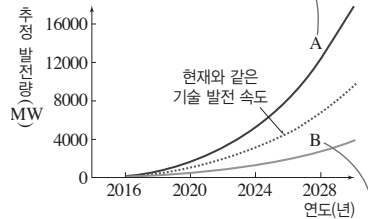
ㄴ. 우리나라는 태평양의 클라리온-클리퍼턴 해역에서 다량의 망가니즈 단괴를 탐사하여 단독 개발권을 확보하였다.

ㄴ. 망가니즈 단괴에는 망가니즈, 철, 코발트 등 금속 광물이 포함되어 있다. 금속 광물은 제련 과정을 거쳐 이용한다.

|| **바로알기** || ㄱ. 망가니즈 단괴는 퇴적물의 퇴적 속도가 매우 느린 심해저에서 단괴가 성장하여 형성된다.

## 16 **꼼꼼** 문제 분석

- 기술기가 상대적으로 급하다.
- 추정 발전량의 증가율이 크다.
- 현재보다 기술 발전 속도가 빠른 경우



- 기술기가 상대적으로 완만하다.
- 추정 발전량의 증가율이 작다.
- 현재보다 기술 발전 속도가 느린 경우

### 선택지 분석

- ㉠ 추정 발전량의 증가율은 B가 A보다 크다. **작다**
- ㉡ A는 기술 발전 속도가 현재보다 빠른 경우에 해당한다.
- ㉢ 화석 연료를 대체하는 비율은 기술 발전 속도가 A보다 B일 때 크다. **작다**

ㄴ. A는 현재와 같은 기술 발전 속도인 경우보다 추정 발전량이 더 많으므로 현재보다 기술 발전 속도가 더 빠른 경우에 해당한다. B는 기술 발전 속도가 현재보다 느린 경우에 해당한다.

|| **바로알기** || ㄱ. 추정 발전량의 증가율은 그래프의 기울기에 해당하므로 A가 B보다 크다.

ㄴ. 해양 재생 에너지를 개발하면 화석 연료를 대체할 수 있으므로 화석 연료의 대체 비율은 B보다 A의 경우가 더 크다.



# 3

## 한반도의 지질



### 1

## 지질 조사와 지질도

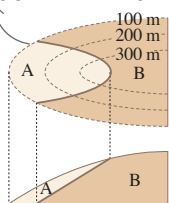
111쪽

완자샘  
비법특강

- Q1 지형이 기울어진 방향과 같은 방향  
Q2 감소한다

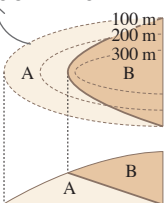
Q1 지층 경계선이 흰 방향과 등고선이 흰 방향이 서로 반대인 경우에는 고도가 높은 주향선에서 낮은 주향선을 향하는 방향, 즉 지층의 경사 방향이 지형이 기울어진 방향과 같다. 반면에, 지층 경계선이 흰 방향과 등고선이 흰 방향이 같은 경우에는 지층의 경사 방향이 지형이 기울어진 방향과 반대이다.

지층 경계선이 흰 방향과 등고선이 흰 방향이 서로 반대인 경우



▲ 왼쪽으로 경사진 지층

지층 경계선이 흰 방향과 등고선이 흰 방향이 같은 경우



▲ 오른쪽으로 경사진 지층

Q2 위로 볼록한 모양인 배사축이 지표면으로 드러났다면 습곡 축을 따라 나중에 퇴적된 지층은 침식 작용을 받아 없어진다. 따라서 습곡축에서 멀어질수록 나중에 퇴적된 지층이 분포하므로 지층의 생성 시기가 감소한다.

### 개념 확인 문제

112쪽

- 1 지질도 2 주향 3 진북 4 경사 5 노선 지질도  
6 주향 7 주향선 8 수평층 9 부정합

- 1 (1) ○ (2) × (3) × (4) × 2 A: 주향, B: 경사 방향, C: 경사각 3 (가) A, B, D (나) C, E 4 (1) A (2) E 5 (1) (가) (2) (나) (3) 주향 방향: NW, 경사 방향: NE 6 (가) 부정합 (나) 단층 (다) 습곡

1 (1) 지질 조사는 지구의 역사를 이해하기 위한 학문적 목적 이외에 지하자원 탐사, 터널이나 발전소 건설, 자연재해 예방 등의 실용적인 목적으로도 실시한다.

- (2) 지형도는 지질 조사 전반에서 꼭 필요한 것으로, 노선 지질도를 작성하고 지질도를 완성하는 과정에도 이용된다.  
(3) 야외에서는 노두에서 관찰한 내용을 노선 지질도로 작성하며, 실내로 돌아온 후 지질도를 완성한다.  
(4) 야외에서의 지질 조사는 노두에서 암석이나 지층을 관찰한다.

2 A는 지층면과 수평면이 이루는 교차선의 방향이므로 주향이 다. B는 주향에 수직으로 지층면이 향하는 방향이므로 경사 방향이다. C는 수평면과 지층면이 이루는 각도이므로 경사각이다.

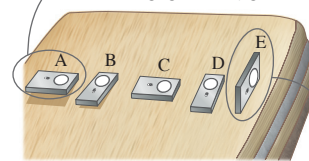
3 A는 수준기, B는 주향을 재는 자침, C는 경사를 재는 지침(추), D는 주향 눈금, E는 경사 눈금이다.

(가) 주향은 수준기(A)로 수평을 유지하면서 자침(B)이 가리키는 바깥쪽 눈금(D)을 읽어 방향과 각도를 알아낸다.

(나) 경사는 지침(C)이 가리키는 안쪽 눈금(E)을 읽어 각도를 알아낸다.

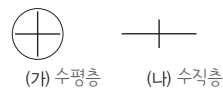
### 4 문제 분석

주향은 A와 같이 클리노미터의 긴 변을 지층면에 대고 수평 상태에서 측정한다.



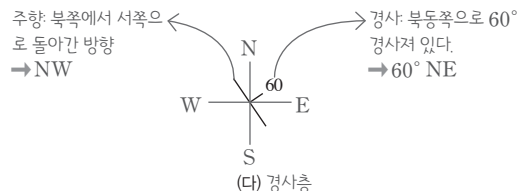
경사는 E와 같이 클리노미터의 긴 변을 주향선에 수직으로 지층면에 대고 각도를 측정한다.

### 5 문제 분석



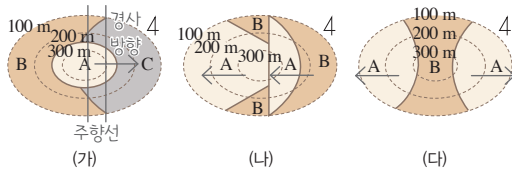
(가) 수평층

(나) 수직층



- (1) (가)는 경사가 0°인 수평층의 기호이다.  
(2) (나)는 경사가 90°인 수직층의 기호이다.  
(3) (다)는 경사층의 주향과 경사를 나타내는 기호이다. 주향 방향은 긴 선으로 나타내므로 NW이고, 경사 방향은 긴 선에 수직인 짧은 선으로 나타내므로 NE이다.

## 6 꼭꼭 문제 분석



(가)는 한 지층 경계선이 다른 지층 경계선을 덮고 지층의 반복이 없으므로 부정합이다. C는 동쪽으로 경사져 있고, A는 수평층이므로 부정합이 나타난다.

(나)는 지층 경계선이 끊어지고, 같은 지층이 반복되어 나타나므로 단층이다. 등고선에 직선으로 나타나는 부분이 단층면이므로 수직 단층이 나타나고, A, B가 모두 서쪽으로 경사져 있다.

(다)는 지층 경계선이 대칭을 이루고 있으므로 습곡이다. B의 왼쪽에 있는 A가 서쪽으로 경사져 있고, B의 오른쪽에 있는 A가 동쪽으로 경사져 있다.

### 대표 자료 분석

113쪽~114쪽

- 자료 1** 1 (1) (가) (2) (나) 2 ㉠ N45°E, ㉡ NW 또는 SE, ㉢ 90° 3 ✕ 4 (1) × (2) ○ (3) ×
- 자료 2** 1 (라) 2 (다) 3 (가) 서쪽 (나) 동쪽 4 (나) 5 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○
- 자료 3** 1 ㉠ 2 (1) 부정합 (2) 습곡 (3) A: 서쪽, C: 동쪽 (4) B: , D:  (5) 역암층 → 사암층 → 석회암층 → 응회암층 → 세일층 3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ○
- 자료 4** 1 해설 참조 2 동쪽 3 사암층 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

①-1 (1) 수준기는 주향을 측정하는 과정에서 클리노미터의 수평을 유지할 때 사용한다.

(2) 경사를 측정할 때는 지침(추)이 가리키는 안쪽 눈금을 읽는다. 바깥쪽 눈금은 주향을 측정할 때 읽는다.

①-2 클리노미터는 E와 W를 나침반과 반대로 표시해 두었으므로 주향은 자침을 그대로 읽으면 된다. (가)에서 자침이 N을 기준으로 E쪽으로 45°를 가리키므로 주향은 N45°E이다.

한편, 경사 방향은 클리노미터로 알 수 없으므로 지층면이 향하는 방향으로 판단하며, 주향과 경사 방향은 수직이므로 주향이 NE이면 경사 방향은 NW 또는 SE가 된다. (나)에서 경사각은 지침이 가리키는 값을 E 또는 W를 기준으로 측정하므로 90°이다.

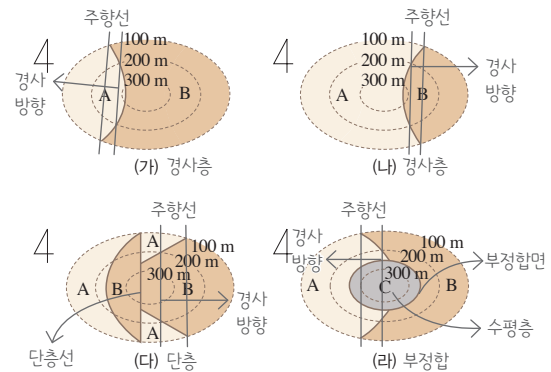
①-3 이 지층은 주향은 N45°E이고 경사각은 90°인 수직층이므로, 기호로 나타내면 N에서 동쪽으로 45° 기울어진 주향선에 수직층 표시를 넣은 ✕이다.

①-4 (1) 주향을 측정할 때는 클리노미터의 긴 변이 지층면에 닿은 상태로 수평을 유지하면서 측정한다.

(2) 경사각은 경사 방향의 수평면과 지층면이 이루는 각이고, 경사 방향은 주향에 수직이므로 경사각을 측정할 때는 클리노미터를 주향선에 수직으로 세워 측정한다.

(3) (가)와 (나)를 측정한 지층은 경사각이 90°이므로 수직층이다.

## 2-1 꼭꼭 문제 분석



수평층은 등고선과 지층 경계선이 나란하므로 (라)의 C층이다.

②-2 단층은 지층 경계선이 끊어지고 같은 지층이 반복되어 나타난다. (다)에서 직선의 지층 경계선(단층선)에 대해 왼쪽과 오른쪽에 B층이 반복되어 분포하므로 단층이 나타난다.

②-3 경사 방향은 높은 고도의 주향선에서 낮은 고도의 주향선을 수직으로 향하는 방향이므로 (가)는 A층이 서쪽으로 경사져 있고, (나)는 B층이 동쪽으로 경사져 있다.

②-4 지층이 역전되지 않았다면 하부의 지층이 먼저 생성된 것이므로 (가)는 B층이 먼저, (나)는 A층이 먼저 생성되었다.

②-5 (1) 지층 경계선과 등고선이 만나는 두 점을 직선으로 그려보면 (가)~(라)의 지층은 모두 주향이 NS에 가깝다.

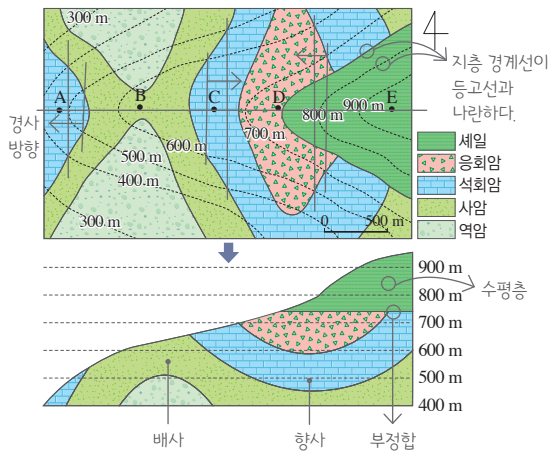
(2) (다)의 단층선은 직선으로 나타나므로 단층면은 경사각이 90°로 수직이다.

(3) (다)는 A와 B의 지층 경계선이 동쪽으로 경사져 있으므로 지층 A가 B보다 먼저 생성되었다.

(4) (라)는 경사층을 수평층이 덮고 있으므로 부정합이 형성되었다.

(5) (라)는 지층 A와 B가 서쪽으로 경사져 있으므로 B가 A보다 먼저 생성되었고, 그 후 C층이 생성되었다.

### 3-1 꼼꼼 문제 분석



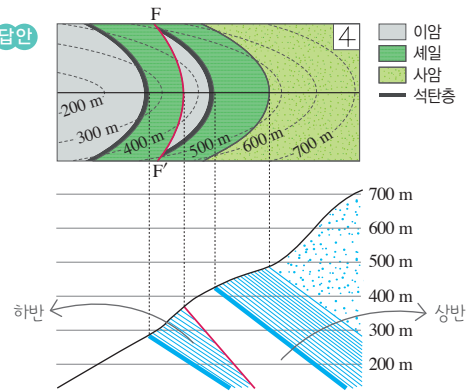
세일층은 지층 경계선이 등고선과 나란하므로 수평층으로 나타난다.

- 3-2** (1) 세일층은 수평층이고, 응회암층은 경사층이므로 두 지층 사이에는 부정합이 나타난다.  
 (2) 사암층은 습곡의 배사축이 B 지점을 포함하여 남북 방향으로 나타나므로 사암층에 나타나는 지질 구조는 습곡이다.  
 (3) 주향선을 그어보면 석회암층은 A에서 서쪽으로 경사져 있고, C에서 동쪽으로 경사져 있다.  
 (4) B를 축으로 왼쪽의 지층은 서쪽으로, 오른쪽의 지층은 동쪽으로 경사져 있으므로 B에는 배사축이 나타난다. 또한, D를 축으로 왼쪽의 지층은 동쪽으로, 오른쪽의 지층은 서쪽으로 경사져 있으므로 D에는 향사축이 나타난다.  
 (5) 지질 단면도를 그려 지층의 생성 순서를 판단해 보면, 역암층 → 사암층 → 석회암층 → 응회암층 → 세일층 순이다.

- 3-3** (1) 석회암층의 지층 경계선과 600 m 등고선이 만나는 두 점을 직선으로 연결해 보면 주향은 거의 남북 방향이다.  
 (2) B 지점의 사암층에서 습곡의 배사 구조가 나타나므로 B 지점의 동쪽과 서쪽의 경사 방향이 서로 반대이다.  
 (3) 사암층에서 습곡이 나타나므로 횡압력을 받았다.  
 (4) 응회암은 화산재가 굳은 것이므로 석회암이 퇴적된 후 화산재가 쌓였다.  
 (5) 지질 단면도를 보면 석회암층 아래에 사암층이 있으므로 E 지점의 지하로 들어가면 사암층을 만날 수 있다.  
 (6) 이 지역은 1회의 부정합이 있었고, 현재 육지로 드러나 있으므로 최소한 2회의 융기가 일어났다.(융기 → 침식 → 침강 → 퇴적 → 융기)

- 4-1** 지층 경계선의 경사를 고려하여 지질 단면도를 완성한다.

### 모범답안



- 4-2** 이암층은 단층의 서쪽과 동쪽에 모두 분포하며, 경사 방향은 고도가 높은 주향선에서 고도가 낮은 주향선을 수직으로 향한 방향이므로 이암층은 동쪽으로 경사져 있다.

- 4-3** 지층의 생성 순서는 이암층 → 석탄층 → 세일층 → 사암층이다. 가장 나중에 생성된 지층은 가장 위쪽에 있는 사암층이다.

- 4-4** (1) 단층면은 동쪽으로 경사져 있다.  
 (2) 단층면을 경계로 오른쪽에 상반이 있고 왼쪽에 하반이 있으며, 상반이 위로 올라갔으므로 횡압력에 의해 역단층이 형성되었다.  
 (3) 지층 경계선이 등고선에 나란해질수록 경사가 완만하므로 단층면의 경사각은 석탄층의 경사각보다 크다.  
 (4) 가장 먼저 생성된 지층은 가장 아래쪽에 있는 이암층이다.

### 내신 만점 문제

115쪽~117쪽

|          |      |                         |          |
|----------|------|-------------------------|----------|
| 01 ③     | 02 ③ | 03 주향: N25°E, 경사: 30°SE | 04 ①     |
| 05 ①     | 06 ④ | 07 ④                    | 08 해설 참조 |
| 09 ②     | 10 ② | 11 ①                    | 12 ⑤     |
| 13 30°SE | 14 ⑤ | 15 ①                    |          |

**01** ㄱ. (가) 단계에서는 대상 지역의 문헌을 조사하여 사전 지식을 갖추고, 조사 계획을 세운다.

ㄴ. 암석이나 지층이 지표에 노출된 부분을 노두라고 한다. (나) 단계는 주로 노두에서 이루어진다.

|| **바로알기** || ㄷ. 야외에서 작성한 노선 지질도를 근거로 (다) 단계에서 지질도를 완성하고, 이를 해석하여 지질 단면도를 작성한다.

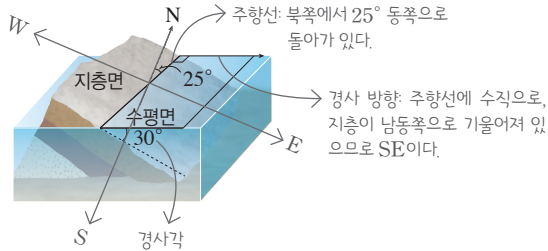
**02** ㄱ. 지질 조사 경로를 따라 노두에서 관찰한 암석과 지형의 분포를 지형도에 기입하여 노선 지질도를 작성한다.

ㄷ. 클리노미터는 지층의 주향과 경사를 측정하여 조사 지역 내에서 암석이나 지층의 분포를 파악하는 데 이용된다.



▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 확대경(루페)은 암석의 조직이나 작은 크기의 화석을 확대하여 관찰하는 데 이용된다.

### 03 **문제 분석**



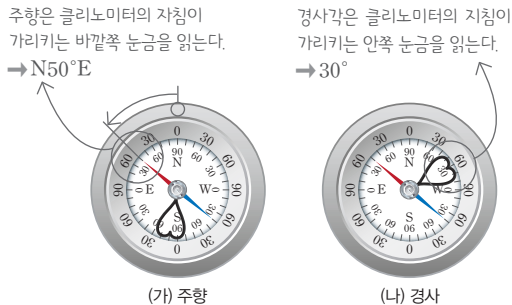
지층면이 수평면과 이루는 교차선이 진북에 대해 동쪽으로 25° 돌아가 있으므로 주향은 N25°E이다. 지층면이 수평면에 대해 30° 기울어져 있으므로 경사각은 30°이다. 이 지층의 주향 방향이 NE이므로 경사 방향은 NW 또는 SE인데, 지층면이 남쪽으로 향하므로 경사 방향은 SE이다. 따라서 경사는 30°SE이다.

04 ㄱ. (가)는 주향을 측정하는 방법이므로 클리노미터를 수평으로 유지하는 수준기가 필요하다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. (가)에서 주향은 자침이 가리키는 북쪽에 대해 오른쪽(동쪽)을 향하므로 클리노미터의 자침은 눈금에 표시된 N과 E 사이 방향을 가리킨다. 클리노미터에는 E와 W의 위치가 나침반과 반대로 표시되어 있으므로 자침이 가리키는 방향을 그대로 읽는다.

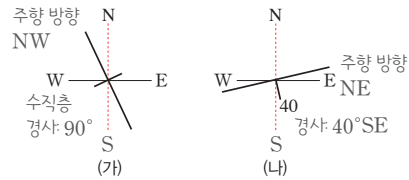
ㄷ. (나)에서 a는 수평선과 지층면이 이루는 경사각이므로 a가 30°이면 경사각은 30°이다.

### 05 **문제 분석**



주향은 북쪽을 기준으로 동쪽으로 50° 돌아간 긴 선으로 나타낸다. 클리노미터의 동서 방향은 실제와 반대이므로 기호에서 주향선은 자침의 방향과 대칭을 이룬다. 경사는 주향에 수직인 짧은 선으로 경사 방향을 나타내고, 경사각 30을 쓴다. 주향 방향이 NE이므로 경사 방향은 NW 또는 SE이다.

### 06 **문제 분석**

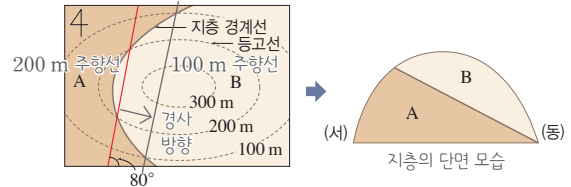


ㄴ. (나)의 주향선은 진북에서 동쪽으로 돌아가 있으므로 주향 방향은 NE이고, 경사를 나타내는 선이 남동쪽으로 기울어져 있으므로 경사 방향은 SE이다.

ㄷ. (가)의 기호는 수직층을 나타내므로 경사는 90°이고, (나)의 경사는 40°이므로 (가)의 경사가 더 급하다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. (가)의 주향선은 진북에서 서쪽으로 돌아가 있으므로 주향 방향은 NW이다.

### 07 **문제 분석**

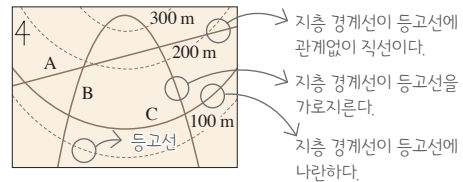


ㄴ. 경사는 높은 고도의 주향선에서 낮은 고도의 주향선을 향하는 방향이므로 지층 A, B는 남동쪽으로 경사져 있다.

ㄷ. 지층이 역전되지 않았다면 하부의 지층이 먼저 생성된 것이므로 A가 B보다 먼저 생성되었다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 지층 A의 주향선이 북쪽으로부터 동쪽으로 10° (=90°-80°) 돌아가 있으므로 지층 A의 주향은 N10°E이다.

### 08 **문제 분석**



수직층(A)은 지층 경계선이 직선으로 나타난다. 경사층(B)은 지층 경계선이 여러 등고선을 지나는 곡선으로 나타난다. 수평층(C)은 지층 경계선이 등고선과 나란하게 나타난다.

모범답안 A. 지층 경계선이 등고선에 관계없이 직선으로 나타난다.

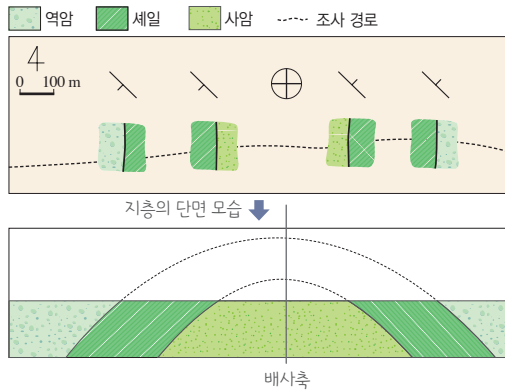
| 채점 기준                         | 배점   |
|-------------------------------|------|
| 수직층으로 A를 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우 | 100% |
| 수직층만 옳게 고른 경우                 | 50%  |

**09** ㄴ. A는 수평층이므로 지층의 두께와 등고선의 간격이 일치한다. A가 100 m부터 150 m까지 쌓여 있으므로 지층의 두께는 50 m이다.

▣ **바로알기** ㄱ. A는 수평층이고, B는 경사층이므로 지층의 경사는 B가 A보다 급하다.

ㄷ. (나)에서 주향 방향은 EW이고, 지층이 남쪽으로 경사져 있으므로 하부의 지층인 C가 B보다 먼저 생성되었다.

## 10 **문제 분석**

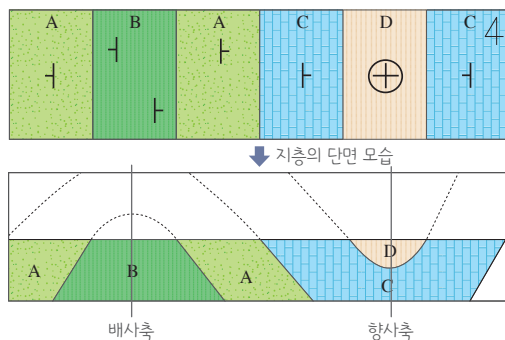


ㄷ. 배사층에 멀어질수록 나중에 생성된 암석이므로 생성 순서는 사암 → 셰일 → 역암이다.

▣ **바로알기** ㄱ. 사암층은 배사층에 위치하므로 수평층이고, 경사는 0°이다.

ㄴ. 이 지역에는 습곡의 배사 구조가 나타난다.

## 11 **문제 분석**

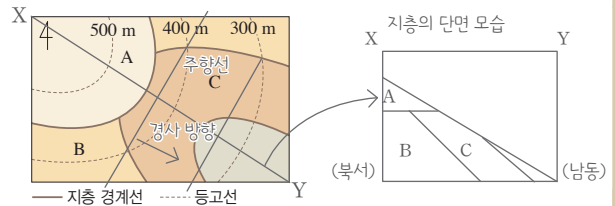


ㄱ. 지층 B에는 배사층이 있으므로 동쪽과 서쪽의 경사 방향이 반대이다.

▣ **바로알기** ㄴ. 가장 오래된 지층은 가장 하부에 있는 B층이다. D층은 가장 나중에 생성된 지층이다.

ㄷ. 이 지역은 횡압력에 의한 습곡이 나타나며, 배사 구조와 향사 구조가 모두 나타난다.

## [12~13] **문제 분석**



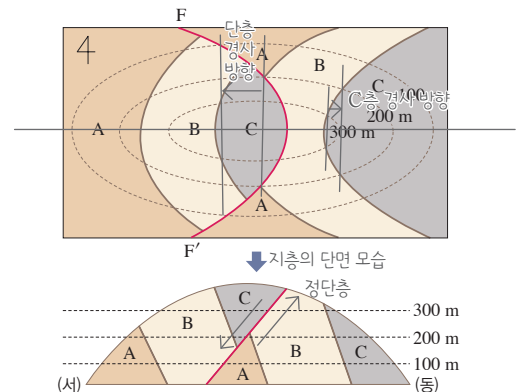
**12** ㄱ. A층은 등고선과 나란하게 나타나므로 수평층이다.

ㄴ. A층과 B층은 지층 경계선이 다른 경계선을 덮고 있는 부정합 관계이므로 A층과 B층 사이에는 긴 퇴적 시간 간격이 있다.

ㄷ. B층과 C층의 경계선이 400 m 등고선과 만나는 두 점을 직선으로 연결해 보면, 주향은 NE 방향이다.

**13** 클리노미터에서 지침이 가리키는 안쪽 눈금을 읽으면, C층의 경사각은 30°이다. 지질도에서 C층은 남동쪽으로 경사져 있으므로 C층의 경사는 30°SE이다.

## 14 **문제 분석**



ㄱ. 300 m 주향선과 200 m 주향선을 비교하여 방향을 판단해 보면 지층 C는 동쪽으로 경사져 있다.

ㄴ. 주향선을 그려보면 단층면은 서쪽으로 경사져 있다.

ㄷ. A → B → C로 갈수록 상부의 지층으로, 나중에 생성되었다.

**15** ㄱ. B는 수평층이고, A는 경사층이므로 지층의 평균 경사각은 A가 B보다 크다.

▣ **바로알기** ㄴ. B층을 중심으로 A층이 각각 북서쪽과 남동쪽으로 기울어져 있는 배사 구조가 나타나므로 배사층에 있는 B가 A보다 먼저 생성되었다.

ㄷ. 관입암 C가 단층을 관입하였으므로 단층은 관입암보다 먼저 생성되었다. 관입암의 절대 연령이 7000만 년이고, 약 6600만 년 전부터 신생대이므로 단층은 신생대 이전에 생성되었다.



## 2 한반도의 지사와 판 구조 환경

### 개념 확인 문제

121 쪽

- ① 영남 육괴    ② 경상 분지    ③ 옥천대    ④ 변성암  
⑤ 선캄브리아 시대    ⑥ 평안    ⑦ 육성층    ⑧ 경상  
⑨ 송림 변동    ⑩ 불국사 변동    ⑪ 팔레오기와 네오기

1 (1) A, D, G (2) B, E, F, H, I, J (3) 옥천대 (4) D: 경기 육괴, H: 경상 분지    2 (1) C → D → A → B (2) a: 퇴적암, b: 변성암, c: 화성암    3 (1) A: 경상 누층군, B: 대동 누층군, C: 평안 누층군, D: 조선 누층군 (2) ㉠ 해성층, ㉡ 육성층    4 송림 변동 → 대보 조산 운동 → 불국사 변동    5 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○

- 1 (1) A는 낭림 육괴, D는 경기 육괴, G는 영남 육괴이다.  
(2) B는 평남 분지, E는 태백산 분지, F는 옥천 분지, H는 경상 분지, I는 포항 분지, J는 길주-명천 분지이다.  
(3) E와 F를 합쳐 옥천대(옥천 습곡대)라고 하며, E는 비변성대이고, F는 변성대이다.  
(4) D는 선캄브리아 시대의 변성암이 분포하는 경기 육괴이고, H는 중생대의 퇴적암과 화성암이 분포하는 경상 분지이다.

- 2 (1) 한반도 암석의 분포 면적은 선캄브리아 시대(C) > 중생대(A) > 고생대(D) > 신생대(B) 순이다. 따라서 지질 시대가 오래된 것부터 나열하면 C → D → A → B이다.  
(2) 한반도의 암석은 선캄브리아 시대와 고생대의 변성암(b)이 가장 많으며, 그 다음은 중생대와 신생대의 화성암(c)이 많고, 그 다음은 고생대, 중생대, 신생대의 퇴적암(a)이 많다.

- 3 (1) A는 주로 한반도의 남동부에 분포하는 경상 누층군이고, B는 중부 지방에 소규모로 분포하는 대동 누층군이다. C는 고생대 후기에 퇴적된 평안 누층군이고, D는 고생대 전기에 퇴적된 조선 누층군이다.  
(2) 평안 누층군(C)의 하부는 바다에서 퇴적된 해성층으로 이루어져 있고, 상부는 육지의 강이나 호수에서 퇴적된 육성층으로 이루어져 있다.

- 4 중생대는 한반도에서 현생 누대 중 조산 운동과 화성 활동이 가장 활발한 시기로, 트라이아스기에 송림 변동이, 쥐라기에 대보 조산 운동이, 백악기에 불국사 변동이 일어났다.

- 5 (1) 선캄브리아 시대의 암석은 낭림 육괴, 경기 육괴, 영남 육괴에 분포한다. 태백산 분지와 옥천 분지는 고생대 이후에 퇴적되었다.

- (2) 조선 누층군과 평안 누층군 사이(대결층)에는 퇴적물이 거의 쌓이지 않았으나, 일부 지역에서 소규모로 퇴적되었다. 예) 실루리아기의 회동리층, 대본기 미산층과 태안층  
(3) 중생대 지층인 대동 누층군과 경상 누층군은 모두 육지의 하천이나 호수에서 퇴적된 육성층이다.  
(4) 한반도에서는 현생 누대 중에서 중생대에 여러 차례의 조산 운동이 일어나 화성 활동이 가장 활발하였다.  
(5) 신생대 지층은 주로 동해안을 따라 소규모로 분포하며, 육성층과 해성층이 모두 나타난다.

### 개념 확인 문제

124 쪽

- ① 유라시아    ② 만입 켜기    ③ 곤드와나    ④ 충돌    ⑤ 대보 조산    ⑥ 불국사    ⑦ 신생대

1 (가) A: 한중 지괴, C: 남중 지괴 (나) B    2 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×    3 (나) → (다) → (가)    4 (1) 태평양판 (2) 가까운

- 1 (가) A는 중국 북부를 포함하는 한중 지괴이고, C는 중국 남부를 포함하는 남중 지괴이다.  
(나) 에클로자이트는 고압의 환경에서 생성되는 변성암이므로 한중 지괴와 남중 지괴가 충돌하는 경계인 B에서 산출된다.

- 2 (1) 고생대 한반도 지괴의 분포는 암석의 잔류 자기 측정과 같은 고지자기 연구, 화석 연구 등으로 알아낸다.  
(2) 태백산 분지에서 산출되는 삼엽충과 고사리 화석 연구를 통해 고생대 후기에 한반도 지괴가 온난 다습하였음을 알아내었다.  
(3) 고생대 초에 한반도의 지괴는 곤드와나 대륙 주변에 있었다.  
(4) 고생대 초에 한반도의 지괴는 곤드와나 대륙의 북쪽에 위치하여 적도 부근인 남반구 저위도에 위치하였다.

- 3 (나) 곤드와나 대륙에서 멀어지며 북상하던 한중 지괴와 남중 지괴가 충돌하여 한중 지괴가 두 조각으로 분리되었다. → (다) 한중 지괴에 속하는 한반도의 북부 지괴(낭림 육괴 포함)와 남부 지괴(영남 육괴 포함) 사이에 남중 지괴에 속하는 중부 지괴(경기 육괴 포함)가 끼였다. → (가) 경기 육괴 아래에 영남 육괴가 충돌하여 결합하였다.

- 4 (1) 동해는 약 2천3백만 년 전 태평양판이 일본 열도 아래로 섭입하면서 점차 확장되어 형성되었다.  
(2) 과거에 일본 열도는 한반도와 거의 붙어 있었고, 태평양판이 섭입하는 과정에서 한반도에서 동쪽으로 떨어져 나와 점점 멀어지면서 현재의 위치로 이동하였다.

- 자료 1** 1 B: 경기 육괴, E: 영남 육괴 2 A: 임진강대, C와 D: 옥천대 3 C: 태백산 분지, D: 옥천 분지, F: 경상 분지, G: 포항 분지 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×
- 자료 2** 1 (가) → (다) → (나) 2 (가) 3 (다) 4 A: (다), B: (가) 5 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ×
- 자료 3** 1 A: 불국사 화강암, B: 대보 화강암 2 C → B → A 3 A: 불국사 변동, B: 대보 조산 운동, C: 송림 변동 4 대보 조산 운동 5 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○
- 자료 4** 1 ㉠ 경기 육괴, ㉡ 영남 육괴 2 예클로자이트 3 (가) 중생대 (나) 신생대 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

## 1-1 꼼꼼 문제 분석



B는 경기 육괴, E는 영남 육괴로, 주로 선캄브리아 시대의 변성암으로 이루어져 있다.

1-2 A는 임진강대이고, 비변성대인 태백산 분지 C와 변성대인 옥천 분지 D를 합쳐 옥천대라고 한다.

1-3 분지는 육괴와 육괴 사이에 분포하는 낮은 지역으로 C는 태백산 분지, D는 옥천 분지, F는 경상 분지, G는 포항 분지이다.

1-4 (1) B(경기 육괴)와 E(영남 육괴)는 주로 선캄브리아 시대의 변성암(㉡)으로 이루어져 있다.  
 (2) C(태백산 분지)는 비변성대이고, D(옥천 분지)는 변성대이므로 암석의 변성 정도는 D가 높다.  
 (3) F(경상 분지)의 지층은 중생대 백악기에 퇴적된 퇴적암(㉠)과 화산암으로 이루어져 있고, 주로 퇴적암으로 이루어져 있다.  
 (4) C와 D(옥천대)를 이루는 화성암(㉢)은 주로 대보 화강암에 해당하며, 북동-남서의 방향성을 보인다.  
 (5) 암석 ㉠은 퇴적암으로, 주로 고생대와 중생대에 퇴적되었다. 선캄브리아 시대의 암석은 여러 차례의 지각 변동을 받아 변성암(㉡)으로 되었다.

2-1 (가)는 고생대, (나)는 신생대, (다)는 중생대의 지질 분포이므로 오래된 것부터 나열하면 (가) → (다) → (나)이다.

2-2 (가)에서 고생대 전기의 조선 누층군은 대규모 석회암층, 사암, 셰일 등으로 이루어져 있는 해성층이다.

2-3 (다)에서 경상 누층군과 대동 누층군은 중생대의 지층으로, 우리나라 중생대의 지층은 모두 육성층이다.

2-4 A는 중생대의 공룡 발자국 화석이므로 (다)에서 산출되고, B는 고생대의 삼엽충 화석이므로 (가)에서 산출된다.

2-5 (1) (가)의 평안 누층군 상부는 육성층으로, 석탄층을 포함하여 무연탄이 분포한다.

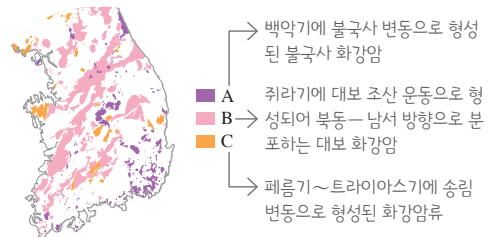
(2) (가)에서 조선 누층군이 퇴적된 후 평안 누층군이 퇴적되기 전까지 우리나라 대부분의 지역에서 지층이 형성되지 않았으므로 두 지층은 부정합을 이룬다.

(3) (가)에서 평안 누층군의 하부는 방추충, 완족류 화석 등이 산출되는 해성층이고, 상부는 양치식물 화석이 산출되는 육성층이다.

(4) (나) 신생대의 퇴적암은 육성층과 해성층이 번갈아 나타나며, 모두 육성층인 것은 중생대의 암석 분포인 (다)이다.

(5) 독도는 신생대의 암석 분포인 (나) 시기에 생성되었다.

## 3-1 꼼꼼 문제 분석



A는 백악기에 생성된 화강암류로, 우리나라 중부와 남동부에 흩어져 분포하는 불국사 화강암이다. B는 쥐라기에 생성된 화강암류로, 우리나라 중부에 대규모로 분포하는 대보 화강암이다.

3-2 A는 백악기, B는 쥐라기, C는 페름기~트라이아스기의 화산 활동으로 생성된 화강암이므로 C → B → A 순으로 생성되었다.

3-3 A는 불국사 변동, B는 대보 조산 운동, C는 송림 변동의 영향을 받아 생성되었다.

③-4 중생대는 지괴의 충돌과 결합에 의해 한반도가 현재의 모습을 갖춘 시기이다. 대보 조산 운동은 쥐라기에 한중 지괴와 남중 지괴가 충돌하여 한반도가 형성되는 과정에서 일어난 조산 운동으로, 현생 누대에서 가장 격렬했던 지각 변동이다.

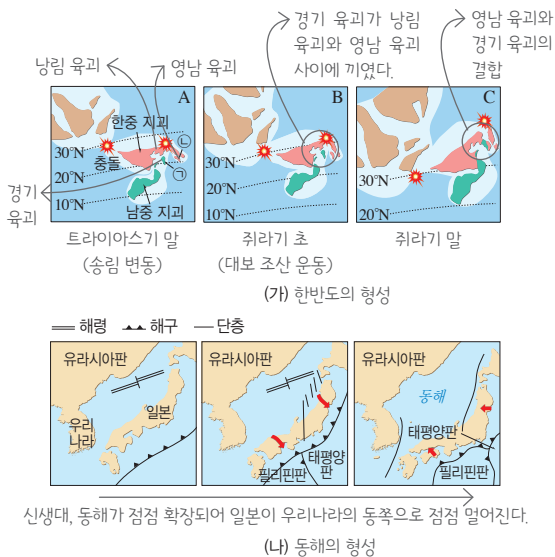
③-5 (1) A 시기(백악기)에 일어난 불국사 변동으로 한반도 남부를 중심으로 불국사 화강암의 관입 및 화산 활동이 활발하게 일어났다.

(2) 불국사 화강암은 중생대 백악기에 생성되었고, 제주도의 화산 분출은 신생대에 일어났다.

(3) B 시기(쥐라기)에 대보 조산 운동이 일어나 대보 화강암이 형성되었다. 경상 누층군은 백악기의 퇴적층이므로 대보 조산 운동은 경상 누층군에 영향을 주지 않았다.

(4) C는 페름기~트라이아스기에 생성된 화성암류로, 송림 변동의 영향을 받았다.

#### 4-1 꼼꼼 문제 분석



(가)는 한중 지괴와 남중 지괴의 충돌 과정에서 한반도가 형성되었다는 모형이다. ㉠은 남중 지괴에 속한 경기 육괴이고, ㉡은 한중 지괴에 속한 영남 육괴이다.

④-2 A → B 과정에서 한중 지괴와 남중 지괴가 충돌하였고, 이 과정에서 변성 작용이 일어나 에클로자이트가 생겨난 것으로 추정된다.

④-3 한반도의 지괴가 결합하여 현재 모습을 갖춘 (가)는 중생대에 일어났고, 동해가 확장된 (나)는 신생대에 일어났다.

④-4 (1) A 과정에서 남중 지괴가 한중 지괴와 충돌하면서 한중 지괴는 두 개의 조각으로 분리되었다.

(2) B → C 과정으로 한중 지괴와 남중 지괴의 충돌과 결합이 일어나면서 한반도에서 대보 조산 운동이 일어났다.

(3) B → C 과정에서 한중 지괴와 남중 지괴가 충돌하면서 분리된 두 조각 중 영남 육괴가 경기 육괴와 결합하였다.

(4) 한반도와 붙어 있던 일본 열도는 태평양판이 섭입하면서 한반도로부터 떨어져 동해가 확장되었고, 이 과정에서 쪼개진 대륙 조각이 동해의 해저에 분포한다.

#### 내신 만점 문제

127쪽~131쪽

|          |         |          |      |       |
|----------|---------|----------|------|-------|
| 01 ③     | 02 ④    | 03 해설 참조 | 04 ⑤ | 05 ③  |
| 06 ⑤     | 07 화동리층 | 08 ③     | 09 ⑤ | 10 평안 |
| 누층군, 고생대 | 11 ④    | 12 ⑤     | 13 ① | 14 ④  |
| 15 ①     | 16 ②    | 17 ⑤     | 18 ① | 19 ①  |
| 20 ②     | 21 ④    | 22 ①     | 23 ② | 24 ③  |

01 ㄱ. 한반도의 지체 구조는 육괴, 육괴와 육괴 사이의 낮은 지역인 퇴적 분지, 육괴의 충돌 과정에서 형성된 습곡대로 구분된다. ㄷ. 옥천 분지는 한반도의 형성 과정에서 지각 변동을 받아 지층이 심하게 변형되었다. 경상 분지는 퇴적된 이후 상대적으로 지각 변동을 크게 받지 않았다.

❗바로알기❗ ㄴ. 육괴는 특정한 방향성을 보이지 않는 암석들이 모인 지역으로, 주로 선캄브리아 시대의 변성암류로 이루어져 있다.

#### [02~03] 꼼꼼 문제 분석



- 습곡대: A, C, D
- 육괴: B, E
- 분지: C, D, F

02 ㄴ. B는 편마암, 편암 등이 변성암 복합체를 이루는 경기 육괴이다.

ㄷ. E는 선캄브리아 시대의 변성암으로 이루어진 영남 육괴이고, F는 중생대의 퇴적암과 화성암이 분포하는 경상 분지이므로 E의 암석은 F의 암석보다 먼저 생성되었다.

❗바로알기❗ ㄱ. A는 습곡대(임진강대)이고, C는 분지(태백산 분지)이며 습곡대(옥천대)이다.

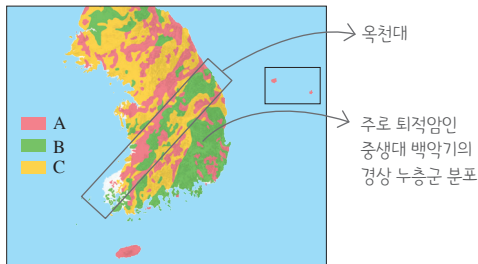


**03** C는 태백산 분지로, 비변성대에 해당한다. D는 옥천 분지로 변성대에 해당한다. 따라서 D는 C보다 변성 정도가 심하다.

**모범답안** C: 태백산 분지, D: 옥천 분지, D는 C보다 변성 정도가 심하다.

| 채점 기준                              | 배점    |
|------------------------------------|-------|
| 지체 구조구를 모두 옳게 쓰고, 변성 정도를 옳게 비교한 경우 | 100 % |
| 지체 구조구만 모두 옳게 쓴 경우                 | 50 %  |
| 변성 정도만 옳게 비교한 경우                   | 50 %  |

#### 04 **꼼꼼** 문제 분석



A: 화성암(대부분 중생대에 관입한 화강암, 일부 신생대 화산암)  
B: 퇴적암(주로 고생대 바다, 중생대 육지)  
C: 변성암(대부분 선캄브리아 시대)

ㄱ. A는 화성암이다. 옥천대에서 화성암은 주로 화강암으로 분포하며, 북동-남서의 방향성을 보인다.

ㄴ. B는 퇴적암이다. 한반도 남동부 지역의 퇴적암은 주로 중생대 백악기에 강이나 호수에서 생성되었다.

ㄷ. C는 변성암으로, 변성암은 한반도 전체 암석 중 약 40%가 가장 넓은 면적을 차지한다.

#### 05 **꼼꼼** 문제 분석

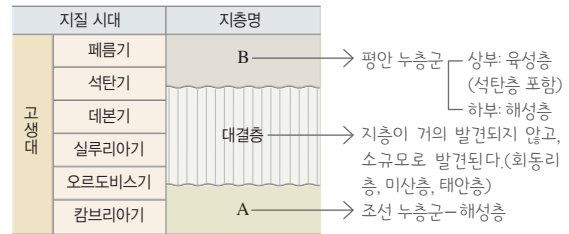


ㄱ. A의 소청도에서는 상원 누층군의 대리암층에서 원생 누대 후기의 납세균 활동으로 형성된 스트로마톨라이트가 산출된다.

ㄴ. B에는 선캄브리아 시대의 변성암이 분포하며, 정확한 시대를 구분하기 어려워 이 시기의 암석을 변성암 복합체라고 한다.

**바로알기** ㄷ. B(경기 육괴 부근)와 C(영남 육괴 부근)는 선캄브리아 시대의 변성암으로 이루어져 있으며, 우리나라에서 가장 오래된 암석은 경기 육괴에 속하는 대이작도에서 발견된다.

#### [06~07] **꼼꼼** 문제 분석



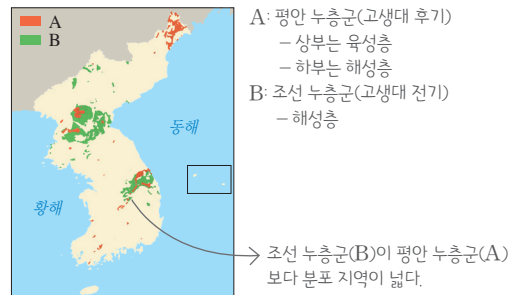
**06** ㄱ. A는 고생대 전기의 조선 누층군으로, 바다에서 퇴적되어 석회암, 사암, 셰일 등이 두꺼운 퇴적층을 이룬다.

ㄴ. A(조선 누층군)와 B(평안 누층군)의 퇴적 시기 사이에는 지층이 거의 발견되지 않으므로 A와 B는 부정합을 이룬다.

ㄷ. B(평안 누층군)는 하부에서 방추충 화석이, 상부에서 양치식물 화석이 산출되므로 퇴적 환경은 바다에서 육지로 바뀌었다.

**07** A와 B 사이에는 지층이 거의 나타나지 않지만, 강원도 정선군 회동리 일대의 회동리층에서 실루리아기의 코노돈트 화석이 발견되어 실루리아기의 지층이라는 것이 확인되었다.

#### [08~09] **꼼꼼** 문제 분석



**08** ㄱ. A와 B는 분포 지역이 대체로 겹치며, A는 고생대 후기의 평안 누층군, B는 고생대 전기의 조선 누층군이다.

ㄷ. 고생대 후기 지층인 A에서 양치식물 화석이, 고생대 전기 지층인 B에서 삼엽충 화석과 스트로마톨라이트가 산출되므로 A와 B가 퇴적될 당시 한반도의 지고는 따뜻한 적도 부근에 있었다.

**바로알기** ㄴ. B의 상부는 해성층으로, 무연탄층을 포함하지 않는다. A의 상부가 육성층으로, 양치식물 화석이 산출되며 무연탄층이 포함되어 있다.

**09** (가) 필석은 캄브리아기에 출현한 해양 생물 화석으로, 고생대 전기의 지층인 조선 누층군(B)에서 산출된다. (해성층)

(나) 방추충은 석탄기에 출현한 해양 생물 화석으로, 고생대 후기의 지층인 평안 누층군(A)의 하부(해성층)에서 산출된다.

(다) 양치식물은 고생대 후기에 번성한 육상 식물로, 평안 누층군(A)의 상부(육성층)에서 산출된다.

**10** 이 누층군의 하부 지층은 고생대의 표준 화석인 방추충 화석이 산출되는 해성층이고, 상부 지층은 양치식물 화석이 산출되는 육성층이므로 이 누층군은 고생대 후기의 평안 누층군에 해당한다. 평안 누층군은 하부가 해성층이고, 상부가 육성층이다.

**11** (가) 경상 누층군은 중생대 백악기, (나) 대동 누층군은 중생대 트라이아스기 후기~쥐라기, (다) 조선 누층군은 고생대 전기, (라) 평안 누층군은 고생대 후기에 퇴적된 지층이다. 따라서 퇴적된 순서는 (다) → (라) → (나) → (가)이다.

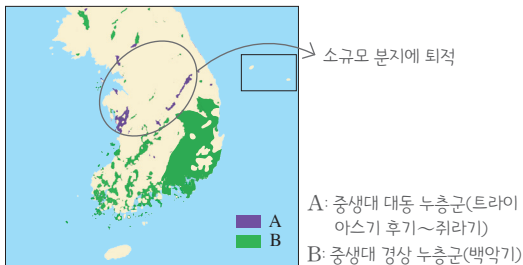
**12** 공룡 발자국 화석이 산출되므로 중생대에 해당한다.

ㄱ. 중생대에는 송림 변동, 대보 조산 운동, 불국사 변동 등 조산 운동이 활발하게 일어났고, 이에 수반하여 화강암 관입과 화산 활동이 일어났다.

ㄴ. 중생대 트라이아스기 후기~쥐라기에는 소규모 분지에 대동 누층군에 해당하는 역암, 사암, 셰일, 석탄층 등이 퇴적되었다.

ㄷ. 백악기에는 호수 환경에서 경상 누층군에 해당하는 사암, 셰일, 역암 등이 퇴적되었다.

### 13 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. A는 중생대의 대동 누층군이고, B는 중생대의 경상 누층군이다. 경상 누층군은 대동 누층군을 부정합으로 덮고 있으므로 A는 B보다 먼저 퇴적되었다.

**바로알기** ㄴ. 우리나라 중생대 지층은 강이나 호수에서 퇴적된 육성층이므로 A와 B는 육지에서 퇴적되었다.

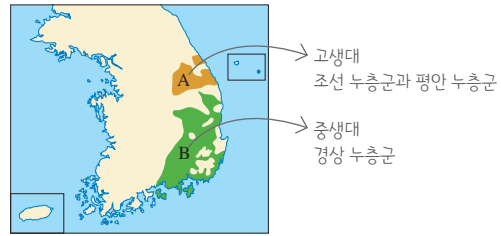
ㄷ. B는 중생대 지층이고 동해는 신생대에 형성되었으므로 B가 퇴적될 당시에는 동해가 형성되지 않았다.

**14** ㄴ. A(대보 화강암)는 길게 띠 모양으로 분포하지만, B(불국사 화강암)는 불국사 변동으로 생성되어 주로 한반도의 남동부에 불규칙하게 분포한다.

ㄷ. 불국사 변동은 백악기 후기에 일어났으므로 불국사 화강암은 백악기의 퇴적층인 경상 누층군을 관입하였다.

**바로알기** ㄱ. A는 한반도의 중부 지방에서 북동-남서 방향으로 분포하는 대보 화강암으로, 쥐라기의 대보 조산 운동으로 생성되었다.

### 15 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. A는 고생대에 퇴적된 지층으로, 전기의 조선 누층군과 후기의 평안 누층군이 이에 해당한다. 해성층인 조선 누층군에서는 삼엽충 화석이 산출된다.

**바로알기** ㄴ. B는 중생대에 퇴적된 경상 누층군이다. 우리나라의 중생대 지층은 모두 육성층이므로 석회암이 나타나지 않으며, 석회 동굴이 발달하지 않는다.

ㄷ. A는 고생대, B는 중생대에 퇴적되었으므로 A는 B보다 먼저 퇴적되었다.

### 16 **꼼꼼** 문제 분석

| 지질 시대 | 지층명    | 특징                                        |
|-------|--------|-------------------------------------------|
| 신생대   | 제4기    | (다) 동해 형성, 화산 활동으로 백두산, 제주도, 울릉도, 독도 등 형성 |
|       | 네오기    | A 연일층군                                    |
|       | 팔레오기   |                                           |
| 중생대   | 백악기    | (나) 불국사 변동                                |
|       | 쥐라기    | (가) 대보 조산 운동                              |
|       | 트라이아스기 | 송림 변동                                     |

육성층 / 해성층

육성층

ㄴ. (다) 신생대 제4기에는 울릉도와 독도를 비롯하여 백두산, 한라산, 철원 일대 등 한반도 여러 지역에서 화산 활동이 일어나 곳곳에 용암이 분출하여 형성된 화산암이 분포한다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 대보 조산 운동이고, (나)는 불국사 변동이다. 우리나라 중생대의 지각 변동 중에서 가장 격렬했던 것은 대보 조산 운동이다.

ㄷ. A는 네오기의 퇴적층으로, 포항 등 주로 동해안을 따라 소규모로 분포한다.

**17** ㄱ. 제4기에는 한반도 여러 지역에서 화산 활동이 일어났으므로 화산재가 퇴적되어 생성된 응회암층이 나타난다.

ㄴ. 팔레오기와 네오기 지층은 나뭇잎 화석 등을 포함하는 육성층이 나타난다.

ㄷ. 팔레오기와 네오기 지층은 육성층과 해성층이 번갈아 나타나며, 해성층에서는 유공충, 조개류, 완족류 등의 화석이 산출된다.

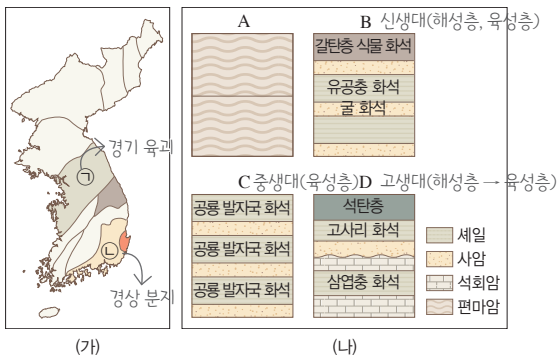
## 18 **꼼꼼** 문제 분석

- (가) 태백산 분지 내에 석회암, 사암, 셰일 등이 퇴적되었고, 삼엽충 화석이 산출된다. 따뜻한 바다, 고생대 암석
- (나) 정확한 지질 시대를 파악하기 어려운 편마암, 편암 등이 변성암 복합체를 이룬다. 선캄브리아 시대 암석
- (다) 쇄설성 퇴적암에 불국사 화강암이 관입하였고, 지층에서 공룡 발자국 화석이 산출된다. 중생대, 육성층

ㄱ. (가)는 삼엽충 화석이 산출되는 고생대, (나)는 변성암 복합체를 형성한 선캄브리아 시대, (다)는 공룡 발자국 화석이 산출되는 중생대이므로 생성된 순서는 (나) → (가) → (다)이다.

▣ **바로알기** ▣ 나. (가)에서 석회암이 나타나고, 삼엽충 화석이 산출되므로 (가)의 암석은 따뜻한 바다에서 퇴적되었다.  
 다. 암모나이트는 중생대 바다에서 번성하였으므로 육성층인 (다)에서는 암모나이트 화석이 산출되지 않는다.

## 19 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. ㉠은 경기 육괴이므로 편마암, 편암, 규암 등이 변성암 복합체를 이루며 지질 주상도는 A에 해당한다.

▣ **바로알기** ▣ 나. ㉡은 경상 분지로, 중생대에 퇴적된 육성층이 분포하므로 해양 생물인 유공충의 화석은 산출되지 않는다.

다. D는 하부에서 삼엽충 화석, 상부에서 고사리 화석과 석탄층이 나타나므로 퇴적 환경이 바다에서 육지로 변하였다.

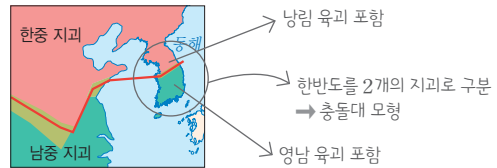
- 20** ① 태평양판이 필리핀판과 북아메리카판 아래로 섭입한다.  
 ③ 우리나라보다 일본이 판 경계에 더 가까우므로 일본에서 지진이 더 많이 발생한다.  
 ④ 중생대 백악기에 고태평양판이 한반도 아래로 섭입하면서 생성된 화산호 주변에서 쇄설성 퇴적물이 퇴적되어 경상 분지가 생성되었다.  
 ⑤ 신생대에는 태평양판이 일본 열도 아래로 섭입하면서 동해가 확장되고 일본 열도가 우리나라에서 점차 멀어졌다.

▣ **바로알기** ▣ ② 필리핀판이 유라시아판 아래로 섭입하고 있다.

## 21 **꼼꼼** 문제 분석

- (가) 한중 지괴와 남중 지괴가 충돌하여 현재와 비슷한 한반도가 형성되었다. ② 중생대 쥐라기
- (나) 곤드와나 대륙에서 한중 지괴와 남중 지괴가 북상하였다.  
 ① 고생대 말
- (다) 독도와 울릉도가 형성되었다.  
 ⑤ 신생대(약 450만 년 전~약 250만 년 전)
- (라) 동해가 형성되어 확장되었다.  
 ④ 신생대(약 2천3백만 년 전~약 1천2백만 년 전)
- (마) 경상 분지가 형성되었다. ③ 중생대 백악기

## 22 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 이 모형에서 충청남도 홍성과 강원도 오대산을 잇는 선을 경계로 한반도 북쪽은 한중 지괴, 남쪽은 남중 지괴에 속하여 한반도는 2개의 지괴로 이루어져 있었다.

▣ **바로알기** ▣ 나. 한반도가 2개의 지괴로 이루어져 있고, 한중 지괴와 남중 지괴의 동쪽 지역에서 충돌이 일어나 두 지괴가 융합되면서 한반도가 형성되었으므로 충돌대 모형이다. 만입 켜기 모형은 한반도를 3개의 지괴로 구분한다.

다. 이 모형에서는 낭림 육괴는 한반도 북쪽 지괴에 포함되어 한중 지괴에 속하고, 영남 육괴는 한반도 남쪽 지괴에 포함되어 남중 지괴에 속하므로 낭림 육괴와 영남 육괴는 서로 다른 지괴에 속해 있다.

**23** ㄱ. (가) → (나)에서 한중 지괴가 남중 지괴와 충돌하여 두 조각으로 분리되면서 낭림 육괴와 영남 육괴가 분리되었다.

다. (다) → (라)에서 한반도는 서로 다른 지괴에 속해 있던 육괴의 결합이 완성되어 현재의 모습을 갖추게 되었다.

▣ **바로알기** ▣ 나. (나) → (다)에서 영남 육괴가 경기 육괴와 결합하면서 한반도에서는 대보 조산 운동이 일어났다.

ㄴ. 경기 육괴와 영남 육괴는 서로 다른 지괴에 속해 있었다.

**24** ㄱ. 태평양판이 일본 열도 아래로 섭입하면서 일본 열도가 떨어져 나와 동해가 확장되었다.

다. (가) → (나) 과정에서 태평양판이 섭입하면서 섭입대에서 마그마가 발생하여 한반도의 여러 지역에서 화산 활동이 일어났다.

▣ **바로알기** ▣ 나. (가)와 (나)의 대륙 조각은 일본 열도가 한반도로부터 떨어져 나올 때 쪼개진 조각이다.

### 3 한반도의 변성 작용

#### 개념 확인 문제

135 쪽

- ① 접촉    ② 광역    ③ 혼펠스    ④ 규암    ⑤ 대리암  
⑥ 혼펠스    ⑦ 셰일    ⑧ 엽리    ⑨ 대보    ⑩ 광역    ⑪ 접촉

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○    2 ㉠, ㉡, ㉢    3 ㉠ 압력, ㉡ 온도, ㉢ 규암, ㉣ 석회암    4 (가) 혼펠스 조직 (나) 엽리(편마 구조)    5 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암    6 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○

- 1 (1) 변성 작용은 온도, 압력에 따라 변성 작용과 변성암의 종류가 달라지며, 변성 작용이 일어나는 과정에서 물과 같은 유체의 영향을 받는다.  
(2) 변성 작용은 고체 상태를 유지하면서 광물 조성이나 조직이 변하는 작용이다.  
(3) 변성 작용이 일어날 때는 재결정 작용이 일어나면서 새로운 광물이 만들어지거나 광물의 크기가 커진다.  
(4) 변성 작용이 계속 진행되어 온도와 압력이 높아지면 암석은 부분 용융되어 마그마가 된다.

2 접촉 변성 작용은 열에 의해 일어나고, 광역 변성 작용은 열과 압력에 의해 일어난다. 접촉 변성 작용은 고온의 마그마가 주변의 암석과 접촉하는 좁은 범위에서 일어나고, 광역 변성 작용은 조산 운동이 일어나는 조산대에서 넓은 범위에 걸쳐 일어난다.

3 마그마의 관입부에서는 압력이 거의 변하지 않으나 온도가 크게 상승하여 접촉 변성 작용이 일어난다. 이때 주변의 암석이 사암이면 규암이 생성되고, 석회암이면 대리암이 생성된다.

4 (가)는 혼펠스이므로 광물 결정들이 방향성 없이 치밀하고 단단하게 짜여진 혼펠스 조직이 나타난다. (나)는 편마암이므로 압력에 수직인 방향으로 광물이 배열되어 줄무늬가 나타나는데, 이를 엽리라고 한다.

5 셰일이 광역 변성 작용을 받아 온도와 압력이 상승하면 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암 순으로 변성도가 높은 암석이 생성된다.

6 (1) 경기 육괴와 영남 육괴는 선캄브리아 시대에 만들어진 암석이 분포하므로 여러 차례의 지각 변동으로 대부분 광역 변성 작용을 받았다.

(2) 한반도에서 가장 오래된 변성암은 약 25억 년 전에 형성된 대이작도의 편마암이다.

(3) 태백산 분지의 조선 누층군과 평안 누층군의 암석은 고생대에 퇴적되었으므로 중생대의 송림 변동과 대보 조산 운동의 영향으로 변성 작용(광역 변성 작용)을 받았다.

(4) 대보 조산 운동에 의해 생성된 대보 화강암과 불국사 변동에 의해 생성된 불국사 화강암은 주변 암석을 관입하여 접촉 변성암을 만들었다.

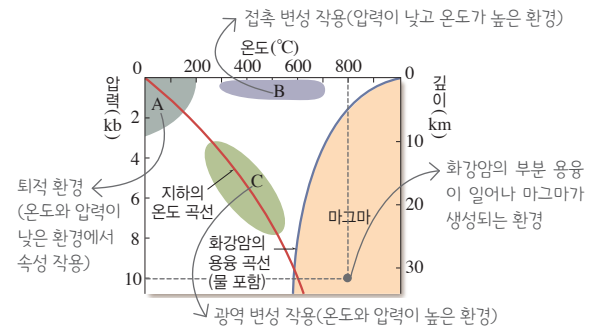
#### 대표 자료 분석

136 쪽

- 자료 1 1 퇴적암    2 B: 접촉 변성 작용, C: 광역 변성 작용  
3 부분 용융이 일어나 마그마가 된다.    4 혼펠스 조직  
5 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○

- 자료 2 1 경기 육괴, 영남 육괴    2 경기 육괴    3 송림 변동, 대보 조산 운동    4 접촉 변성 작용    5 (1) ○ (2) × (3) ○

#### ①-1 문제 분석



A는 저온 저압의 환경이므로 변성 작용이 일어나지 않으며, 속성 작용에 의해 퇴적암이 생성된다.

①-2 B는 지표 부근의 고온 환경이므로 접촉 변성 작용의 환경이고, C는 온도와 압력이 모두 높은 환경이므로 광역 변성 작용의 환경이다.

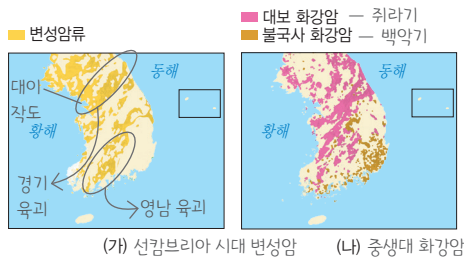
①-3 C에서 800 °C, 10 kb로 변화하면 온도가 화강암의 용융 점보다 높아지므로 부분 용융이 일어나 마그마가 생성된다.

①-4 셰일이 A에서 B 환경으로 변하는 것은 접촉 변성 작용이 일어날 때이므로 혼펠스 조직이 나타난다. 셰일이 A에서 C 환경으로 변하는 것은 광역 변성 작용이 일어날 때이므로 광물이 압력에 수직인 방향으로 배열되는 엽리가 나타난다.



- ①-5 (1) 혼펠스는 접촉 변성암이므로 B 환경에서 생성된다.  
 (2) 입상 변정질 조직은 기존 암석이 고온의 환경에서 재결정 작용을 받아 생성되므로 B 환경에서 생성된다.  
 (3) 편암과 편마암은 광역 변성암이므로 온도와 압력이 높은 C 환경에서 생성된다.  
 (4) 대리암과 규암은 접촉 변성 작용(B)이나 광역 변성 작용(C)에서 모두 생성될 수 있다.

## ②-1 **꼼꼼** 문제 분석



우리나라에서 선캄브리아 시대의 변성암은 주로 경기 육괴와 영남 육괴에 분포한다.

②-2 한반도에서 가장 오래된 암석은 약 25억 년 전에 생성된 대이작도의 변성암으로, 경기 육괴에 속해 있다.

②-3 태백산 분지에는 고생대의 조선 누층군과 평안 누층군의 암석이 퇴적되어 있고, 이 중의 일부는 중생대 초기~중기에 송림 변동과 대보 조산 운동에 의해 광역 변성 작용을 받았다.

②-4 중생대 중기~말기에 대보 화강암과 불국사 화강암 주변의 암석은 마그마 관입에 의해 접촉 변성 작용을 받았다.

②-5 (1) (가) 선캄브리아 시대의 변성암류는 여러 차례의 지각 변동으로 대부분 광역 변성 작용을 받았다.  
 (2) 석회암이 변성 작용을 받으면 대리암이 된다. 편마암은 셰일이 변성 작용을 받아 생성된다.  
 (3) 불국사 화강암을 형성한 마그마가 주변의 셰일을 관입하면 접촉 변성 작용이 일어나 혼펠스가 생성된다.

## 내신 만점 문제

137쪽~139쪽

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

01 나. 변성 작용은 주로 온도와 압력 변화에 의해 일어나며, 열만 영향을 미치는 경우 접촉 변성 작용이 일어난다.

리. 변성 작용이 일어나면 재결정 작용이 일어나 광물의 크기가 커진다.

바로알기 기. 변성 작용은 고체 상태에서 일어나는 변화이다. 암석이 녹으면 마그마가 되고, 마그마가 굳으면 화성암이 된다.

디. 변성 작용이 일어날 때 광물 사이에서 원소나 이온의 이동이 일어나면서 광물 조성이 변하는 경우가 많다.

02 나. B는 마그마의 접촉부에서 주변 암석이 열에 의해 변성이 일어나는 접촉 변성 작용의 환경이다.

디. C는 조산대 부근에서 온도와 압력에 의해 변성이 일어나는 광역 변성 작용의 환경이다. 지하로 들어갈수록 온도와 압력이 높아지며, 온도와 압력이 높아질수록 변성도가 증가한다.

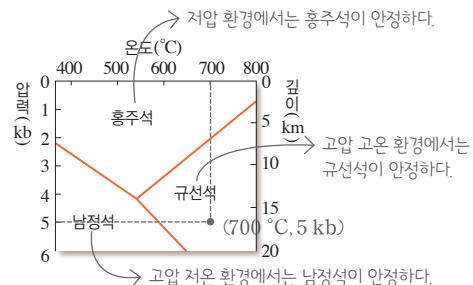
바로알기 기. A에서는 온도와 압력이 낮아 변성 작용이 일어나지 않으며, 속성 작용이 일어나 퇴적암이 만들어진다.

03 B는 열에 의한 접촉 변성 작용이고, C는 열과 압력에 의한 광역 변성 작용이다. B는 마그마의 접촉부에서 일어나므로 좁은 범위에서 일어나고, C는 조산 운동에 수반되어 일어나므로 넓은 범위에서 일어난다.

모범답안 B는 열에 의해 일어나고, C는 열과 압력에 의해 일어난다. B는 좁은 범위에서 일어나고, C는 넓은 범위에서 일어난다.

| 채점 기준                               | 배점    |
|-------------------------------------|-------|
| 변성 작용의 요인과 변성 범위를 모두 옳게 비교하여 서술한 경우 | 100 % |
| 변성 작용의 요인만 옳게 비교한 경우                | 60 %  |
| 변성 범위만 옳게 비교한 경우                    | 30 %  |

## 04 **꼼꼼** 문제 분석



기. 700 °C, 5 kb 범위는 규선석이 안정한 영역에 해당한다.

디.  $Al_2SiO_5$  광물은 온도와 압력 조건에 따라 홍주석 또는 남정석 또는 규선석으로 존재한다. 따라서 변성암 내에 분포하는  $Al_2SiO_5$  광물을 관찰하면 변성 작용이 일어난 온도와 압력을 추정할 수 있다.



■ **바로알기** ㄴ. 남정석과 규선석의 광물 조합은 혼펠스와 규선석의 광물 조합에 비해 높은 압력에서 안정하므로 광역 변성 작용을 받으면 남정석과 규선석이 더 잘 생성된다.

**05** ⑤ 조산 운동이 일어나는 곳에서는 광역 변성 작용이 일어나 암석이 열과 압력을 받으며, 압력의 수직인 방향으로 광물이 재배열되어 엽리가 나타나기도 한다.

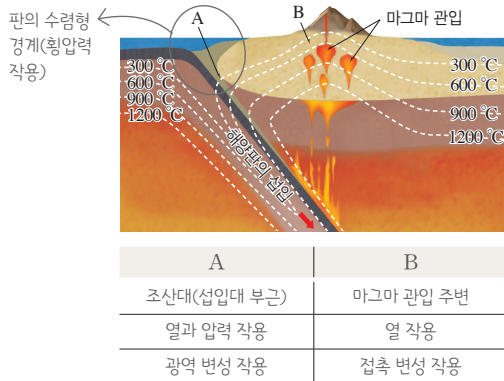
■ **바로알기** ① 편리는 압력에 수직인 방향으로 생성된 줄무늬 구조이므로 광역 변성 작용을 받아 생성된다.

② 사암이 변성 작용을 받으면 규암이 된다. 대리암은 석회암이 변성 작용을 받아 생성되는 암석이다.

③ 혼펠스 조직은 열에 의한 변성 작용을 받아 형성된다.

④ 셰일이 광역 변성 작용을 받으면, 열과 압력이 높아질수록 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암으로 변한다. 점판암은 저변성도의 암석이고, 고변성도의 암석은 편마암이다.

## 06 **꼼꼼** 문제 분석

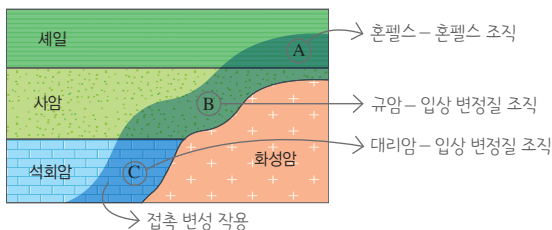


ㄱ. A는 판과 판이 수렴하여 해양판이 지하로 섭입하는 곳이므로 온도와 압력이 상승하여 광역 변성 작용이 일어난다.

■ **바로알기** ㄴ. B는 마그마 관입 주변부로, 접촉 변성 작용이 일어난다. 혼펠스는 접촉 변성암이므로 A보다 B에서 잘 생성된다.

ㄷ. 엽리는 압력이 작용하는 환경에서 형성된다. B에서는 열의 영향을 받고, A에서는 열과 압력의 영향을 받으므로 B의 변성암보다 A의 변성암에서 엽리가 잘 발달한다.

## 07 **꼼꼼** 문제 분석

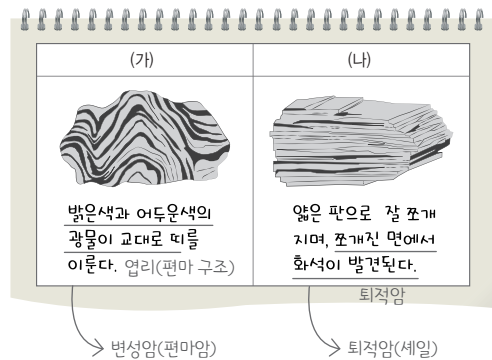


ㄴ. C는 석회암이 접촉 변성 작용을 받은 것이므로 대리암이다.

■ **바로알기** ㄱ. A, B, C는 모두 마그마 주변부에서 생성된 접촉 변성암이므로 압력에 수직 방향으로 광물이 배열되어 나타나는 줄무늬(엽리)가 발달하지 않는다.

ㄷ. 마그마 주변부에서 생성된 변성암의 종류가 A, B, C로 다른 것은 기존 암석의 종류가 다르기 때문이다.

## 08 **꼼꼼** 문제 분석

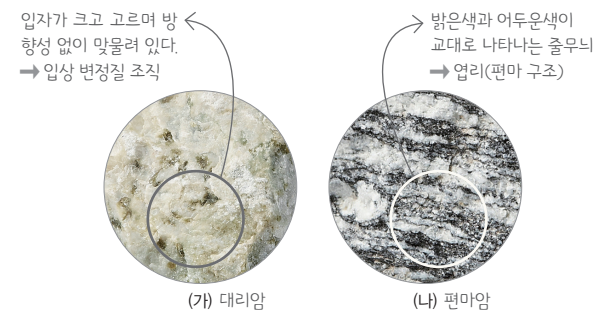


ㄱ. (가)는 셰일이 광역 변성 작용을 받아 열과 압력에 의해 재결정 작용이 일어나 엽리 중 편마 구조가 발달한 편마암이다.

■ **바로알기** ㄴ. (나)는 화석이 발견되므로 퇴적암이고, 얇게 쪼개지는 성질이 있으므로 퇴적암 중 셰일이다. 셰일이 열과 압력에 의해 변성되면 (가)와 같은 편마암이 된다.

ㄷ. 퇴적암은 변성암에 비해 온도와 압력이 낮은 환경에서 생성된다. 따라서 (나)는 (가)보다 저온 저압 환경에서 생성된다.

## 09 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. (가)는 석회암이 변성 작용을 받아 생성된 대리암으로, 입자들이 고르게 맞물려 있는 입상 변정질 조직이 나타난다.

ㄴ. (가)는 석회암이 접촉 변성 작용이나 광역 변성 작용을 받아 생성되고, (나)는 셰일이 광역 변성 작용을 받아 생성된다.

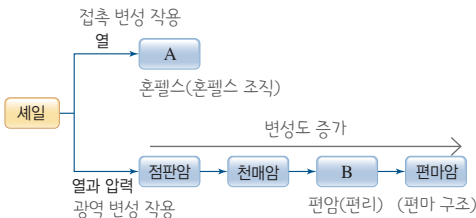
■ **바로알기** ㄷ. (나)는 편마 구조가 나타나는 편마암으로, 변성도가 더 증가하면 녹아서 마그마가 된다. 규암은 사암이 변성 작용을 받아 생성된다.

**10** 셰일은 퇴적암으로, 퇴적물이 수평으로 쌓일 때 줄무늬인 층리가 발달한다. 편마암은 광역 변성암으로, 셰일에 압력이 작용하면 압력에 수직인 방향으로 광물이 배열되어 줄무늬인 엽리가 발달한다.

**모범답안** 셰일의 줄무늬는 퇴적물이 수평 방향으로 쌓여 형성되지만, 편마암의 줄무늬는 압력에 수직인 방향으로 광물이 배열되어 형성된다.

| 채점 기준                                | 배점    |
|--------------------------------------|-------|
| 셰일과 편마암의 줄무늬를 모두 옳게 서술한 경우           | 100 % |
| 셰일의 줄무늬와 비교하지 않고 편마암의 줄무늬만 옳게 서술한 경우 | 50 %  |

## 11 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. A는 혼펠스로, 열에 의해 셰일보다 조직이 치밀해져 혼펠스 조직이 나타난다.

ㄴ. 조산대에서는 넓은 지역에 걸쳐 열과 압력이 작용하여 광역 변성 작용이 일어나므로 주로 A보다 B가 산출된다.

**바로알기** ㄴ. 셰일이 열과 압력을 받으면 재결정 작용으로 입자의 크기가 커지거나 재배열되며, 점판암 → 천매암 → B(편암) → 편마암으로 갈수록 변성도가 커지므로 입자의 크기는 편마암이 B보다 크다.

**12** ③ 임진강대에는 지괴의 충돌 과정에서 높은 온도와 압력으로 광역 변성 작용을 받아 생성된 고철질 변성암이 분포한다.

**바로알기** ① 선캄브리아 변성암 복합체들은 주로 광역 변성 작용을 받아 형성되었다.

② 한반도에서 가장 오래된 암석은 대이작도에 있는 편마암으로, 경기 육괴에 분포한다.

④ 대보 조산 운동과 불국사 변동으로 한반도 전 지역에 마그마가 관입하였고, 접촉 변성 작용이 일어나 변성암이 형성되었다.

⑤ 경기 육괴와 영남 육괴의 변성암은 선캄브리아 시대의 변성암으로, 광역 변성 작용으로 생성되어 엽리가 나타나는 경우가 많다.

**13** ㄱ. (가)의 천매암과 (나)의 점판암은 모두 셰일이 광역 변성 작용을 받아 생성되므로 기존 암석의 종류가 같다.

ㄴ. (가)의 평안 누층군은 고생대 후기에 생성되었고, (나)의 옥천층군은 선캄브리아 시대에 생성되었다. 각각 태백산 분지와 옥천 분지에 분포하던 퇴적암이 중생대 초에 송림 변동에 의한 광역 변성 작용을 받아 변성된 것이다.

ㄴ. 셰일이 변성 작용을 받으면 열과 압력이 증가할수록 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암으로 변성도가 증가하므로 (가) 천매암은 (나) 점판암보다 더 높은 온도와 압력 환경에서 생성되었다.

**14** ㄴ. 혼펠스는 지표 부근의 저압 고온 환경에서 생성되는 접촉 변성암이므로 압력보다 온도의 영향을 더 크게 받았다.

**바로알기** ㄱ. 경상 누층군은 중생대 백악기에 퇴적되었으므로 중생대 초기에 일어난 송림 변동의 영향을 받지 않았다.

ㄴ. 혼펠스는 점토질 물질이 굳어 생성된 셰일이 접촉 변성 작용을 받아 만들어진다. 석회질 물질이 굳으면 석회암이 되고, 접촉 변성 작용을 받으면 대리암이 된다.

## 중단원 핵심 정리

140 쪽~141 쪽

- |       |       |       |         |        |
|-------|-------|-------|---------|--------|
| ① 주향  | ② 경사  | ③ 수평층 | ④ 수직층   | ⑤ 수평층  |
| ⑥ 수직층 | ⑦ 부정합 | ⑧ 단층  | ⑨ 경기 육괴 | ⑩ 해성층  |
| ⑪ 해성층 | ⑫ 육성층 | ⑬ 대보  | ⑭ 열     | ⑮ 조산대  |
| ⑯ 셰일  | ⑰ 혼펠스 | ⑱ 대리암 | ⑲ 광역    | ⑳ 임진강대 |

## 중단원 마무리 문제

142 쪽~144 쪽

- |          |          |      |      |          |      |
|----------|----------|------|------|----------|------|
| 01 ①     | 02 ②     | 03 ② | 04 ① | 05 ②     | 06 ① |
| 07 ①     | 08 ④     | 09 ⑤ | 10 ④ | 11 해설 참조 |      |
| 12 해설 참조 | 13 해설 참조 |      |      |          |      |

## [01~02] **꼼꼼** 문제 분석



(가) 주향 측정



(나) 경사 측정

**01** ㄱ. (가)는 지층의 주향을 측정하는 과정이므로 클리노미터를 수평으로 유지해야 하며, 이를 위해 수준기를 관찰해야 한다.

**바로알기** ㄴ. (나)는 클리노미터를 주향에 수직으로 세워 측정하는 모습이므로 경사를 측정하는 활동이다.

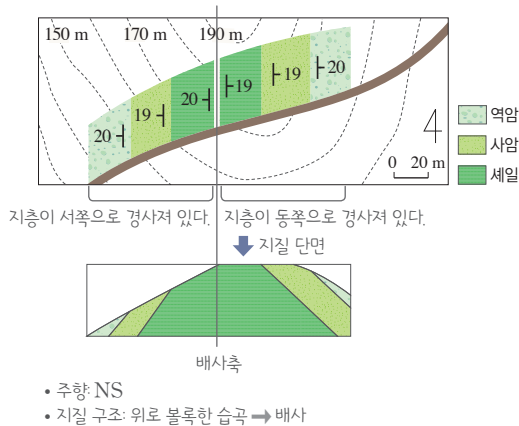
ㄴ. (나)와 같이 지층의 경사를 측정할 때는 경사를 재는 지침(추)이 가리키는 클리노미터의 안쪽 눈금을 읽어야 한다.

**02** 나. (나)의 모습이 경사를 측정한 것이고, 경사각은 클리노미터의 지침(추)이 가리키는 안쪽 눈금을 읽는다. 따라서 경사각은  $60^\circ$ 이다.

▮ **바로알기** ▮ 가. (가)의 모습이 주향을 측정한 것이고, 주향은 클리노미터의 자침이 가리키는 바깥쪽 눈금을 읽는다. 따라서 경사는  $N40^\circ E$ 이다.

다. 경사 방향은 주향에 수직이다. 주향 방향이 NE이므로 경사 방향은 NW 또는 SE이다.

### 03 **꼼꼼** 문제 분석

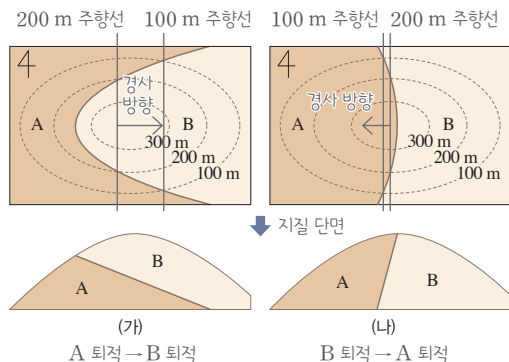


나. 습곡의 배사축이나 향사축에서는 지층의 경사가  $0^\circ$ 이다. 이 지역에서는 셰일층에서 배사축이 나타나므로 경사가  $0^\circ$ 인 부분이 있다.

▮ **바로알기** ▮ 가. 셰일층의 중앙부를 경계로 왼쪽의 지층은 서쪽으로 경사져 있고, 오른쪽의 지층은 동쪽으로 경사져 있으므로 습곡의 배사 구조가 나타난다.

다. 아래에 있는 지층일수록 먼저 퇴적되었으므로 퇴적 순서는 셰일 → 사암 → 역암이다.

### 04 **꼼꼼** 문제 분석

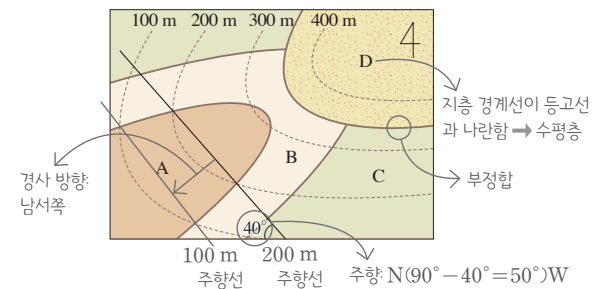


가. 고도가 다른 두 주향선을 선택하여 높은 고도에서 낮은 고도의 주향선을 수직으로 향하는 방향이 지층의 경사 방향이다. (가)는 A층이 동쪽으로 경사져 있고, (나)는 A층이 서쪽으로 경사져 있다.

▮ **바로알기** ▮ 나. 지층이 역전되지 않았으므로 하부의 지층이 먼저 퇴적되었다. 지층의 경사 방향을 고려해보면, (가)는 A층이 먼저 퇴적되었고, (나)는 B층이 먼저 퇴적되었다.

다. 지층 경계선이 등고선에 나란할수록(고도가 다른 두 주향선의 간격이 멀수록) 지층의 경사가 완만하므로 지층의 경사는 (가)보다 (나)가 급하다.

### 05 **꼼꼼** 문제 분석



나. B층이 남서쪽으로 경사져 있으므로 퇴적된 순서는  $C \rightarrow B \rightarrow A$ 이고, D층은 수평층이므로 B층과 C층보다 나중에 퇴적되었다. 따라서 가장 먼저 퇴적된 지층은 C이다.

▮ **바로알기** ▮ 가. 200 m의 주향선이 NW 방향을 향하고, 동서 방향과 이루는 각도가  $40^\circ$ 이므로 북쪽에서  $50^\circ$  떨어져 있다. 따라서 A층의 주향은  $N50^\circ W$ 이다.

다. B층과 D층은 부정합 관계이므로 퇴적 시간에 긴 간격이 있다. 따라서 B층의 퇴적 시기는 D층보다 C층의 퇴적 시기에 더 가깝다.

### 06 **꼼꼼** 문제 분석

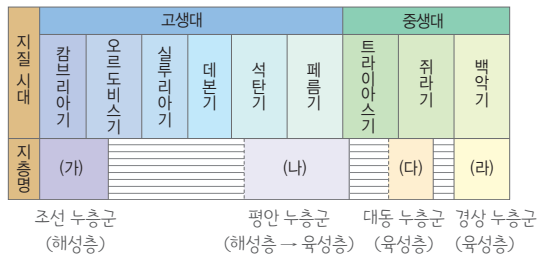


가. A(경기 옥괴)와 C(영남 옥괴)는 선캄브리아 시대의 지괴이고, B는 옥천 분지(옥천대)이므로 모두 변성암이 분포한다.

▮ **바로알기** ▮ 나. C에는 주로 선캄브리아 시대의 변성암이 분포한다. 중생대의 퇴적물은 주로 경상 분지 부근에 쌓여 있다.

다. 만입 켜기 모형에 따르면 고생대 말에 A(경기 옥괴)는 남중국 지괴에, C(영남 옥괴)는 한중 지괴에 속해 있었다.





7. (가)는 고생대 전기에 바다에서 퇴적된 조선 누층군으로, 고생대의 표준 화석인 삼엽충과 펄스 화석이 산출된다.

**■바로알기** 나. (나)는 고생대 후기의 평안 누층군이다. 평안 누층군은 하부가 해성층이고, 상부가 육성층이므로 (나)의 퇴적 환경은 바다에서 육지로 변하였다.

다. (다)는 대동 누층군이고, (라)는 경상 누층군이다. 우리나라의 중생대 지층은 모두 육성층이므로 바다에서 변성하였던 암모나이트 화석이 산출되지 않는다.

**08** 나. A는 백악기 말의 불국사 변동에 수반되어 생성되었으므로 백악기에 퇴적된 경상 누층군을 관입하였다.

다. B는 대보 조산 운동, C는 송림 변동으로 일어난 화성 활동으로 생성되었으며, 송림 변동과 대보 조산 운동은 한중 지괴와 남중 지괴가 충돌하여 한반도가 형성되는 과정에서 일어난 조산 운동이다.

**■바로알기** 7. C는 폐름기~트라이아스기에 생성된 화강암, B는 쥐라기에 생성된 화강암(대보 화강암), A는 백악기에 생성된 화강암(불국사 화강암)이므로  $C \rightarrow B \rightarrow A$  순으로 생성되었다.

**09** ㄱ. A는 주로 열에 의해 변성 작용이 일어나는 환경으로, 마그마의 접촉부에서는 열에 의해 접촉 변성 작용이 일어난다.

나. B는 열과 압력에 의해 변성 작용이 일어나는 환경으로, 편리나 편마 구조와 같은 엽리가 발달하는 광역 변성 작용이 일어난다.

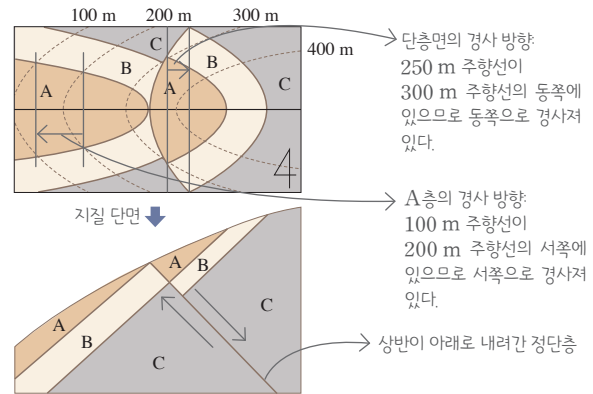
ㄷ. 규암은 접촉 변성 작용이나 광역 변성 작용에 의해 생성되므로 A와 B에서 모두 생성될 수 있다.

**10** L. A의 변성암은 열과 압력에 의해 광역 변성 작용이 일어나 생성된 변성암류이고, B의 변성암은 마그마 접촉부에서 열에 의해 접촉 변성 작용이 일어나 생성된 변성암이다. 엽리는 압력이 작용하여 형성된 A의 변성암에서 잘 발달되어 있다.

ㄷ. B의 변성암은 불국사 화강암이 관입하면서 마그마 접촉부에 생성된 접촉 변성암이다.

**■바로알기** ㄱ. A는 경기 육괴, B는 경상 분지로, A에서는 선캄브리아 시대의 변성암류가 산출되고, B에서는 중생대의 변성암이 산출되므로 A보다 B의 변성암이 나중에 생성되었다.

한글



단층면은 동쪽으로 경사져 있고, 지층은 서쪽으로 경사져 있다. 동서 방향의 단면을 그려보면 단층면을 기준으로 상반이 아래로 이동하였으므로 장력이 작용하여 정단층이 형성되었다.

**모범답안** 단층이 형성되었기 때문에 A와 B층이 반복되어 나타나며, 정 단층이 형성되었으므로 장력이 작용하였다.

| 채점 기준                | 배점    |
|----------------------|-------|
| 단층과 장력을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 단층만 옳게 서술한 경우        | 50 %  |

**12** (가)는 고생대 전 기간에 걸쳐 바다에서 서식하였던 삼엽충의 화석으로, 우리나라에서는 고생대 전기의 조선 누층군(해성층)에서 산출된다. (나)는 기온이 높고 습한 육지 환경에서 번성한 양치식물이 지층에 매몰되어 생성된 석탄으로, 우리나라에서는 평안 누층군 상부의 육성층에서 산출된다.

**모범답안** (가)가 산출된 지층이 (나)가 산출된 지층보다 먼저 생성되었다.  
(나)가 생성될 당시는 기온이 높고, 습한 환경이었다.

| 채점 기준                                    | 배점    |
|------------------------------------------|-------|
| 지층의 선후 관계와 (나) 생성 당시 기후 환경을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 두 가지 중 한 가지만 옳게 서술한 경우                   | 50 %  |

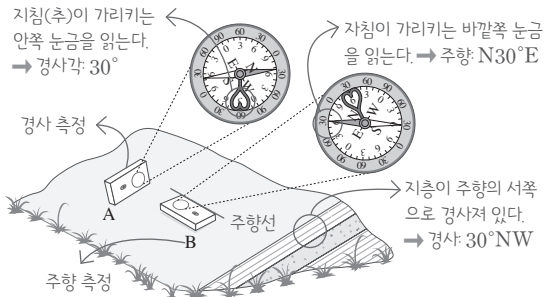
**13** 화강암 주변에서는 열에 의해 접촉 변성 작용을 받은 변성암이 산출되며, 접촉 변성 작용을 받으면 입상 변정질 조직이 나타난다. 묽은 염산과 반응하므로 탄산염 광물로 이루어져 있으며, 건물의 바닥 장식재 등으로 이용되는 압석은 대리암이다.

**모범답안** 이 암석은 석회암이 열(온도)에 의해 접촉 변성 작용을 받아 생성된 대리암이다.

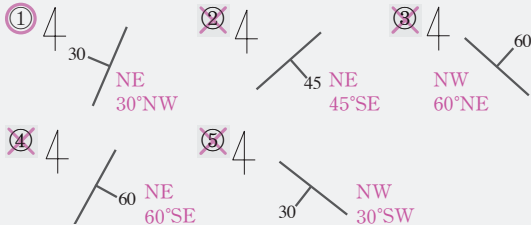
| 채점 기준                                               | 배점    |
|-----------------------------------------------------|-------|
| 기존 암석의 이름, 변성암의 이름, 변성 작용의 요인을 모두 포함하여<br>옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 세 가지 중 두 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우                         | 60 %  |
| 세 가지 중 한 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우                         | 30 %  |



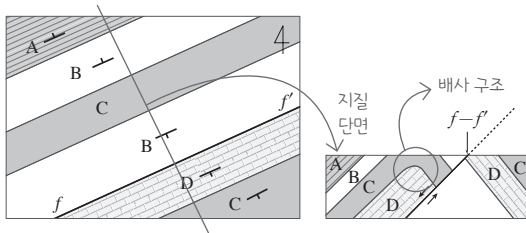
01 ① 02 ⑤ 03 ② 04 ④ 05 ④ 06 ①  
07 ③ 08 ① 09 ② 10 ④ 11 ③ 12 ③

01 **문제 분석**

## 선택지 분석



① 지층의 주향이 N30°E이고, 경사가 30°NW이므로 진북으로부터 30°만큼 동쪽으로 긴 선(주향)을 긋는다. 지층이 주향의 서쪽으로 경사져 있으므로 긴 선의 중앙에서 NW 방향으로 직각인 짧은 선을 긋고 선 끝에 30이라고 표시한다.

02 **문제 분석**

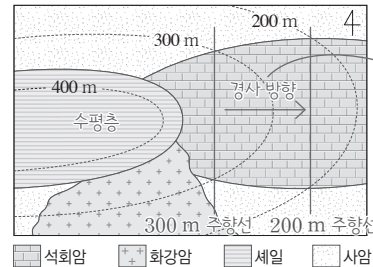
## 선택지 분석

- ㄱ 배사 구조가 나타난다.
- ㄴ A층의 주향 방향은 NE이다.
- ㄷ C층이 D층보다 나중에 퇴적되었다.

ㄱ. 단층선 북쪽의 C층을 경계로 위쪽의 지층은 북서쪽으로, 아래쪽의 지층은 남동쪽으로 경사져 있으므로 배사 구조가 나타난다.

ㄴ. A층은 주향이 북동-남서 방향이므로 NE이다.

ㄷ. 단층선의 남쪽에서 C층과 D층이 모두 주향의 동쪽으로 경사져 있고, 지층이 역전되지 않았으므로 C층이 D층보다 나중에 퇴적되었다.

03 **문제 분석**

- 셰일: 수평층
- 사암, 석회암: 동쪽으로 경사져 있는 경사층
- 생성 순서: 사암층 → 석회암층 → 화강암 관입 (부정합) → 셰일층

① 석회암 ② 화강암 ③ 셰일 ④ 사암

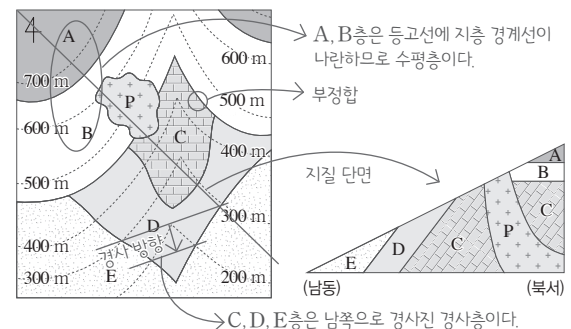
## 선택지 분석

- ✗ 이 지역에는 셰일 기원의 혼펠스가 생성되었다.
- 셰일층과 사암층은 부정합 관계이다. **생성되지 않았다**
- ✗ 석회암층은 사암층보다 먼저 생성되었다. **나중에**

ㄴ. 셰일층은 상부의 수평층이고, 사암층은 하부의 경사층이므로 셰일층과 사암층은 부정합 관계이다.

ㄱ. 셰일층은 화강암이 관입하고 침식 작용이 일어난 후 퇴적되었으므로 마그마에 의한 변성 작용을 받지 않았다. 따라서 이 지역에서 셰일의 접촉 변성암인 혼펠스는 생성되지 않았다.

ㄷ. 지층이 동쪽으로 경사졌으므로 사암이 석회암보다 하부에 있다. 따라서 사암층이 석회암층보다 먼저 생성되었다.

04 **문제 분석**

## 선택지 분석

- ✗ 지층의 경사는 A층이 E층보다 크다. **작다**
- C층은 용기 작용과 침강 작용을 받은 적이 있다.
- 관입암 P는 C층보다 나중에 생성되었다.



ㄴ. A층과 B층은 수평층이고, C, D, E층은 경사층이므로 B층과 C층은 부정합 관계이다. 부정합은 지층이 융기되고 침식된 후 새로운 지층이 쌓이면서 형성되므로 부정합면 아래의 C층은 융기 작용과 침강 작용을 받은 적이 있다.

ㄷ. 관입한 암석은 관입 당한 암석보다 나중에 생성되었으므로 관입암 P는 C층보다 나중에 생성되었다.

❗ **바로알기** ㄱ. A층은 수평층이고, E층은 경사층이므로 지층의 경사는 E층이 A층보다 크다.

## 05

### 선택지 분석

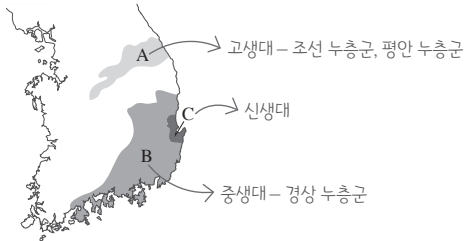
- ✕ 주로 분지에 퇴적된 암석으로 이루어져 있다. **변성암**
- 한반도에서 가장 오래된 암석을 포함한다.
- ㉔ 스트로마톨라이트가 산출된 지층이 있다.

ㄴ. 제시된 암석 분포는 선캄브리아 시대에 해당한다. 이 시기에 속하는 암석 중 대이작도에서 발견된 편마암이 한반도에서 가장 오래된 암석이다.

ㄷ. 소청도의 대리암층에서 원생 누대 후기에 생성된 스트로마톨라이트가 산출된다.

❗ **바로알기** ㄱ. 한반도의 선캄브리아 시대 암석은 대부분 경기 육괴와 영남 육괴에 속해 있으며, 대부분 변성암이다.

## 06 **꼼꼼** 문제 분석



### 선택지 분석

- 삼엽충과 필석 화석은 A에서 산출된다.
- ✕ B는 C보다 나중에 퇴적되었다. **먼저**
- ✕ C에서는 방추충 화석이 산출된다. **산출되지 않는다**

ㄱ. A는 고생대 전기의 조선 누층군과 후기의 평안 누층군이 퇴적된 곳이다. 삼엽충과 필석 화석은 고생대의 표준 화석이므로 A에서 산출된다.

❗ **바로알기** ㄴ. B는 중생대에 퇴적된 경상 누층군이고, C는 신생대의 지층이므로 B가 C보다 먼저 퇴적되었다.

ㄷ. C는 신생대의 지층이므로 고생대 말기의 표준 화석인 방추충 화석이 산출될 수 없다.

## 07

### 선택지 분석

- ✕ 남령 육괴와 경기 육괴는 동일한 지괴에 속해 있었다. **다른**
- 한중 지괴가 분리되면서 영남 육괴는 시계 방향으로 회전하였다.
- ㉔ (가)와 (나) 시기 사이에 한반도에서는 대보 화강암이 관입하였다.
- ✕ ㉑에서 에클로자이트가 발견되는 것은 남중 지괴가 적도 부근에서 북상하였다는 주장의 근거가 된다. **한중 지괴와 충돌하였다**

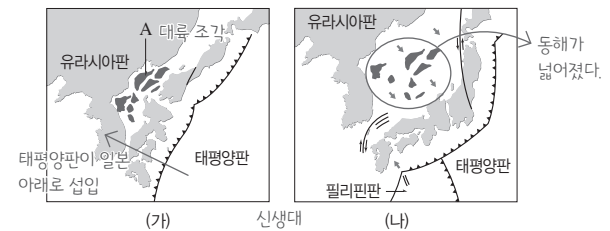
ㄴ. 한중 지괴는 남중 지괴와 충돌한 후 두 조각으로 분리되었으며, 그 중 영남 육괴가 속한 지괴는 시계 방향으로 회전하면서 경기 육괴 아래로 결합하였다.

ㄷ. 한반도의 육괴가 충돌하여 결합하면서 쥐라기에 대보 조산 운동이 일어났고, 이에 수반하여 대보 화강암이 관입하였다.

❗ **바로알기** ㄱ. 그림과 같은 한반도의 형성 모형에 따르면, 남령 육괴는 한중 지괴에 속하였고, 경기 육괴는 남중 지괴에 속하였다.

ㄷ. 에클로자이트는 판이 충돌하는 초고압 환경에서 생성되는 초고압 변성암이므로 에클로자이트의 발견은 한중 지괴와 남중 지괴가 충돌하였다는 주장의 근거가 된다.

## 08 **꼼꼼** 문제 분석



### 선택지 분석

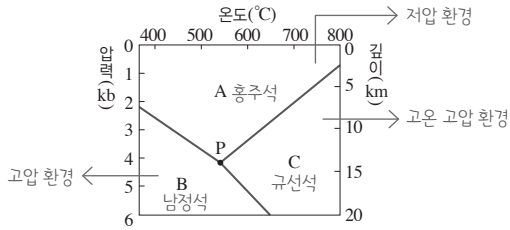
- 동해는 태평양판이 섭입하면서 형성되었다.
- ✕ A는 **해양 지각**의 물질이다. **대륙 지각**
- ✕ (가) → (나)의 변화는 중생대 중기부터 후기까지 일어났다. **신생대에**

ㄱ. 한반도와 일본 열도는 거의 붙어 있었으나 태평양판이 일본 열도 아래로 섭입하면서 동해가 확장되기 시작하였다.

❗ **바로알기** ㄴ. A는 한반도에서 일본 열도가 떨어져 나가는 과정에서 쪼개진 대륙 조각들이 분포하는 것이다.

ㄷ. 동해는 신생대 후기에 형성되기 시작하였고, 약 1200만 년 전에 현재와 비슷한 모습을 갖추었다.

## 09 **문제 분석**



### 선택지 분석

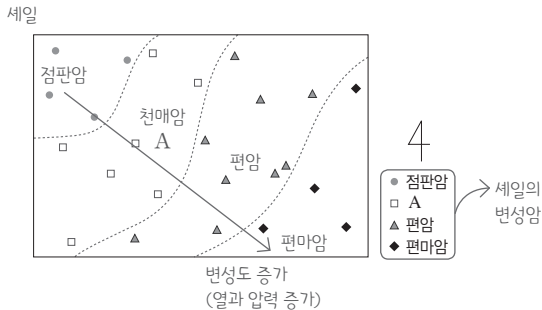
- ☒ A는 규선석이고, B는 남정석이다. **홍주석**
- ☒ P점에서는 세 광물이 결합하여 새로운 광물이 생성된다. **공존할 수 있다**
- ☒ 편마암에서는 A와 C보다 B와 C가 많이 산출된다.

ㄷ. A와 C는 주로 접촉 변성 작용에 의해 생성되고, B와 C는 주로 광역 변성 작용에 의해 생성된다. 편마암은 고온 고압의 환경에서 생성되므로 B(남정석)와 C(규선석)가 더 많이 산출된다.

▮ **바로알기** ㄱ. A는 저압 환경에서 생성되는 홍주석이고, B는 고압 환경에서 생성되는 남정석이다. C는 고온 고압 환경에서 생성되는 규선석이다.

ㄴ. P점은 세 광물의 안정 영역이 만나는 점이므로 세 광물이 안정하여 변성암 내에서 공존할 수 있다.

## 10 **문제 분석**



### 선택지 분석

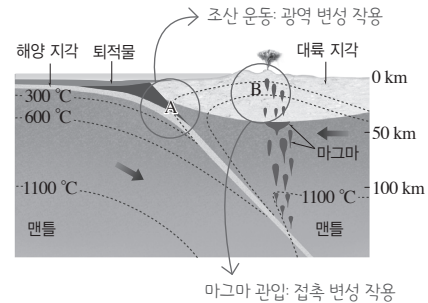
- ☒ A는 대리암이다. **천매암**
- ☒ 남동쪽으로 갈수록 변성도가 증가한다.
- ☒ 이 지역의 북서쪽에는 세일이 분포할 것이다.

ㄴ. 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암으로 갈수록 변성 작용이 일어날 때의 온도와 압력이 높으므로 남동쪽으로 갈수록 변성도가 증가한다.

ㄷ. 이 지역의 변성암은 세일이 광역 변성 작용을 받아 생성되므로 이 지역의 북서쪽에는 세일이 분포할 것이다.

▮ **바로알기** ㄱ. A는 점판암보다 변성도가 높고, 편암보다 변성도가 낮으므로 천매암이다.

## 11 **문제 분석**



### 선택지 분석

- ☒ A 부근에서는 주로 열과 압력에 의해 변성 작용이 일어난다.
- ☒ 변성 작용이 일어나는 범위는 A 부근보다 B 부근에서 넓다. **좁다**
- ☒ 불국사 화강암에 수반된 변성 작용은 B와 같은 유형이다.

ㄱ. A에서는 해양판이 대륙판 아래로 섭입하면서 온도와 압력이 증가하므로 열과 압력에 의한 광역 변성 작용이 주로 일어난다.

ㄷ. 한반도의 남부 지역에 분포하는 경상 분지에는 B와 같이 불국사 화강암이 관입한 주변에 접촉 변성 작용으로 생성된 변성암이 분포한다.

▮ **바로알기** ㄴ. A에서는 광역 변성 작용이 일어나고, B에서는 접촉 변성 작용이 일어나므로 변성 범위는 A 부근이 더 넓다.

## 12

### 선택지 분석

- ☒ (가)의 주변 지역에는 세일이 분포한다.
- ☒ (나)는 열과 압력에 의해 생성되었다.
- ☒ (가)는 (나)보다 먼저 생성되었다. **나중에**

ㄱ. 혼펠스는 세일이 접촉 변성 작용을 받아 생성된 변성암이므로 (가)의 주변 지역에는 세일이 분포한다.

ㄴ. (나)는 매우 높은 온도와 압력 환경에서 생성되는 광역 변성암이다.

▮ **바로알기** ㄷ. (가)는 중생대 말기의 불국사 변동에 수반된 접촉 변성 작용으로 생성되었고, (나)는 중생대 초기의 송림 변동에 수반된 광역 변성 작용으로 생성되었다.



## II. 대기와 해양

### 1 해수의 운동과 순환

#### 1 해수를 움직이는 힘

##### 개념 확인 문제

154 쪽

① 수압 경도력 ② 중력 ③ 경사 ④ 전향력

1 (1) ○ (2) × (3) × (4) × 2 (1) (가) 수압 경도력 (나) 중력

(2)  $\frac{\Delta P}{\Delta Z} = -\rho g (\Delta P = -\rho g \Delta Z)$  3 (1) ㉠ 높은, ㉡ 낮은

(2) ㉠ 비례, ㉡ 반비례 (3) 따뜻한 해수에서 찬 해수 4 (1) ㉠ 오른쪽, ㉡ 왼쪽 (2) 크다 (3) 작다

- (1) 수압 경도력은 수압 차이로 발생하는 힘이므로 수압 차이가 클수록 커진다.  
(2) 수압 경도력은 해수의 밀도 차이에 의해서도 발생한다.  
(3) 해수를 움직이게 하는 원인이 되는 힘은 수압 경도력이다. 전향력은 해수의 이동 방향만 바꾼다.  
(4) 전향력은 적도를 제외하고 운동하는 모든 물체에 작용한다.

- (1) (가)는 수압 차이에 의해 생기는 수압 경도력이다. 해수에서는 깊어질수록 수압이 증가하므로, 아래에서 위로 수압 경도력이 작용한다.  
(나)는 해수의 무게에 의해 생기는 중력이다. 중력은 지구 중심 쪽으로 작용하므로 위에서 아래로 작용한다.  
(2) 정역학 평형 상태에서 수압 경도력과 중력이 평형을 이루므로  $\frac{\Delta P}{\Delta Z} = -\rho g (\Delta P = -\rho g \Delta Z)$ 이다.

- (1) 수압 경도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다. 해수면이 높은 곳이 낮은 곳보다 수압이 높으므로 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다.  
(2) 수압 경도력은 두 지점 사이의 거리에 반비례하고, 수압 차이에 비례한다. 즉, 두 지점 사이의 거리가 멀수록 수압 경도력이 작아지고, 수압 차이가 클수록 수압 경도력이 커진다.  
(3) 밀면에서의 수압이 같을 때, 따뜻한 해수는 밀도가 작아 해수면이 높고 찬 해수는 밀도가 커서 해수면이 낮기 때문에 등수압면이 찬 해수 쪽으로 기울어진다. 따라서 수압 경도력은 따뜻한 해수에서 찬 해수 쪽으로 작용한다.

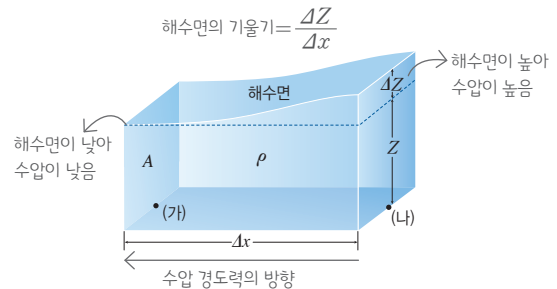
- (1) 전향력은 지구 자전에 의해 북반구에서는 물체의 운동 방향에 오른쪽 직각 방향으로 작용하고, 남반구에서는 물체의 운동 방향에 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.  
(2), (3) 단위 질량에 작용하는 전향력( $C$ ) =  $2v\Omega \sin \varphi$  ( $v$ : 물체의 속도,  $\Omega$ : 지구 자전 각속도,  $\varphi$ : 위도)이다. 따라서 전향력의 크기는 물체의 운동 속력이 빠를수록 크고, 고위도로 갈수록 지구 자전 각속도가 커지므로 커진다.

##### 대표 자료 분석

155 쪽

- 자료 1 1 (나) → (가) 2  $\Delta P = -\rho g \Delta Z$  3  $P_H = g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$   
4 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×  
자료 2 1 (가) A (나) A 2 전향력 3 ㉠ 북반구, ㉡ A  
4 (1) ○ (2) × (3) ○

##### 1-1 꼼꼼 문제 분석



수압 차이에 의해 수평 방향으로 작용하는 힘(수압 경도력)은 수압이 높은 (나)에서 수압이 낮은 (가) 쪽으로 작용한다.

1-2 두 지점의 수압 차이  $\Delta P = P_{(나)} - P_{(가)} = -\rho g \Delta Z$ 이다.

1-3 단위 질량의 해수에 작용하는 수압 경도력( $P_H$ )을 해수면의 기울기( $\frac{\Delta Z}{\Delta x}$ )로 나타내면  $g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 이다.

$$P_H = \frac{1}{m} \times \Delta P \times A = \frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{\Delta x} = g \frac{\Delta Z}{\Delta x} \quad (g: \text{중력 가속도})$$

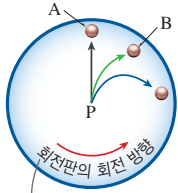
- 1-4 (1) 해수면이 기울어져 있으면 수압 차이가 생겨 수압 경도력이 발생한다.  
(2) 수압 경도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다. 밀도가 일정할 때, 해수면이 높은 곳은 수압이 높고, 해수면이 낮은 곳은 수압이 낮다. 따라서 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다.

(3)  $\Delta x$ 가 변하지 않고  $\Delta Z$ 가 커지면 해수면의 기울기가 커져 수압 차이가 커지므로 수압 경도력은 커진다.

(4) 해수면의 기울기인  $\frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 가 커지면 수압 경도력은 커진다.

## 2-1 **꼼꼼** 문제 분석

쇠구슬을 P에서 A로 굴릴 때



- (가) 회전판이 회전하지 않을 때, 관측한 쇠구슬의 이동 경로: A
- (나) 회전판이 회전할 때, 회전계 안에서 관측한 쇠구슬의 이동 경로: B

→ 시계 반대 방향으로 회전: 쇠구슬의 이동 경로가 오른쪽으로 휘어진다.

쇠구슬을 P에서 A로 굴리면 회전계 밖에서는 회전판이 돌아가는 것에 관계 없이 쇠구슬이 A로 이동하는 것처럼 보인다.

**2-2** 쇠구슬의 실제 이동 경로는 직선이지만, 회전하는 원반 위에서는 B와 같이 경로가 휘어지는 것처럼 관측되어 마치 물체의 운동 경로를 바꾸는 힘이 있는 것처럼 보인다. 이러한 가상의 힘을 전향력이라고 한다.

**2-3** 회전판이 시계 반대 방향으로 돌아서 물체의 이동 방향이 오른쪽으로 휘었다. 이 결과는 지구가 시계 반대 방향으로 자전하여 북반구에서 물체의 운동 방향이 오른쪽으로 휘는 것과 같은 원리이다. 전향력의 크기는 저위도로 갈수록 작아지고, 적도에서 0이므로 적도 지방에서는 (가), (나)일 때 물체의 이동 경로가 A와 같이 나타난다.

**2-4** (1) 전향력은 지구 자전에 의한 가상의 힘이므로 지구가 자전하지 않으면 전향력은 작용하지 않는다.  
(2) (나)의 궤적은 회전 원반 밖에 있는 관측자에게는 직선으로 나타난다.  
(3) 원반의 회전 방향이 시계 방향이 되면 전향력이 물체의 운동 방향에 왼쪽 직각 방향으로 작용하므로 B는 A의 왼쪽 방향으로 휘는.

## 나선 만점 문제

156쪽~157쪽

- |      |                           |      |          |
|------|---------------------------|------|----------|
| 01 ③ | 02 $(P_2 - P_1) \times A$ | 03 ③ | 04 해설 참조 |
| 05 ② | 06 ①                      | 07 ④ | 08 해설 참조 |
| 10 ② | 11 ⑤                      |      | 09 ⑤     |

**01** ①, ② 수압 경도력은 수압 차이가 클수록 커지므로 수압 차이에 비례하며, 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다.

④, ⑤ 바람이나 기압 차이에 의해 해수면 높이가 달라져 경사가 생기거나, 해수의 밀도 차이가 생기면 수평 방향으로 수압 차이가 발생하여 수압 경도력이 작용한다.

**바로알기** ③ 연직 방향의 수압 경도력은 중력과 반대 방향으로 작용한다.

**02** 물 덩어리가 바닥에 작용하는 힘인 중력은 수압 경도력과 크기가 같다. 단면적에 작용하는 수압 경도력은 두 지점의 수압 차이에 단면적을 곱한  $(P_2 - P_1) \times A$ 로 나타낼 수 있다.

**03** ㄱ. (가)는 연직 방향의 수압 경도력으로, 깊이에 따른 수압 차이( $\Delta P = P_2 - P_1$ ) 때문에 발생하는 힘이다.

ㄴ. 해수는 연직 방향의 수압 경도력이 중력과 평형을 이루는 정역학 평형 상태이므로, (가)와 (나)의 크기는 같다.

**바로알기** ㄷ. (가)는 (나)와 평형을 이루고 있으므로, (가)에 의해 해수의 이동은 일어나지 않는다.

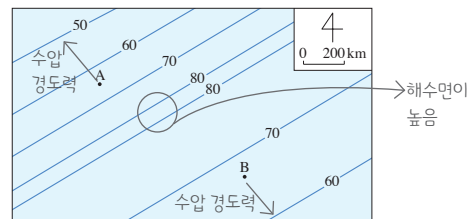
**04** 정역학 방정식  $\Delta P = -\rho g \Delta Z$ 를 이용한다.

1 N = 1 kg · m/s<sup>2</sup>이므로 1기압 = 101325 kg · m/s<sup>2</sup>이다.

$$\begin{aligned} \text{모범답안 } \Delta P &= -\rho g \Delta Z = -1030 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 1000 \text{ m} \\ &= -10094000 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2 \approx 1007 \text{ 기압} \end{aligned}$$

| 채점 기준                                 | 배점    |
|---------------------------------------|-------|
| 정역학 방정식을 옳게 쓰고, 계산 결과를 기압으로 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 기압으로 나타내지 못하고, 식과 계산 결과만 옳게 서술한 경우    | 50 %  |

## [05~06] **꼼꼼** 문제 분석

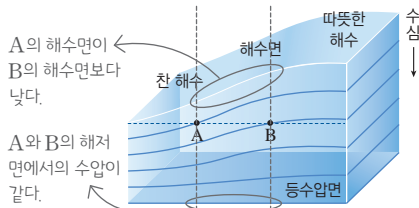


**05** 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 A에서는 북서 방향, B에서는 남동 방향으로 작용한다.

**06** A 해역이 B 해역보다 등고선 사이의 간격이 좁으므로 해수면의 기울기가 급하다. 수압 경도력은 해수면의 기울기가 급할수록 크게 작용하므로 A 해역이 B 해역보다 수압 경도력이 크다.



## 07 꼼꼼 문제 분석



④ 해저면에서의 수압이 거의 같을 때, A 지점이 B 지점보다 해수면이 낮으므로 밀도가 크다.

■ **바로알기** ① 수심이 깊어질수록 수압이 높다.

② 수압은 A 지점이 B 지점보다 낮다.

③ 수압 경도력은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 B 지점에서 A 지점으로 작용한다.

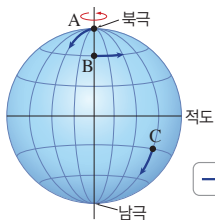
⑤ 수평 방향으로 수압 경도력이 작용하므로 해수는 수평 방향으로 이동한다.

**08 모범답안** 연직 방향의 수압 경도력과 중력이 정역학 평형을 이루기 때문이다.

| 채점 기준                                             | 배점    |
|---------------------------------------------------|-------|
| 연직 방향의 수압 경도력과 중력이 같아 정역학 평형을 이루기 때문이라고 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 정역학 평형을 이루기 때문이라고만 서술한 경우                         | 70 %  |

**09** 전향력은 북반구에서는 운동하는 물체의 운동 방향에 오른쪽 직각 방향으로 작용하고, 남반구에서는 왼쪽 직각 방향으로 작용한다. 따라서 적도에서 북반구에 위치한 (가) 지점을 향해 발사한 미사일은 오른쪽으로 휘어진 B 경로를 따라 이동하고, 적도에서 남반구에 위치한 (다) 지점을 향해 발사한 미사일은 왼쪽으로 휘어진 D 경로를 따라 이동한다.

## 10 꼼꼼 문제 분석



- 위도:  $A > B > C$
- 전향력의 크기:  $A > B > C \Rightarrow$  위도가 높을수록 전향력이 크기 때문
- 전향력의 방향: A는 서쪽, B는 남쪽, C는 동쪽

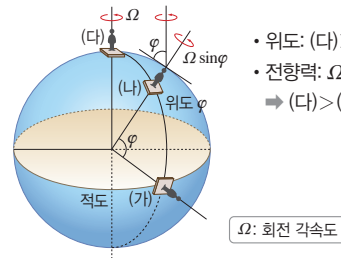
→ 물체를 던진 방향

ㄷ. 전향력은 고위도로 갈수록 커지므로 C보다 A에서 크다.

■ **바로알기** ㄱ. 북반구에 위치한 A에서 물체가 이동할 때 전향력을 오른쪽 직각 방향으로 받으므로 물체의 이동 방향은 서쪽으로 치우친다.

ㄴ. 북반구에 위치한 B에서 물체가 오른쪽 직각 방향으로 전향력을 받으므로 물체의 이동 방향은 오른쪽으로 휘어진다.

## 11 꼼꼼 문제 분석



- 위도: (다) > (나) > (가)
- 전향력:  $\Omega \sin \phi$ 에 비례  
 $\Rightarrow$  (다) > (나) > (가)

ㄱ, ㄷ. 위도별 회전 각속도는  $\Omega \sin \phi$ 이므로 위도가 높아짐에 따라 회전 각속도는 커진다. 따라서 지표면의 회전 각속도가 가장 빠른 곳은 극지방인 (다)이다.

ㄴ. 지표면이 회전하지 않는 곳은  $\sin \phi = 0$ 인 적도 지방 (가)이다.

## 02 지형류

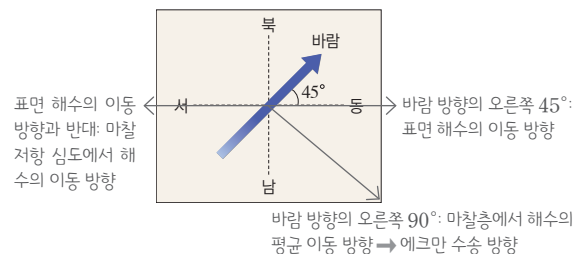
### 개념 확인 문제

161쪽

- ① 에크만 수송 ② 오른쪽 ③ 마찰층(에크만층) ④ 수압 경도력 ⑤ 오른쪽 ⑥ 서 ⑦ 서안 ⑧ 동안

- 1 (1) 동쪽 (2) 서쪽 (3) 남동쪽 2 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ 3 (1) A: 수압 경도력, B: 전향력 (2) A=B (3) 북쪽 (4) A: 커진다, B: 커진다 4 (1) A: 편서풍, B: 무역풍(북동 무역풍) (2) C: 서안 경계류, D: 동안 경계류 (3) ㉠ 좁고, ㉡ 빠르다

## 1 꼼꼼 문제 분석



- (1) 북반구에서 표면 해수는 바람 방향의 오른쪽 약 45° 방향으로 흐르므로 동쪽으로 흐른다.
- (2) 에크만 나선 운동에서 마찰층에서 유속이 가장 작은 흐름은 표면 해수의 흐름과 반대 방향으로 일어나므로 서쪽으로 일어난다.
- (3) 에크만 수송은 바람 방향에 대해 오른쪽 직각 방향으로 일어나므로 남동쪽으로 일어난다.

- 2** (1) 지형류에 작용하는 수압 경도력과 전향력은 평형을 이루므로, 두 힘의 방향은 항상 반대이다.
- (2) 북반구에서는 지형류가 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐른다.
  - (3) 전향력은 유속에 비례하므로 지형류의 유속이 빨라지면 전향력의 크기는 커진다.
  - (4) 해수면의 경사가 급할수록 수압 경도력이 커지므로 지형류의 유속이 빠르다.
  - (5) 지형류는 수압 경도력의 직각 방향으로 흐르므로 등수압선에 나란하게 흐른다.

- 3** (1) 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 A는 수압 경도력이다. 지형류가 흐를 때 수압 경도력과 반대 방향으로 전향력이 작용하여 평형을 이루므로 B는 전향력이다.
- (2) 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루면서 흐르는 해류이므로 두 힘의 크기는 같다.
  - (3) 북반구에서는 지형류가 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 북쪽으로 흐른다.
  - (4) 해수면의 경사가 커질 때 수압 경도력인 A가 커지고, 유속이 빨라지면서 전향력인 B도 커진다.

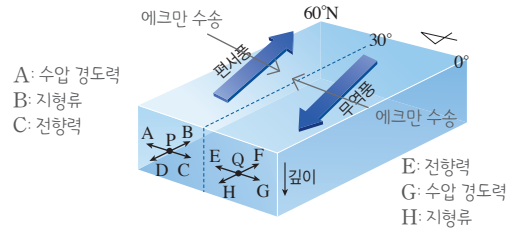
- 4** (1) A는 편서풍, B는 무역풍(북동 무역풍)이다.
- (2) C에서는 서안 경계류가, D에서는 동안 경계류가 흐른다.
  - (3) 북태평양의 아열대 순환은 서안 강화 현상으로 순환의 중심이 서쪽으로 치우쳐 C에서 흐르는 서안 경계류는 D에서 흐르는 동안 경계류보다 폭이 좁고 유속이 빠르다.

#### 대표 자료 분석

162 쪽

- 자료 1** 1 ㉠ 남, ㉡ 북 2 높다 3 ㉠ 북, ㉡ 남 4 P  
지점: B, Q 지점: H 5 (1) ○ (2) × (3) × (4) ×
- 자료 2** 1 (나) 2 순환 중심 부분이 가장자리보다 해수면의 높이가 높다. 3 A: 쿠로시오 해류, B: 캘리포니아 해류  
4 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

#### 1-1 꼼꼼 문제 분석



북반구에서 에크만 수송은 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 일어난다. 따라서 무역풍에 의한 에크만 수송은 북쪽으로, 편서풍에 의한 에크만 수송은 남쪽으로 일어난다.

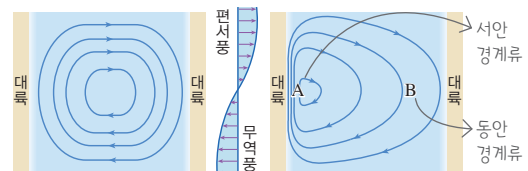
**1-2** 에크만 수송으로 해수가 이동하여 위도 30°N 부근으로 모이므로 위도 30°N 해역의 해수면 높이는 주변 해역보다 높다.

**1-3** 위도 30°N 해역의 해수면이 주변보다 높고, 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다. 따라서 수압 경도력은 편서풍대에서 북쪽으로, 무역풍대에서 남쪽으로 작용한다.

**1-4** 북반구에서 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐른다. P 지점에서 수압 경도력이 북쪽(A)으로 작용하므로 지형류는 동쪽(B)으로 흐르고, Q 지점에서 수압 경도력이 남쪽(G)으로 작용하므로 지형류는 서쪽(H)으로 흐른다.

- 1-5** (1) 에크만 수송은 북반구에서 바람 방향의 오른쪽 직각 방향, 남반구에서 왼쪽 직각 방향으로 일어난다.
- (2) P 지점의 지형류에 작용하는 수압 경도력의 방향은 A, 전향력의 방향은 C로, 두 힘의 방향은 서로 반대이고 크기는 같아 평형을 이룬다.
  - (3) Q 지점에서 수압 경도력이 남쪽(G)으로 작용하므로 전향력은 그 반대인 북쪽(E)으로 작용한다.
  - (4) 위도 0°~30°N 해역은 무역풍의 영향으로 지형류가 흐르는 곳으로, 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐른다.

#### 2-1 꼼꼼 문제 분석



(가) 전향력 무시 — 해류의 순환이 대칭으로 나타난다.

(나) 전향력 고려 — 해류의 순환 중심이 서쪽으로 치우쳐 있다.

위도에 따른 전향력의 차이를 고려하면, (나)와 같이 해류의 순환 중심이 서쪽으로 치우치는 서안 강화 현상이 나타난다.

②-2 지형류 순환이 시계 방향으로 일어나므로 수압 경도력이 순환 중심에서 가장자리로 작용하고 있다. 따라서 순환 중심 부분이 가장자리보다 해수면의 높이가 높다.

②-3 A는 서안 경계류, B는 동안 경계류이다. 북태평양의 아열대 해역에서 A와 B에 해당하는 해류는 각각 쿠로시오 해류와 캘리포니아 해류이다.

②-4 (1) 실제로 위도가 높아질수록 전향력이 커지므로 아열대 해역에서 실제 해수의 흐름은 위도에 따른 전향력 효과가 반영되어 서안 강화 현상이 나타나는 (나)에 가깝다.

(2) 서안 경계류인 A는 동안 경계류인 B보다 폭이 좁고, 유속이 빠르다.

(3) 유속이 더 빠른 A에서 수압 경도력이 더 크다.

(4) 해수면 경사는 유속이 더 빠른 A 해역에서 더 급하다.

(5) (나)에서 순환하는 해류에 작용하는 전향력은 수압 경도력의 반대 방향인 순환의 안쪽으로 작용한다.

#### 나신 만점 문제

163 쪽~165 쪽

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

01 ⑤ 에크만 수송은 북반구에서는 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로, 남반구에서는 바람 방향의 왼쪽 90° 방향으로 나타난다.

❗바로알기❗ ① 에크만 수송이 풍향의 오른쪽 방향으로 일어나는 것으로 보아 이 해역은 북반구이다.

② 수심이 깊어질수록 바람에 의한 해수의 운동 에너지가 작아지므로 유속이 점점 감소한다.

③ 표면 해수의 이동 방향과 정반대 방향의 흐름이 나타나는 깊이를 마찰 저항 심도라고 하는데, 해수 표면에서 마찰 저항 심도까지의 층을 마찰층(에크만층)이라고 한다.

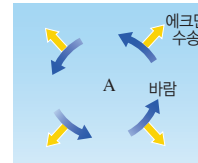
④ 바람의 세기가 강할수록 바람의 운동 에너지가 크게 작용하므로 에크만 수송이 강하게 일어난다.

02 북반구에서 표면 해수는 바람 방향의 오른쪽 약 45° 방향(B)으로 이동하고, 에크만 수송은 바람 방향의 오른쪽 90° 방향(C)으로 일어난다.

03 에크만 이론에 따르면, 해수면 위에 일정한 방향으로 바람이 계속 불면 바람과 해수면의 마찰에 의해 표면 해수는 바람이 불어가는 방향으로 움직이기 시작한다. 해수가 움직이기 시작하면 전향력을 받아 남반구에서는 왼쪽으로 편향되어 표면 해수는 바람 방향의 약 45° 왼쪽 방향으로 이동한다. 그리고 수심이 깊어짐에 따라 해수의 이동 방향은 점점 더 왼쪽으로 편향되며, 마찰에 의한 에너지 감소로 유속은 점점 감소한다.

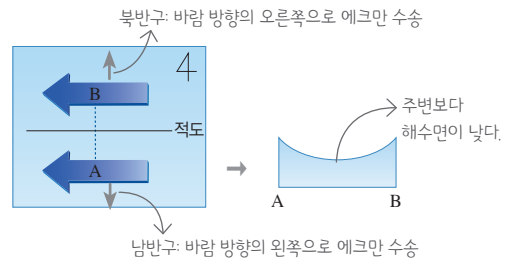
04 북반구에서 에크만 수송은 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 일어나므로 저기압에서 에크만 수송은 중심에서 바깥쪽으로 일어난다. 그 결과 중심 부근(A)에서는 해수가 발산하면서 해수면이 낮아진다.

모범답안 A 부근에서는 해수가 바깥쪽으로 발산한다.



| 채점 기준                                       | 배점    |
|---------------------------------------------|-------|
| 에크만 수송 방향을 옳게 그리고, A에서 해수의 발산이 일어난다고 서술한 경우 | 100 % |
| 에크만 수송 방향만 옳게 그린 경우                         | 50 %  |
| A에서 해수의 발산이 일어난다고만 옳게 서술한 경우                | 50 %  |

#### 05 꼬임 문제 분석



A쪽에서는 바람에 의해 에크만 수송이 남쪽으로 일어나고, B에서는 바람에 의해 에크만 수송이 북쪽으로 일어나므로 A-B 사이의 중앙 부분에서 해수는 주변으로 발산되어 주변보다 해수면이 낮다. 따라서 ②와 같은 단면을 이룬다.

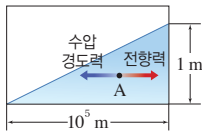
06 A 지점에 정지해 있던 해수가 수압 경도력에 의해 움직이기 시작하면 전향력이 작용하기 시작하면서 해수의 흐름은 오른쪽으로 편향된다.

• 수압 경도력: 해수면의 기울기가 일정하므로 수압 경도력의 크기는 일정하다.

- 유속: 해수의 이동 방향이 수압 정도력과 수직이 되는 C 지점까지는 수압 정도력 중 해수를 계속 가속시킬 수 있는 힘의 성분이 남아 있으므로 유속은 계속 증가한다.
- 전향력: 유속이 증가하면 그에 따라 전향력도 커지므로 A → B → C로 가면서 전향력은 점점 커진다.

**07** ①, ② 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 힘 B는 수압 정도력으로 해수를 움직이게 하는 원인이 되는 힘이다. 수압 정도력의 반대 방향으로 작용하는 힘 A는 지구 자전으로 나타나는 전향력이다.  
 ③ 지형류는 수압 정도력의 오른쪽 직각 방향인 C 방향으로 흐른다.  
 ④ A는 B와 방향이 반대이고, 크기가 같다.  
**바로알기** ⑤ 해수면 경사가 커지면 유속이 빨라지므로 전향력인 A의 크기도 커진다.

**08** 모범답안 (1)

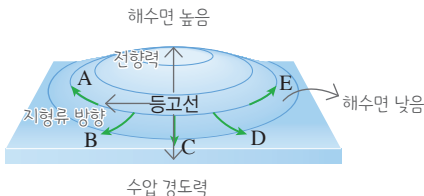


(2) 지형류의 속력  $v = \frac{1}{2\Omega \sin \phi} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$  에  $2\Omega \sin \phi \approx 10^{-4}/s$ ,  $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\Delta x = 10^5 \text{ m}$ ,  $\Delta Z = 1 \text{ m}$  를 대입하면,  
 지형류의 속력  $v = \frac{1}{10^{-4}/s} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \frac{1 \text{ m}}{10^5 \text{ m}} = 1 \text{ m/s}$ 이다.

| 채점 기준                                                                                                    | 배점   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| (1) 수압 정도력과 전향력의 방향은 반대로, 크기는 같게 그린 경우                                                                   | 50 % |
| 수압 정도력과 전향력의 방향만 반대로 옳게 그린 경우                                                                            | 30 % |
| (2) $v = \frac{1}{2\Omega \sin \phi} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 식을 이용하여 지형류의 속력 1 m/s 를 옳게 구한 경우 | 50 % |
| $v = \frac{1}{2\Omega \sin \phi} \cdot g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ 식만 옳게 쓴 경우                           | 30 % |

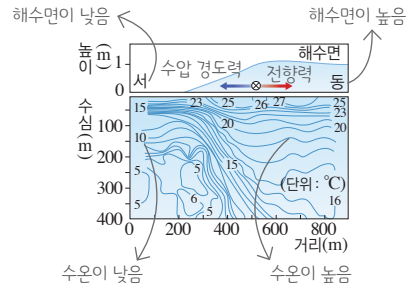
**09** 짝 짝 문제 분석

북반구에서 지형류는 수압 정도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐른다.



해수면 경사가 그림과 같을 때 수압 정도력은 해수면 중앙에서 가장자리 쪽으로 등고선에 직각으로 작용한다. 지형류는 수압 정도력의 오른쪽 직각 방향인 A 방향을 따라 등고선과 나란하게 시계 방향으로 순환하며 흐른다.

**10** 짝 짝 문제 분석



ㄱ. 그림에서 수온이 낮은 서쪽보다 수온이 높은 동쪽의 해수면이 더 높다.  
 ㄴ. 수압 정도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 서쪽으로 작용한다.  
**바로알기** ㄷ. 북반구에서 지형류는 수압 정도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 북쪽(⊗) 방향으로 쿠로시오 해류가 흐를 것이다.

**11** 위도에 따라 전향력이 변하지 않고 일정하다고 가정하면 해류의 순환은 대칭적으로 나타날 것이다. 하지만 실제 지구에서는 지구의 자전으로 인해 고위도로 갈수록 전향력이 커지기 때문에 북반구의 아열대 해양에서는 해류의 순환 중심이 서쪽으로 치우친다. 그리고 해수의 순환은 시계 방향으로 일어난다.

**12** ㄴ. (나)는 해류의 순환 중심이 서쪽에 치우쳐 있는 서안 강화 현상이 나타난다.  
 ㄷ. (나)에서 해류의 순환 중심이 서쪽에 치우치는 것은 지구 자전의 영향으로 해수에 작용하는 전향력의 크기가 고위도로 갈수록 커지기 때문이다.  
**바로알기** ㄱ. (가)는 서안 강화 현상이 나타나지 않으므로 위도에 관계없이 전향력이 일정한 경우에 해당한다.

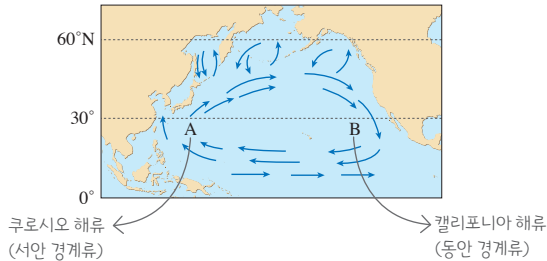
**13** 모범답안 고위도로 갈수록 전향력이 커지기 때문에 적도 부근에서 서쪽으로 흐르는 해수가 극 쪽으로 편향되는 것보다 고위도 부근에서 동쪽으로 흐르는 해수가 적도 쪽으로 편향되는 것이 훨씬 쉬워 서안 강화 현상이 나타난다.

| 채점 기준                             | 배점    |
|-----------------------------------|-------|
| 위도에 따른 전향력의 크기 변화를 포함하여 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 위도에 따라 전향력의 크기가 다르기 때문이라고만 서술한 경우 | 50 %  |

14 ④ 서안 경계류는 동안 경계류보다 수온과 염분은 높고, 영양 염류량이나 용존 산소량은 적다.

▮ **바로알기** ①, ②, ③ 서안 경계류는 동안 경계류보다 폭이 좁고, 깊이가 깊게 나타나며, 유속이 빠르고, 유량이 많다.  
⑤ 쿠로시오 해류는 서안 경계류이고, 캘리포니아 해류는 동안 경계류이다.

## 15 꼬꼬 문제 분석



ㄱ, ㄴ. 서안 강화 현상으로 순환의 중심은 서쪽인 A쪽에 치우쳐 있으며, 해수면의 경사도 B보다 A쪽에서 더 급하다.

▮ **바로알기** ㄷ. 서안 강화 현상으로 서안 경계류인 A 해류가 동안 경계류인 B 해류보다 깊이가 깊고 유속이 빠르다.

## 3 해파와 해일

### 개념 확인 문제

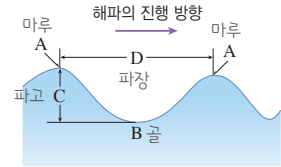
169 쪽

- ① 해파    ② 풍랑    ③ 너울    ④ 연안 쇄파    ⑤ 심해파  
⑥ 천해파    ⑦ 천이파    ⑧ 해일

- 1 ㉠ 바람, ㉡ 해저 지진    2 A: 마루, B: 골, C: 파고, D: 파장  
3 (1) A: 풍랑, B: 너울, C: 연안 쇄파 (2) A    4 ㉠  $\frac{L}{20}$ , ㉡ 원,  
㉢ 타원, ㉣  $\sqrt{gh}$     5 (1) × (2) ○ (3) ×    6 (1) ㉠ 짧아,  
㉡ 높아 (2) 천해파 (3) 느려 (4) 높아

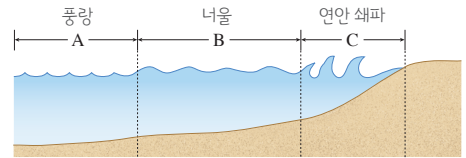
1 해파는 주로 해수면 위에서 부는 바람에 의해 발생하며, 해일은 해저 지진이나 기압의 변화 등에 의해 발생한다.

## 2 꼬꼬 문제 분석



- A: 해파에서 해수면이 가장 높은 곳 → 마루
- B: 해파에서 해수면이 가장 낮은 곳 → 골
- C: 골에서 마루까지의 높이 → 파고
- D: 마루에서 마루까지의 거리 → 파장

## 3 꼬꼬 문제 분석



- A: 마루가 삼각형 모양으로 뾰족하다 → 풍랑
- B: 마루가 둥글고, 규칙적이다 → 너울
- C: 파고가 높아지고, 봉우리가 해안 쪽으로 넘어진다 → 연안 쇄파

(2) 풍역대에서 바람에 의해 해수면이 거칠어져 발생한 여러 파장의 해파가 합쳐져 풍랑(A)이 일어난다. 풍랑이 풍역대를 벗어나 전파되어 너울(B)이 되고, 너울이 해안에 도달하여 연안 쇄파(C)가 된다.

4 ㉠ 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$  보다 깊으면( $h > \frac{L}{2}$ ) 심해파, 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$  보다 얕으면( $h < \frac{L}{20}$ ) 천해파, 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$  보다 얕고  $\frac{1}{20}$  보다 깊으면 천이파로 분류된다.

㉡, ㉢ 심해파는 물 입자가 해저면의 영향을 받지 않아 원운동을 하고, 천해파는 물 입자가 해저면의 영향을 받아 타원 운동을 한다.  
㉣ 천해파의 전파 속도는 수심의 영향을 받는다.

5 (1) 해파가 해안으로 접근하면 곳 부분에서는 수심이 상대적으로 얕아지므로 전파 속도가 느려진다.  
(2) 해안가의 만에서는 해파의 에너지가 분산되어 퇴적 작용이 우세하다.  
(3) 해수욕장은 퇴적 작용이 우세한 만에 주로 발달한다.

6 (1) 지진 해일이 해안에 접근하면 해저면의 영향으로 파장은 짧아지고, 파고는 높아진다.  
(2) 지진 해일은 파장이 수백 km 이상으로 매우 길어 천해파의 특성을 가지고 있다.



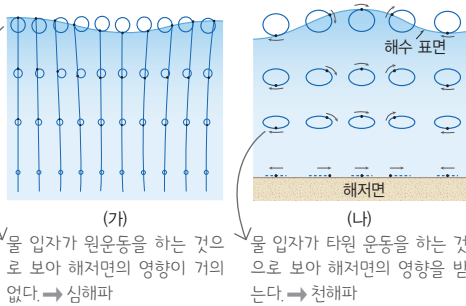
- (3) 지진 해일은 천해파이므로 수심이 깊을수록 전파 속도가 빠르다. 따라서 지진 해일은 해안에 접근하면 전파 속도가 느려진다.  
 (4) 폭풍 해일이 일어나면 기압 변화에 의해 해수면이 높아지고, 만조 때는 달의 인력에 의해 해수면이 높아진다. 따라서 폭풍 해일이 만조와 겹치면 해수면이 더 높아져 큰 피해가 발생한다.

### 대표 자료 분석

170 쪽

- 자료 1** 1 (가) 원운동 (나) 타원 운동 2 (가)  $h > \frac{L}{2}$   
 (나)  $h < \frac{L}{20}$  3 (가) 파장 (나) 수심 4 (1) ○  
 (2) × (3) ○ (4) ○
- 자료 2** 1 천해파, 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$  보다 작기 때문이다.  
 2 느려진다 3 파장: 짧아진다, 파고: 높아진다  
 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ×

### 1-1 꼼꼼 문제 분석



심해파인 (가)는 수심이 깊어져도 물 입자의 운동이 원운동으로 나타나고, 천해파인 (나)는 해저면의 영향을 받아 물 입자의 운동이 타원 운동으로 나타난다.

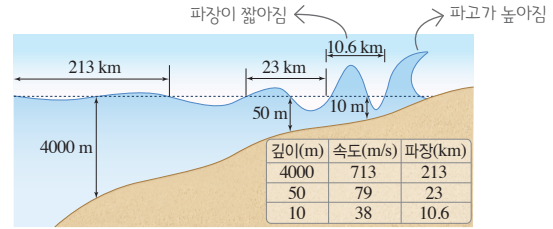
- 1-2** 심해파인 (가)는 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$  보다 깊을 때 생성되고, 천해파인 (나)는 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$  보다 얕을 때 생성된다.

- 1-3** 심해파인 (가)의 전파 속도는  $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$ 로, 파장의 영향을 받는다. 천해파인 (나)의 전파 속도는  $\sqrt{gh}$ 로, 수심의 영향을 받는다.

- 1-4** (1) (가) 해파는 심해파로, 물 입자의 운동이 해저에 도달하지 못하므로 해저면의 마찰에 의한 영향을 받지 않는다.  
 (2) (나) 해파는 천해파이므로 전파 속도는 수심에 비례한다.  
 (3) 연흔은 퇴적물 표면에 생긴 물결 모양이 남은 퇴적 구조이다. (나)는 해저면에 물 입자의 운동 에너지가 전달되므로 해저면에 연흔을 형성할 수 있다.

- (4) 심해파인 (가)는 천해파인 (나)보다 수심이 깊은 바다에서 잘 형성된다.

### 2-1 꼼꼼 문제 분석



지진 해일이 전파되는 세 지점에서 모두 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$  보다 얕으므로, 지진 해일은 천해파이다.

$$\bullet 4000 \text{ m} < \frac{213000 \text{ m}}{20} = 10650 \text{ m}$$

$$\bullet 50 \text{ m} < \frac{23000 \text{ m}}{20} = 1150 \text{ m} \quad \bullet 10 \text{ m} < \frac{10600 \text{ m}}{20} = 530 \text{ m}$$

지진 해일의 파장은 수백 km 이상으로, 바다의 평균 깊이인 5000 m보다 훨씬 크므로 항상 천해파이다.

- 2-2** 천해파의 전파 속도는  $v = \sqrt{gh}$  ( $g$ : 중력 가속도,  $h$ : 수심)로, 수심의 제곱근에 비례하므로 해일이 해안에 가까이 오면 수심이 얕아지면서 전파 속도는 점점 느려진다.

- 2-3** 해일은 해안에 가까이 올수록 전파 속도가 느려지면서 파장이 짧아진다. 파장이 짧아지면 에너지의 밀도가 커지면서 파고가 높아진다.

- 2-4** (1) 지진 해일의 파장은 수백 km 이상으로 항상 최고 수심이 1.1 km인 바다의 수심보다 값이 크다.

- (2) 지진 해일은 천해파이므로 수심이 깊을수록 전파 속도가 빠르다.

- (3) 지진 해일은 해저 지진에 의해 지반의 상하 이동이 있어야 해수면이 상승하거나 하강하면서 일어난다.

- (4) 우리나라는 지진 해일은 거의 일어나지 않고, 폭풍 해일의 피해를 상대적으로 자주 받는다. 태풍이 지나가는 여름철에 남해안 등에서 폭풍 해일이 발생한다.

### 내신 만점 문제

171 쪽 ~ 173 쪽

- 01 ⑤ 02 ② 03 ③ 04 ④ 05 ⑤ 06 해설  
 참조 07 ③ 08 ② 09 천해파: C, D, 심해파: A, B  
 10 ② 11 해설 참조 12 ⑤ 13 ② 14 ③  
 15 ④ 16 ③

**01** ⑤ 해파는 해안에 가까워지면 해저면의 마찰에 의해 전파 속도가 느려진다.

▮ **바로알기** ① 해파는 주로 해수면 위를 부는 바람의 에너지를 받아 주로 발생하지만, 해저 지진, 화산 활동 등에 의해서도 발생한다.

② 해파는 모양에 따라 풍랑, 너울, 연안 쇄파로 구분하며, 파장과 수심의 관계에 따라 천해파, 심해파, 천이파로 구분한다.

③, ④ 해파가 해안에 가까워지면 파장이 짧아지고, 파고가 높아진다.

**02** ㄴ. 물 입자의 운동이 시계 방향으로 일어나므로 해파의 진행 방향은 오른쪽이다.

▮ **바로알기** ㄱ. 파고는 골과 마루의 높이 차이이므로 물 입자 운동 궤도의 지름이 파고에 해당한다.

ㄷ. 물 입자는 그 자리에서 원을 그리며 전후 상하 운동만 하므로 해파를 따라 이동하지 않는다. 해파를 따라 에너지만 전달된다.

**03** ㄱ. 풍랑은 바람이 같은 방향으로 지속적으로 부는 풍역대에서 일어나며, 풍역대를 벗어나면 너울이 된다.

ㄴ. 풍랑은 해수면이 거칠어지면서 발생한 여러 파장의 해파가 합쳐져 마루가 삼각형 모양으로 뾰족해진 해파로, 평균 풍속이 마루의 이동 속도보다 빨라야 일어난다.

▮ **바로알기** ㄷ. 풍랑은 발달할 수 있는 최대 크기가 되면 바람이 불어도 더이상 커지지 않는다.

**04** ① 마루는 해파에서 해수면이 가장 높은 부분이다. (가)는 마루가 뾰족한 풍랑이고, (나)는 마루가 둥근 너울이다.

② 파장은 마루(골)에서 다음 마루(골)까지의 거리이다. 따라서 파장은 (가)가 (나)보다 짧다.

③ 주기는 마루(골)가 해수면 위의 한 점을 지나간 후 다음 마루(골)가 지나갈 때까지 걸린 시간이다. 주기는 (가) 풍랑이 (나) 너울에 비해 상대적으로 짧다.

⑤ (가) 풍랑은 바람에 의해 직접 발생한 해파이다.

▮ **바로알기** ④ 풍랑이 전파되어 가다가 다 사라나 풍역대를 벗어나면 너울로 변하는데 너울은 풍랑으로 변하지 않는다. 너울은 바람이 불지 않는 다른 지역까지 전달된다.

**05** ㄱ. 물 입자의 운동이 원이므로 심해파에 해당한다.

ㄴ. 심해파의 전파 속도는  $\sqrt{\frac{gL}{2\pi}}$  ( $g$ : 중력 가속도,  $L$ : 파장)이므로 파장이 길수록 빠르다.

ㄷ. 심해파는 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$  보다 깊을 때 생성된다.

**06** 그림에서 물 입자의 운동이 타원이므로 천해파이고, 천해파의 전파 속도에 영향을 주는 요인은 수심이다.

**모범답안** 수심, 해저면의 영향으로 마찰력이 작용하므로 물 입자의 운동이 타원을 그린다.

| 채점 기준                                 | 배점    |
|---------------------------------------|-------|
| 수심을 쓰고, 물 입자의 운동을 해저면의 영향으로 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 물 입자의 운동이 타원을 그리는 까닭만 옳게 서술한 경우       | 50 %  |
| 수심만 쓴 경우                              | 30 %  |

**07** ㄴ, ㄷ. A 지점을 지나면 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$  보다 작아지므로 해저면의 영향을 받으면서 천해파의 성질을 나타낸다. 따라서 해파의 전파 속도가 느려지면서 파장이 짧아지고, 파고는 높아진다.

▮ **바로알기** ㄱ. 해파는 A 지점을 지난 후 파고가 높아진다.  
ㄴ. A 지점을 지난 이후부터 물 입자는 해저 마찰의 영향으로 타원 운동을 한다.

**08** 이 해파는 수심이 깊어짐에 따라 전파 속도가 빨라지므로 천해파이다. 따라서 수심과 파장의 관계는  $h < \frac{L}{20}$ 이다.

#### [09~11] **꼼꼼** 문제 분석

| 해파             | A   | B   | C   | D   |
|----------------|-----|-----|-----|-----|
| 수심(m) $h$      | 2   | 4   | 2   | 4   |
| 파장(m) $L$      | 2   | 2   | 100 | 100 |
| $\frac{L}{2}$  | 1   | 1   | 50  | 50  |
| $\frac{L}{20}$ | 0.1 | 0.1 | 5   | 5   |

**09** 수심( $h$ )과 파장( $L$ )을 비교하여 구분한다.  $h > \frac{L}{2}$ 인 A, B는 심해파이고,  $h < \frac{L}{20}$ 인 C, D는 천해파이다.

**10** ㄷ. C와 D는 천해파이므로 수심이 깊은 곳일수록 전파 속도가 빠르다. 따라서 D의 전파 속도가 C보다 빠르다.

▮ **바로알기** ㄱ. A와 B는 심해파이므로 물 입자가 원운동을 한다.  
ㄴ. A와 B는 심해파이다. 심해파의 전파 속도는 파장에 비례하므로 파장이 같은 두 해파의 전파 속도는 같다.

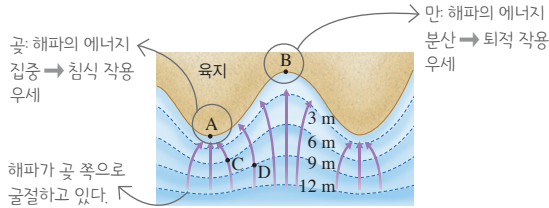
**11** D는 천해파이므로 전파 속도는  $\sqrt{gh}$  ( $g$ : 중력 가속도,  $h$ : 수심)이고,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 이다.

**모범답안** • 식:  $v = \sqrt{gh} = \sqrt{10 \text{ m/s}^2 \times 4 \text{ m}}$

• 전파 속도:  $2\sqrt{10} \text{ m/s} (\approx 6.3 \text{ m/s})$

| 채점 기준                        | 배점    |
|------------------------------|-------|
| 식을 세우고, 답을 옳게 구한 경우          | 100 % |
| 숫자를 대입하여 식을 옳게 세우고, 답이 틀린 경우 | 50 %  |

## 12 **꼼꼼** 문제 분석



- ① 곳(A) 지역은 해파의 에너지가 집중되어 침식 작용이 우세하게 일어난다.
- ② 해수욕장은 퇴적 지형으로, 해파의 에너지가 분산되는 만(B) 지역에서 잘 발달한다.
- ③ 곳(A)에서는 침식 작용이 활발하고, 만(B)에서는 퇴적 작용이 활발하므로, 오랜 세월이 지나면 해안선은 점차 단조로워질 것이다.
- ④ 해파가 해안에 접근할수록 수심이 얕아지고, 천해파의 전파 속도는 수심의 제곱근에 비례하므로 전파 속도가 느려진다. D보다 C 해역에서 해안에 더 가까우므로 수심이 더 얕다. 따라서 파장이 더 짧고 전파 속도가 느리다.

▮ **바로알기** ▮ ⑤ 해파가 곳 쪽으로 굴절하고 있으며, 곳이 만보다 수심이 먼저 얕아져서 해파의 속도가 더 느려지므로 해파는 전파 속도가 느려지는 쪽으로 굴절된다.

**13** ① 해저 지진, 화산 폭발, 단층 등에 의한 지각 변동으로 해수면이 급격하게 상승하면 지진 해일이 발생한다.

③ 지진 해일이 해안에 도착하기 직전 파고가 높아지면서 해안의 물이 일시적으로 바깥쪽으로 빠져나간다.

④ 태풍이나 강한 저기압이 지나갈 때, 낮은 기압과 저기압에 동반된 강한 바람에 의해 해수면이 급격히 상승하면 폭풍 해일이 발생한다.

⑤ 해안에 방파제를 설치하면 해수의 직접적인 유입을 막을 수 있어 폭풍 해일에 의한 피해를 줄일 수 있다.

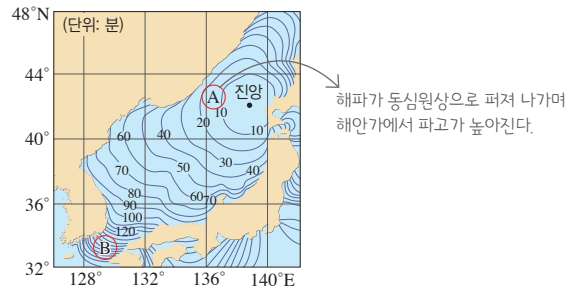
▮ **바로알기** ▮ ② 지진 해일은 파장이 수백 km 이상으로 매우 길어 천해파의 성질을 띤다.

**14** ㄱ. 지진 해일은 해저에서 단층으로 지진이 발생할 때나 화산 폭발이 있을 때 발생하므로, 해저에 있는 판 경계 부근에서 주로 발생한다.

ㄴ. 지진 해일은 천해파의 특성을 띠므로 해안가로 다가올수록 해저면의 마찰에 의해 해일의 전파 속도가 느려진다. 이에 따라 파장은 짧아지고, 파고는 매우 높아진다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 지진 해일은 단층 작용으로 해수면의 상하 이동이 있어야 발생하므로 단층 작용이 수평 방향보다 수직 방향으로 일어날 때 잘 발생한다.

## 15 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. A 해역이 B 해역보다 같은 시간 동안 해일의 이동 거리가 크므로 전파 속도가 더 빠르다. 지진 해일은 천해파이기 때문에 전파 속도가 수심의 제곱근에 비례하므로 A 해역이 B 해역보다 수심이 깊다.

ㄷ. 해일의 파고는 A 해역보다 수심이 얕은 B 해역에서 높다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 10분 간격의 등시간선의 간격이 일정하지 않으므로 해파의 진행 속도는 일정하지 않았다.

**16** ㄱ. 풍속이 클수록 바람에 의한 해수의 이동이 잘 일어나기 때문에 해수면의 상승 효과가 크므로 파고가 높다.

ㄴ. 상승 기류가 발달한 저기압의 영향을 받으면 저기압 중심부의 해수면이 상승한다. 따라서 고기압보다 저기압일 때 기압 차이에 의한 해수면의 상승이 크므로 폭풍 해일이 잘 발생한다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 만조는 하루 중 해수면이 가장 높을 때이고 간조는 하루 중 해수면이 가장 낮을 때이다. 해일의 발생 시기가 만조와 겹칠 경우에는 해수면이 더 높게 상승하므로 피해가 크다.

## 4 조석

### 개념 확인 문제

177쪽

- ① 조석 ② 인력 ③ 원심력 ④ 조석 주기 ⑤ 일주조  
⑥ 혼합조 ⑦ 반일주조 ⑧ 대조(사리) ⑨ 소조(조금)

- 1 (1) 2 (2) ㉠ 크, ㉡ 작 (3) ㉠ 같, ㉡ 반대 (4) 간조 2 (1) < (2) = (3) = 3 A: 만조, B: 조차, C: 간조, D: 조석 주기, E: 밀물, F: 썰물 4 A: ㉡, B: ㉡, C: ㉠ 5 (1) ㉢, ㉡ (2) ㉡, ㉠ (3) ㉣, ㉡ (4) ㉠, ㉠

**1** (1) 달은 태양보다 질량이 작지만, 태양에 비해 지구까지의 거리가 매우 가까우므로 달에 의한 기조력은 태양에 의한 기조력의 약 2배이다.

(2) 기조력은 기조력을 일으키는 천체의 질량에 비례하고, 천체까지 거리의 세제곱에 반비례한다. 따라서 기조력은 천체의 질량이 클수록, 천체까지의 거리가 가까울수록 크다.

(3) 지구상에서 달을 향한 쪽과 달의 반대쪽의 기조력은 크기는 같지만, 방향은 정반대이다.

(4) 지구상에서 달과 직각을 이루는 곳은 기조력이 작아 해수면의 높이가 가장 낮은 간조가 나타난다. 만조는 기조력이 큰 달을 향한 쪽과 달의 반대쪽에서 나타난다.

**2** (1) 달에 가까울수록 인력이 크므로 A 지점보다 B 지점에서 작용하는 인력이 더 크다.

(2) 원심력은 지구상의 모든 지점에서 같으므로 A와 B 지점에서 같다.

(3) A 지점에서는 원심력이 달의 인력보다 커서 기조력이 달의 반대쪽으로 작용하고, B 지점에서는 달의 인력이 원심력보다 커서 기조력이 달 쪽으로 작용한다. A와 B 지점에 작용하는 기조력의 방향은 서로 반대이지만, 크기는 서로 같다.

**3** A: 하루 중 해수면의 높이가 가장 높으므로 만조이다.

B: 만조와 간조 때의 해수면 높이 차이인 조차이다.

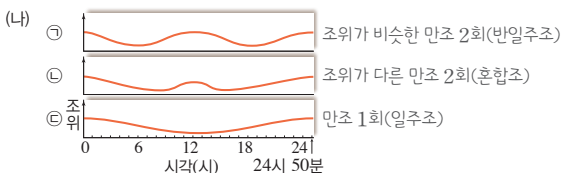
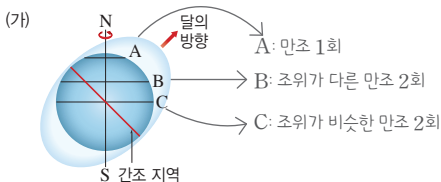
C: 하루 중 해수면의 높이가 가장 낮으므로 간조이다.

D: 만조와 만조 사이의 시간이므로 조석 주기이다.

E: 간조에서 만조로 갈 때로, 해수면의 높이가 점점 높아지므로 해안 쪽으로 해수가 이동하는 밀물이 나타난다.

F: 만조에서 간조로 갈 때로, 해수면의 높이가 점점 낮아지므로 바다 쪽으로 해수가 이동하는 썰물이 나타난다.

#### 4 **문제 분석**



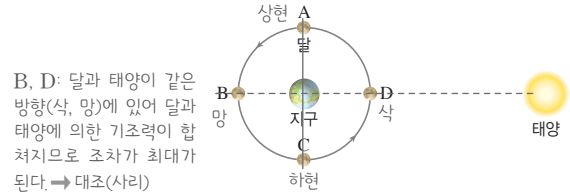
A 지역은 하루에 만조와 간조가 각각 1회씩 나타나므로 ㉢에 해당한다.

B 지역은 하루에 만조와 간조가 각각 2회씩 일어나지만, 만조와 간조 사이의 시간 간격이 일정하지 않고, 조위가 다르므로 ㉡에 해당한다.

C 지역은 하루에 만조와 간조가 각각 2회씩 일어나고, 만조와 간조 사이의 시간 간격이 일정하며, 조위가 같으므로 ㉠에 해당한다.

#### 5 **문제 분석**

A, C: 달과 태양이 직각으로 배열(상현, 하현)되어 달과 태양에 의한 기조력이 상쇄되어 조차가 최소가 된다. → 소조(조금)



(1) 지구에서 볼 때 A 위치의 달은 오른쪽 반월이 밝게 보이는 상현이며, 달과 태양에 의한 기조력이 상쇄되어 조차가 최소인 소조(조금)가 나타난다.

(2) 지구에서 볼 때 B 위치의 달은 보름달로 보이는 망이며, 달과 태양에 의한 기조력이 합쳐져 조차가 최대가 되어 대조(사리)가 나타난다.

(3) 지구에서 볼 때 C 위치의 달은 왼쪽 반월이 밝게 보이는 하현이며, 달과 태양에 의한 기조력이 상쇄되어 소조(조금)가 나타난다.

(4) 지구에서 볼 때 D 위치의 달은 보이지 않는 삭이며, 달과 태양에 의한 기조력이 합쳐져 조차가 최대가 되어 대조(사리)가 나타난다.

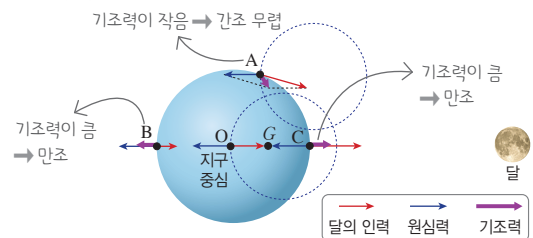
#### 대표 자료 분석

178쪽

**자료 1** 1  $A=B=C$  2  $C>A>B$  3 B: 원심력 > 달의 인력, O: 원심력=달의 인력, C: 원심력 < 달의 인력  
4 B: 달의 반대 방향, C: 달 방향 5 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ×

**자료 2** 1 만조 2회, 조차가 비슷하다. 2 11일경, 25일경  
3 삭 또는 망 4 (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ×

#### 1-1 **문제 분석**



지구와 달이 공통 질량 중심을 중심으로 회전하기 때문에 생기는 원심력은 지구상의 모든 지점에서 크기와 방향이 같으므로 원심력의 크기는  $A=B=C$ 이다.

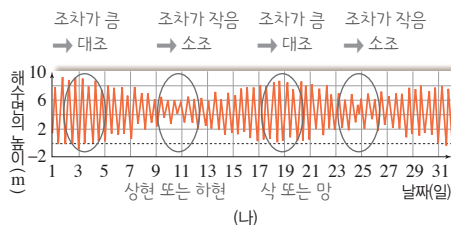
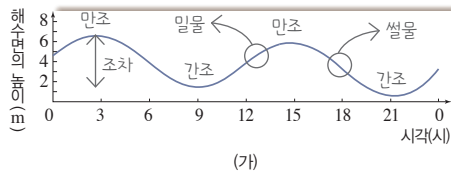
①-2 달의 인력은 달에 가까울수록 크다. 달까지의 거리는  $B>A>C$ 이므로 달의 인력 크기는  $C>A>B$ 이다.

①-3 O에서는 원심력과 달의 인력의 크기는 같고, 방향이 반대이다. B에서는 원심력이 달의 인력보다 크고, 방향은 반대이다. C에서는 원심력보다 달의 인력이 크고, 방향은 반대이다.

①-4 B에서는 원심력이 달의 인력보다 큰데 달의 반대 방향으로 작용하므로 기조력이 달의 반대 방향으로 작용한다. C에서는 달의 인력이 원심력보다 큰데 달의 인력이 달 쪽으로 작용하므로 기조력이 달 방향으로 작용한다. 따라서 B와 C에서 기조력의 크기는 같고, 방향은 반대이다.

①-5 (1) 기조력은 지구와 달의 공통 질량 중심을 도는 회전 운동으로 나타나는 원심력과 달의 인력의 합력이다.  
 (2) 원심력은 지구상의 모든 지점에서 같다.  
 (3) 달의 인력은 달에서 멀수록 작으므로 B 지점에서 가장 작다.  
 (4) 지구 중심인 O 지점에서는 원심력과 달의 인력이 평형을 이루면서 기조력은 0이 된다.  
 (5) 기조력은 원심력 때문에 항상 달의 중심을 향하지는 않는다.  
 (6) C 지점과 B 지점에서는 모두 기조력이 크므로 만조가 나타난다.

## 2-1 **꼼꼼** 문제 분석



(가)에서 이 지역에는 하루에 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나며, 만조와 간조 때의 해수면의 높이 차이인 조차는 비슷하게 나타난다.

②-2 소조(조금)는 조차가 가장 작을 때이므로 11일경과 25일경이다.

②-3 19일은 조차가 가장 큰 대조(사리)이므로 달과 태양이 일직선상에 배열되어 기조력이 큰 때이다. 따라서 달의 위상은 삭이나 망에 해당한다.

②-4 (1) (가)에서 하루에 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나고, 조차가 비슷하므로 조석 양상은 반일주조에 해당한다. 일주조는 하루에 만조와 간조가 각각 1회씩 나타난다.

(2) 이 지역에서는 하루에 만조와 간조가 각각 약 2회씩 나타나므로 조석 주기는 약 12시간 25분이다.

(3) (가)에서 18시에는 만조에서 간조가 되면서 해수면의 높이가 낮아지고 있으므로 바닷물이 바다로 빠져나가는 썰물이 나타난다.

(4) 달이 공전하는 동안 태양과 일직선상에 위치할 때가 2번이고, 직각 방향에 위치할 때가 2번이므로 (나) 시기에 약 한 달 동안 대조가 2회, 소조가 2회 나타난다.

(5) 기조력이 클수록 조차가 크므로 기조력은 조차가 큰 3일이 조차가 작은 11일보다 크다.

(6) 11일경은 조차가 가장 작은 시기이므로 이때 달의 위상은 상현 또는 하현이다.

## 내신 만점 문제

179쪽~181쪽

|      |      |          |      |      |
|------|------|----------|------|------|
| 01 ① | 02 ⑤ | 03 해설 참조 | 04 ② | 05 ③ |
| 06 ② | 07 ⑤ | 08 해설 참조 | 09 ⑤ | 10 ② |
| 11 ① | 12 ③ | 13 ①     |      |      |

01 ① 기조력은 천체의 질량에 비례하고, 천체까지 거리의 제곱에 반비례한다.

▮ **바로알기** ② 태양계의 천체 중 지구에 가장 큰 기조력을 미치는 천체는 지구와 거리가 가장 가까운 달이다.

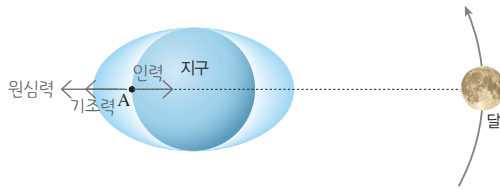
③ 지구의 질량이 달보다 매우 크므로 지구와 달의 공통 질량 중심은 지구 내부에 있다.

④ 지구의 자전축이 기울어져 있어서 지구의 적도면이 달의 공전 궤도면과 나란하지 않으므로 이 상태로 지구가 자전하면 위도에 따라 하루에 만조와 간조가 일어나는 횟수와 조차가 다르게 나타난다.

⑤ 상현일 때 달과 태양의 기조력의 합력은 기조력이 상대적으로 큰 달 쪽으로 작용한다.



## 02 **꼼꼼** 문제 분석



A 지역의 해수면이 부풀어 오르는 이유는 지구가 지구와 달의 공통 질량 중심을 회전 운동하기 때문에 생기는 원심력이 달의 인력보다 크기 때문이다.

**03** 기조력은 달의 질량에 비례하고, 달까지 거리의 세제곱에 반비례한다. 지구와 달 사이의 거리가 현재의 2배로 멀어지고, 달의 질량이 현재의 4배로 커지면 기조력  $\propto \frac{4}{2^3} = \frac{1}{2}$  이 된다.

**모범답안** 기조력  $\propto \frac{\text{달의 질량}}{\text{지구와 달 사이의 거리}^3} = \frac{4}{2^3} = \frac{1}{2}$  이므로, 기조력의 크기는 현재보다  $\frac{1}{2}$  배로 작아진다.

| 채점 기준              | 배점    |
|--------------------|-------|
| 식과 답을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 식만 옳은 경우           | 50 %  |

**04** ① 기조력은 달의 인력( $F$ )과 지구와 달의 공통 질량 중심( $G$ ) 둘레를 회전하는 지구의 원심력( $f$ )의 합력이다.

③ 지구상의 모든 지점은 지구와 달의 공통 질량 중심을 중심으로 원운동을 하므로, 원심력( $f$ )의 크기와 방향은 지구상의 어디에서나 같다.

④ 기조력( $T$ )은 달의 질량에 비례하고, 달까지 거리의 세제곱에 반비례한다.

⑤ 지구의 중심 O에서는 달의 인력( $F$ )과 원심력( $f$ )의 크기가 같고, 방향이 반대이므로 평형을 이룬다.

**바로알기** ② 달을 향한 쪽 A에서는 달의 인력( $F$ )이 원심력( $f$ )보다 크므로 달 쪽으로 기조력( $T$ )이 작용하고, 달의 반대쪽인 B에서는 원심력이 달의 인력보다 크므로 달의 반대쪽으로 기조력이 작용한다. 두 지점에서 기조력( $T$ )의 크기는 같고, 방향은 반대이다.

**05** 지구가 24시간 동안 자전하는 동안 달이 지구 주위를 공전하기 때문에 지구는 약  $13^\circ$  더 공전해야 달의 위상이 같아진다. 지구는 1시간에 약  $15^\circ$  자전하므로 조석 주기가 매일 약 50분씩 늦어진다.

**06** ㄱ. 해수면이 가장 높을 때(만조)와 가장 낮을 때(간조)의 차이인 조차는 약 400 cm, 즉 약 4 m이다.

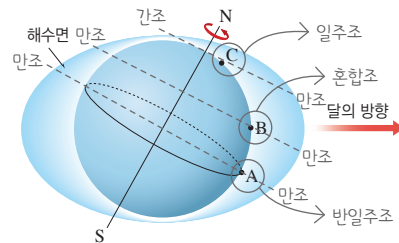
ㄴ. 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나고, 조차가 비슷하므로 반일주조이다.

**바로알기** ㄴ. 조석 주기는 간조(만조)에서 다음 간조(만조) 때까지 걸리는 시간이므로 약 12시간 25분이다.

ㄷ. 오전 10시쯤에는 해수면의 높이가 점점 높아지고 있으므로, 바닷물이 해안으로 밀려들어오는 밀물이 나타났다.

## 07 **꼼꼼** 문제 분석

지구는 자전축이 기울어진 채로 자전하기 때문에 하루 동안 만조와 간조가 일어나는 횟수와 주기가 위도에 따라 다르다.



ㄱ. A 지점은 하루에 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나는 반일주조에 해당하는 지역이므로 조석 주기는 약 12시간 25분이다.

ㄴ. 지구의 적도면과 달의 방향이 일치하지 않으므로 약 12시간 25분 후에 B 지점은 지구의 적도와 나란하게 회전하여 현재의 정반대쪽에서 다시 만조를 이룬다. 그러나 이 위치에서 해수면의 높이는 현재의 만조보다 낮으므로 혼합조를 이룬다.

ㄷ. C 지점은 적도와 나란하게 회전하여 약 12시간 25분이 지나면 현재의 정반대쪽으로 오는데, 이 위치에서 해수면의 높이가 가장 낮으므로 하루에 각각 약 1회의 만조와 간조가 나타난다.

**08** 위도 외의 조건이 모두 같다고 가정하면, 고위도에서는 하루에 각각 1회씩 만조와 간조가 나타나는 일주조, 중위도에서는 하루에 각각 2회씩 만조와 간조가 나타나지만 조차가 다른 혼합조, 저위도에서는 반일주조가 나타난다.

**모범답안** (나), 고위도 지역에서는 일주조가 나타나고, 저위도 지역에서는 반일주조가 나타나기 때문이다.

| 채점 기준                             | 배점    |
|-----------------------------------|-------|
| 위도가 높은 지역을 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 위도가 높은 지역만 옳게 쓴 경우                | 50 %  |

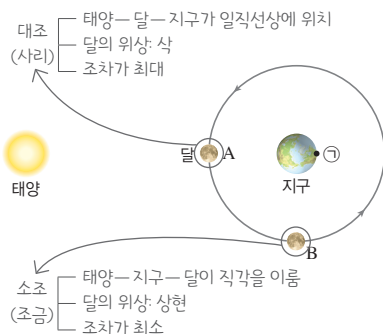
## 09 **꼼꼼** 문제 분석

달의 기조력이 태양의 기조력보다 크기 때문에 조석 현상은 달의 영향을 크게 받는다.



달에 의한 기조력은 태양에 의한 기조력보다 약 2배 정도로 크다. 그런데 달에 의한 기조력의 방향은 달을 향한 쪽에서는 달 쪽으로 작용하고, 반대쪽에서는 달의 반대쪽으로 작용한다. 따라서 달을 향한 쪽(D)과 달의 반대쪽(B)에서 만조가 나타나고, 달에 직각인 위치(A, C)에서는 간조가 나타난다.

## 10 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 달의 위치가 A일 때는 삭이므로 조차가 최대인 대조(사리)가 나타나고, 달의 위치가 B일 때는 상현이므로 조차가 최소인 소조(조금)가 나타난다.

ㄴ. 달이 A에서 B로 가는 동안은 조차가 최대인 대조에서 조차가 최소인 소조로 바뀌므로 조차는 점점 작아진다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 달의 위치가 A일 때 지구의 ㉠은 달의 반대쪽이므로 기조력이 최대가 되어 만조가 나타난다.

ㄷ. 달이 B에 있을 때 달은 오른쪽 반달 모양으로 보이므로 위상은 상현이다.

**11** P 시기에는 조차가 가장 크므로 대조(사리)에 해당한다. 대조에는 태양, 달, 지구가 일직선상에 위치하므로 달의 위상은 삭 또는 망이 된다.

## 12 **꼼꼼** 문제 분석

| 달의 위상  | 날짜  | 시:분<br>해수면의<br>높이(cm) | 시:분<br>해수면의<br>높이(cm) | 시:분<br>해수면의<br>높이(cm) | 시:분<br>해수면의<br>높이(cm) |
|--------|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|        | 14일 | 3:43<br>(776)         | 10:04<br>(102)        | 15:57<br>(759)        | 22:19<br>(46)         |
|        |     | 만조                    | 간조                    | 만조                    | 간조                    |
|        |     | 조차: 674 cm            |                       | 조차: 713 cm            |                       |
|        | 15일 | 4:25<br>(823)         | 10:49<br>(70)         | 16:38<br>(779)        | 22:59<br>(10)         |
|        |     | 만조                    | 간조                    | 만조                    | 간조                    |
|        |     | 조차: 753 cm            |                       | 조차: 769 cm            |                       |
| ●<br>삭 | 16일 | 5:06<br>(852)         | 11:32<br>(55)         | 17:19<br>(784)        | 23:40<br>(-8)         |
|        |     | 만조                    | 간조                    | 만조                    | 간조                    |
|        |     | 조차: 797 cm            |                       | 조차: 792 cm            |                       |

ㄱ. 갯벌 체험은 해수면의 높이가 낮을 때 하는 것이 좋으므로 14일에는 낮에 간조가 되는 10시경이 가장 적당하다.

ㄷ. 16일에는 달이 태양과 일직선상에 있다가 16일 이후에는 공전하여 달과 태양의 인력이 상쇄되므로 기조력이 점점 작아져 조차가 점점 작아진다. 따라서 16일 이후에는 만조일 때 해수면의 높이는 낮아지고, 간조일 때 해수면의 높이는 높아질 것이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 조차는 만조와 간조 때의 해수면의 높이 차이이므로 조차가 가장 큰 날은 16일이다. 이때 달의 위상은 삭이므로, 달과 태양이 일직선상에 놓여 기조력이 가장 크기 때문에 조차가 크게 나타난다.

**13** ㄱ. 바닷길이 열리는 시간은 해수면이 가장 낮아지는 썰물 때이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 썰물일 때 물길이 드러나기 시작하여 밀물로 바닷물이 다시 덮일 때까지 약 6시간 동안 바닷길이 열린는데, 그 시각은 날마다 조금씩 다르다.

ㄷ. 소조보다 대조일 때 조차가 더 크므로 바닷길이 열리는 면적이 더 넓다.

### 중단원 핵심 정리

182 쪽 ~ 183 쪽

- ① 수압
- ② 중력
- ③ 높은
- ④ 낮은
- ⑤ 전향력
- ⑥ 오른쪽
- ⑦ 전향력
- ⑧ 수압 정도력
- ⑨ 무역풍
- ⑩ 고위도
- ⑪ 너울
- ⑫ 원
- ⑬ 타원
- ⑭ 퇴적
- ⑮ 천해파
- ⑯ 원심력
- ⑰ 만조
- ⑱ 반일주조
- ⑲ 대조(사리)
- ⑳ 하현

### 중단원 마무리 문제

184 쪽 ~ 186 쪽

- 01 ①
- 02 ③
- 03 ㄱ, ㄴ, ㄷ
- 04 ③
- 05 ④
- 06 ②
- 07 ③
- 08 ②
- 09 ③
- 10 ③
- 11 ③
- 12 해설 참조
- 13 해설 참조
- 14 해설 참조

**01** ㄱ. 수평 방향의 수압 정도력은 해수면의 기울기에 비례하므로 해수면 경사가 급할수록 크다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 전향력은 운동하는 물체에만 작용하는 힘으로, 정지되어 있는 물체에는 작용하지 않는다.

ㄷ. 전향력은 위도와 물체의 속력에 비례한다. 따라서 같은 위도를 따라 흐르는 해류도 유속이 다르면 작용하는 전향력의 크기가 다르다.

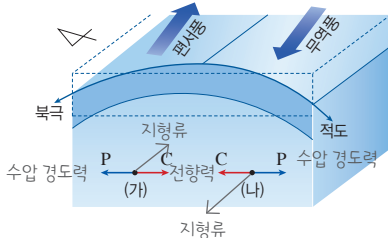
**02** 북반구에서는 지형류가 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르고, 전향력은 수압 경도력의 반대 방향으로 작용한다. 따라서 지형류의 방향에 대해 수압 경도력은 왼쪽 직각 방향으로, 전향력은 오른쪽 직각 방향으로 작용한다.

**03** ㄱ. 수압 경도력은 해수면의 경사가 급할수록 크므로 A 해역보다 해수면의 경사가 급한 B 해역에서 수압 경도력이 더 크다.

ㄴ. 위도가 같다면 지형류의 유속은 수압 경도력에 비례하므로 B 해역의 지형류가 더 빠르게 흐른다.

ㄷ. A 해역에 비해 지형류의 유속이 더 빠른 B 해역에 작용하는 전향력의 크기가 더 크다.

#### 04 **꼼꼼** 문제 분석

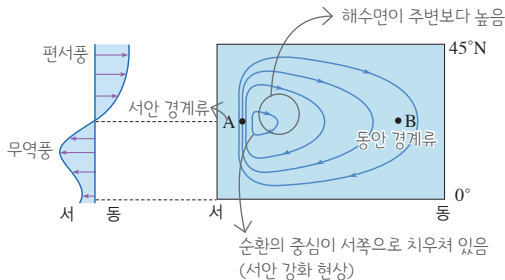


ㄱ. 편서풍에 의해 에크만 수송이 남쪽으로 일어나면 해수가 남쪽에 퇴적되어 (가) 지점에서는 남쪽의 해수면이 높고, 북쪽의 해수면이 낮으므로 수압 경도력은 북쪽 방향으로 작용한다. 따라서 P는 수압 경도력이고, C는 전향력이다.

ㄷ. 북반구에서 에크만 수송은 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 일어나므로 편서풍에 의한 에크만 수송은 남쪽 방향으로, 무역풍에 의한 에크만 수송은 북쪽 방향으로 일어난다.

**바로알기** ㄴ. 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐르므로 (가) 지점에서 해류는 동쪽으로 흐른다. (나) 지점에서는 무역풍에 의해 에크만 수송이 북쪽으로 일어나면 해수가 북쪽에 퇴적되어 북쪽의 해수면이 높고, 남쪽의 해수면이 낮으므로 수압 경도력은 남쪽으로 작용하고, 지형류는 서쪽으로 흐른다.

#### 05 **꼼꼼** 문제 분석

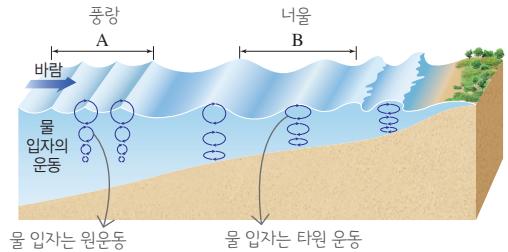


ㄴ. 편서풍과 무역풍에 의해 에크만 수송이 일어나 해수면은 중심 쪽이 주변보다 높다. 따라서 A에서 해수면 경사는 서쪽으로 기울어져 있으므로 수압 경도력은 서쪽으로 작용한다.

ㄷ. 전향력은 해류의 유속이 빠를수록 크게 작용한다. 유속은 동안 경계류가 흐르는 B보다 서안 경계류가 흐르는 A에서 더 빠르므로 전향력은 B보다 A에서 흐르는 해류에 더 크게 작용한다.

**바로알기** ㄱ. 서안 강화 현상으로 순환의 중심이 서쪽으로 치우치므로 해수면의 기울기는 B보다 A 쪽에서 더 급하다.

#### 06 **꼼꼼** 문제 분석



① A는 바람에 의해 직접 발생한 풍랑이고, B는 풍랑이 전달되어 마루가 둥글어진 너울이다.

③ A는 물 입자가 원운동을 하고 있으므로 해저면의 영향을 받지 않는 심해파이다. 심해파의 전파 속도는 수심에 영향을 받지 않고, 파장에 영향을 받는다.

④, ⑤ B는 물 입자가 타원 운동을 하고 있으므로 해저면의 영향을 받는 천해파이다.

**바로알기** ② 주기는 골(마루)에서 다음 골(마루)까지 걸리는 시간으로, 풍랑인 A보다 너울인 B가 더 길다.

**07** ㄴ. 물 입자가 원운동을 하므로 심해파이다. 심해파의 전파 속도는 파장의 제곱근에 비례하고, 수심의 영향은 받지 않는다.

ㄷ. 심해파는 물 입자의 운동이 해저면까지 전달되지 않는다. 물 입자의 운동이 해저면까지 전달되어 마찰에 의해 해저면에서 직선 왕복 운동을 하는 것은 천해파의 특징이다.

**바로알기** ㄱ. 그림에서 물 입자는 원운동을 한다.

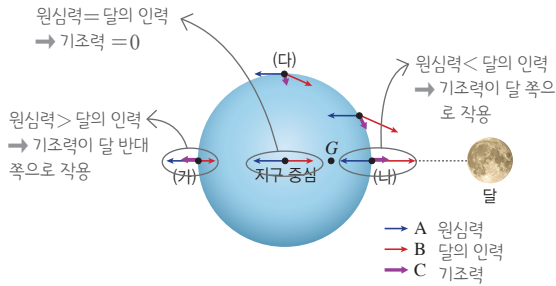
ㄷ. 지진 해일은 천해파이므로 물 입자가 타원 운동을 한다.

**08** ㄴ. 천해파의 전파 속도는  $v = \sqrt{gh}$  ( $g$ : 중력 가속도,  $h$ : 수심)로, 수심의 제곱근에 비례한다. 따라서 해일이 해안에 가까워 오면 수심이 낮아지면서 전파 속도가 점점 느려진다.

**바로알기** ㄱ. 해일의 파장이 150 km이고, 지진이 발생한 지점의 수심은 5500 m이다. 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$  인 7.5 km보다 얕으므로 이 지진 해일은 천해파의 특성을 나타낸다.

ㄷ. 해일은 해안에 가까워 올수록 전파 속도가 느려지면서 파장이 짧아진다.

## 09 **문제 분석**



③ 달과 같은 방향인 (나)에서는 달의 인력(B)이 원심력(A)에 비해 크므로 기조력(C)이 달과 같은 방향으로 작용한다. 반면에 달과 반대 방향인 (가)에서는 달의 인력(B)이 원심력(A)에 비해 작으므로 기조력(C)이 달의 반대 방향으로 작용한다.

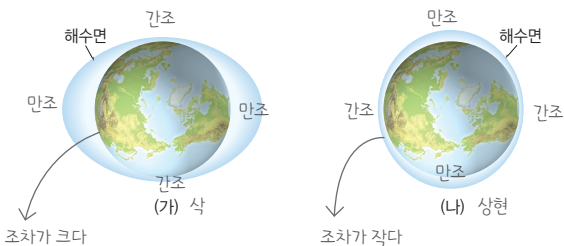
■ **바로알기** ① 지구가 달과의 공통 질량 중심(G)에 대해 원운동하여 생기는 원심력(A)은 지표상의 모든 지점에서 그 크기와 방향이 같다.

② 지구와 달 사이에 작용하는 달의 인력(B)은 달까지의 거리가 지표상의 각 지점마다 다르기 때문에 지표상의 위치에 따라 작용하는 크기가 다르다.

④ 두 지점 (가)와 (나)에서 기조력(C)의 방향은 반대이지만, 그 크기는 같다.

⑤ (다)와 같이 달과 직각 방향을 이루는 곳에서는 기조력(C)이 작으므로 해수면이 낮아져서 간조가 된다.

## 10 **문제 분석**

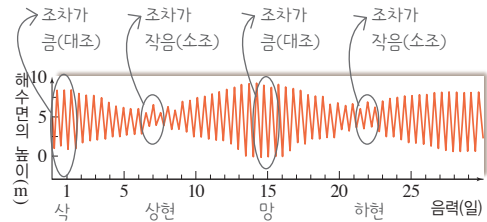


기조력이 강할 때는 간조와 만조의 해수면 높이 차이인 조차가 크게 나타난다. (가)는 (나)보다 해수면이 더 많이 부풀어 조차가 크게 나타나므로 기조력이 더 강할 때이다.

ㄱ, ㄴ. (가)는 태양, 지구, 달이 일직선상에 놓여 있어 기조력이 커서 조차가 가장 큰 사리(대조)이므로 달의 위상은 삭이다. (나)는 태양, 지구, 달이 지구를 중심으로 직각을 이루어 달의 기조력이 태양의 기조력에 의해 상쇄되어 조차가 가장 작은 조금(소조)이므로 달의 위상은 상현이다.

■ **바로알기** ㄷ. (가)는 사리(대조)이고, (나)는 조금(소조)이므로 (가)에서 (나)로 변하는 동안 조차는 작아진다.

## 11 **문제 분석**



ㄱ. 기조력이 클수록 만조와 간조 때의 해수면 높이 차이인 조차가 크다. 따라서 조차는 음력 1일경이 7일정보다 크므로 기조력도 음력 1일경이 7일정보다 크다.

ㄷ. 조차가 큰 대조일 때 만조와 간조의 해수면의 높이 차이가 크므로 썰물로 드러나는 갯벌의 면적이 넓다. 따라서 썰물일 때 드러나는 갯벌의 면적은 소조인 음력 7일정보다 대조인 음력 15일경이 더 넓다.

■ **바로알기** ㄴ. 상현이나 하현일 때는 달과 태양의 기조력이 직각을 이루므로 조차가 작다. 음력 21일은 소조이므로 달과 태양의 기조력의 방향이 직각을 이룬다.

**12** (1) 수압 정도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 a는 수압 정도력이다. b는 수압 정도력과 크기가 같고 방향이 반대이므로 전향력이다. 해수면 기울기인  $\frac{\Delta Z}{\Delta x}$  값이 커질수록 수압 정도력(a)이 커지고 그에 따라 전향력(b)의 크기도 커진다.

(2) 지형류는 수압 정도력( $g \frac{\Delta Z}{\Delta x}$ )과 전향력( $2v\Omega \sin \phi$ )이 평형을 이루어 흐르는 해류이다.

■ **모범답안** (1) a와 b는 모두 커진다.

(2) 지형류 평형에서 '수압 정도력=전향력'이다. 따라서

$$2v\Omega \sin \phi = g \frac{\Delta Z}{\Delta x} \text{에서}$$

$$\Delta Z = \frac{2v\Omega \sin \phi \Delta x}{g} = \frac{2 \times 1 \text{ m/s} \times 7.29 \times 10^{-5} / \text{s} \times \sin 30^\circ \times 10^5 \text{ m}}{10 \text{ m/s}^2} = 0.729 \text{ m이다.}$$

| 채점 기준                                     | 배점   |
|-------------------------------------------|------|
| (1) 두 힘의 변화를 모두 옳게 쓴 경우                   | 40 % |
| 한 힘의 변화만 옳게 쓴 경우                          | 20 % |
| (2) 지형류 평형식을 옳게 쓰고, $\Delta Z$ 를 옳게 구한 경우 | 60 % |
| 지형류 평형식만 옳게 쓴 경우                          | 30 % |

**13** 해일은 수심이 1000 m인 지점에서 발생하였으므로, 수심이 파장(100 km)의  $\frac{1}{20}$ 인 5000 m보다 얇기 때문에 천해파이다. 천해파의 전파 속도는  $\sqrt{gh}$  ( $g$ : 중력 가속도,  $h$ : 수심)로 구한다.

**모범답안** 해일의 전파 속도:  $\sqrt{gh}$   
 $=\sqrt{10 \text{ m/s}^2 \times 1000 \text{ m}}=100 \text{ m/s}$

| 채점 기준                     | 배점    |
|---------------------------|-------|
| 전파 속도를 구하는 식과 답이 모두 옳은 경우 | 100 % |
| 전파 속도를 구하는 식만 옳게 세운 경우    | 50 %  |

**14** 지구에서 기조력은 달의 영향이 가장 크다. A 지점에서는 지구와 천체가 공통 질량 중심을 회전할 때 생기는 원심력이 달의 인력보다 커서 기조력이 달의 반대쪽으로 나타나기 때문에 만조가 된다. B 지점에서는 달의 인력이 원심력보다 커서 기조력이 달 쪽으로 나타나기 때문에 만조가 나타난다. 이 날 달의 위상이 망이므로 달에 의한 기조력과 태양에 의한 기조력이 합쳐져 조차가 큰 대조(사리)가 나타난다.

**모범답안** (1) A와 B는 모두 만조이다.

(2) 7일 후에는 달의 위상이 하현이 되어 기조력이 작아지므로 조차가 현재보다 작아진다.

| 채점 기준                            | 배점   |
|----------------------------------|------|
| (1) A, B 모두 만조라고 옳게 쓴 경우         | 40 % |
| A, B 중 한 가지만 만조라고 쓴 경우           | 20 % |
| (2) 달의 위상을 포함하여 조차 변화를 옳게 서술한 경우 | 60 % |
| 조차 변화만 옳게 서술한 경우                 | 30 % |

### 수능 실전 문제

187쪽~189쪽

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

## 01

### 선택지 분석

- ㉠ 북반구에서 작용하는 전향력의 방향을 설명할 수 있다.
- ㉡ 원판의 회전 속도가 빨라지면 공의 궤적이 더 많이 휘다.
- ㉢ 원판 밖에서 볼 때는 공의 궤적이 휘어지지 않는다.

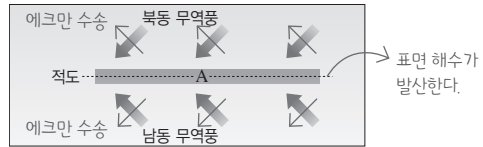
㉠. 시계 반대 방향으로 회전하는 원판에서 공을 굴리면 공의 궤적이 오른쪽으로 휘어지므로 북반구에서 작용하는 전향력의 방향을 설명할 수 있다.

㉡. 원판의 회전 속도가 빨라지면 전향력이 더 크게 작용하는 효과와 같으므로 공의 궤적이 더 많이 휘다.

㉢. 공의 궤적은 원판에서 보면 휘어지지만, 원판 밖에서 보면 휘어지지 않는다.

## 02 꼼꼼 문제 분석

북반구에서는 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로, 남반구에서는 바람 방향의 왼쪽 90° 방향으로 에크만 수송이 일어난다.



### 선택지 분석

- ㉠ 두 무역풍에 의한 에크만 수송은 같은 방향으로 일어난다. **다른**
- ㉡ 적도 쪽으로 해수의 수렴이 일어난다. **발산**
- ㉢ A 해역의 해수면은 낮아진다.

㉢. A 해역에서는 해수의 발산이 일어나므로 해수면이 낮아진다.

**■ 바로알기** ㉠. 에크만 수송이 북반구에서는 북서쪽으로, 남반구에서는 남서쪽으로 일어난다.

㉡. 에크만 수송에 의해 적도 해역에서는 해수가 주위로 빠져나가므로 해수의 발산이 일어난다.

## 03

### 선택지 분석

- ㉠ A에서 B로 가면서 수압 경도력은 점점 커진다. **일정하다**
- ㉡ A에서 B로 가면서 전향력은 일정하게 유지된다. **증가한다**
- ㉢ B 지점에서는 수압 경도력과 전향력의 크기가 같다.

㉢. 해수의 이동 방향이 수압 경도력과 수직이 되는 B 지점까지는 수압 경도력 중 해수를 계속 가속시킬 수 있는 힘의 성분이 남아 있다. 따라서 유속이 B 지점까지는 계속 증가하다가 B 지점 이후부터는 일정하게 유지되며, 수압 경도력과 전향력이 평형을 이룬다.

**■ 바로알기** ㉠. 해수면의 높이 차이로 발생한 수압 경도력은 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하며, 그 크기는 해수면의 기울기에 비례한다. 그림에서 해수면의 기울기가 일정하므로 수압 경도력의 크기가 일정하다.

㉡. A에서 B로 가면서 유속이 증가하고 있기 때문에 그에 따라 전향력이 점점 커진다.

## 04

### 선택지 분석

- ㉠ A의 크기는 같다.
- ㉡ B의 크기가 작다. **같다**
- ㉢ 유속이 빠르다. **느리다**

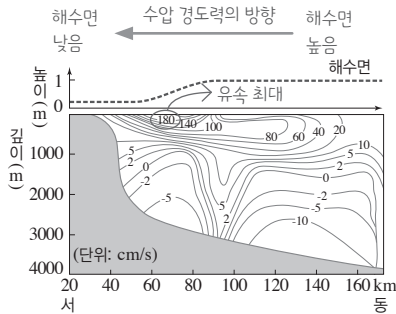


ㄱ. 해수면이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 힘 A는 수압 경도력이고, 수압 경도력에 반대 방향으로 작용하는 힘 B는 전향력이다. 해수면의 기울기는 변하지 않았으므로 A의 크기는 같다.

▣ **바로알기** ▣ 나. 지형류 평형 상태에서 수압 경도력과 전향력은 크기가 같고 방향은 반대이다. 수압 경도력의 크기가 같으므로 전향력인 B의 크기도 같다.

ㄷ. 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루면서 흐르는 해류이다. 따라서  $v = \frac{\text{수압 경도력}}{2\Omega \sin \phi}$ 에서 유속(v)은 위도( $\phi$ )에 반비례하므로 60°N 해역에 흐르는 지형류의 유속이 느리다.

## 05 **문제 분석**



### 선택지 분석

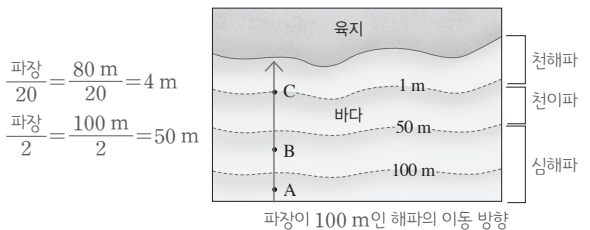
- ☒ 수압 경도력은 서쪽으로 작용한다.
- ☒ 멕시코만류는 남쪽으로 흐른다. **북쪽**
- ☒ 유속이 큰 곳에서 해수면 경사가 급하다.

ㄱ. 해수면의 경사가 서쪽으로 기울어져 있으므로 수압 경도력은 해수면이 낮아지는 서쪽으로 작용한다.

ㄷ. 해수면 경사가 급할수록 수압 경도력이 크고, 유속은 수압 경도력에 비례하므로 유속이 큰 곳에서는 해수면 경사가 급하다.

▣ **바로알기** ▣ 나. 북반구에서 지형류는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 흐른다. 따라서 수압 경도력이 서쪽으로 작용하므로 멕시코 만류는 북쪽으로 흐른다.

## 06 **문제 분석**



파장이 80 m인 해파가 수심 4 m 이하인 곳(C)을 지날 때 천해파, 파장이 100 m인 해파가 수심 50 m 이상인 곳을 지날 때 심해파의 특성을 띤다.

### 선택지 분석

- ☒ A에서 B로 가는 동안 파장이 일정할 때 해파의 전파 속도는 느려진다. **일정하다**
- ☒ C에서 해파의 표층 물 입자는 타원 운동을 한다.
- ☒ C에서 해안으로 가는 동안 해파의 파장은 짧아진다.

나. C에서 해파는 수심 4 m보다 얇은 곳에서는 천해파의 특성을 나타내므로 표층 물 입자가 타원 운동을 한다.

ㄷ. C에서 해안으로 가는 동안 해파는 해저와의 마찰에 의해 파장이 짧아지고, 파고는 높아진다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. B에서 해파는 수심 50 m보다 깊은 곳에서는 심해파인데, A에서 B로 해파가 이동하는 동안 파장은 일정하므로 해파의 전파 속도는 수심의 영향을 받지 않고 일정하게 나타난다.

## 07

### 선택지 분석

- ☒ (가)는 바람에 의해 직접 형성된 해파이다. **(나)**
- ☒ (가)가 전파되면서 **(나)**로 변화했다.
- ☒ (가)는 (나)보다 해저 마찰의 영향을 많이 받는다.

ㄷ. (가)는 수심이 파장의  $\frac{1}{20}$ 보다 얇으므로 천해파이고, (나)는 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$ 보다 깊으므로 심해파이다. 따라서 (가)가 (나)보다 해저 마찰의 영향을 더 많이 받는다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. (가)는 너울, (나)는 풍랑이다. 풍랑은 바람에 의해 직접적으로 형성된 해파이다.

나. 너울은 풍랑이 전파되어 오면서 마루 끝이 등글게 변한 해파이므로 (나)가 전파되어 오면서 (가)로 변화했다.

## 08

### 선택지 분석

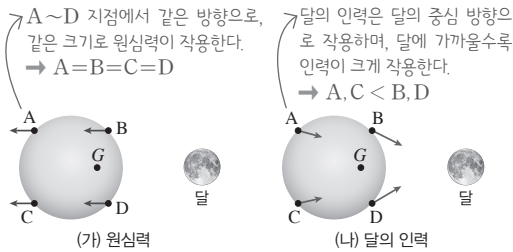
- ☒ 해파가 전파되면서 해저의 영향을 받지 않았다. **받는다**
- ☒ 해안에 접근하면서 파고는 높아진다.
- ☒ 평균 수심은 A보다 B 구간에서 깊다.

나. 지진에 의한 해파는 지진 해일이다. 지진 해일이 해안에 접근하면 해저와의 마찰에 의해 전파 속도는 느려지고, 파고는 높아진다.

ㄷ. B 구간은 A 구간에 비해 같은 시간 동안 이동한 거리가 멀어 지진 해일의 전파 속도가 빨랐다. 지진 해일은 천해파로, 수심이 얕아지면 전파 속도가 느려지기 때문에 평균 수심은 B 구간이 A 구간보다 깊다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 지진 해일은 해저의 수심에 비해 파장이 매우 긴 천해파이기 때문에 전달되면서 해저의 영향을 받는다.

## 09 **문제 분석**



### 선택지 분석

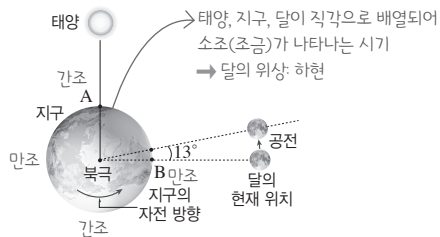
- ㉠ A와 D 지점에 작용하는 원심력의 크기와 방향은 모두 같다.
- ㉡ A와 C 지점에 작용하는 원심력과 달의 인력의 크기는 같다. **지구 중심**
- ㉢ B와 D 지점에서 기조력은 달의 방향을 향한다.

㉠. 지구가 달과의 공통 질량 중심(G)을 회전할 때 지표상의 모든 지점은 같은 주기로 같은 크기의 원운동을 하므로, A~D 지점에 작용하는 원심력의 크기와 방향은 모두 같다.

㉡. B와 D 지점은 달의 인력이 원심력보다 크므로 두 힘의 합력인 기조력은 달의 방향을 향한다.

❌ **바로알기** ㉢. A와 C 지점은 지구의 중심보다 달로부터 더 멀리 떨어져 있으므로 달의 인력보다 원심력이 크다. 원심력과 달의 인력의 크기가 같은 곳은 지구 중심이다.

## 10 **문제 분석**



### 선택지 분석

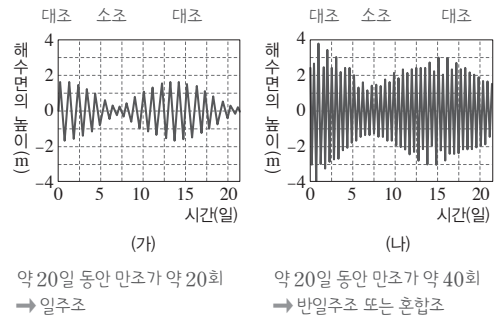
- ❌ 현재 A 지점은 **만조**이다. **간조**
- ❌ B 지점의 조석 주기는 약 24시간 50분이다. **약 12시간 25분**
- ㉢ 7일 후 조석 간만의 차는 이날보다 크다.

㉡. 현재 달과 태양이 직각으로 배열되어 두 천체에 의한 기조력이 최소가 되므로 소조(조금)가 나타난다. 7일 후에는 두 천체가 일렬로 배열되어 달의 위상이 삭이 되고, 기조력이 최대가 되므로 대조(사리)가 나타나 조석 간만의 차(조차)가 커진다.

❌ **바로알기** ㉢. 달에 의한 기조력이 태양에 의한 기조력보다 크므로 현재 A 지점은 간조이고, B 지점은 만조이다.

㉢. B 지점은 적도 지역으로, 반일주조가 나타난다. 따라서 하루에 만조와 간조가 각각 2회씩 나타나므로 지구가 반 바퀴 자전하는 동안 달은  $6.5^\circ$  공전하여 조석 주기는 약 12시간 25분이다.

## 11 **문제 분석**



### 선택지 분석

- ㉠ (가)의 조석 주기는 일주조에 해당한다.
- ㉡ (나)는 (가)보다 저위도에 위치한다.
- ㉢ 대조일 때 조차는 (나) 지역이 더 크다.

㉠. (가)는 약 20일 동안 각각 약 20회의 만조와 간조가 일어났으므로 각각 하루에 1회씩 만조와 간조가 일어나는 일주조에 해당한다.

㉡. (가)는 일주조이므로 극지방에 가깝고, (나)는 반일주조 또는 혼합조이므로 (가)보다 저위도에 위치한다.

㉢. 대조(사리)일 때 조차는 (가)에서 약 4m, (나)에서 약 8m이므로 (가)보다 (나) 지역이 더 크다.

## 12

### 선택지 분석

- ❌ B보다 A일 때 조차가 더 **작다**. **크다**
- ㉡ C일 때는 대조가 된다.
- ❌ D일 때 달보다 태양에 의한 기조력이 더 **크다**. **작다**

달의 위상은 A에서 망, B에서 하현, C에서 삭, D에서 상현이다.

㉢. 지구, 달, 태양 순으로 일직선상에 놓여 있는 C일 때 달의 위상은 삭이다. 이때, 기조력이 최대가 되어 조차가 가장 큰 대조(사리)가 된다.

❌ **바로알기** ㉠. A일 때 달, 지구, 태양이 일직선상에 놓여 있어 달과 태양에 의한 기조력이 합쳐져 조차가 가장 큰 대조(사리)가 된다. B일 때, 달과 태양에 의한 기조력이 상쇄되어 조차가 가장 작은 소조(조금)가 된다. 따라서 조차는 B보다 A일 때 더 크다.

㉡. D일 때, 조차가 작지만 해수면은 태양보다 달이 있는 쪽으로 부풀었으므로 달의 기조력이 태양의 기조력보다 크다.

## 2

## 대기의 운동과 순환



### 1 단열 변화와 대기 안정도

194 쪽

완자샘  
비법특강

Q1 높아진다.

Q1 상승 응결 고도가 낮을수록 습윤 단열 감률 구간이 늘어나 산을 넘어온 공기의 기온이 높아진다.

#### 개념 확인 문제

195 쪽

- ① 단열 팽창 ② 단열 압축 ③ 건조 ④ 1 ⑤ 습윤  
⑥ 0.5 ⑦ 상승 응결 고도 ⑧ 편 ⑨ 높새바람

1 (1) 낮아 (2) ㉠ 감소, ㉡ 증가 (3) 단열 팽창 (4) ㉠ 10, ㉡ 낮아  
(5) ㉠ 2, ㉡ 높아 2 건조 단열 감률 > 습윤 단열 감률 > 이슬점  
감률 3 ④ 4 (1) 1000 m (2) 15 °C 5 (1) ○ (2) ×  
(3) ○

- 1 (1) 공기 덩어리가 상승하면 부피가 팽창하면서 내부 에너지가 감소하여 온도가 낮아진다.  
(2) 공기 덩어리가 하강하면 부피가 압축되면서 내부 에너지가 증가하여 온도가 높아진다.  
(3) 상승하는 공기 덩어리의 기온이 하강하는 원인은 단열 팽창으로 내부 에너지가 감소하기 때문이다.  
(4) 불포화 상태인 공기 덩어리가 상승할 때, 단열 팽창이 일어나 기온이 건조 단열 감률을 따라 1 °C/100 m의 비율로 낮아진다.  
(5) 불포화 상태인 공기 덩어리가 하강할 때, 단열 압축이 일어나 이슬점이 0.2 °C/100 m의 비율로 높아진다.

2 건조 단열 감률은 1 °C/100 m이고, 습윤 단열 감률은 0.5 °C/100 m, 불포화 공기의 이슬점 감률은 0.2 °C/100 m이다.

- 3 ①, ②, ③, ⑤ 공기 덩어리가 상승하면 단열 팽창으로 밀도가 감소하고 내부 에너지가 감소하여 기온이 낮아진다. 또한, 단위 부피당 수증기량이 감소하므로 이슬점이 낮아진다.  
④ A 구간에서 공기 덩어리가 상승하면 기온과 이슬점 차이가 작아지면서 상대 습도는 높아진다.

4 (1) A에서 공기 덩어리의 기온이 30 °C이고, 이슬점이 22 °C이므로 상승 응결 고도는  $125 \times (30 - 22) = 1000(\text{m})$ 이다.

(2) 산을 타고 상승하는 공기 덩어리는 불포화 상태이므로 상승 응결 고도까지는 기온이 건조 단열 감률을 따라 낮아진다. 따라서 상승 응결 고도에서의 기온은  $30 \text{ °C} - (1000 \text{ m} \times \frac{1 \text{ °C}}{100 \text{ m}}) = 20 \text{ °C}$ 이다. 상승 응결 고도부터 산 정상까지는 공기 덩어리가 포화 상태이므로 기온이 습윤 단열 감률을 따라 낮아진다. 산 정상까지 도달하기 위해서는 1000 m를 더 상승해야 하므로, 산 정상에서의 기온은  $20 \text{ °C} - (1000 \text{ m} \times \frac{0.5 \text{ °C}}{100 \text{ m}}) = 15 \text{ °C}$ 이다.

5 (1) 상승 응결 고도에 도달하기 전까지 공기 덩어리는 불포화 상태이므로 건조 단열 변화를 한다.

(2) 상승 응결 고도에서 산 정상까지 상승하는 공기 덩어리는 포화 상태이므로 이슬점이 0.5 °C/100 m의 비율로 하강한다.

(3) 산 정상에서 공기 덩어리가 지표로 내려오는 동안 단열 압축으로 기온은 건조 단열 감률(1 °C/100 m)을 따라, 이슬점은 이슬점 감률(0.2 °C/100 m)을 따라 상승하므로 기온과 이슬점의 차이가 증가하여 상대 습도는 낮아진다.

#### 개념 확인 문제

199 쪽

- ① 안정 ② 불안정 ③ 절대 안정 ④ 절대 불안정  
⑤ 조건부 불안정 ⑥ 층운형 ⑦ 적운형

1 (1) 안정 (2) 크다 (3) ㉠ 건조, ㉡ 습윤 (4) 안정 (5) ㉠ 층운형, ㉡ 적운형 2 (1) 안 (2) 불 3 A: 절대 불안정, B: 조건부 불안정, C: 절대 안정 4 ④ 5 (1) (가) 절대 안정 (나) 절대 불안정 (2) (가) 층운형 구름 (나) 적운형 구름 6 (1) 복사 안개 (2) 이류 안개 (3) 전선 안개

- 1 (1) 기층이 안정할 때는 강제로 상승시키거나 하강시킨 공기가 원래 위치로 돌아가려고 하므로 공기의 연직 운동이 억제된다.  
(2) 기층이 절대 불안정한 상태일 때는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크고, 기층이 절대 안정한 상태일 때는 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작다.  
(3) 조건부 불안정한 상태일 때는 기온 감률이 건조 단열 감률과 습윤 단열 감률 사이에 있으며, 운동하는 공기 덩어리의 수증기 포화 여부에 따라 기층의 안정도가 달라진다.  
(4) 역전층은 높이 올라갈수록 기온이 높아지는 층으로, 지상에 역전층이 형성되면 기층은 안정해진다.  
(5) 안정한 대기에서는 층운형 구름이, 불안정한 대기에서는 적운형 구름이 생성된다.

**2** (1) 안정한 대기에서는 기온 감률이 단열 감률보다 작으므로 강제로 상승시킨 공기는 주변 공기의 기온보다 낮고 하강시킨 공기는 주변 공기의 기온보다 높아 공기가 원래의 위치로 돌아가려고 한다.

(2) 불안정한 대기에서는 기온 감률이 단열 감률보다 크므로 강제로 상승시킨 공기 덩어리의 기온이 주변 공기의 기온보다 높다.

**3** A: 건조 단열 감률 < 기온 감률 → 절대 불안정

B: 습윤 단열 감률 < 기온 감률 < 건조 단열 감률 → 조건부 불안정

C: 기온 감률 < 습윤 단열 감률 → 절대 안정

**4** 구름이 생성되기 위해서는 공기 덩어리가 상승해야 한다.

④ 고기압이 발달하면 하강 기류가 발달하여 구름이 소멸된다.

**5** (1) (가) 지역의 대기는 기온 감률이 단열 감률보다 작으므로 절대 안정한 상태이고, (나) 지역의 대기는 기온 감률이 단열 감률보다 크므로 절대 불안정한 상태이다.

(2) (가) 지역의 대기는 절대 안정하므로 공기가 상승할 때 층운형 구름이 생성되고, (나) 지역의 대기는 절대 불안정하므로 공기가 상승하면서 적운형 구름이 생성된다.

**6** (1) 지표면의 복사 냉각에 의해 공기가 냉각되어 안정되면 지표면 부근 공기의 온도가 낮아져 복사 안개가 발생한다.

(2) 공기가 차가운 지표면으로 이동하면 공기의 밑부분이 냉각되어 대기가 안정되면서 이류 안개가 발생한다.

(3) 온난 전선이 통과할 때 비가 내리면 전선 하층의 찬 공기에 수증기가 공급되어 포화되면서 전선 안개가 발생한다.

### 대표 자료 분석

200 쪽~201 쪽

**자료 1** 1 A: 건조 단열 감률, B: 습윤 단열 감률 2 22 °C

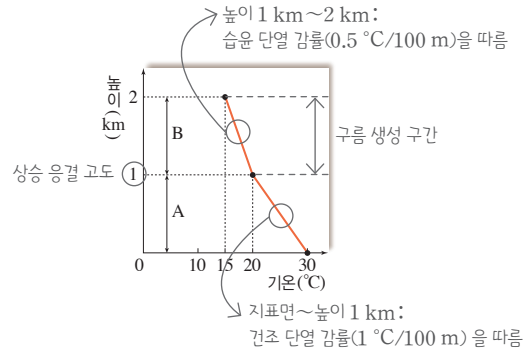
3 100 % 4 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○

**자료 2** 1 상승 응결 고도, 1000 m 2 0.5 °C/100 m (5 °C/km), 0.2 °C/100 m (2 °C/km) 3 기온: 33 °C, 이슬점: 17 °C 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

**자료 3** 1 (가) 조건부 불안정 (나) 절대 안정 2 층운형 구름 3 약 3.5 km 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○

**자료 4** 1 (가) 복사 안개 (나) 이류 안개 (다) 활승 안개 (라) 증발 안개 (마) 전선 안개 2 (가), (나), (다) 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

### 1-1 꼼꼼 문제 분석



A 구간에서는 1 km 높아질 때 10 °C 감소하였으므로 건조 단열 변화를 하였다. B 구간은 1 km 높아질 때 5 °C 감소하였으므로 습윤 단열 변화를 하였다.

**1-2** 상승하는 공기 덩어리의 기온 변화선의 기울기가 높이는 1 km에서 달라진 것으로 보아 이 공기 덩어리의 상승 응결 고도는 1 km (= 1000 m)이다. 따라서 상승 응결 고도를 구하는 식  $1000 = 125 \times (30 - \text{지표에서의 이슬점})$  으로부터 지표면에서 이 공기 덩어리의 이슬점은 22 °C이다.

**1-3** 상승 응결 고도 이상인 높이 1 km ~ 2 km 구간(B)에서 상승하는 공기 덩어리의 상대 습도는 100 %로 일정하게 유지된다.

**1-4** (1) A 구간에서 건조 단열 변화를 하였다.

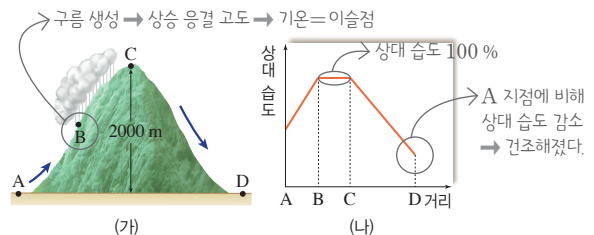
(2) A 구간에서 높이 올라갈수록 기온과 이슬점의 차이는 감소하여 높이 1 km에서 기온과 이슬점이 같아져 포화 상태가 되었다.

(3) B 구간에서 습윤 단열 변화를 하였다.

(4) B 구간에서 공기 덩어리는 포화 상태이므로 이슬점은 습윤 단열 감률과 같은 0.5 °C/100 m의 비율로 낮아졌다.

(5) 구름은 포화 상태로 습윤 단열 변화를 한 B 구간에 분포한다.

### 2-1 꼼꼼 문제 분석



공기 덩어리가 상승하여 구름이 생성되기 시작하는 높이를 상승 응결 고도라고 한다. A에서 기온이 28 °C, 이슬점이 20 °C인 공기 덩어리의 상승 응결 고도는  $125 \times (28 - 20) = 1000(\text{m})$ 이다.

②-2 B → C 구간에서 상승하는 공기 덩어리는 포화 상태이므로 수증기의 응결이 일어나면서 이슬점 변화율은  $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  이고, C → D 구간에서 하강하는 공기 덩어리는 불포화 상태이므로 이슬점 변화율은  $0.2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  이다.

②-3 D 지점에서의 기온과 이슬점은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \bullet \text{ 기온} &\Rightarrow 28^{\circ}\text{C} - \frac{1^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times 1000\text{ m} - \frac{0.5^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times 1000\text{ m} \\ &\quad + \frac{1^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times 2000\text{ m} = 33^{\circ}\text{C} \\ \bullet \text{ 이슬점} &\Rightarrow 20^{\circ}\text{C} - \frac{0.2^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times 1000\text{ m} - \frac{0.5^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times 1000\text{ m} \\ &\quad + \frac{0.2^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times 2000\text{ m} = 17^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

②-4 (1) A → B 구간에서 공기 덩어리는 불포화 상태이므로 온도는 건조 단열 감률인  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 의 비율로 낮아진다.

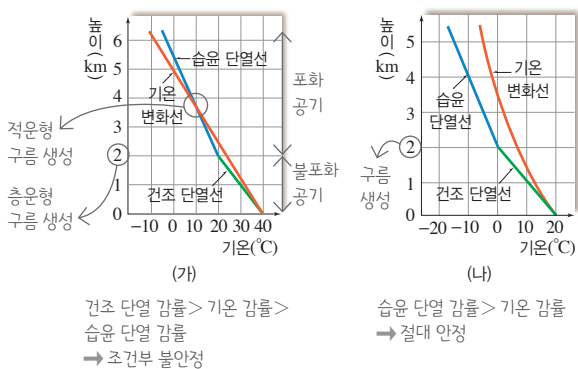
(2) B → C 구간에서 수증기의 응결이 일어나면서 숨은열이 방출된다.

(3) C에서 기온과 이슬점은 같은데 C → D 구간에서 하강하는 공기 덩어리는  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 의 비율로 기온이 높아지고,  $0.2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 의 비율로 이슬점이 높아지므로 상대 습도는 낮아진다.

(4) A → B 구간에서 상승하는 공기 덩어리는 수증기량이 일정하게 유지되지만 부피가 팽창하므로 절대 습도가 낮아진다. B → C 구간에서 상승하는 공기 덩어리는 수증기량이 감소하면서 부피가 팽창하므로 절대 습도가 더 큰 비율로 낮아진다.

(5) D 지점에 도달한 공기 덩어리는 A 지점보다 기온과 이슬점의 차이가 커지므로 상대 습도가 낮아져 건조하다.

### 3-1 꼼꼼 문제 분석



(가)는 기온 감률이 건조 단열 감률과 습윤 단열 감률 사이이므로 조건부 불안정이고, (나)는 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으므로 절대 안정이다.

③-2 (나)는 절대 안정한 상태이므로 층운형 구름이 생성된다.

③-3 (가)는 조건부 불안정 상태이므로 공기 덩어리의 기온이 주변 공기의 기온보다 높아지는 높이 약 3.5 km부터 공기가 스스로 상승하면서 적운형 구름이 생성된다.

③-4 (1) (가)에서 기온 변화선과 건조 단열선, 습윤 단열선의 기울기를 비교하면, 건조 단열 감률 > 기온 감률 > 습윤 단열 감률이다.

(2) (가)에서 지표면 높이 ~ 2 km 구간의 기온 감률은 건조 단열 감률보다 작으므로 기층은 안정 상태이다.

(3) 절대 안정 상태인 (나)의 지표에서 강제로 상승한 공기는 원래의 자리로 돌아가려고 한다.

(4) (나)는 절대 안정 상태이므로 연직 운동이 억제되어 대기 오염 물질이 잘 확산되지 않는다. 대기 오염 물질이 잘 확산되는 대기는 절대 불안정 상태인 경우이다.

(5) (가)와 (나)에서 구름이 처음으로 생성되는 높이는 습윤 단열 감률이 시작되는 2 km로 같다.

④-1 (가) 복사 냉각에 의해 지표면이 급속히 냉각되어 지표면 부근 공기의 기온이 낮아져 포화되면서 복사 안개가 발생한다.

(나) 따뜻하고 습윤한 공기가 차가운 지표면으로 이동하면 공기가 냉각되어 포화되면서 이류 안개가 발생한다.

(다) 공기가 산 사면을 타고 상승하면 단열 팽창으로 냉각되면서 활승 안개가 발생한다.

(라) 찬 공기가 따뜻한 물 위를 지날 때 따뜻한 물에서 수증기가 응결하여 증발 안개가 발생한다.

(마) 온난 전선이 통과할 때 약한 강수로 전선 하층의 찬 공기에 수증기가 공급되어 포화되면서 전선 안개가 발생한다.

④-2 (가)와 (나)는 지표에 의한 공기 덩어리의 냉각으로, (다)는 단열 팽창에 따른 냉각으로 생성된 안개이다. (라)와 (마)는 수증기량 증가에 의해 생성된 안개이다.

④-3 (1) (가)는 복사 냉각이 잘 발생하는 날씨가 맑고 바람이 약한 날 밤에 잘 생성된다.

(2) (나)는 차가운 지표면에 의해 기층의 아래쪽이 냉각되어 기층이 안정한 상태가 되면서 생성된다.

(3) (다)는 공기가 산 사면을 타고 상승하면 단열 팽창이 일어나 기온이 내려가면서 생성된다.

(4) (라)는 안정한 대기뿐만 아니라 불안정한 대기에서도 생성된다.

(5) (라)와 (마)는 수증기가 공급되어 현재 수증기압이 커져서 생성된다.



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

**01** ① 공기 덩어리가 하강하면 주변 기압이 높아지므로 공기가 압축되어 기온이 높아지는 단열 압축이 일어난다.

▮ **바로알기** ② 공기 덩어리가 상승할 경우에는 기온뿐만 아니라 이슬점도 낮아진다.

③ 공기 덩어리가 포화 상태일 때의 이슬점 감률은  $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  이고, 불포화 상태일 때의 이슬점 감률은  $0.2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  이다.

④ 기온과 기압에 따라 공기 덩어리가 최대 포함할 수 있는 수증기의 양이 달라지는데, 이에 따라 방출되는 습은열의 크기도 달라진다. 따라서 습윤 단열 감률은 공기 덩어리의 기온과 기압에 따라 달라진다.

⑤ 불포화 상태의 공기가 단열 변화할 때의 기온 변화율을 건조 단열 감률이라고 한다. 습윤 단열 감률은 포화 상태의 공기가 단열 변화할 때의 기온 변화율이다.

**02** 수증기로 포화되어 있는 공기는 수증기가 응결하면서 습은열을 방출하는데, 단열 변화이므로 이 열이 외부로 방출되지 않고 자체 공기의 기온을 높이는 데 이용된다.

▮ **모범답안** 포화 공기는 상승하는 동안 수증기가 응결될 때 습은열을 방출하기 때문에 습윤 단열 감률( $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ )이 건조 단열 감률( $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ )보다 작다.

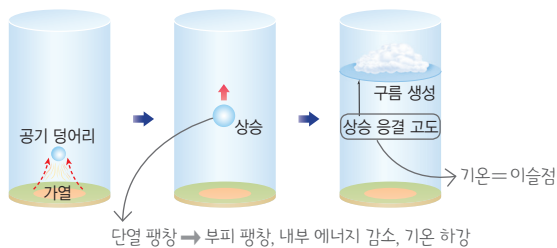
채점 기준

수증기 응결 시 습은열 방출로 옳게 서술한 경우  
습은열 방출을 포함하지 않고 서술한 경우

배점

100 %  
0 %

**03** 꼬꼬 문제 분석



ㄱ. 공기 덩어리가 상승하면 주변 기압의 감소로 단열 팽창이 일어난다.

ㄴ. 상승 응결 고도는 공기 덩어리의 기온이 이슬점과 같아져 구름이 생성되기 시작하는 높이이다.

ㄷ. 공기 덩어리의 기온과 이슬점의 차이가 클수록 상대 습도가 낮으므로 더 높은 곳까지 상승해야 응결이 일어날 수 있으므로 상승 응결 고도가 높다.

**04** 상승 응결 고도에서 기온은  $T - \frac{1^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H$ 이고, 이슬점은  $T_d - \frac{0.2^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H$ 이다. 상승 응결 고도에서 기온과 이슬점이 같으므로  $T - \frac{1^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H = T_d - \frac{0.2^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H$ 와 같이 나타낼 수 있다. 따라서  $H(\text{m}) = 125(T - T_d)$ 이다.

▮ **모범답안**  $T - \frac{1^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H = T_d - \frac{0.2^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times H$ 에서  $H(\text{m}) = 125(T - T_d)$ 이다.

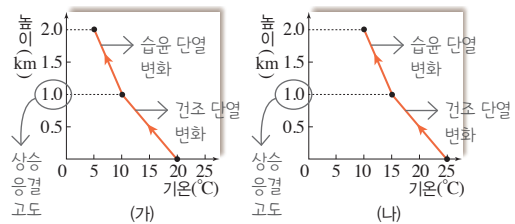
채점 기준

기온과 이슬점으로 식을 세우고, 상승 응결 고도를 옳게 유도한 경우  
상승 응결 고도를 구하는 식만 옳게 쓴 경우

배점

100 %  
50 %

**05** 꼬꼬 문제 분석



① 지표면에서 공기 덩어리의 기온은 (가)의 경우는  $20^{\circ}\text{C}$ 이고, (나)의 경우는  $25^{\circ}\text{C}$ 이다.

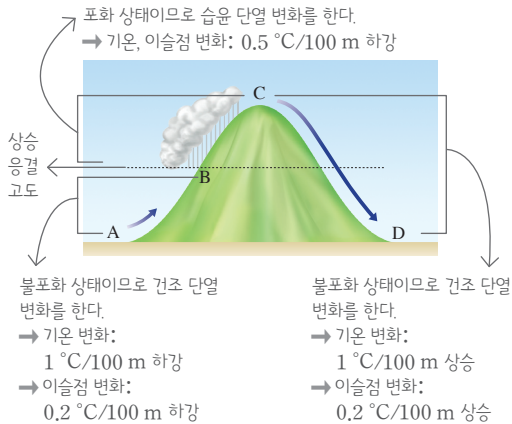
② 상승하는 공기 덩어리의 기온 변화선(단열 변화선)이 건조 단열선에서 습윤 단열선으로 바뀐 높이가 상승 응결 고도이다. (가)와 (나) 모두 높이 1 km 지점에서 단열 변화선의 기울기가 변했으므로 상승 응결 고도는 (가)와 (나) 모두 1 km로 같다.

③ 두 공기의 상승 응결 고도가 높이 1 km로 같으므로 지표면에서의 (기온 - 이슬점) 값이 같다. 따라서 지표면에서의 기온이 더 높은 (나)의 경우가 이슬점도 더 높다.

⑤ 상승 응결 고도보다 높은 1 km ~ 2 km 구간에서 상승하는 공기 덩어리는 (가)와 (나)에서 모두 포화 상태이므로 상대 습도는 100 %이다.

▮ **바로알기** ④ 상승 응결 고도에 해당하는 높이 1 km에서의 이슬점은 기온과 같으므로 (가)에서는  $10^{\circ}\text{C}$ 이고 (나)에서는  $15^{\circ}\text{C}$ 이다. 따라서 습윤 단열 감률을 따라 높이 2 km까지 상승하였을 때 이슬점은 (가)에서  $10^{\circ}\text{C} - \frac{0.5^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times 1000\text{ m} = 5^{\circ}\text{C}$ , (나)에서  $15^{\circ}\text{C} - \frac{0.5^{\circ}\text{C}}{100\text{ m}} \times 1000\text{ m} = 10^{\circ}\text{C}$ 이므로 (가)가 (나)보다  $5^{\circ}\text{C}$  낮다.

**[06~08]** **문제 분석**



**06** (가) A → B 구간은 불포화 상태의 공기 덩어리가 상승하면서 단열 팽창하여 건조 단열 감률을 따라 낮아진다.

(나) B → C 구간에서 상승하는 공기 덩어리는 포화 상태를 유지하므로 이슬점이  $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 의 비율로 감소한다. 공기 덩어리가 불포화 상태에서 상승(하강)할 때에는 이슬점이  $0.2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 의 비율로 감소(증가)한다.

| 구간    | A → B | B → C     | C → D |
|-------|-------|-----------|-------|
| 공기    | 불포화   | 포화        | 불포화   |
| 기온    | 하강    | 하강        | 상승    |
| 상대 습도 | 증가    | 일정(100 %) | 감소    |

**07** ㄱ. A의 공기는 상승 응결 고도(B)에서 포화되었으므로 상승하는 동안 불포화 상태이다.

|| 바로알기 || ㄴ. B(상승 응결 고도)에서 공기는 포화되므로 기온과 이슬점이 같다.

ㄷ. 기온은 A → B에서 건조 단열 감률( $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ )로, B → C에서 습윤 단열 감률( $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ )로 낮아지고, C → D에서 건조 단열 감률( $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ )로 높아지므로 A보다 D에서 높다. 이슬점은 A → B에서 이슬점 감률( $0.2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ )로, B → C에서 습윤 단열 감률( $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ )로 낮아지고, C → D에서 이슬점 감률( $0.2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ )로 높아지므로 A보다 D에서 낮다. 따라서 기온과 이슬점의 차이는 A보다 D에서 크다.

**08** 공기가 산을 넘는 과정에서 응결이 일어나면 공기 덩어리가 습윤 단열 변화를 하는 구간이 생긴다. 따라서 산을 넘은 후 기온은 높아지고, 이슬점은 낮아지므로 상대 습도가 낮아진다.

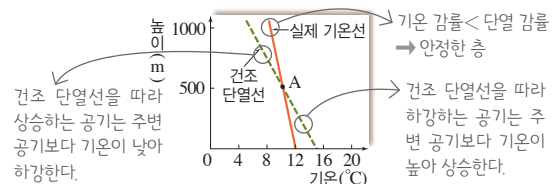
**09** 산을 넘는 과정에서 응결이 일어나지 않으면 상승할 때와 하강할 때에 모두 건조 단열 변화가 일어나고 수증기량의 변화도 없다. 따라서 A 지점과 B 지점의 기온과 상대 습도는 같다.

**10** A 지점에서 기온이 이슬점보다 높으므로 불포화 공기가 고, 이 공기가 산 사면을 따라 상승하면 건조 단열 감률을 따라 기온이 낮아진다. 상승 응결 고도[ $125 \times (25 - 17) = 1000(\text{m})$ ] 이상에서는 습윤 단열 감률을 따라 기온이 낮아진다. 공기가 B에서 C 지점으로 내려오는 동안 건조 단열 감률을 따라 기온이 높아진다.

**11** **모범답안** 공기가 산을 오르면서 건조 단열 변화로 기온이 낮아지다가 구름이 생성되면 습윤 단열 변화로 기온이 낮아지고, 산을 넘어오면서 건조 단열 변화로 기온이 높아진다. 이슬점은 산을 넘기 전보다 낮아져 기온과 이슬점 차이가 커지므로 상대 습도는 낮아진다.

| 채점 기준                                          | 배점    |
|------------------------------------------------|-------|
| 기온 변화를 단열 변화로, 상대 습도 변화를 기온과 이슬점 차이로 옮겨 서술한 경우 | 100 % |
| 기온과 상대 습도 변화 중 한 가지만 까닭과 함께 옮겨 서술한 경우          | 50 %  |
| 까닭을 설명하지 못하고 기온과 습도 변화만 옮겨 서술한 경우              | 40 %  |

**12** **문제 분석**



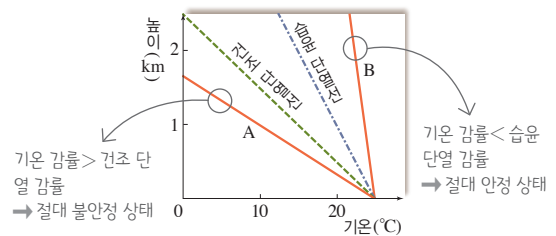
⑤ 대기가 안정한 상태이므로 공기 덩어리 A를 하강시키면 원래의 위치로 돌아온다.

|| 바로알기 || ①, ③ 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작으므로 이 기층은 안정하다.

② 안정한 기층에서는 공기의 연직 운동이 억제된다.

④ 공기 덩어리 A를 상승시키면 원래의 위치로 돌아온다.

**13** **문제 분석**



ㄷ. A의 기층은 절대 불안정하고, B의 기층은 절대 안정하다. 따라서 공기의 연직 운동은 A가 B보다 활발하게 일어난다.

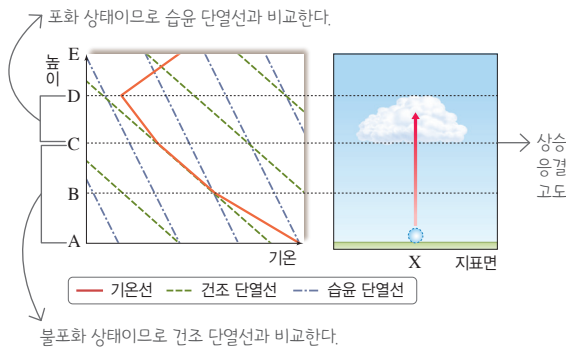
|| 바로알기 || ㄱ. A의 기층은 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크므로 절대 불안정한 상태이다.

ㄴ. B의 기층은 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작으므로 절대 안정한 상태이다.

**14** **모범답안** 안정한 대기에서는 공기의 연직 운동이 억제되어 층운형 구름이 생성되고, 불안정한 대기에서는 공기의 연직 운동이 활발하여 적운형 구름이 생성된다.

| 채점 기준                                | 배점    |
|--------------------------------------|-------|
| 구름의 유형을 연직 운동의 특징을 포함하여 옳게 서술한 경우    | 100 % |
| 구름의 유형을 연직 운동의 특징을 포함하지 않고 옳게 서술한 경우 | 50 %  |

## 15 **꼼꼼** 문제 분석



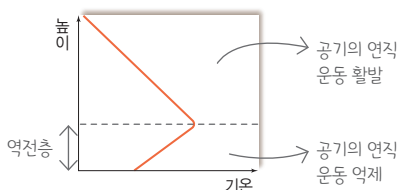
ㄴ. B-C 구간은 기온 감률이 건조 단열 감률과 같으므로 중립인 상태이다.

ㄹ. D-E 구간은 공기 X가 높이 올라갈수록 기온이 높아지므로 절대 안정한 상태이다.

**■바로알기** ㄱ. A-B 구간은 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크므로 절대 불안정층이다.

ㄷ. C-D 구간은 기온 감률이 습윤 단열 감률과 건조 단열 감률 사이의 값이므로 조건부 불안정층이다. 그런데 이 구간에서 상승하는 공기 X는 포화 상태이므로 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 커서 불안정한 상태이다.

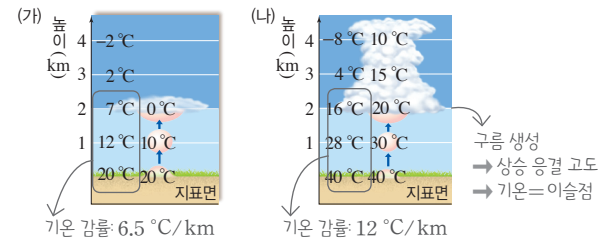
## 16 **꼼꼼** 문제 분석



ㄷ. 역전층에서는 대기가 매우 안정하여 공기의 연직 운동이 억제되므로 오염 물질이 확산되지 못하여 대기 오염이 심해진다.

**■바로알기** ㄱ, ㄴ. 역전층은 높이 올라갈수록 기온이 높아지는 층이므로 절대 안정한 상태이다.

## 17 **꼼꼼** 문제 분석

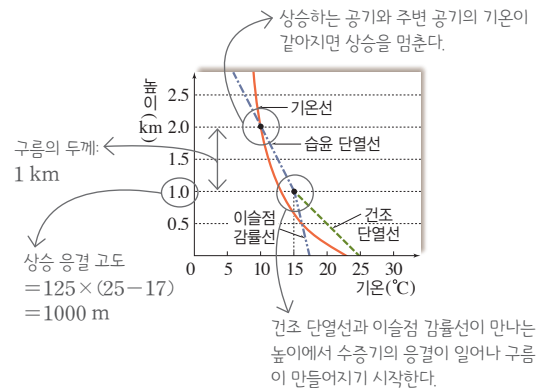


ㄴ. (가)는 기온 감률이 건조 단열 감률(10 °C/km)보다 작으므로 대기가 안정하고, (나)는 기온 감률이 건조 단열 감률보다 크므로 대기가 불안정하다.

ㄷ. (나)에서 상승 응결 고도인 높이 2 km에서 기온과 이슬점이 같으므로 이슬점은 20 °C이다. 이슬점 감률이 2 °C/km이므로 지표면에서 이슬점은  $20\text{ °C} + (2\text{ km} \times \frac{2\text{ °C}}{1\text{ km}}) = 24\text{ °C}$ 이다.

**■바로알기** ㄱ. 지표면~높이 1 km에서 (가)의 기온 감률은 8 °C/km이고, (나)의 기온 감률은 12 °C/km이다.

## 18 **꼼꼼** 문제 분석



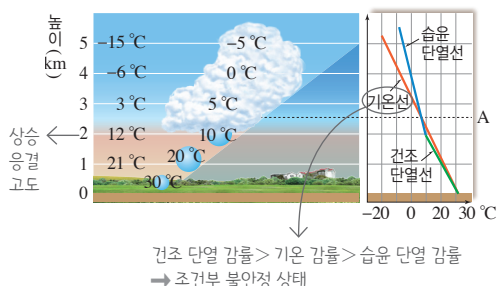
ㄱ. 상승 응결 고도인 높이 1 km에서 공기 덩어리의 기온과 이슬점이 15 °C로 같다. 지표면에서는 공기 덩어리가 불포화 상태이고 이슬점은 이슬점 감률을 따라 감소하므로 지표면에서의 이슬점은  $15\text{ °C} + (1000\text{ m} \times \frac{0.2\text{ °C}}{100\text{ m}}) = 17\text{ °C}$ 이다.

ㄷ. 높이 1 km에서 공기 덩어리의 기온과 이슬점이 15 °C로 같아져 포화 상태에 도달했으므로 상대 습도는 100 %이다.

**■바로알기** ㄴ. 구름은 건조 단열선과 이슬점 감률선이 만나는 높이(상승 응결 고도) 1 km부터 습윤 단열선과 기온선이 만나 더 이상 공기 덩어리의 상승이 일어나지 않는 높이 2 km까지 만들어진다. 따라서 구름의 두께는 약 1 km이다.

ㄹ. 지표면~높이 500 m에서는 기온 감률이 건조 감률보다 크므로 대기 안정도는 절대 불안정이다.

## 19 꼭꼭 문제 분석



ㄷ. 기온 감률은 건조 단열 감률과 습윤 단열 감률 사이이므로 대기는 조건부 불안정 상태이다.

■ **바로알기** ㄱ. 상승 응결 고도는 구름이 생성되기 시작하는 높이로, 건조 단열선에서 습윤 단열선으로 바뀐 지점인 약 2 km이다. ㄴ. A는 높이 약 2.5 km로, A 이상에서 공기 덩어리의 기온이 주변보다 높아 스스로 상승하면서 구름이 만들어지므로 적운형 구름이 생성된다.

20 ㄱ. 지표면의 복사 냉각으로 하층이 냉각되어 발생하는 복사 안개이다.

■ **바로알기** ㄴ, ㄷ. 복사 안개는 맑고 바람이 없는 날에 지표면의 복사 냉각으로 역전층이 형성되면서 기층이 안정할 때 하층이 냉각되어 생성된다.

## 02 대기를 움직이는 힘

### 개념 확인 문제

208쪽

- ① 기압    ② 76    ③ 1013    ④ 정역학 평형    ⑤ 기압  
경도력    ⑥ 전향력    ⑦ 커    ⑧ 구심력    ⑨ 마찰력

- 1 (1) × (2) ○    2 (1) X > Y (2) X → Y 방향 (3) A = B  
3 ㉠ 클, ㉡ 줄을    4 ㉢    5 ㉣    6 ㉤, ㉥

1 (1) 1기압은 76 cmHg 또는 1013 hPa에 해당한다.

(2) 기압은 단위 면적에 작용하는 공기 기둥의 무게로, 지표면에서 위로 갈수록 공기의 밀도가 작아지므로 기압이 감소한다.

2 (1), (2) 기압은 위로 갈수록 낮아지므로 X보다 Y에서 기압이 낮고, 기압이 높은 X에서 기압이 낮은 Y로 힘이 작용한다.

(3) A는 연직 방향의 기압 경도력, B는 중력이다. 정역학 평형 상태이므로 힘 A와 B가 작용하는 방향은 반대이지만 크기는 같다.

3 기압 경도력은 두 지점 사이의 기압 차이로 나타나는 힘으로, 기압 차이가 클수록, 거리가 가까울수록 크게 작용한다. 일기도에서 기압 경도력은 등압선에 수직으로 작용하고, 등압선 간격이 좁을수록 크게 작용하여 바람이 강하다.

4 전향력( $C$ ) =  $2v\Omega \sin \varphi$  ( $v$ : 풍속,  $\Omega$ : 지구 자전 각속도,  $\varphi$ : 위도)이다. 적도 지방은 위도가  $0^\circ$ 이므로 전향력이 작용하지 않고, 풍속이 빠를수록 크기가 커진다. 전향력은 풍속을 변화시키지는 않으며 운동 방향에 직각으로 작용하므로 풍향에 영향을 준다.

⑤ 기압 경도력은 모든 바람이 작용하고, 풍속에 영향을 주며 크기가 클수록 바람이 강하게 분다.

5 구심력의 크기는 회전 속도의 제곱( $v^2$ )에 비례한다.

6 마찰력의 크기는 풍속이 클수록, 지표면이 거칠수록, 지표면에 가까울수록 커진다.

### 대표 자료 분석

209쪽

자료 ① 1 (가) 연직 방향의 기압 경도력 (나) 중력    2 (가) = (나)  
3  $\Delta P = -\rho g \Delta Z$     4 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○

자료 ② 1 A: 기압 경도력, B: 마찰력, C: 전향력    2 B, C  
3 등압선 b    4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) × (6) ×

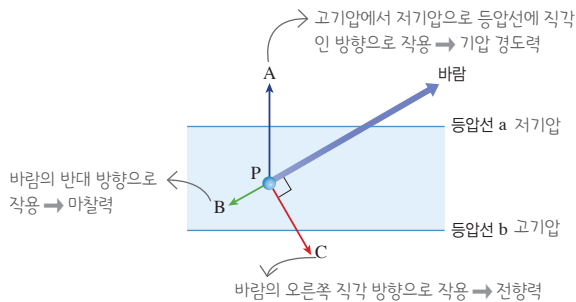
①-1 (가)는 연직 방향의 기압 차이에 의한 기압 경도력으로, 지표면에서 위쪽으로 작용한다. (나)는 중력으로, 공기의 무게에 의해 생성되며, 지표면 쪽(아래쪽)으로 작용한다.

①-2 정역학 평형 상태이므로 (가)와 (나)의 크기는 같고, 방향은 반대이다.

①-3 대기의 정역학 평형 상태의 조건을 만족하는 정역학 방정식은  $\Delta P = -\rho g \Delta Z$  (또는  $-\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta Z} = g$ )이다.

- ①-4 (1) 공기가 정역학 평형 상태를 이루면 연직 방향으로서는 이동하지 않지만, 수평 방향으로서는 이동한다.  
 (2) (가)는 높이에 따른 기압 차이 때문에 작용하는 기압 경도력이다. 지표면에서 높이 올라갈수록 기압이 낮아지므로 기압 경도력은 위로 작용한다.  
 (3) 공기의 밀도가 일정할 때  $\Delta Z$ 가 커지면  $\Delta P$ 도 커지므로 (가)의 크기는 변하지 않는다.  
 (4) (가)와 (나)는 평형을 이루고 있으므로 크기가 같고 방향이 반대이다.

## 2-1 **공공** 문제 분석



A는 기압 경도력, B는 마찰력, C는 전향력이다.

- ①-2 마찰력(B)과 전향력(C)은 풍속이 빨라지면 증가한다.  
 ①-3 기압 경도력인 A는고기압에서 저기압 쪽으로 작용하므로 등압선 b가 상대적으로 기압이 더 높다.  
 ①-4 (1) A는 기압 경도력으로, 공기 덩어리를 움직이게 하여 바람을 일으키는 근본적인 힘이다.  
 (2) B는 마찰력으로, 지표면에 가까울수록 크기가 커진다.  
 (3) C는 전향력으로, 지구 자전으로 나타나는 가상적인 힘이다.  
 (4) C(전향력)는 남반구에서 부는 바람 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.  
 (5) A(기압 경도력)는 모든 바람에 작용하지만, B(마찰력)는 높이 1 km 이상에서는 거의 작용하지 않는다.  
 (6) C(전향력)는 풍향에 직각 방향으로 작용하는 힘으로, 풍향만 변화시킨다.

## 내신 만점 문제

210 쪽~211 쪽

- 01 ⑤   02 ①   03 ①   04 ③   05 ④   06 ⑤  
 07 ⑤   08 해설 참조   09 ④   10 ③

- 01 ① 기압은 공기의 무게 때문에 나타나는 대기의 압력으로, 단위 면적에 작용하는 힘의 크기로 측정한다.  
 ② 기압의 단위로는 주로 hPa를 사용하고, 1기압의 크기는 약 1013 hPa이다.  
 ③ 공기는 항상 움직이므로 시간과 장소에 따라 온도와 밀도 등이 달라진다. 이로 인해 측정하는 시간과 장소에 따라 기압이 달라진다.  
 ④ 지표면에서 높아질수록 공기의 밀도가 크게 감소하여 기압이 급격하게 감소한다.  
**▶바로알기** ⑤ 공기의 밀도가 지표면에서 높이 올라갈수록 급격하게 감소하므로 수평 방향보다는 연직 방향의 기압 변화가 더 크다.

02 기압(P)은 단위 면적에 작용하는 힘의 크기로 측정하므로  $P = \rho g Z$ 로 나타낼 수 있다.

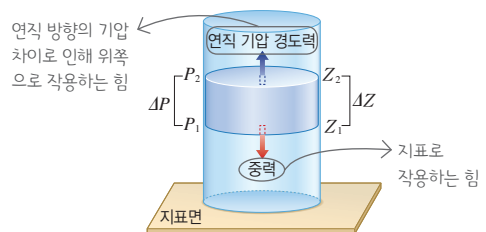
03 어느 높이에서의 기압은 그 높이보다 위에 있는 공기의 압력이다. 따라서 높이  $h_1$ 에서  $h_2$  사이에 있는 공기와 높이  $h_2$  이상에 있는 공기의 무게비는  $(1000 \text{ hPa} - 500 \text{ hPa}) : 500 \text{ hPa} = 1 : 1$ 이다.

04 ㄱ. 실험에서 수은 기둥이 76 cm 높이에서 멈추었으므로 기압은 높이 76 cm인 수은 기둥이 만드는 압력과 같다는 것을 알 수 있고, 이 압력을 1기압이라고 한다.

ㄴ. 고도가 높아질수록 기압이 낮아지므로 수은 기둥이 수은 면을 누르는 압력도 낮아져 수은 기둥의 높이는 낮아진다.

**▶바로알기** ㄷ. 수은 기둥의 압력과 기압이 평형을 이루므로 두꺼운 유리관을 사용하거나 유리관을 기울여도 수은 기둥의 높이는 변하지 않는다.

## 05 **공공** 문제 분석



정역학 방정식:  $\Delta P = -\rho g \Delta Z$

ㄱ. 위쪽으로 작용하는 연직 방향의 기압 경도력과 아래쪽으로 작용하는 중력이 평형을 이룬 상태를 정역학 평형이라고 한다.

ㄴ. 대기는 정역학 평형 상태에 있으므로  $\Delta P = -\rho g \Delta Z$ 이다.

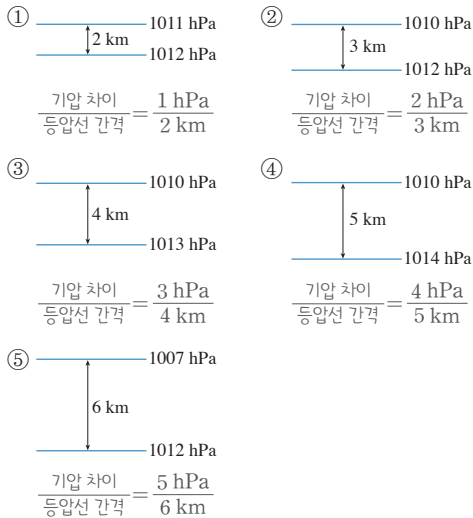
**▶바로알기** ㄷ. 공기가 정역학 평형을 이루면 연직 방향의 운동은 일어나지 않지만, 수평 방향의 운동은 일어난다.



- 06** ① 기압 경도력은 바람을 일으키는 근본적인 힘이다.  
 ② 기압 경도력은 고기압(A)에서 저기압(B) 쪽으로 작용한다.  
 ③, ④ 기압 경도력은 두 지점 사이의 기압 차이( $\Delta P$ )가 클수록, 등압선의 간격( $d$ )이 좁을수록 크게 작용한다.

■ **바로알기** ⑤ 기압 경도력은 높이에 관계없이 기압 차이가 존재하면 작용한다.

## 07 **꼭꼭** 문제 분석



기압 경도력은 기압 차이가 클수록, 등압선의 간격이 좁을수록 크게 작용하므로  $\frac{\text{기압 차이}}{\text{등압선 간격}}$ 의 값을 비교한다.

⑤ 값의 크기는  $\frac{5}{6} (= \frac{50}{60})$ 이므로 가장 크다.

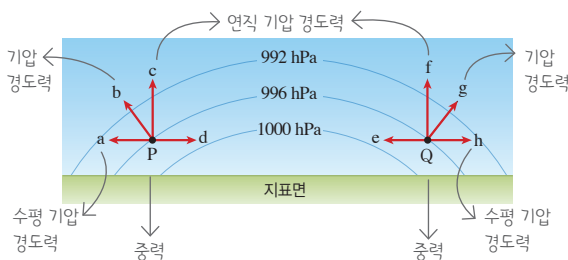
■ **바로알기** ① 값의 크기는  $\frac{1}{2} (= \frac{30}{60})$ 이므로 가장 작다.

② 값의 크기는  $\frac{2}{3} (= \frac{40}{60})$ 이다.

③ 값의 크기는  $\frac{3}{4} (= \frac{45}{60})$ 이다.

④ 값의 크기는  $\frac{4}{5} (= \frac{48}{60})$ 이다.

## 08 **꼭꼭** 문제 분석

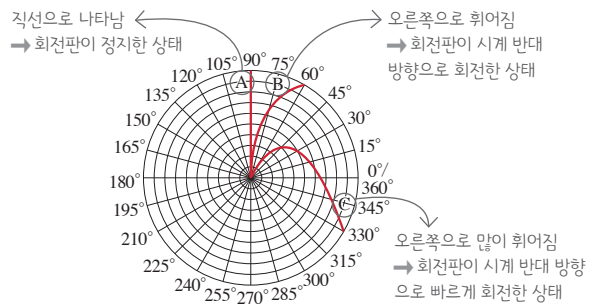


기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용한다. 정역학 평형이 이루어진 대기는 위로 향하는 연직 방향의 기압 경도력과 중력이 평형을 이루는 상태이다. 따라서 기압 차이에 의해 P 지점(Q 지점)의 공기 덩어리는 기압 경도력의 수평 성분 힘의 방향인 a 방향(h 방향)으로 이동하기 시작한다.

■ **모범답안** a, h, 대기가 정역학 평형 상태이므로 연직 방향의 기압 경도력과 중력이 평형을 이루고 있어 수평 방향으로의 공기의 운동만 나타난다.

| 채점 기준                                               | 배점    |
|-----------------------------------------------------|-------|
| a와 h를 쓰고, 연직 방향의 기압 경도력과 중력의 평형을 포함하여 까닭을 짧게 서술한 경우 | 100 % |
| a와 h를 쓰고, 수평 방향으로의 운동만 나타난다고만 서술한 경우                | 70 %  |
| a와 h만 쓴 경우                                          | 30 %  |

## 09 **꼭꼭** 문제 분석



ㄱ. 쇠구슬은 오른쪽으로 휘어진 형태를 보이므로 회전판은 시계 반대 방향으로 회전하였다.

ㄴ. C가 가장 많이 휘어진 궤적을 보인다. 회전판의 회전 속도가 빠를수록 쇠구슬의 궤적이 더 많이 휘어진다.

ㄷ. 전향력은 지구 자전 각속도에 비례하므로 지구의 자전 속도가 느려지면 전향력은 약해질 것이다.

■ **바로알기** ㄷ. C는 B보다 더 많이 휘어졌으므로 회전판의 회전 속도가 더 빨랐고, 회전 속도가 빠를수록 고위도 지방을 의미한다.

**10** ③ 지표면 근처에서 운동하는 공기는 지표면이나 공기 자체의 마찰에 의해 운동을 방해하는 힘, 즉 마찰력을 받는다.

■ **바로알기** ① 마찰력은 풍속이 클수록 크게 작용한다.

② 마찰력은 풍향의 반대 방향으로 작용하여 풍속을 감소시킨다. 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 힘은 북반구에서 나타나는 전향력이다.

④ 지표면에서 높이 1 km까지의 대기 경계층에서는 마찰력이 크게 작용하여 풍속과 풍향에 영향을 준다. 하지만, 높이 1 km 이상의 자유 대기에서는 마찰력이 거의 영향을 미치지 않는다.

⑤ 마찰력은 등압선의 모양과 관계없이 높이 1 km 이하의 대기에서 작용한다.

# 03 바람의 종류

## 개념 확인 문제

215쪽

- ① 지상    ② 상층    ③ 지균풍    ④ 경도풍    ⑤ 지상풍  
⑥ 지상풍    ⑦ 지균풍

- 1 (1) 크다 (2) 높다    2 (1) A (2) D (3) C    3 북반구  
4 (가) 저기압 (나) 고기압    5 (1) ㉠ (2) ㉠ (3) ㉠    6 (1) ㉠  
(2) × (3) × (4) × (5) ㉠

1 (1) 지상 일기도에서 등압선은 일반적으로 4 hPa 간격으로 그리는데, 등압선 간격이 조밀할수록 기압 경도력이 크다.  
(2) 상층 일기도에서 고도가 높은 지점은 같은 높이의 주변보다 기압이 높은 고기압이다.

2 (1) 기압 차이로 발생하는 힘은 기압 경도력으로, 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각 방향(A)으로 작용한다.  
(2) 지구의 자전 때문에 나타나는 겉보기 힘은 전향력으로, 북반구에서 바람이 부는 방향의 오른쪽 직각 방향(D)으로 작용한다.  
(3) 기압 경도력과 전향력이 평형을 이룬 상태에서 부는 바람은 지균풍으로, 북반구에서 A의 오른쪽 직각 방향(C)으로 분다.

3 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 (가)에서는 중심에서 바깥쪽으로, (나)에서는 중심 쪽으로 작용한다. 바람은 기압 경도력 방향에 대하여 오른쪽으로 불고 있으므로 (가)와 (나)는 북반구에서 불고 있다.

4 북반구에서 (가)는 시계 반대 방향으로 공기가 수렴하므로 주변보다 기압이 낮고, (나)는 시계 방향으로 공기가 발산하므로 주변보다 기압이 높다.

5 높이 1 km 이상의 자유 대기에서 등압선이 직선일 때는 지균풍이, 곡선일 때는 경도풍이 분다. 높이 1 km 이하의 대기 경계층에서 등압선이 직선이거나 곡선일 때는 지상풍이 분다.

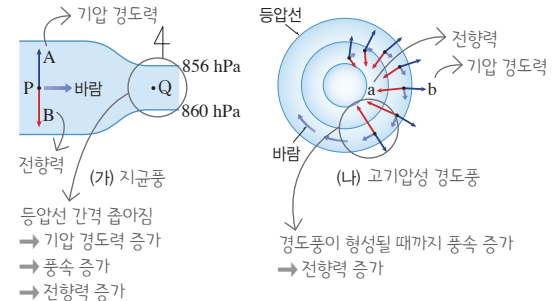
6 (1), (2) 지균풍과 경도풍은 마찰력의 영향을 받지 않는 높이 1 km 이상에서 등압선과 나란하게 부는 바람이다.  
(3) 지상풍은 전향력과 마찰력의 합력이 기압 경도력과 평형을 이룬 상태에서 분다.  
(4) 등압선이 곡선일 때 중심부 기압과 관계없이 지상풍은 등압선을 가로질러 분다.  
(5) 북반구 지상에서 부는 바람은 높이 1 km로 올라갈수록 풍향은 시계 방향으로 바뀌고 풍속은 증가한다.

## 대표 자료 분석

216쪽

- 자료 1 1 A: 기압 경도력, B: 전향력,  $A=B$     2  $P<Q$   
3 a: 증가, b: 변하지 않는다.    4 (1) × (2) ㉠ (3) ㉠  
(4) ㉠ (5) × (6) ×  
자료 2 1 A: 기압 경도력, B: 마찰력, C: 전향력    2 북반구  
3 A: 일정, B: 감소, C: 증가,  $\theta$ : 감소    4 (1) ×  
(2) ㉠ (3) × (4) × (5) ㉠ (6) ㉠

## 1-1 꼼꼼 문제 분석



(가)는 바람이 등압선에 나란하게 부는 지균풍이고, 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각으로 작용하는 A는 기압 경도력, 북반구에서 바람의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 B는 전향력이다.

1-2 등압선 간격이 좁아지면 기압 경도력이 커지므로 풍속이 증가한다. Q 지점은 P 지점보다 등압선 간격이 좁으므로 풍속이 더 빠르다.

1-3 (나)에서 힘 a는 풍향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 전향력이고 b는 기압 경도력이다. 경도풍이 형성될 때까지 기압 경도력(b)은 일정하지만, 풍속이 점차 증가하면서 전향력의 크기(a)는 증가한다.

1-4 (1) (가)와 (나)는 마찰력이 거의 작용하지 않는 자유 대기에서 부는 바람이다.

(2) 힘 A와 b는 기압 경도력으로, 바람을 일으키는 근원적인 힘이다.

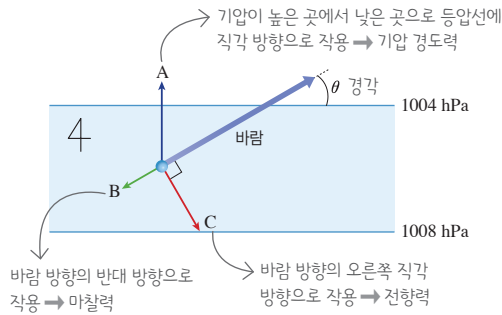
(3) 등압선의 간격이 좁아지면 기압 경도력이 커지므로 풍속이 증가하고, 풍속이 증가하면서 전향력(B)도 증가한다.

(4) (나)는 북반구에서 바람이 시계 방향으로 회전하는 고기압성 경도풍이므로 중심으로 갈수록 기압이 높아진다.

(5) (나)는 고기압성 경도풍이므로 '전향력 - 구심력 = 기압 경도력'으로 힘의 평형을 유지한다. 따라서 (나)에서 경도풍이 형성된 후 기압 경도력과 구심력의 크기를 합하면 전향력의 크기와 같다.

(6) 전향력의 크기는 풍속에 비례하며, (가)에서 기압 경도력과 같고, (나)에서 기압 경도력보다 크다. 따라서 기압 경도력이 같다면, 풍속은 (나)가 (가)보다 크다.

## 2-1 꼼꼼 문제 분석



A는 기압 경도력, B는 마찰력, C는 전향력이다.

2-2 이 지역은 바람이 불어가는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 전향력이 작용하므로 북반구에 위치해 있다.

2-3 높이에 따른 공기의 밀도가 일정하고 등압선의 간격이 변하지 않는 상태에서 지표면으로부터 고도가 높아질 경우 A(기압 경도력)의 크기는 일정하고, B(마찰력)는 작아진다. B(마찰력)가 작아지면서 풍속이 증가하고 그에 따라 C(전향력)가 증가하며  $\theta$ 는 작아진다.

2-4 (1) 그림은 마찰력이 작용하는 높이 약 1 km 이하의 대기 경계층에서 부는 바람이다. 높이 약 1 km 이상에서는 마찰력이 거의 작용하지 않으므로 지균풍과 경도풍이 분다.

(2) A(기압 경도력)가 작아지면 풍속이 작아지면서 C(전향력)도 작아진다.

(3), (4) B(마찰력)가 커지면 풍속이 감소하면서 전향력이 감소하므로 바람이 등압선과 이루는 각인  $\theta$ 의 크기는 커진다.

(5) A의 크기는 B와 C의 합력과 크기가 같고, 방향이 반대이다.

(6) 남반구였다면, 바람은 기압 경도력에 대하여 왼쪽 방향으로 고기압에서 저기압을 향해 불기 때문에 바람의 방향은 남동풍이었을 것이다.

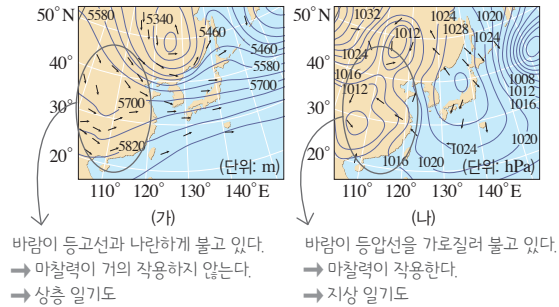
## 내신 만점 문제

217쪽~219쪽

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

## 01 꼼꼼 문제 분석

- 상층 일기도는 등고선으로 나타낸 일기도이다.
- 지상 일기도는 등압선으로 나타낸 일기도이다.



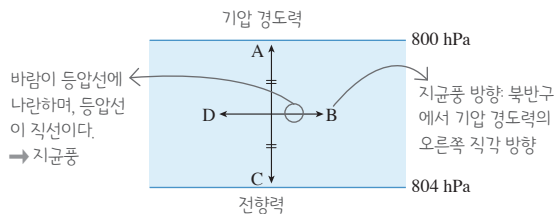
①, ② (가)는 바람이 등고선과 나란하게 불고 있으므로 상층 일기도이고, (나)는 바람이 등압선을 가로질러 불고 있으므로 지상 일기도이다.

③ 상층 일기도는 등압면의 고도를 측정하여 값이 같은 지점을 등고선으로 나타낸 일기도이다. 따라서 (가)의 숫자는 고도를 의미하며, 고도가 낮은 지점은 저기압이고, 고도가 높은 지점은 고기압이다.

⑤ 기압 경도력이 같다면, (나)보다 마찰력이 거의 작용하지 않는 (가)에서 풍속이 더 빠르다.

❗바로알기❗ ④ (나) 지상 일기도에서 등압선 간격이 좁을수록 기압 경도력이 크다.

## 02 꼼꼼 문제 분석



① A는 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각 방향으로 작용하므로 기압 경도력에 해당한다.

❗바로알기❗ ②, ④ B는 북반구에서 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 등압선에 나란하게 부는 지균풍이다.

③ C는 지구의 자전으로 나타나는 전향력이다. 높이 1 km 이상에서는 마찰력이 거의 작용하지 않아 전향력(C)과 기압 경도력(A)이 평형을 이룬다.

⑤ 등압선의 간격이 좁아지면 기압 경도력이 증가하므로 지균풍의 속도가 빨라진다.

03 바람이 불기 시작하면 전향력이 작용하여 풍향이 변한다. 또, 풍속이 점점 증가하면서 전향력의 크기도 증가한다.

**모범답안** 지균폭이 형성되는 과정에서 풍향이 점차 변하고 풍속이 점점 증가하므로 전향력의 방향이 변하고 크기도 증가한다.

| 채점 기준                                      | 배점    |
|--------------------------------------------|-------|
| 풍향과 풍속의 변화를 포함하여 전향력의 방향과 크기 변화를 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 전향력의 방향과 크기 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우           | 50 %  |

**04** ⑤ 북반구에서 지균폭은 기압 경도력이 작용하는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 분다. 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 그림에서 아래쪽으로 작용한다. 따라서 지균폭은 왼쪽으로 불고, 등압선 간격이 좁아수록 기압 경도력이 커지므로 풍속도 빨라진다.

**바로알기** ③ 북반구와 남반구에서 전향력이 반대로 작용하므로 남반구에서 나타나는 지균폭의 모습이다.

**05** ㄱ. A와 B에서 부는 바람은 등압선에 나란하게 불고 있으므로 기압 경도력과 전향력이 평형을 이룬 상태에서 지균폭이 불고 있다.

ㄷ. A보다 B에서 등압선의 간격이 좁으므로 지균폭의 속도가 더 빠르고 그에 따라 작용하는 전향력도 더 크다.

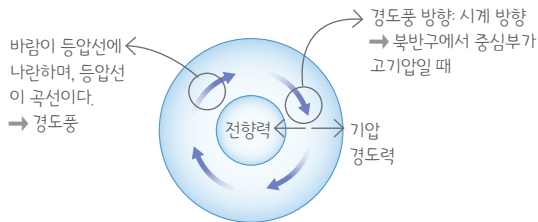
**바로알기** ㄴ. A에서 B로 갈수록 등압선 간격이 좁아지므로 바람에 작용하는 기압 경도력은 커진다.

**06** ①, ②, ④ 경도풍은 마찰력이 거의 작용하지 않는 상공에서 등압선이 곡선일 때 기압 경도력과 전향력의 합력이 구심력으로 작용하여 부는 바람이다.

⑤ 경도풍은 북반구에서 중심부가 저기압일 때는 시계 반대 방향으로 불고, 고기압일 때는 시계 방향으로 분다.

**바로알기** ③ 경도풍은 마찰력이 거의 작용하지 않으므로 등압선과 나란하게 분다.

## 07 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 등압선이 원형이고 바람이 등압선에 나란하게 불므로 경도풍이고, 중심 부분이 고기압이므로 고기압성 경도풍이다. 바람에 작용하는 힘의 평형 관계는 '전향력-기압 경도력=구심력'이므로 기압 경도력의 크기는 전향력에서 구심력을 뺀 힘의 크기와 같다.

**바로알기** ㄱ. 북반구에서 바람이 시계 방향으로 불기 때문에 중심 부분은 고기압이다.

ㄷ. 마찰력이 작용하면 바람은 저기압 쪽으로 치우쳐 불게 되므로 바람은 바깥쪽으로 등압선을 가로질러 불어 나간다.

**08** 고기압성 경도풍에서는 전향력에서 구심력을 뺀 값이 기압 경도력과 같고 저기압성 경도풍에서는 전향력에 구심력을 더한 값이 기압 경도력과 같으므로, 기압 경도력이 같은 경우 저기압성 경도풍보다 고기압성 경도풍에서 전향력의 크기가 크다.

**모범답안** 기압 경도력의 크기가 같을 때 중심부가 고기압인 (나)에서 중심부가 저기압인 (가)보다 전향력이 크게 작용하므로 풍속이 더 빠르다.

| 채점 기준                                | 배점    |
|--------------------------------------|-------|
| 전향력의 크기를 포함하여 까닭을 서술하고 풍속을 옳게 비교한 경우 | 100 % |
| 풍속만 옳게 비교한 경우                        | 30 %  |

**09** ㄱ, ㄷ. (가)는 지균폭, (나)는 경도풍이다. (가)와 (나)는 모두 마찰력이 거의 작용하지 않아 등압선에 나란하게 분다.

ㄴ. (가)와 (나) 모두 고기압에서 저기압 쪽으로 작용하는 기압 경도력에 대해 두 바람이 오른쪽 직각 방향으로 불고 있으므로 북반구에서 부는 바람이다.

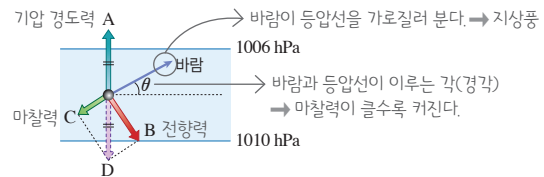
**10** ① 북반구에서 지상풍은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 기압 경도력에 대해 오른쪽으로 비스듬히 분다.

**바로알기** ② 바람은 기압 경도력의 오른쪽으로 등압선에 나란하게 불기 때문에 북반구에서 지균폭이 부는 모습이다.

③ 바람이 기압 경도력에 대해 왼쪽으로 비스듬히 불기 때문에 남반구에서 지상풍이 부는 모습이다.

④, ⑤ 바람은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 분다.

## 11 **꼼꼼** 문제 분석



기압 경도력인 A와 높이에 따른 등압선 간격이 일정한 상태에서 고도가 높아지면, 마찰력인 C가 작아지므로 풍속은 증가한다. 풍속이 증가하면 전향력인 B가 커지면서  $\theta$ 는 작아진다.

**모범답안** 풍속은 증가하고,  $\theta$ 는 감소한다.

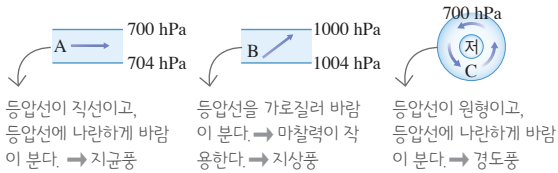
| 채점 기준                               | 배점    |
|-------------------------------------|-------|
| 풍속과 $\theta$ 의 변화를 옳게 서술한 경우        | 100 % |
| 풍속과 $\theta$ 의 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우 | 50 %  |

**12** 나. 1 km 높이에서는 풍향이 등압선에 나란한 지균폭으로 변하였으므로 기압 경도력과 전향력이 평형을 이룬다.

ㄷ. 고도가 증가하면서 마찰력이 감소한다. 이에 따라 풍속이 증가하고 전향력은 풍속에 비례하므로 전향력의 크기도 커진다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 지표면으로부터 고도가 증가하면서 마찰력이 감소하므로 바람과 등압선이 이루는 각이 작아지면서 풍향은 등압선에 나란해진다.

### 13 **문제 분석**

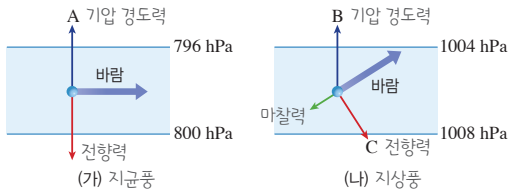


(가) 구심력이 작용하는 바람은 등압선 모양이 곡선일 때 부는 경도풍(C)이다.

(나) 지균폭(A)과 지상풍(B) 중 높이 1 km 이상의 상공에서 부는 바람은 등압선과 나란하게 부는 지균폭(A)이다.

(다) 높이 1 km 이하에서 마찰력이 작용하여 등압선을 가로질러 부는 바람은 지상풍(B)이다.

### 14 **문제 분석**



④ (가)와 (나)는 공기의 밀도가 같고 기압 차이와 등압선 간격이 같으므로 기압 경도력의 크기가 같다. 기압 경도력의 크기가 같을 때, 마찰력이 작용하지 않는 (가)가 (나)보다 풍속이 빠르다.

▣ **바로알기** ▣ ①, ② 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각 방향으로 작용하는 힘 A와 B는 기압 경도력이다.

③ 힘 C는 바람의 방향에 대해 오른쪽 직각 방향으로 작용하므로 전향력이다.

⑤ (가)는 바람이 등압선과 나란하게 불고 있으므로 마찰력이 작용하지 않는 상층에서 부는 바람이다. (나)는 바람이 등압선을 가로질러 불고 있으므로 마찰력이 작용하는 지상에서 부는 바람이다.

**15** (가)는 바람이 시계 반대 방향으로 등압선에 나란하게 불므로 저기압성 경도풍이다. (나)는 바람이 시계 반대 방향으로 등압선을 가로질러 불므로 지상의 저기압에서 부는 지상풍이다.

① (가)와 (나)는 바람이 시계 반대 방향으로 회전을 하면서 불고 있으므로 (가)와 (나)의 중심부는 모두 저기압이다.

③ (가)와 (나)의 중심부가 저기압이므로 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하는 기압 경도력은 (가)와 (나) 모두 중심을 향한다.

④ (가)는 바람이 등압선에 나란하게 불고 있으므로 마찰력은 거의 작용하지 않지만, (나)는 등압선을 가로질러 바람이 불고 있으므로 마찰력이 작용한다.

⑤ 경도풍인 (가)에는 기압 경도력, 전향력, 구심력이 작용한다. 저기압성 경도풍에서 기압 경도력의 크기는 전향력과 구심력을 합한 힘의 크기와 같다.

▣ **바로알기** ▣ ② (가)는 마찰력이 거의 작용하지 않는 상층에서 불고, (나)는 마찰력이 작용하는 지상에서 분다.

## 04 편서풍 파동

### 개념 확인 문제

223 쪽

- ① 편서풍 ② 편서풍 파동 ③ 기온 ④ 전향력 ⑤ 제트류  
 ⑥ 대류권 ⑦ 수렴 ⑧ 고기압 ⑨ 발산 ⑩ 저기압 ⑪ 서  
 ⑫ 동

- 1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ×      2 (1) ㉠ 극, ㉡ 적도  
 (2) ㉠ 해들리 순환, ㉡ 편서풍 파동 (3) 자전      3 ㉠ 빠르다, ㉡ 저,  
 ㉢ 빠르다      4 (1) A (2) B (3) b (4) a (5) a      5 (1) ㉠ 고기압,  
 ㉡ 저기압 (2) ①

**1** (1) 편서풍 파동은 중위도 상층 일기도의 등압선이 파동 형태로 나타나는 것으로, 상층에서의 바람이 남북으로 굽이치며 불고 있다는 것을 의미한다.

(2) 중위도 상공의 편서풍은 적도 부근의 온난한 공기와 고위도의 한랭한 공기 사이에서 남북 간의 기온 차이로 발생하고, 지구 자전의 영향을 받아 고위도로 갈수록 전향력이 커지므로 파장이 수천 km인 파동이 형성된다.

(3) 편서풍 파동은 남북 간의 기온 차이로 발생하기 때문에, 남북 간의 기온 차이가 커질수록 편서풍 파동의 흐름이 빨라진다.



(4) 편서풍 파동으로 저위도의 따뜻한 공기는 고위도로, 고위도의 차가운 공기는 저위도로 이동하면서 저위도의 과잉 에너지를 고위도로 수송한다.

(5) 편서풍 파동으로 상층의 공기가 발산하면서 지상에 온대 저기압이 발생하는 데 중요한 역할을 한다.

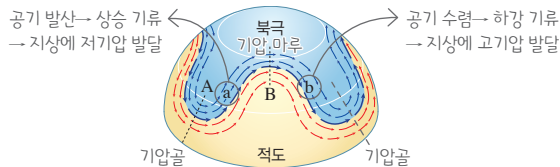
**2** (1) 얼음물이 담긴 안쪽 원통은 차가운 공기가 분포하는 극 지방에 해당하고, 뜨거운 물이 담긴 바깥쪽 원통은 따뜻한 공기가 분포하는 적도 지방에 해당한다.

(2) 원통이 회전하지 않을 때 실온의 물은 원통의 안쪽에서 냉각되어 하강하고 바깥쪽에서 가열되어 상승하는 대류가 나타나므로 이때 실온의 물의 흐름은 열적 순환으로 일어나는 해들리 순환에 해당한다. 원통이 회전할 때 회전 속도가 빨라지면서 실온의 물에서 파동이 형성되고, 이는 편서풍 파동에 해당한다.

(3) 실험에서 회전 원통의 회전은 지구의 자전에 해당한다.

**3** 제트류는 남북 간의 기온 차이가 심할수록 풍속이 빠르다. 한대 제트류가 나타나는 중위도는 남북 간의 기온 차이에 가장 급격한 변화가 나타나는 곳이므로 한대 제트류는 아열대 제트류보다 풍속이 빠르다. 또한, 한대 제트류는 여름철보다 남북 간의 기온 차이가 심한 겨울철에 풍속이 더 빠르고, 더 저위도 지역에서 나타난다.

#### 4 **꼼꼼** 문제 분석



(1), (2) 공기 흐름의 저기압성 회전(시계 반대 방향)이 형성된 A는 주위보다 기압이 낮아 기압골을 이루고, 고기압성 회전(시계 방향)이 형성된 B는 주위보다 기압이 높아 기압 마루를 이룬다.

(3) 기압골의 서쪽인 b에서는 공기가 수렴하여 하강 기류가 형성되고, 지상에 고기압이 발달한다.

(4), (5) 기압골의 동쪽인 a에서는 공기가 발산하여 상승 기류가 형성되고, 지상에 온대 저기압이 발달한다.

**5** (1) 공기 흐름이 시계 방향으로 고기압성 회전이 형성된 (가)에는 고기압이, 시계 반대 방향으로 저기압성 회전이 형성된 (나)에는 저기압이 형성된다.

(2) A 지역은 고기압성 경도풍이 불고 있고, B 지역은 등압선이 직선에 가까우므로 지균폭이 불고 있으며, C 지역은 저기압성 경도풍이 불고 있다. 풍속은 저기압성 경도풍에서 가장 느리고 고기압성 경도풍에서 가장 빠르므로 풍속의 크기는  $A > B > C$ 이다.

#### 대표 자료 분석

224쪽

**자료 1** 1 (나) 2 저기압 3 제트류 4 (1)○ (2)× (3)× (4)○

**자료 2** 1 풍속이 느려지다가 빨라진다. 2 발산: B, 수렴: A 3 고기압: C, 저기압: D 4 ㄱ, ㄷ 5 (1)× (2)× (3)× (4)○

**1-1** 중위도 지역에서 남북 간의 기온 차이가 클수록 파동의 진폭이 크므로 기온 차이는 (나)가 (가)보다 크다.

**1-2** A는 공기의 흐름이 시계 반대 방향으로 일어나므로 저기압에 해당한다.

**1-3** 제트류는 편서풍 파동의 중심부에서 축이 되는 좁고 강한 흐름이므로 B는 제트류에 해당한다.

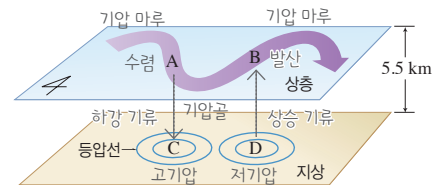
**1-4** (1) 남북 간의 기온 차이가 커지면 편서풍 파동의 진폭이 커지면서 편서풍 파동이 강해진다.

(2) (라) 단계가 지속되면 파동의 진폭이 작아 남북 간의 열 수송이 잘 일어나지 않으므로 남북 간의 기온 차이가 점점 커지면서 다시 파동의 진폭이 커진다.

(3) 편서풍 파동의 진폭이 작을수록 고위도로의 열 수송이 잘 이루어지지 않으며, 진폭이 클수록 고위도로의 열 수송이 잘 일어난다.

(4) 북반구의 편서풍 파동은 겨울철에 더 남쪽으로 내려가고, 여름철에는 더 북쪽으로 올라간다.

#### 2-1 **꼼꼼** 문제 분석



A 지역은 기압 마루에서 기압골로 가면서 풍속이 느려지고, B 지역은 기압골에서 기압 마루로 가면서 풍속이 빨라진다. 따라서 A~B 구간에서 풍속은 느려지다가 빨라진다.

**2-2** 상층의 편서풍 파동에서 기압골의 서쪽(A)에서는 기압 마루와 기압골 사이에서 공기의 수렴이 일어나고, 기압골의 동쪽(B)에서는 기압골과 기압 마루 사이에서 공기의 발산이 일어난다.

②-3 상층의 편서풍 파동에서 기압골의 서쪽(A)에서는 공기가 수렴하므로 하강 기류가 형성되어 지상에 고기압이 발달한다. 기압골의 동쪽(B)에서는 공기가 발산하므로 상승 기류가 형성되어 지상에 온대 저기압이 발달한다.

②-4 상층의 편서풍 파동에서 기압골의 동쪽(B)에서는 공기의 발산이 일어나므로 강력한 상승 운동이 나타난다. 공기가 상승하면 주변의 기압이 낮아지면서 공기의 단열 팽창이 일어나므로 기온이 하강하고 구름이 생성된다.

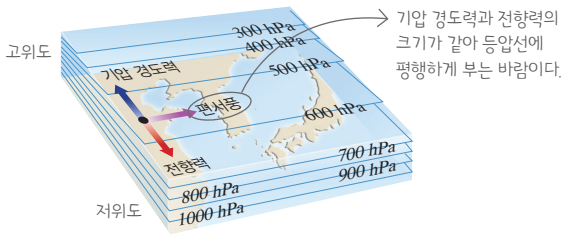
- ②-5 (1) 중위도 상층에서는 편서풍이 서에서 동으로 분다.  
 (2) 기압 마루에서 기압골 쪽으로 가면서 저기압성 경도풍에 가까워지므로 편서풍의 풍속은 느려진다.  
 (3) 상층에서 공기의 수렴은 상층 공기의 하강을 유도한다.  
 (4) C, D의 기압은 편서풍 파동을 따라 서에서 동으로 이동한다.

## 내신 만점 문제

225 쪽~227 쪽

- |      |          |      |      |      |
|------|----------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 해설 참조 | 03 ⑤ | 04 ④ | 05 ③ |
| 06 ⑤ | 07 해설 참조 | 08 ③ | 09 ④ | 10 ② |
| 11 ④ | 12 ②     | 13 ⑤ |      |      |

## 01 꼼꼼 문제 분석

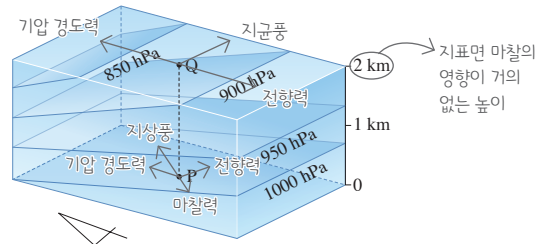


- 상층의 기온: 고위도 < 저위도
- 고도에 따른 등압면 간격: 고위도 < 저위도
- 상층의 기압: 고위도 < 저위도
- 기압 경도력이 작용하는 방향: 저위도 → 고위도

⑤ 따뜻한 남쪽과 차가운 북쪽의 기온 차이는 남북의 기압 차이를 만들고, 고도가 높아질수록 기압 차이가 커진다. 이에 따라 고도가 높아질수록 편서풍의 풍속이 빨라진다.

- **바로알기** ① 공기가 냉각되면 등압면 간격이 좁아진다.  
 ② 상공에서 부는 편서풍은 마찰력의 영향이 없는 바람이다.  
 ③ 같은 높이의 상공에서 적도 쪽은 기온이 높으므로 극 쪽보다 기압이 높다.  
 ④ 고도가 높아질수록 남북 간의 기압 차이는 증가한다.

## 02 꼼꼼 문제 분석



P 지점에서는 지상풍이 불고 있으므로 남에서 북으로 이동하는 공기가 오른쪽으로 치우쳐 남서풍이 분다. Q 지점에서는 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향(동쪽)으로 지상풍인 서풍이 분다. P에서 Q 지점으로 가면서 지표면의 마찰이 감소하여 풍속이 빨라진다.

**모범답안** P 지점에서는 남서풍이 불고, Q 지점에서는 서풍(편서풍)이 불며, 풍속은 P보다 Q 지점에서 빠르다.

| 채점 기준                     | 배점    |
|---------------------------|-------|
| 풍향과 풍속을 모두 옳게 비교하여 서술한 경우 | 100 % |
| 한 가지만 옳게 비교하여 서술한 경우      | 50 %  |

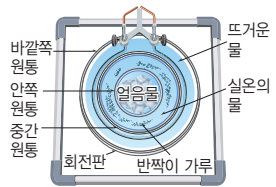
## [03~04] 꼼꼼 문제 분석

### [실험 과정]

그림과 같은 회전 원통 실험 장치를 준비하여 회전판이 정지해 있을 때와 회전판을 회전시킬 때 중간 원통에서 물의 흐름을 관찰한다.

공기의 흐름

지구의 자전 효과



### [실험 결과]

(가) 회전판이 정지해 있을 때 중간 원통의 물에 띄운 반쪽이 가루가 안쪽 원통 쪽으로 이동한다.

중간 원통의 바깥쪽 물은 가열되어 상승하고, 안쪽 물은 냉각되어 하강하면서 물이 순환하는 과정에서 반쪽이 가루가 안쪽 원통 쪽으로 이동

(나) 회전판을 빠르게 회전시키면 반쪽이 가루가 파동의 형태로 굴이치며 회전한다.

(다) 소용돌이 사이에서 흐름이 매우 빠른 구간이 보인다.

제트류에 해당

03 (가) 회전판이 정지해 있을 경우 외벽을 따라 가열된 물이 상승하고 내벽을 따라 냉각된 물이 하강하는 순환을 이룬다. 이는 공기의 가열과 냉각에 의해 형성되는 직접 순환인 해들리 순환에 해당한다.

(나) 회전판을 빠르게 회전시키면 가루는 파동의 형태와 작은 소용돌이의 모습을 보이는데, 이는 편서풍 파동에 해당한다.

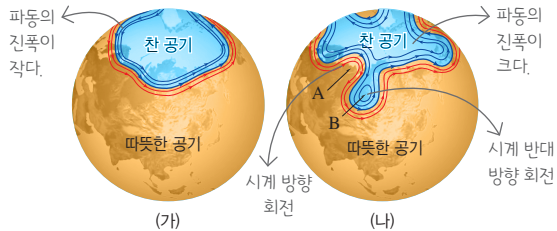
(다) 파동을 자세히 관찰하면 소용돌이 사이에서 흐름이 매우 빠른 구간이 보이는데, 이는 제트류에 해당한다.

**04** ㄴ. 회전판의 회전은 지구 자전에 의해 나타나는 전향력과 같은 효과를 준다.

ㄷ. 회전 속도가 증가할수록 파동의 수가 증가하고 소용돌이가 생겨 파동이 복잡해진다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. (나)에서 중간 원통의 물의 흐름은 편서풍 파동에 해당하므로 중간 원통의 물은 중위도 지방의 공기에 해당한다.

## 05 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 남북 간의 기온 차이가 클수록 편서풍 파동의 진폭이 크게 발달하므로 남북 간의 기온 차이는 (나)가 (가)보다 크다.

ㄷ. 열에너지 수송은 편서풍 파동이 남북으로 크게 발달할수록 잘 일어나므로 저위도의 따뜻한 공기와 고위도의 찬 공기 사이에 에너지 이동은 (나)가 (가)보다 더 활발하다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. (나)가 (가)보다 파동이 남북으로 더 크게 굽이치므로 파동의 진폭은 (가)가 (나)보다 더 작다.

ㄴ. A는 공기가 시계 방향으로 회전하므로 고기압성 흐름이고, B는 공기가 시계 반대 방향으로 회전하므로 저기압성 흐름이다.

**06** ① 제트류의 생성 원인은 남북 간의 기온 차이이다.

② 제트류는 편서풍 파동 내의 흐름이므로 온대 저기압의 발달에 영향을 미친다.

③ 제트류는 편서풍 파동 내에서 축이 되는 좁고 강한 흐름이다.

④ 한대 제트류는 남북 간의 기온 차이가 가장 급격하게 나타나는 중위도 한대 전선대 부근에서 나타나는 제트류이므로 위도 30° 부근에서 나타나는 아열대 제트류보다 풍속이 빠르다.

▣ **바로알기** ▣ ⑤ 제트류는 대류권 계면 부근에서 풍속이 최대가 된다.

**07** **모범답안** (1) A: 한대 제트류, B: 아열대 제트류

(2) 한대 제트류(A)는 여름철보다 겨울철에 더 저위도 지역에서 나타나며, 여름철보다 겨울철에 풍속이 더 빠르다.

| 채점 기준                              | 배점  |
|------------------------------------|-----|
| (1) A와 B를 모두 옳게 쓴 경우               | 40% |
| A와 B 중 한 가지만 옳게 쓴 경우               | 20% |
| (2) 계절에 따른 A의 위치와 풍속을 모두 옳게 비교한 경우 | 60% |
| 위치와 풍속 중 한 가지만 옳게 비교한 경우           | 30% |

**08** ㄱ. 제트류의 풍속은 (가)에서 최대 55 m/s, (나)에서 최대 23 m/s까지 나타나므로 여름철보다 겨울철에 더 빠르다.

ㄴ. 남북 간의 기온 차이가 클수록 기압 차이도 커서 제트류가 빠르게 나타나므로 남북 간의 기온 차이는 여름철보다 제트류가 빠르게 나타나는 겨울철에 더 크다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 제트류는 (나)보다 (가)일 때 극지방에서 더 멀리 떨어진 곳에서 나타나므로 여름철보다 겨울철에 더 저위도 지역에서 나타난다.

**09** ㄴ. 상층 기압골의 서쪽에 위치한 B에서는 풍속이 느려지면서 공기가 수렴하고, 상층 기압골의 동쪽에 위치한 D에서는 풍속이 빨라지면서 공기가 발산한다.

ㄷ. 상층 기압골의 서쪽에는 수렴한 공기가 하강하여 지상에 고기압(E)이 발달하고, 동쪽에는 상층 공기가 발산하면서 지상의 공기가 상승하여 지상에 저기압(F)이 발달한다.

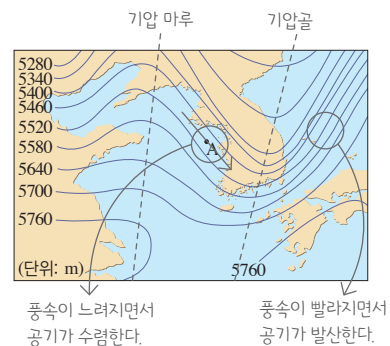
▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 저위도의 온난한 기층은 고위도의 한랭한 기층보다 두꺼우므로 북반구 중위도 상공의 등압면에서 등고선 높이는 남에서 북으로 갈수록 낮아진다. 따라서 등고선의 고도는 A가 C보다 높다.

**10** ㄷ. B에는 상층의 기압골이 남북 방향으로 발달한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. A에는 남쪽에서 올라온 따뜻한 공기가 분포하고, B에는 북쪽에서 내려온 찬 공기가 분포하므로 상층의 기온은 A 지점이 B 지점보다 높다.

ㄴ. 편서풍 파동에서 풍속은 기압 마루에서 빠르고, 기압골에서 느리므로 기압골에 위치한 b에서 가장 느리다.

## 11 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 500 hPa 상공에서는 지표면 마찰의 영향이 없어 등고선에 나란하게 바람이 불므로 A에서는 북서풍이 우세하게 분다.

ㄷ. 등고선 분포로 보아 500 hPa 등압면은 북쪽으로 기울어져 있으므로 높이 5700 m에서는 북쪽으로 갈수록 기압이 낮아진다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 상층 일기도에서 기압골의 서쪽(A)에는 공기가 수렴하여 하강 기류가 형성된다.

**12** 나. 상층 기압골의 동쪽에는 공기가 발산하면서 강한 상승 기류를 일으키므로 지상에 온대 저기압이 발달한다.

▣ **바로알기** ▣ 가. 상공의 A에서는 마찰력이 작용하지 않기 때문에 바람이 등압선에 나란하게 분다.

다. 온대 저기압의 중심에서는 상승 기류가 발달하여 구름이 잘 발생하므로 흐린 날씨가 나타난다.

**13** 가. 상층의 편서풍 파동은 서에서 동으로 이동하며, 이에 따라 기압골과 기압 마루가 이동한다. (가)에서 기압골은 A 지점의 서쪽에 있고, (나)에서 기압골은 A 지점의 동쪽에 있으므로 편서풍 파동은 (가)에서 (나)로 발달한다.

나. A 지점의 고도는 (가)에서는 5360 m보다 높고, (나)에서는 5360 m보다 낮다. 기압골이 통과하면서 이 지역은 기압이 500 hPa인 지점의 고도가 낮아진 것이다.

다. (가)에서는 A 지점이 기압골의 동쪽에 위치하여 지상에 저기압이 발달하고, (나)에서는 A 지점이 기압골의 서쪽에 위치하여 지상에 고기압이 발달하므로 A 지점의 지상에서 날씨는 (가)보다 (나)가 더 맑을 것이다.

## 05 대기 대순환

### 개념 확인 문제

232 쪽

- ① 태양 상수 ② 복사 평형 ③ 과잉 ④ 부족 ⑤ 단일 세포 순환 ⑥ 페렐 순환 ⑦ 무역풍 ⑧ 편서풍 ⑨ 크다 ⑩ 중 ⑪ 해풍 ⑫ 산곡풍 ⑬ 곡풍 ⑭ 지구

- 1 (1) 30 (2) 133 (3) 154      2 (1) 많다 (2) 저위도 → 고위도  
(3) 위도 38°      3 A: 해들리 순환, B: 페렐 순환, C: 극순환  
4 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ×      5 (1) ㉠ (2) ㉢ (3) ㉤  
(4) ㉦      6 ㉠      7 (1) A (2) B (3) B

**1** (1) 지구의 반사율은 입사한 태양 복사 에너지의 양 중에서 대기(구름)와 지표면에서 반사되는 에너지의 비율(%)이므로

$$\frac{5+25}{100} \times 100 = 30 \% \text{이다.}$$

(2) 지표면은 태양으로부터 45를 흡수하고, 대기로부터 88을 흡수하므로 총 133의 에너지를 흡수한다.

(3) 대기는 지표면으로 88을 방출하고, 우주로 66을 방출하므로 총 154의 에너지를 방출한다.

**2** (1) 위도 38° 이하의 저위도 지방에서는 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양이 방출하는 지구 복사 에너지의 양보다 많아서 에너지가 남는다.

위도 38° 이상의 고위도 지방에서는 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양이 방출하는 지구 복사 에너지의 양보다 적어서 에너지가 부족하다.

(2) 에너지가 남는 저위도에서 에너지가 부족한 고위도로 대기와 해수의 순환에 의해 에너지 이동이 일어난다.

(3) 대기와 해수에 의한 열 수송량은 에너지 과잉과 부족이 교차하는 위도 38° 부근에서 가장 많다.

**3** A는 적도에서 가열되어 상승한 공기가 이루는 해들리 순환이고, B는 간접순환인 페렐 순환, C는 극에서 냉각된 공기가 하강하여 이루는 극순환이다.

**4** (1) 지구가 둥글기 때문에 위도에 따라 단위 면적당 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 달라지므로 위도별 에너지 불균형이 발생한다. 지구의 대기는 에너지가 남는 저위도에서 에너지가 부족한 고위도로 이동하면서 대기 대순환을 형성한다.

(2) 대기 대순환은 지구 자전으로 인한 전향력의 영향 때문에 적도와 극 사이에 3개의 순환 세포가 형성된다.

(3) 지구가 자전하지 않는다면 적도에서 가열되어 상승한 공기는 극으로 이동하고, 극에서 냉각되어 하강한 공기는 적도로 이동하여 적도와 극 사이에서는 하나의 대류 세포가 나타날 것이다.

(4) 대기 대순환으로 위도 30°~60°의 지상에서는 편서풍이 분다. 무역풍은 위도 30°와 적도 사이에서 부는 바람이다.

(5) 대기 대순환으로 적도 부근에는 적도 저압대(열대 수렴대)가 형성되고, 위도 30° 부근에는 중위도 고압대(아열대 고압대)가 형성된다.

**5** (1) 난류, 작은 소용돌이는 수평 규모와 시간 규모가 매우 작아 미규모에 해당하는 대기 순환이다.

(2) 뇌우, 해륙풍, 산곡풍 등은 수분~수일 동안 지속되는 현상으로, 중규모에 해당하는 대기 순환이다.

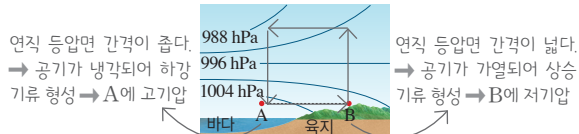
(3) 태풍, 고기압, 저기압 등은 지상 일기도에 나타나는 현상으로, 종관 규모에 해당하는 대기 순환이다.

(4) 편서풍 파동은 파장이 수천 km에 이르므로 지구 규모에 해당하는 순환이다.



**6** 수평 규모와 시간 규모가 가장 작은 대기 순환 현상은 미규모인 난류이다. 뇌우와 산골풍은 중규모, 태풍은 중관 규모, 계절풍은 지구 규모의 대기 순환이다.

## 7 **꼼꼼** 문제 분석



- (1) 등압면의 분포를 보면 A의 기압은 1004 hPa보다 높고, B의 기압은 1004 hPa보다 낮다.
- (2) B가 A보다 기압이 낮으므로 기온은 상대적으로 높다.
- (3) 상대적으로 기압이 높은 A에는 하강 기류가, 기압이 낮은 B에는 상승 기류가 나타난다.

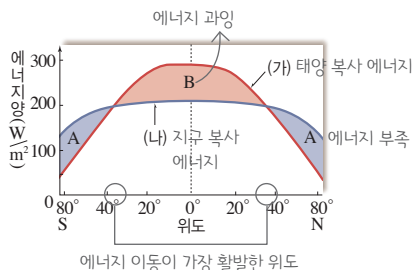
## 대표 자료 분석

233쪽~234쪽

- 자료 1** 1 (가) 태양 복사 에너지 (나) 지구 복사 에너지 2 (1) < (2) > 3 B 4 위도에 따라 태양 고도가 달라지기 때문이다. 5 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×
- 자료 2** 1 (가) 위도별 에너지 불균형 (나) 위도별 에너지 불균형, 지구 자전에 의한 전향력 2 북풍 3 ㉠ 적도 저압대 (열대 수렴대), ㉡ 중위도 고압대(아열대 고압대), ㉢ 한대 전선대(아한대 저압대) 4 A, C 5 A: 극동풍, B: 편서풍, C: 무역풍 6 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ×
- 자료 3** 1 A: 중규모, B: 지구 규모, B 2 L, C 3 종관 규모 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) ○
- 자료 4** 1 (가) 낮 (나) 밤 2 (가) 해풍 (나) 육풍 3 A, D 4 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ×

## 1-1 **꼼꼼** 문제 분석

지구의 태양 복사 에너지 흡수량과 지구 복사 에너지 방출량은 모두 고위도로 갈수록 감소하지만, 위도에 따른 차이는 태양 복사 에너지가 더 크다.



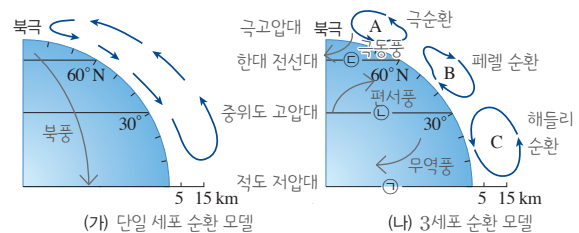
- 1-2** (1) 고위도인 A에서는 지구의 태양 복사 에너지 흡수량보다 지구 복사 에너지 방출량이 더 많다.  
(2) 저위도인 B에서는 지구의 태양 복사 에너지 흡수량이 지구 복사 에너지 방출량보다 많다.

**1-3** 복사 에너지의 흡수량이 방출량보다 많은 B는 에너지 과잉 상태이고, 복사 에너지의 흡수량이 방출량보다 적은 A는 에너지 부족 상태이다.

**1-4** 지구가 둥글기 때문에 위도에 따라 태양 고도가 달라지므로 지표면의 단위 면적당 흡수되는 태양 복사 에너지의 양이 달라진다.

- 1-5** (1) 지구는 전체적으로 복사 평형 상태이므로 과잉된 에너지의 양과 부족한 에너지의 양은 거의 같다.  
(2) 에너지 이동량이 가장 많은 곳은 에너지 과잉과 부족이 교차하는 위도 38° 부근이다.  
(3) 흡수하는 복사 에너지의 양이 많아지면 방출하는 복사 에너지의 양도 많아진다. 고위도로 갈수록 흡수하는 태양 복사 에너지의 양이 감소함에 따라 방출하는 지구 복사 에너지의 양도 감소한다.  
(4) 저위도와 고위도에서 에너지량의 차이는 태양 복사 에너지가 지구 복사 에너지보다 크다.  
(5) 위도 38° 부근을 경계로 고위도 지방은 태양 복사 에너지 흡수량이 지구 복사 에너지 방출량보다 적어 에너지가 부족하다.

## 2-1 **꼼꼼** 문제 분석



지표면이 균일하고 지구가 자전하지 않는다고 가정했을 때는 (가)와 같이 위도별 에너지 불균형에 의해 적도 지방의 가열된 공기는 상승하고 극지방의 냉각된 공기는 하강하여 하나의 대류 세포를 형성한다. 지구가 자전하여 전향력이 작용하면 (나)와 같이 적도와 극 사이에 3개의 순환 세포가 형성된다.

**2-2** (가)에서 극에서 냉각된 공기는 하강하여 지표면을 따라 기압이 상대적으로 낮은 저위도로 이동하므로 북풍이 분다.



- ②-3 ㉠: 지상에서 북동 무역풍과 남동 무역풍이 만나 열대 수렴대를 형성하고, 상승 기류가 발달하여 적도 저압대가 형성된다.  
 ㉡: 하강 기류가 발달하여 중위도 고압대가 형성된다.  
 ㉢: 지상에서 고위도에서 저위도로 이동하는 공기와 저위도에서 고위도로 이동하는 공기가 만나 한대 전선대를 형성하고, 공기가 상승하면서 아한대 저압대가 형성된다.

②-4 A는 지표의 냉각으로 형성된 직접 순환이다. B는 따뜻한 곳에서 공기가 하강하고 찬 곳에서 공기가 상승하므로 온도 차이로 일어나는 직접 순환이 아니며 A와 C의 순환에 의해 역학적으로 형성된 간접순환이다. C는 지표의 가열로 형성된 직접 순환이다.

- ②-5 극순환(A)의 지상에서는 고위도에서 저위도로 이동하던 공기가 전향력에 의해 휘어져 극동풍이 분다.  
 페렐 순환(B)의 지상에서는 저위도에서 고위도로 이동하던 공기가 전향력에 의해 휘어져 편서풍이 분다.  
 해들리 순환(C)의 지상에서는 고위도에서 저위도로 이동하던 공기가 전향력에 의해 휘어져 무역풍이 분다.

- ②-6 (1) (가)에서는 지구가 자전하지 않으므로 전향력이 작용하지 않는다.  
 (2) (가)와 (나)의 적도 지방에는 모두 공기가 수렴하여 상승하므로 저기압이 형성된다.  
 (3) 편서풍은 전향력이 작용하는 (나)에서만 분다.  
 (4) (나)에서 A와 C는 직접 순환, B는 간접순환에 해당한다.  
 (5) (가)의 경우 전향력이 작용하지 않으므로 고위도에서 저위도로 공기가 이동하여 북반구에서는 북풍이 불고, 남반구에서는 남풍이 분다.

③-1 A는 중규모, B는 지구 규모에 해당한다. 중규모에서는 전향력이 무시해도 될 정도로 약하게 작용하지만, 종관 규모와 지구 규모에서는 전향력의 영향이 크다.

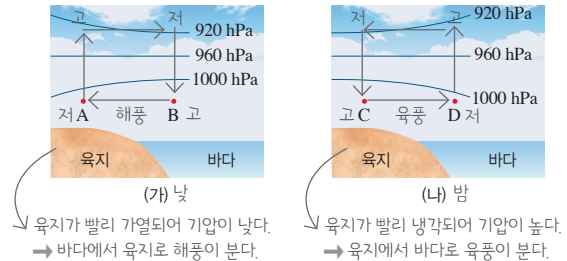
③-2 A는 중규모이고, 해륙풍과 낮새바람이 중규모에 해당한다. 태풍은 종관 규모, 편서풍 파동은 지구 규모의 대기 순환이다.

③-3 지상 일기도에 주로 나타내는 순환 규모는 고기압, 저기압과 같은 공간적 크기 및 수명 정도인 종관 규모이다.

- ③-4 (1) 대기 순환의 공간 규모가 클수록 보유하는 에너지가 많기 때문에 수평 규모가 크면 시간 규모도 대체로 크다.  
 (2) 난류는 규모가 작으므로 전향력의 영향을 거의 받지 않는다.  
 (3) 뇌우는 중규모이므로 수평 규모는 수백 m~수백 km이다.

- (4) 태풍과 고기압은 둘 다 종관 규모에 해당하므로 발생에서 소멸에 이르는 시간 규모가 비슷하다.  
 (5) 해륙풍은 중규모로, 지상 일기도에서 확인하기 어렵다.  
 (6) 지구 규모(B)와 같이 큰 규모의 대기 순환에서는 연직 규모에 비해 수평 규모가 훨씬 크다.

#### 4-1 꼼꼼 문제 분석



- (가)는 육지의 기압이 바다보다 낮으므로 육지가 바다보다 빨리 가열되는 낮의 기압 분포이다.  
 (나)는 육지의 기압이 바다보다 높으므로 육지가 바다보다 빨리 냉각되는 밤의 기압 분포이다.

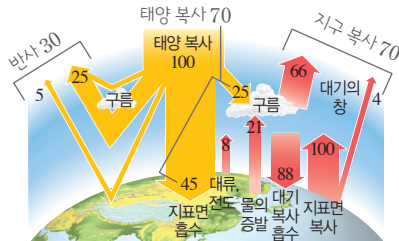
④-2 (가)의 지표 부근에서는 기압이 높은 바다에서 기압이 낮은 육지로 해풍이 분다. (나)의 지표 부근에서는 기압이 높은 육지에서 기압이 낮은 바다로 육풍이 분다.

④-3 A와 D 지점은 주변보다 기압이 낮아 공기가 모여들고 상승 기류가 발달한다. B와 C 지점은 주변보다 기압이 높아 공기가 발산하고 하강 기류가 발달한다.

- ④-4 (1) 바다는 육지에 비해 천천히 가열되고 천천히 식는데, 그 까닭은 바다의 열용량이 육지보다 크기 때문이다.  
 (2) (가)는 육지의 기압이 바다보다 낮으므로 육지가 가열되어 낮에 나타나는 기압 분포이다.  
 (3) (나)에서는 기압이 높은 육지에서 기압이 낮은 바다로 육풍이 분다.  
 (4) 마찰력이 클수록 풍속이 약하다. 바다보다 육지의 마찰력이 크므로 풍속은 해풍이 육풍보다 강하다. (가)에서는 해풍, (나)에서는 육풍이 불므로 (가)보다 (나)에서 부는 바람의 풍속이 더 약하다.  
 (5) 해륙풍은 열적 순환에 해당하므로 (가)와 (나)에서 960 hPa 등압면보다 상층에서는 기압 분포가 지표에 반대가 되므로 지표 부근과 풍향이 서로 반대이다.  
 (6) 해륙풍은 산곡풍, 뇌우 등과 함께 중규모(중간 규모)에 해당하는 대기 순환이다. 종관 규모의 순환에는 고기압, 저기압, 태풍 등이 있다.

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

## 01 꼼꼼 문제 분석

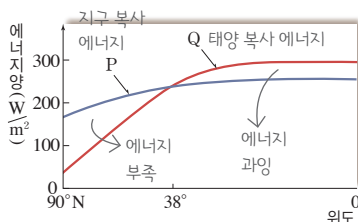


- 지구의 반사=지표면 반사(5)+대기 산란 및 구름 반사(25)=30
- 대기에서의 복사 평형  
 흡수량(154)=태양 복사(25)+지표면 복사(100)  
 +대류, 전도(8)+물의 증발(21)  
 방출량(154)=지표면으로 방출(88)+우주로 방출(66)
- 지표면에서의 복사 평형  
 흡수량(133)=태양 복사(45)+대기 복사(88)  
 방출량(133)=대기로 방출(129)+우주로 방출(4)
- 지구 전체로 보면 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양(70)과 지구가 방출하는 지구 복사 에너지의 양(70)이 같다. → 복사 평형

- ① 지구는 태양으로부터 받는 만큼의 에너지를 우주 공간으로 다시 방출하여 복사 평형을 이루기 때문에 지구의 연평균 기온은 거의 일정하게 유지된다.
- ② 지표면에서 대기로 방출하는 에너지의 양은 총 129로, 지표면 복사가 100, 대류와 전도가 8, 물의 증발이 21이다.
- ③ 지표면 복사 104 중에서 100은 대기에 흡수되고 나머지 4는 우주로 바로 빠져나간다.
- ⑤ 태양 복사 에너지의 양 100 중 25는 구름과 대기에 산란되거나 반사되고 5는 지표면에 반사되어 우주로 되돌아간다.

▶ **바로알기** ④ 복사 평형 상태의 지구가 방출하는 복사 에너지의 양(70)은 태양으로부터 흡수한 복사 에너지의 양(70)과 같다.

## 02 꼼꼼 문제 분석



태양 복사 에너지가 지구 복사 에너지보다 위도에 따른 차이가 크므로 P는 지구 복사 에너지, Q는 태양 복사 에너지이다.

ㄱ. 위도에 따른 태양 복사 에너지(Q)의 차이는 지구가 구형이므로 위도에 따라 태양 고도가 달라져 지구가 단위 면적당 받는 복사 에너지의 양이 달라지기 때문에 나타난다.

ㄴ. 지구는 복사 평형을 이루고 있으므로 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지(Q)의 총량과 방출하는 지구 복사 에너지(P)의 총량은 같다.

▶ **바로알기** ㄷ. 위도 38° 부근을 경계로 에너지 과잉과 부족이 교차하므로 이 부근에서 열에너지 이동량이 가장 많다.

03 ④ 저위도의 과잉 에너지는 대기와 해수의 순환을 통해 고위도로 이동하므로 위도별 에너지 불균형이 해소된다.

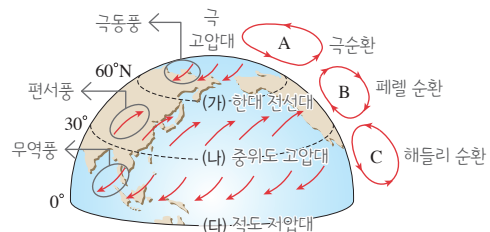
▶ **바로알기** ① 조석 현상은 달과 태양의 인력에 의해 발생한다.  
 ②, ③ 판의 이동은 지구 내부 에너지에 의한 맨틀의 대류를 따라 발생한다.  
 ⑤ 지구 자기장의 변화는 지구 내부의 변동으로 발생한다.

04 ㄴ. 지구가 자전하지 않으면 북반구 지상에서는 극에서 냉각된 공기가 지표면을 따라 저위도로 이동하면서 북극에서 적도로 북풍이 분다.

▶ **바로알기** ㄱ. 지구가 자전하지 않으면 적도와 극 사이에 하나의 대류 세포만 나타나므로 중위도에 고압대가 형성되지 않는다.  
 ㄷ. 지구가 자전하지 않더라도 대기의 순환이 발생하므로 에너지는 저위도에서 고위도로 수송된다.

## 05 꼼꼼 문제 분석

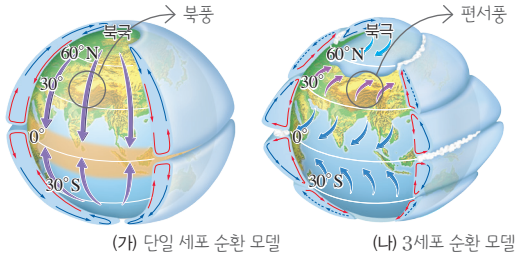
지구가 자전할 때의 대기 순환 모델인 3세포 순환 모델이다.



- ① A는 극순환, B는 페렐 순환, C는 해들리 순환이다.
- ② A와 C는 가열과 냉각에 의해 형성된 열적 순환으로, 직접 순환이다. B는 A와 C 순환의 사이에서 역학적으로 형성된 간접순환이다.
- ③ B 순환의 지상에서는 저위도에서 고위도로 이동하던 공기가 전향력에 의해 오른쪽으로 휘어져 편서풍이 분다.
- ④ (가)의 기압대에는 고위도에서 이동해 온 공기와 저위도에서 이동해 온 공기가 만나 상승하여 저기압이 잘 발달한다.

▶ **바로알기** ⑤ (나)에는 고압대, (다)에는 저압대가 형성되므로 강수량은 (다)보다 (나)의 기압대에서 적다.

## 06 꼼꼼 문제 분석

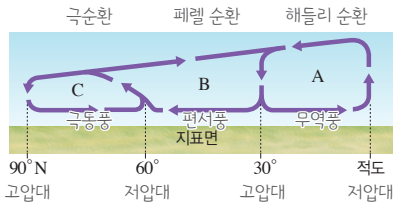


ㄴ. (가)와 (나)의 경우 모두 대기 대순환 과정에서 저위도의 에너지가 고위도로 수송된다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 지구가 자전하지 않으면 적도에서 가열된 공기가 상승하고 극에서 냉각된 공기가 하강하여 적도에서 극 사이에 하나의 대류 세포가 형성되므로 (가)와 같은 모델이 된다. 지구가 자전하면, 전향력의 영향으로 적도에서 극 사이에 3개의 순환 세포가 형성되어 (나)와 같은 모델이 된다.

ㄷ. (가)에서는 북반구 어느 위도에서나 지상에서 북풍이 불지만, (나)에서는 북반구 위도 50° 지상에서는 편서풍이 분다.

## 07 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. A와 B의 경계인 위도 30°에서는 하강 기류가 발달하여 중위도 고압대(아열대 고압대)가 형성된다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. A는 적도에서 가열된 공기가 상승하고, 위도 30° 부근에서 하강하여 적도로 되돌아오는 해들리 순환으로, 온도 차이에 의한 직접 순환에 해당한다. 간접순환은 페렐 순환인 B이다.

ㄷ. C의 지상에서는 극동풍이 불고, 무역풍은 A의 지상에서 분다.

08 ③ 미규모나 중규모의 대기 순환은 전향력의 영향을 거의 받지 않지만, 종관 규모 이상의 순환은 전향력의 영향을 많이 받는다.

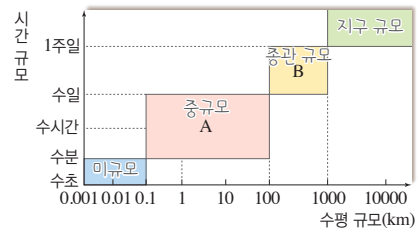
▣ **바로알기** ▣ ① 일반적으로 수평 규모가 클수록 보유하는 에너지가 많아 시간 규모도 크다.

② 중규모의 순환에는 적란운이 발달하는 뇌우도 포함된다.

④ 종관 규모에는 고기압, 저기압, 태풍 등이 속하며, 일기도에 나타난다.

⑤ 큰 규모의 순환에서는 지구 둘레의 길이가 대기의 두께보다 훨씬 크기 때문에 연직 규모가 수평 규모보다 훨씬 작다.

## 09 꼼꼼 문제 분석



• 시간 규모: 미규모 < 중규모 < 종관 규모 < 지구 규모

• 수평 규모: 미규모 < 중규모 < 종관 규모 < 지구 규모

ㄷ. 대기 순환의 규모가 클수록 전향력의 영향을 크게 받는다. 중규모인 A는 전향력의 영향을 거의 받지 않지만, 종관 규모인 B는 전향력의 영향을 크게 받는다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. A는 해륙풍, 산곡풍 등의 중규모 순환으로, 일기도에 잘 나타나지 않는다.

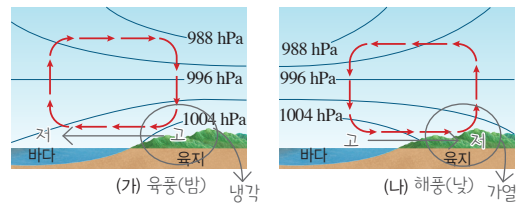
ㄴ. A는 수평 규모가 수백 m~수백 km 정도이고 시간 규모가 수분~수일 정도인 중규모로, 토네이도는 A에 속한다. B는 종관 규모로, 수평 규모가 수천 km에 이르며 수일~1주일 정도 지속되는 현상들이 이에 속한다.

10 뇌우는 중규모, 태풍은 종관 규모, 난류는 미규모 순환이다. 중규모의 시간 규모는 수분~수일, 종관 규모의 시간 규모는 수일~1주일, 미규모의 시간 규모는 수초~수분이다.

▣ **모범답안** (가)는 중규모, (나)는 종관 규모, (다)는 미규모 대기 순환이다. 시간 규모가 큰 것부터 순서대로 나열하면 (나) → (가) → (다)이다.

| 채점 기준                               | 배점    |
|-------------------------------------|-------|
| 규모의 이름을 옳게 쓰고, 시간 규모 순서대로 옳게 나열한 경우 | 100 % |
| 규모의 이름과 시간 규모 순서 중 한 가지만 옳게 서술한 경우  | 50 %  |

## 11 꼼꼼 문제 분석

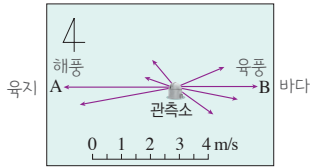


ㄱ. (가)에서는 지표면 부근의 기압이 육지에서 높고, 바다에서 낮으므로 육풍이 분다.

ㄴ. (가)는 육지가 바다보다 빨리 냉각되어 기압이 높으므로 밤의 기압 분포이고, (나)는 육지가 바다보다 빨리 가열되어 기압이 낮으므로 낮의 기압 분포이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. (가)와 (나)의 변화(해륙풍)는 해안가에서 하루를 주기로 나타나며, 육지와 바다의 열용량 차이로 발생한다.

## 12 **문제 분석**



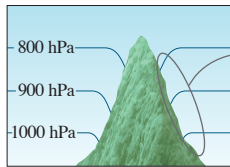
- 화살표의 길이:  $A > B$   
 $\rightarrow$  풍속:  $A > B$   
 $\rightarrow$  A는 해풍, B는 육풍  
 • 풍향: A는 동풍, B는 서풍

해풍의 풍속이 육풍보다 빠르므로 A는 해풍, B는 육풍이다. 해풍이 동쪽에서 불어오므로 관측소의 동쪽에 바다가, 서쪽에 육지가 위치한다.

**모범답안** A는 해풍, B는 육풍이고, 바다는 관측소의 동쪽에 있다.

| 채점 기준                        | 배점    |
|------------------------------|-------|
| 바람의 종류와 바다의 위치를 모두 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 바람의 종류만 옳게 서술한 경우            | 50 %  |

## 13 **문제 분석**



- 산 비탈면의 기압이 주변보다 낮다.  $\rightarrow$  산 비탈면이 가열되어 주변보다 공기의 기온이 높다.  
 $\rightarrow$  골짜기에서 산 위로 곡풍이 분다.

나. 산 비탈면이 가열되어 접해있는 공기의 기온이 높기 때문에 골짜기에서 산 비탈면을 따라 산 정상으로 곡풍이 분다.

**바로알기** 나. 산 비탈면이 같은 고도의 주변 공기에 비해 기압이 낮으므로 낮에 산 비탈면이 가열되어 형성된 등압면 분포이다.

다. 산곡풍은 하루를 주기로 풍향이 변하므로 해륙풍과 같은 중규모의 대기 순환이다.

**14** 나. 지표면부터 상공까지 고기압이 나타나므로 온난 고기압이다. 온난 고기압은 대기 대순환에 의해 하강 기류가 나타나는 중위도 고압대에서 형성된다.

나. 온난 고기압의 대표적인 예로 북태평양 고기압이 있다.

**바로알기** 다. 온난 고기압 중심부는 공기가 하강하면서 단열 압축되므로 주변 지역보다 기온이 높다.

**15** ② 대륙에서 해양 쪽으로 바람이 불어가므로 대륙의 기압이 해양보다 높다. 따라서 대륙이 냉각되는 겨울철에 부는 계절풍의 모습이다.

**바로알기** ① A에서 바람이 불어 나가므로 대륙의 A 부근에는 고기압이, 해양에는 저기압이 분포하고 있다.

③ 계절풍은 1년을 주기로 바람의 방향이 바뀐다.

④ 계절풍은 대륙과 해양의 열용량 차이로 발생한다.

⑤ 계절풍은 지구 규모의 대기 순환이다.

## 중단원 핵심 정리

238쪽~239쪽

- ① 단열 팽창 ② 단열 압축 ③ 구름 ④ 건조 ⑤ 조건부 불안정
- ⑥ 중력 ⑦ 오른쪽 ⑧ 왼쪽 ⑨ 반대
- ⑩ 지균풍 ⑪ 지상풍 ⑫ 전향력 ⑬ 한대 ⑭ 아열대
- ⑮ 고기압 ⑯ 저기압 ⑰ 대기 ⑱ 무역풍 ⑲ 종관 규모
- ⑳ 열용량

## 중단원 마무리 문제

240쪽~245쪽

- 01 ③ 02 ⑤ 03 ④ 04 ③ 05 ④ 06 ④
- 07 ③ 08 ② 09 ① 10 ② 11 ⑤ 12 ④
- 13 ④ 14 ② 15 ③ 16 ③ 17 ④ 18 ④
- 19 ① 20 ③ 21 해설 참조 22 해설 참조 23 해설 참조
- 24 해설 참조 25 해설 참조 26 해설 참조

**01** 나. 구름은 공기 덩어리의 상승으로 인한 단열 팽창으로 생성되므로 A 과정으로 만들어진다.

나. 하강하는 공기 덩어리는 주변 기압의 증가로 공기가 압축되면서 내부 에너지가 증가하여 기온이 상승한다.

**바로알기** 다. A와 B 과정은 단열 변화로, 외부와 열 교환 없이 나타나는 공기 덩어리의 기온 변화이다.

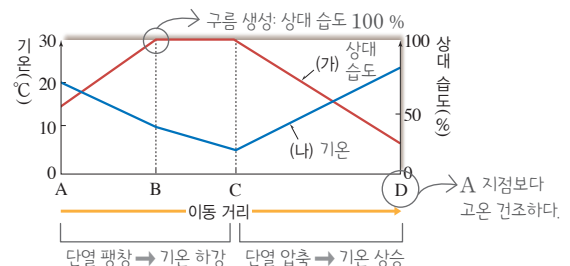
**02** (가)는 단열 압축 과정, (나)는 단열 팽창 과정이다.

나. 충분히 압축되었던 밀폐 용기에서 공기가 밖으로 빠지면, 기압이 낮아지면서 밀폐 용기 내부의 공기가 팽창한다.

나. 공기가 팽창하면 내부 에너지가 감소하여 기온이 낮아진다.

다. 기온이 낮아지면 포화 수증기량이 감소하므로 상대 습도가 높아진다.

## 03 **문제 분석**



나. 상대 습도가 100 %인 B 지점부터 구름이 생성되었다.

다. A보다 D 지점의 공기 덩어리는 기온이 높고 상대 습도가 낮으므로 기온과 이슬점의 차이가 더 크다.

**바로알기** 나. 공기 덩어리가 상승하면 단열 팽창으로 기온이 하강하고 상대 습도가 높아지므로 기온의 변화는 (나)이다.



#### 04 **문제 분석**

| 높이(m) | 기온(°C) | 이슬점(°C) |
|-------|--------|---------|
| 2000  | 18     | 10      |
| 1500  | 20     | 20      |
| 1000  | 25     | 20      |
| 500   | 27     | 21      |
| 0     | 30     | 26      |

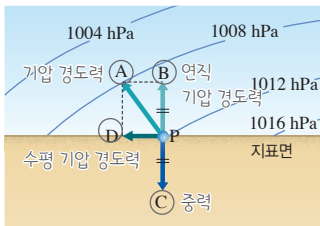
상대 습도 100 %  
- 500 m에 2 °C 하강

ㄱ. 높이 1500 m에서 기온과 이슬점이 같으므로 포화 상태이고 상대 습도는 100 %이다. 지표에서 기온은 이슬점보다 높아 불포화 상태이므로 상대 습도는 지표보다 높이 1500 m에서 더 높다.  
ㄴ. 높이 500 m~1000 m 구간에서 공기는 불포화 상태이고, 기온 감률은 0.4 °C/100 m로 건조 단열 감률(1 °C/100 m)보다 작으므로 대기는 안정하다.

▮ **바로알기** ▮ ㄷ. 지표의 공기 덩어리가 강제로 상승될 때의 상승 응결 고도는  $125 \times (30 - 26) = 125 \times 4 = 500(\text{m})$ 이다.

**05** 굴뚝의 연기가 높이 15 m 이상에서는 위로 퍼져 나가지만, 15 m 아래로는 퍼져 나가지 못한다. 따라서 높이 15 m를 기준으로 위층의 대기는 불안정한 상태이고, 아래층의 대기는 안정한 상태이므로 15 m 아래에 역전층이 나타나는 ④의 기온 분포가 적절하다.

#### 06 **문제 분석**



ㄱ. A는 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 등압선에 직각인 방향으로 작용하는 기압 경도력이다.

ㄷ. 연직 기압 경도력과 중력은 정역학 평형을 이루어 상쇄되므로 P 지점의 공기는 수평 기압 경도력인 D 방향으로 이동한다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 정역학 평형 상태이므로 위쪽으로 작용하는 연직 기압 경도력인 B와 아래쪽으로 작용하는 중력 C는 크기가 같지만, 방향이 서로 반대이다.

**07** ㄱ. 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 P 지점에서 기압 경도력은 동쪽으로 작용한다.

ㄷ. 기압 차이가 같을 때, 기압 경도력은 등압선의 간격이 좁을수록 커지므로 P보다 Q 지점에서 기압 경도력이 더 크고, 기압 경도력이 클수록 풍속이 빠르다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 기압 경도력은 두 지점 사이의 기압 차이가 클수록, 등압선 간격이 좁을수록 증가한다. P와 Q 지점은 기압 차이가 같고 Q 지점에서 등압선 간격이 좁으므로 P보다 Q 지점에서 기압 경도력이 더 크다.

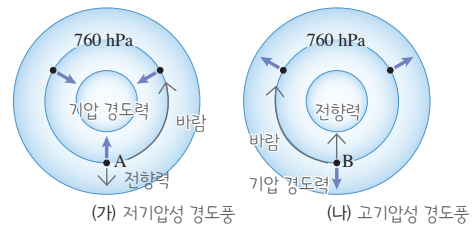
**08** a는 기압 경도력, b는 전향력이다.

ㄴ. 지균폭이 형성된 A에서 a와 b는 평형을 이룬다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 전향력(b)이 바람 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하는 것으로 보아 이 지역은 북반구에 위치한다. 남반구에서는 전향력이 바람 방향의 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.

ㄷ. 등압선의 간격이 좁아지면 기압 경도력인 a가 증가하므로 풍속이 증가하여 전향력인 b도 증가한다.

#### 09 **문제 분석**

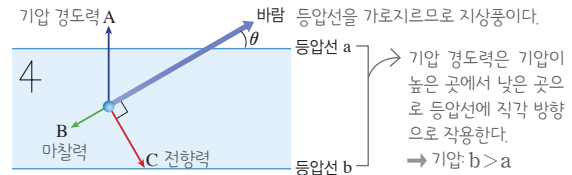


ㄱ. (가) 저기압성 경도풍은 기압 경도력이 중심 방향으로 작용하므로 북반구에서 바람은 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향, 즉 시계 반대 방향으로 등압선에 나란하게 분다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. (나)는 중심 방향으로 전향력이 작용하고 바깥쪽으로 기압 경도력이 작용하며, 이 두 힘의 차이가 구심력으로 작용하여 바람이 분다. 전향력이 기압 경도력보다 크므로 기압 경도력과 구심력의 크기의 합은 전향력의 크기와 같다.

ㄷ. 기압 경도력이 같을 경우, 고기압성 경도풍(B)은 저기압성 경도풍(A)보다 전향력이 크게 작용하므로 풍속이 더 빠르다.

#### 10 **문제 분석**



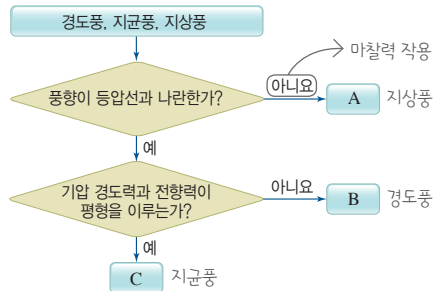
북반구에서 바람은 기압 경도력의 오른쪽으로 불므로 A는 기압 경도력이고, 바람의 반대 방향으로 마찰력이 작용하므로 B는 마찰력이다. 바람의 오른쪽 직각 방향으로 전향력이 작용하므로 C는 전향력이다.

ㄴ. 이 지역의 바람은 지상풍이다. 지상풍은 마찰력(B)과 전향력(C)의 합력이 기압 경도력(A)과 평형을 이루면서 부는 바람이다.



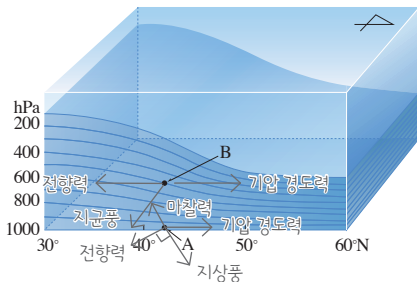
- **바로알기** ㄱ. 기압 경도력(A)은 고기압에서 저기압 쪽으로 작용하므로 a는 b보다 기압이 낮다.
- ㄷ. 마찰력(B)의 크기가 커지면 바람과 등압선이 이루는 각각( $\theta$ )은 커지고, 풍속은 감소하므로 전향력(C)의 크기는 작아진다.

## 11 **꼼꼼** 문제 분석



- ㄱ. A는 지상풍으로, 지표면의 마찰이 영향을 미쳐 바람이 등압선을 가로질러 분다.
- ㄴ. B는 경도풍으로, 등압선이 곡선일 때 등압선에 나란하게 불기 때문에 구심력이 작용한다.
- ㄷ. C는 지균풍으로, 기압 경도력에 비례하고, 공기의 밀도와 기압 경도력이 같을 때 고위도로 갈수록 풍속이 느려진다.

## 12 **꼼꼼** 문제 분석



- ④ 북반구 상층에 위치한 B 지점에서는 기압 경도력이 북쪽으로 작용하고, 전향력이 남쪽으로 작용하므로 지균풍이 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향인 동쪽으로 분다. 따라서 서풍이 분다.

■ **바로알기** ① A 지점에서는 지표면 마찰의 영향을 받으므로 지상풍이 분다.

- ② A 지점에서 바람이 북동쪽으로 불므로 바람에 작용하는 전향력은 바람의 오른쪽 직각 방향인 남동쪽으로 작용한다.

- ③ B 지점에서는 지균풍이 불므로 B 지점에서 부는 바람에 작용하는 전향력의 크기는 기압 경도력과 같다.

- ⑤ A → B로 고도가 높아짐에 따라 지표면 마찰의 영향이 작아지므로 풍속은 빨라진다.

- 13 ㄱ. 회전 속도를 증가시키면 파동의 수가 늘어나 물의 흐름이 더욱 복잡해진다.

- ㄷ. 회전 속도를 증가시키면 내벽을 따라 파동의 바깥쪽(B)에는 시계 방향의 고기압성 소용돌이가 생긴다.

- ㄴ. 알루미늄 조각은 물에 떠서 물의 움직임을 따라 이동한다. 따라서 물의 파동을 잘 관찰하기 위해 넣은 것이다.

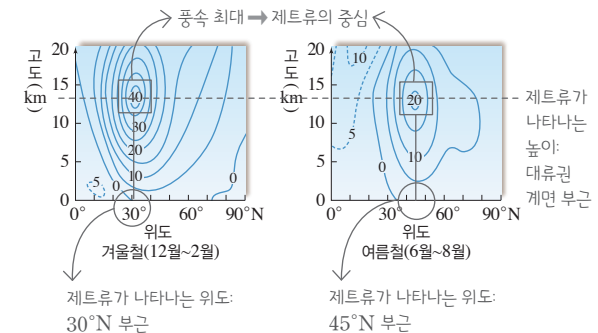
■ **바로알기** ㄴ. 회전 속도를 증가시키면 외벽을 따라 파동의 안쪽(A)에는 시계 반대 방향의 저기압성 소용돌이가 생긴다.

- 14 ㄴ. 편서풍 파동은 남북 간의 기온 차이로 중위도의 대기 상층에서 나타나는 변화이다.

■ **바로알기** ㄱ. 파동의 진폭이 점점 커지면서 성장하고 파동의 일부가 떨어져 나오므로 편서풍 파동은 (가) → (다) → (나) 순으로 변화한다.

- ㄷ. 공기 덩어리 A는 시계 반대 방향으로 회전하므로 저기압성 회전을 한다.

## 15 **꼼꼼** 문제 분석



- ㄱ. 최대 풍속은 겨울철이 40 m/s이고, 여름철이 20 m/s이다. 제트류의 풍속은 남북 간의 기온 차이가 큰 겨울철에 더 빠르다.

- ㄴ. 겨울철과 여름철에 제트류의 중심은 고도 13 km 정도에 위치하며, 이 높이는 대류권 계면 부근이다.

■ **바로알기** ㄷ. 제트류의 중심이 겨울철에는 위도 30°N 부근에, 여름철에는 위도 45°N 부근에 위치해 있으므로 겨울철이 여름철보다 저위도까지 내려온다.

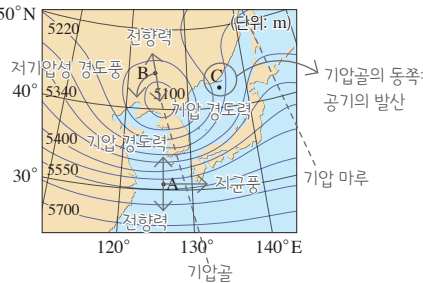
- 16 ③ C에는 하강 기류가 형성되어 이동성 고기압이 발달하고, D에는 상승 기류가 형성되어 온대 저기압이 발달한다.

■ **바로알기** ① A와 B에서는 지표면의 마찰력이 작용하지 않아 등압선에 평행하게 바람이 분다.

- ② A에서는 고기압성 경도풍, B에서는 저기압성 경도풍이 불므로 A에서 B로 가면서 풍속이 느려지고 A와 B 사이에서 공기가 수렴한다.

- ④ D에서 생성된 저기압은 편서풍을 따라 동쪽으로 이동한다.  
 ⑤ 상층 기압골의 동쪽에서는 풍속이 점점 빨라지면서 공기가 발산한다.

## 17 **꼼꼼** 문제 분석



- ㄴ. B에서 저기압성 경도풍이 불므로 기압 경도력의 크기는 전향력과 구심력을 합한 크기와 같으므로 전향력의 크기보다 크다.  
 ㄷ. 기압골의 동쪽에 위치한 C에서는 공기의 발산이 일어나 상승 기류가 형성되어 지상에 저기압이 발달한다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 상층 500 hPa 등압면에서는 마찰력이 거의 작용하지 않는다. A에서 부는 바람은 지균폭에 가까우므로 기압 경도력의 오른쪽 직각 방향인 서에서 동으로 분다.

**18** •  $4 + 66 = 100 - 25 - A$ 이므로 A는 5이다.

•  $B = 100 - 25 - A - 45$ 이므로 B는 25이다.

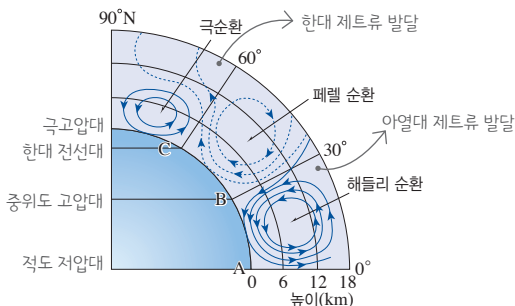
•  $45 + C = 133$ 이므로 C는 88이다.

- ㄴ. 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양을 100이라고 할 때, 대기가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양(B)은 25로, 대기가 지표면으로부터 흡수하는 지구 복사 에너지의 양(129)보다 적다.

- ㄷ. 온실 기체는 지구 복사 에너지를 잘 흡수하므로 대기 중 온실 기체의 농도가 증가하면 대기가 흡수하는 복사 에너지의 양이 증가하고 그에 따라 대기로부터 지표면이 흡수하는 C도 증가한다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 빙하의 면적이 감소하면 지표면에서 반사되어 우주로 나가는 에너지의 양(A)이 감소한다.

## 19 **꼼꼼** 문제 분석



- ② A 지역은 상승 기류가 발달한 적도 저압대(열대 수렴대)이다. 저압대에서는 구름이 잘 발생하므로 강수량이 많다.

- ③ B 지역은 중위도 고압대(아열대 고압대)로, 하강 기류가 발달하여 구름이 잘 소멸하므로 증발량이 많고 강수량은 적다.

- ④ C 지역은 한대 전선대로, 상공에는 한대 제트류가 발달한다.

- ⑤ 중위도 지역에서 일어나는 B에서 C로의 열에너지 수송은 주로 편서풍 파동에 의해 일어난다.

▮ **바로알기** ▮ ① A와 B 사이의 지표면에서는 고압대인 B에서 저압대인 A로 공기가 이동하다가 전향력 때문에 오른쪽으로 편향되어 무역풍이 분다.

## 20 **꼼꼼** 문제 분석

| 구분      | 공간 규모(수평 규모)  | 예   |
|---------|---------------|-----|
| A 미규모   | 수백 m 이내       | 난류  |
| B 중규모   | 수백 m ~ 수백 km  | 해륙풍 |
| C 종관 규모 | 수백 km ~ 수천 km | 태풍  |

공간 규모 크기:  $A < B < C$  → 시간 규모 크기:  $A < B < C$

- ㄷ. 일기도에 잘 나타나는 규모는 종관 규모이므로 C이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 시간 규모는 공간 규모에 대체로 비례하므로 순환이 지속되는 시간은  $A < B < C$ 이다.

- ㄴ. 전향력이 고려되는 규모는 종관 규모 이상이다. B는 중규모이므로 풍향을 결정할 때 전향력을 고려하지 않아도 된다.

- 21** (1) 지표면에서 기온과 이슬점의 차이가 클수록 상승 응결 고도가 높다. 공기 덩어리 A~C는 지표면에서 기온이 같고, 상승 응결 고도는 A가 가장 높으므로 지표면에서 이슬점은 A가 가장 낮다.

- (2) 응결이 일어날 때 공기 덩어리는 포화 상태이므로 상대 습도는 100 %이다.

▮ **모범답안** (1) A

- (2) C. 높이  $h_c$ 에서 A와 B는 응결이 일어나지 않지만, C는 응결이 일어나 구름이 생성되었기 때문이다.

| 채점 기준                                    | 배점   |
|------------------------------------------|------|
| (1) 이슬점이 가장 낮은 것을 옳게 고른 경우               | 40 % |
| (2) 상대 습도가 가장 높은 것을 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우 | 60 % |
| 상대 습도가 가장 높은 것만 고른 경우                    | 30 % |

**22** 상승 응결 고도는  $125 \times (22 - 14) = 1000(\text{m})$ 이다.

▮ **모범답안** • B 지점의 기온:

$$(22^\circ\text{C} - \frac{1^\circ\text{C}}{100\text{m}} \times 1000\text{m}) - (\frac{0.5^\circ\text{C}}{100\text{m}} \times 1000\text{m}) + (\frac{1^\circ\text{C}}{100\text{m}} \times 2000\text{m}) = 27^\circ\text{C}$$

• B 지점의 이슬점:

$$(14^{\circ}\text{C} - \frac{0.2^{\circ}\text{C}}{100\text{m}} \times 1000\text{m}) - (\frac{0.5^{\circ}\text{C}}{100\text{m}} \times 1000\text{m}) + (\frac{0.2^{\circ}\text{C}}{100\text{m}} \times 2000\text{m}) = 11^{\circ}\text{C}$$

| 채점 기준                          | 배점    |
|--------------------------------|-------|
| 기온과 이슬점을 식과 함께 옳게 구한 경우        | 100 % |
| 기온과 이슬점 중 한 가지만 식과 함께 옳게 구한 경우 | 50 %  |
| 두 계산 과정은 옳았으나 답이 틀린 경우         | 50 %  |

**23** 지균풍의 속력을 구하는 수식에  $\rho = 0.7 \text{ kg/m}^3$ ,  $\Omega = 7.292 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,  $\varphi = 30^{\circ}$ ,  $\Delta P = 5 \text{ hPa} = 500 \text{ Pa} = 500 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2$ ,  $d = 500 \text{ km} = 5 \times 10^5 \text{ m}$ 를 대입한다.

**모범답안** 지균풍의 속력 =  $\frac{1}{2\Omega \sin \varphi} \cdot \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{d}$

$$= \frac{1}{2 \times 7.292 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1} \times \sin 30^{\circ} \times 0.7 \text{ kg/m}^3} \times \frac{500 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2}{5 \times 10^5 \text{ m}} \approx 19.6 \text{ m/s}$$

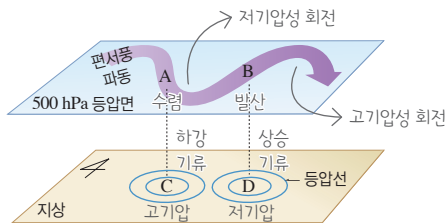
지균풍의 속력은 약 19.6 m/s이다.

| 채점 기준                       | 배점    |
|-----------------------------|-------|
| 지균풍의 속력을 계산 과정과 함께 옳게 구한 경우 | 100 % |
| 계산 과정은 옳았으나 답이 틀린 경우        | 50 %  |

**24** **모범답안** 저위도와 고위도의 기온 차이와 지구 자전에 의한 전향력에 의해 편서풍 파동이 발생한다. 저위도의 과잉 에너지를 고위도로 수송하여 지구의 위도별 에너지 불균형을 해소하는 역할을 한다.

| 채점 기준                       | 배점    |
|-----------------------------|-------|
| 발생 원인과 역할을 모두 옳게 서술한 경우     | 100 % |
| 발생 원인과 역할 중 한 가지만 옳게 서술한 경우 | 50 %  |

## 25 **꼼꼼** 문제 분석



**모범답안** A 지점에서는 공기가 수렴하면서 하강 기류가 발달하여 지상의 C 지점에서는 고기압이 형성된다. B 지점에서는 공기가 발산하면서 상승 기류가 발달하여 지상의 D 지점에서는 저기압이 형성된다.

| 채점 기준                                                  | 배점    |
|--------------------------------------------------------|-------|
| A와 B 지점에서 공기의 수렴 및 발산과 C와 D 지점에서 형성되는 기압을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| A와 B 지점에서 일어나는 수렴 및 발산만 옳게 서술한 경우                      | 50 %  |
| C와 D 지점에서 형성되는 기압만 옳게 서술한 경우                           |       |

**26** (1) 직접 순환은 온도 차이로 발생한 열적 순환이다.

**모범답안** (1) A: 극순환, B: 페렐 순환, C: 해들리 순환, 직접 순환: A, C (2) (나), 하강 기류가 발달하여 고압대가 형성되므로 건조한 기후가 형성되어 사막이 잘 발달한다.

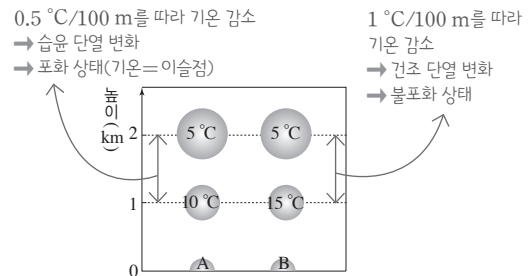
| 채점 기준 |                                     | 배점   |
|-------|-------------------------------------|------|
| (1)   | A~C 순환의 이름과 직접 순환에 해당하는 것을 옳게 쓴 경우  | 50 % |
|       | A~C 순환의 이름만 옳게 쓴 경우                 | 30 % |
|       | 직접 순환만 모두 옳게 고른 경우                  |      |
| (2)   | 사막이 잘 발달하는 지역을 고르고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우 | 50 % |
|       | 사막이 잘 발달한 지역만 옳게 고른 경우              | 30 % |

## 수능 실전 문제

246쪽~249쪽

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

## 01 **꼼꼼** 문제 분석



### | 선택지 분석 |

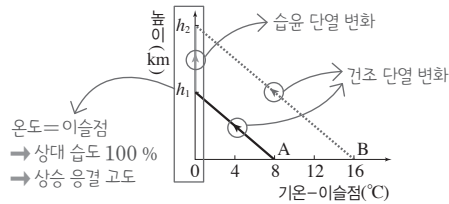
- ㉠ 지표면에서 A의 이슬점은 12°C이다.
- ㉡ B가 상승하는 동안 상대 습도는 일정하다. **증가한다**
- ㉢ 지표면에서 기온은 A가 B보다 **높다**. **낮다**

㉠. A는 높이 1 km에서 기온이 10°C로 포화되었으므로 이슬점도 10°C이다. 이슬점 감률은  $0.2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 이므로 지표면에서의 이슬점은  $10^{\circ}\text{C} + 1000\text{m} \times \frac{0.2^{\circ}\text{C}}{100\text{m}} = 12^{\circ}\text{C}$ 이다.

**|| 바로알기 ||** ㉡. 불포화 상태의 공기 덩어리가 상승하면 이슬점 감률보다 기온 감률이 더 크므로 상대 습도는 증가한다.

㉢. 높이 1 km에서 공기 덩어리 A와 B의 기온은 각각 10°C와 15°C이므로 지표면에서의 기온은 건조 단열 감률을 따라 1°C/100m씩 상승하여 A는 20°C, B는 25°C이다.

## 02 꼭꼭 문제 분석



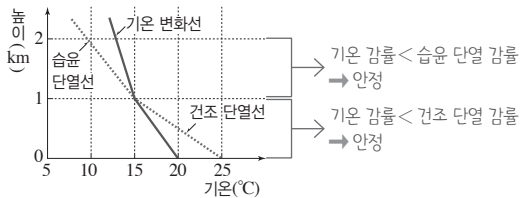
### 선택지 분석

- ✗ 상대 습도 100% → 상승 응결 고도는 A가 B보다 높다. **낮다**
- 높이  $h_1 \sim h_2$ 에서 이슬점 감률은 A가 B보다 크다.
- ✗ 높이  $h_2$ 에서 이슬점은 A와 B가 같다. **A가 B보다 낮다**

ㄴ. 높이  $h_1 \sim h_2$ 에서 A는 기온과 이슬점이 같으므로 포화 상태이고, B는 불포화 상태이다. 포화 상태에서의 이슬점 감률은  $0.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ 이고, 불포화 상태에서의 이슬점 감률은  $0.2^\circ\text{C}/100\text{m}$ 이다. 따라서 이슬점 감률은 A가 B보다 크다.

▣ **바로알기** ㄱ. A의 상승 응결 고도는 높이  $h_1$ 이고, B의 상승 응결 고도는 높이  $h_2$ 이므로, 상승 응결 고도는 A가 B보다 낮다.  
 ㄷ. 지표면에서 A와 B의 이슬점은 같지만, 높이  $h_1 \sim h_2$  구간의 이슬점 감률이 A가 B보다 크므로 높이  $h_2$ 에서 이슬점은 A가 B보다 낮다.

## 03 꼭꼭 문제 분석



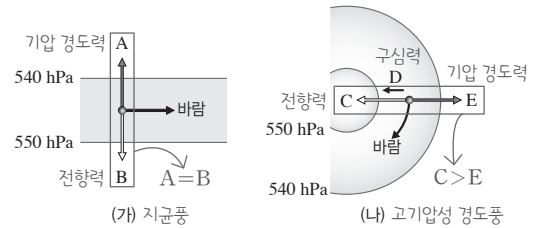
### 선택지 분석

- 기온 감률은 단열 감률보다 작다.
- 이 지역의 기층은 안정하다.
- ✗ 지표에서 기온이  $25^\circ\text{C}$ 인 공기 덩어리는 높이  $\frac{2\text{km}}{1\text{km}}$ 까  
지 상승할 것이다.

ㄱ. 불포화 상태일 때 기온 감률은  $0.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ 이므로 건조 단열 감률( $1^\circ\text{C}/100\text{m}$ )보다 작고, 포화 상태일 때 기온 감률은 약  $0.2^\circ\text{C}/100\text{m}$ 이므로 습윤 단열 감률( $0.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ )보다 작다.  
 ㄴ. 이 지역의 기층은 기온 감률이 단열 감률보다 작기 때문에 불포화 상태일 때와 포화 상태일 때 모두 안정하다.

▣ **바로알기** ㄷ. 지표에서 기온이  $25^\circ\text{C}$ 인 공기 덩어리는 높이 1 km까지는 주변 기온보다 높아 상승하다가 이 높이부터는 주변 공기보다 기온이 낮으므로 더 이상 상승하지 못한다.

## 04 꼭꼭 문제 분석



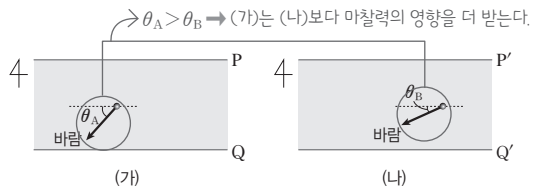
### 선택지 분석

- ✗ (가)는 북반구에서, (나)는 남반구에서 부는 바람이다. **북반구**
- 힘 A와 E는 크기가 같다.
- 풍속은 (나)가 (가)보다 빠르다.

ㄴ. 힘 A와 E는 기압 경도력이다. 두 지점의 등압선 간격과 기압 차이( $10\text{hPa}$ )가 같으므로 기압 경도력의 크기가 같다.  
 ㄷ. (가)에서는 기압 경도력(A)과 전향력(B)이 평형을 이루므로 크기가 같다. (나)에서는 구심력(D)=전향력(C)-기압 경도력(E)의 관계가 있으므로 전향력이 기압 경도력보다 크다. (가)와 (나)의 기압 경도력의 크기가 같으므로 전향력은 (나)가 (가)보다 크다. 따라서 풍속은 (나)가 (가)보다 빠르다.

▣ **바로알기** ㄱ. (가)와 (나) 모두 바람이 기압 경도력에 대해 오른쪽 직각 방향으로 부는 것으로 보아 북반구에서 부는 바람이다. 남반구의 바람은 기압 경도력에 대해 왼쪽 직각 방향으로 분다.

## 05 꼭꼭 문제 분석



### 선택지 분석

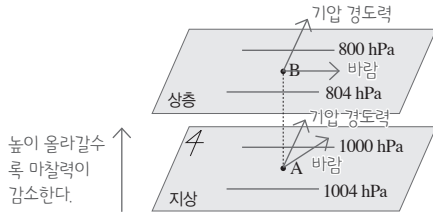
- (나)는 (가)보다 상공의 지점이다.
- 마찰력은 (가)가 (나)보다 크다.
- 전향력은 (가)가 (나)보다 작다.

ㄱ. 마찰력이 클수록 경각( $\theta$ )이 크다.  $\theta_B$ 는  $\theta_A$ 보다 작으므로 (나)는 (가)보다 마찰력의 영향을 덜 받는다. 마찰력은 상공으로 올라갈수록 작아지므로 (나)는 (가)보다 상공의 지점이다.

ㄴ. 높이 올라갈수록 마찰력의 영향이 감소하므로 마찰력은 (가)가 (나)보다 크다.

ㄷ. (가)에서 (나)로 갈수록 마찰력이 감소하므로 풍속이 증가하면서 전향력도 증가한다. 따라서 전향력은 (나)가 (가)보다 크다.

## 06 꼼꼼 문제 분석



### 선택지 분석

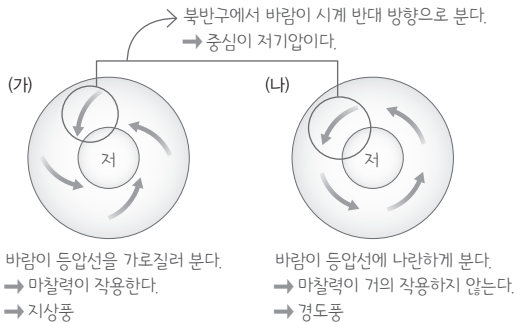
- ㉠ A에서는 남서풍이 분다.
- ㉡ 기압 경도력의 방향은 A와 B에서 다르다. **같다**
- ㉢ 바람과 등압선이 이루는 각은 A보다 B에서 **크다**. **작다**

ㄱ. 기압 경도력은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하므로 A에서는 북쪽을 향하고, 북반구 지상이므로 바람은 마찰력의 영향을 받아 기압 경도력에 대해 오른쪽으로 비스듬하게 불므로 남서풍이 분다.

ㄴ. 기압 경도력은 고기압에서 저기압 쪽으로 등압선에 직각 방향으로 작용하므로 기압 경도력의 방향은 A와 B 모두 북쪽으로 같다.

ㄷ. 고도가 높아질수록 공기에 작용하는 마찰력이 감소하므로 등압선과 바람이 이루는 각은 점차 작아져 풍향이 등압선에 나란해진다.

## 07 꼼꼼 문제 분석



### 선택지 분석

- ㉠ (가)와 (나)의 중심부 기압은 주위보다 낮다.
- ㉡ 풍속은 (가)보다 (나)에서 빠르다.
- ㉢ (나)에서 전향력과 기압 경도력의 크기가 같다. **기압 경도력의 크기가 전향력보다 크다**

ㄱ. (가)는 바람이 시계 반대 방향으로 회전하면서 중심부로 불어 들어가므로 중심부는 저기압이다. (나)는 바람이 등압선에 나란하게 시계 반대 방향으로 불고 있으므로 중심부가 저기압이다. 따라서 (가)와 (나)의 중심부의 기압은 모두 주위보다 낮다.

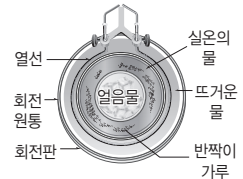
ㄴ. (가)와 (나)의 기압 경도력은 같지만, (나)는 지상풍으로, 마찰력이 작용하기 때문에 풍속은 (가)보다 상공에서 부는 (나)에서 더 빠르다.

ㄷ. (나)에서 중심 방향으로 작용하는 기압 경도력이 바깥쪽으로 작용하는 전향력보다 크므로 기압 경도력의 일부가 구심력 역할을 한다.

## 08 꼼꼼 문제 분석

### [실험 과정]

회전 원통에 각각 얼음물, 실온의 물, 뜨거운 물을 넣고, 회전 원통을 시계 반대 방향으로 돌린다.  
→ 지구의 자전 방향



### [실험 결과]

회전 속도에 따른 물의 움직임은 다음과 같다.



### 선택지 분석

- ㉠ 실온의 물은 중위도 지방의 공기에 해당한다.
- ㉡ A에서 나타나는 흐름은 편서풍 파동에 해당한다. **해들리 순환**
- ㉢ 얼음물과 뜨거운 물의 위치를 바꾸어 실험하면 파동이 나타나지 않는다. **나타난다**

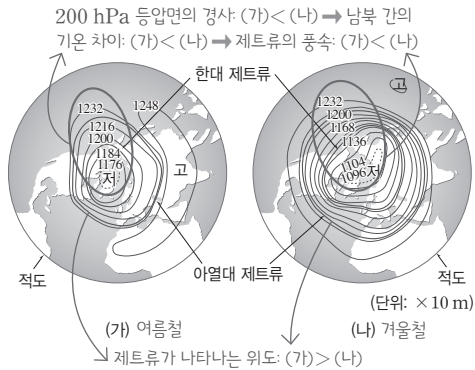
ㄱ. 실온의 물은 중위도 지방의 공기, 얼음물은 극지방의 공기, 뜨거운 물은 적도 지방의 공기에 해당한다.

ㄴ. 회전하지 않는 A에서는 전향력에 해당하는 효과가 나타나지 않으므로 편서풍 파동에 해당하는 흐름이 나타나지 않는다. A에서는 물이 외벽 쪽에서 가열에 의해 상승하고 내벽 쪽에서 냉각에 의해 하강하여 열적 순환이 형성되므로 해들리 순환에 해당하는 흐름이 관찰된다.

ㄷ. 얼음물과 뜨거운 물의 위치를 바꾸면 중간 원통의 바깥쪽에서 물이 하강하고 안쪽에서 상승하는 대류가 형성되고, 회전 원통을 회전시키면 파동이 나타난다.



## 09 꼼꼼 문제 분석



### 선택지 분석

- ✗ (가)는 겨울철에 관측한 모습이다. 여름철
- 한대 제트류의 풍속은 (나)가 (가)보다 빠르다.
- ✗ 아열대 제트류는 동풍 계열의 바람이다. 서풍

ㄴ. 등압면의 경사는 (가)보다 (나)가 크므로 기압 경도력이 (가)보다 (나)가 더 크다. 따라서 한대 제트류의 평균 풍속은 (가)보다 (나)가 더 빠르다. 남북 방향의 온도 차이가 큰 겨울철이 여름철보다 한대 제트류의 평균 풍속이 빠르다.

▣ **바로알기** ㄱ. 제트류는 여름철보다 겨울철에 저위도까지 내려오므로 (가)는 여름철, (나)는 겨울철에 관측한 모습이다.  
 ㄷ. 그림에서 기압 경도력이 북쪽으로 작음하므로 아열대 제트류는 동쪽으로 분다. 아열대 제트류는 해들리 순환에 의한 따뜻한 공기와 페렐 순환에 의한 찬 공기가 만나는 위도 30° 부근의 대류권 계면에서 동쪽으로 흐르는 서풍 계열의 바람이다.

## 10

### 선택지 분석

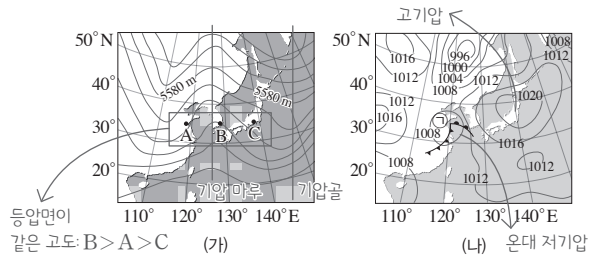
- ㄱ (가)에서 편서풍 파동은 지상 저기압의 발달을 유도한다.
- ㄴ (가)에서 기압골을 지나 A 지점을 통과하는 공기의 이동 속도는 증가한다.
- ✗ ㄷ (가)와 (나) 중 지상 저기압이 발달하는 과정에 있는 것은 (나)이다. (가)

ㄱ. (가)에서는 기압골의 동쪽에 위치한 A에서 발산이 일어나면서 상승 기류를 형성하여 지상 저기압의 발달을 유도한다.

ㄴ. (가)에서 기압골을 지나 A 지점을 통과하는 공기의 이동 속도는 증가하여 발산이 일어난다.

▣ **바로알기** ㄷ. (가)는 지상 저기압이 발달하는 과정에 있다. (나)는 지상 저기압 위에 상층 기압골이 위치하면서 상층의 발산이 일어나지 않으므로 상승 기류를 유도하지 못하여 지상 저기압은 약해지면서 소멸된다.

## 11 꼼꼼 문제 분석



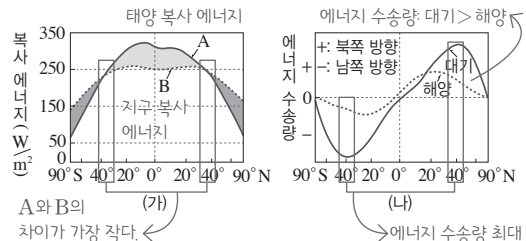
### 선택지 분석

- ✗ A의 고도는 B보다 높다. 낮다
- C의 지상에는 하강 기류가 우세하다.
- A에서 공기의 발산이 강해지면 ㉠의 중심 기압이 낮아진다.

ㄴ. C는 우리나라를 지나는 기압 마루의 동쪽에 위치하여 공기의 수렴이 일어나 하강 기류가 우세하고 지상에 고기압이 발달한다.  
 ㄷ. A에서 공기의 발산이 강해지면 상층 기류가 더 강해지므로 지상의 온대 저기압의 세력이 강해진다. 저기압은 중심 기압이 낮을수록 세력이 강하므로 ㉠의 중심 기압이 더 낮아진다.

▣ **바로알기** ㄱ. 상층 일기도의 등고선은 상대적으로 찬 공기가 분포하는 북쪽으로 갈수록 낮아진다. A는 B의 등고선보다 북쪽에 위치하므로 B보다 고도가 낮다.

## 12 꼼꼼 문제 분석



### 선택지 분석

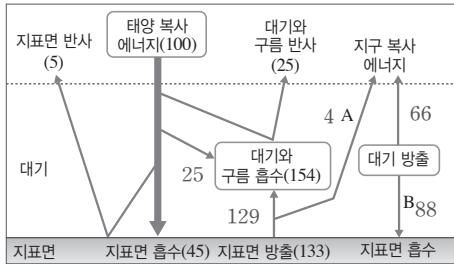
- ㄱ (가)에서 태양 복사 에너지는 A이다.
- ㄴ (나)에서 에너지 수송량은 대기가 해양보다 많다.
- ㄷ A와 B의 차이가 가장 작은 위도에서 에너지 수송량이 최대이다.

ㄱ. 저위도에서는 태양 복사 에너지가 지구 복사 에너지보다 많으므로 A는 태양 복사 에너지, B는 지구 복사 에너지이다.

ㄴ. (나)에서 북반구와 남반구 모두 저위도에서 고위도로의 에너지 수송량은 대기가 해양보다 많다.

ㄷ. (가)에서 A와 B의 차이가 가장 작은 위도는 38° 부근이고, (나)에서 에너지 수송량은 위도 38° 부근에서 최대이다.

### 13 꼼꼼 문제 분석



#### 선택지 분석

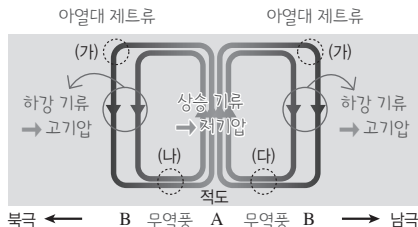
- ㉠ 지표면에서 우주로 방출되는 A는 4이다.
- ㉡ 대기에서 지표면으로 방출되는 B는 97이다. 88
- ㉢ 우주 공간으로 방출되는 지구 복사 에너지의 대부분은 대기에서 방출된다.

ㄱ. 대기와 구름 흡수 154 중 25는 태양으로부터, 129는 지표면으로부터 흡수한 것이므로 A는  $133 - 129 = 4$ 이다.

ㄴ. 지구가 흡수한 태양 복사 에너지는  $100 - 5 - 25 = 70$ 이므로 지구가 방출하는 지구 복사 에너지도 70이다. A는 4이고 대기에서 우주로 방출되는 양은  $70 - A = 66$ 이므로 우주 공간으로 방출되는 지구 복사 에너지의 대부분은 대기에서 방출된다.

❗ **바로알기** ㄴ. 지표면에서 열수지는 흡수량과 방출량이 같다. 따라서  $45 + B = 133$ 이므로 B는 88이다.

### 14 꼼꼼 문제 분석



#### 선택지 분석

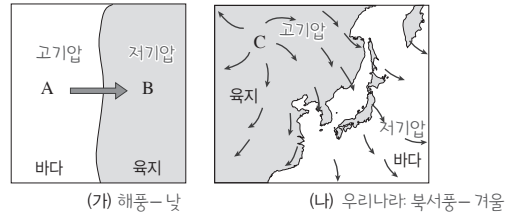
- ㉠ 연강수량은 A보다 B에서 많다. 적다
- ㉡ (가)에서는 아열대 제트류가 나타난다.
- ㉢ (나)와 (다)에서는 동풍 계열의 바람이 우세하게 분다.

ㄴ. (가)는 남·북위 30° 부근의 상공에서 강한 서풍이 부는 곳으로, 아열대 제트류가 나타난다.

ㄴ. (나)에서는 북동 무역풍이 불고, (다)에서는 남동 무역풍이 불므로 동풍 계열의 바람이 우세하게 분다.

❗ **바로알기** ㄱ. A에서는 상승 기류가 발달하므로 구름이 자주 발생하여 연강수량이 많고, B에서는 하강 기류가 발달하므로 구름의 발생이 적어 연강수량이 적다.

### 15 꼼꼼 문제 분석



#### 선택지 분석

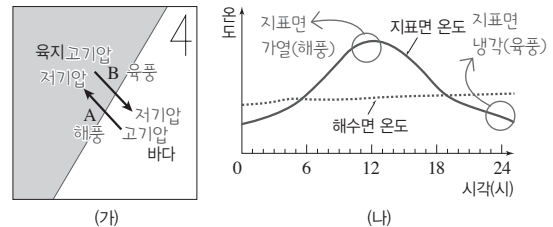
- ㉠ (가)에서 기온은 A 지역이 B 지역보다 높다. 낮다
- ㉡ (나)에서 C 지역에는 저기압이 위치한다. 고기압
- ㉢ (가)와 (나)에서 부는 바람은 주로 육지와 바다의 열용량 차이 때문에 발생한다.

ㄴ. (가)에서 부는 해륙풍과 (나)에서 부는 계절풍은 주로 육지와 바다의 열용량 차이 때문에 육지가 바다보다 빨리 가열되고 빨리 냉각되어 발생한다.

❗ **바로알기** ㄱ. 기온이 높은 지역에서는 공기가 가열되어 상승 기류가 발생하고 저기압이 형성된다. (가)에서 상대적으로 기압이 높은 A 지역에서 기압이 낮은 B 지역으로 바람이 불어가므로, 기온은 B 지역이 A 지역보다 높다.

ㄴ. 바람은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 분다. (나)에서 계절풍이 육지에서 바다로 불어가므로 C 지역에는 고기압이 위치한다.

### 16 꼼꼼 문제 분석



#### 선택지 분석

- ㉠ 풍속은 6시경보다 12시경에 빠르다.
- ㉡ 12시경에 풍향은 A보다 B 방향이 우세하다. B보다 A
- ㉢ 24시경에는 육지에 고기압, 바다에 저기압이 형성된다.

ㄱ. 지표면과 해수면의 온도 차이가 클수록 기압 차이가 커서 풍속이 빠르므로 이 지역의 풍속은 6시경보다 12시경에 빠르다.

ㄴ. 24시경에는 지표면 온도가 해수면 온도보다 더 낮으므로 육지가 냉각되어 육지에 고기압, 바다에 저기압이 형성된다.

❗ **바로알기** ㄴ. 12시경에 육지가 바다보다 빨리 가열되어 육지의 기압이 낮아지므로 바다에서 육지로 해풍이 분다. 따라서 풍향은 B보다 A 방향이 우세하다.



### III. 우주

## 1

### 행성의 운동



### 천체의 위치와 좌표계

#### 개념 확인 문제

256 쪽

- ① 방위 ② 남중 ③ 135°E(동경 135°) ④ 경도 ⑤ 위도  
⑥ 날짜 변경선

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) × (6) ○ 2 (1) 그리니치 (2) 동  
(3) 15 (4) 9 3 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × 4 ㉠ 24,  
㉡ 동, ㉢ 서

- 1 (1) 방위는 보통 동, 서, 남, 북의 4방위로 나타내는데, 4방위를 더 자세히 나눈 8방위도 있으며, 그 밖에도 실생활에서는 16방위, 32방위도 사용된다.  
(2) 방위는 관측자를 중심으로 나타내는 것으로, 관측자의 위치가 달라지면 동일한 지점이라도 방위가 달라진다.  
(3) 지도에 방위 표시가 없는 경우에는 지도의 위쪽이 북쪽, 아래쪽이 남쪽, 오른쪽이 동쪽, 왼쪽이 서쪽이 된다.  
(4) 지구상에서 관측자를 통과하는 경선을 기준으로 이에 수직하는 방향을 동쪽과 서쪽으로 나타내며, 북쪽을 바라볼 때 오른쪽이 동쪽, 왼쪽이 서쪽이다.  
(5) 시계의 짧은바늘을 태양 쪽으로 향하게 하였을 때, 12시 눈금과 짧은바늘이 가리키는 눈금의 중간이 남쪽이다.  
(6) 관측자가 볼 때 해가 뜨는 쪽은 동쪽, 해가 지는 쪽은 서쪽이다.

- 2 (1) 현재 전 세계는 영국의 그리니치 천문대를 지나는 경선(경도 0°선)에 태양이 남중했을 때를 12시(정오)로 정한 시간 체계를 쓰고 있는데, 이를 세계시 또는 국제 표준시라고 한다.  
(2) 지구는 서에서 동으로 자전하므로 동쪽으로 갈수록 시간이 빨라진다. 따라서 국제 표준시의 기준이 되는 경도 0°선을 기준으로 동쪽으로 갈수록 시간이 빨라진다.  
(3) 지구는 1시간에 15°( $=360^\circ \div 24\text{시간}$ )씩 자전하므로 경도 15° 차이가 나는 두 지역의 시각은 1시간 차이가 난다.  
(4) 우리나라는 135°E를 표준 경선으로 사용하기 때문에 경도 0°를 표준 경선으로 사용하는 영국의 런던보다 9시간( $=135^\circ \div 15^\circ/\text{시간}$ )이 빠르다.

- 3 (1) 북극과 남극을 지나도록 지구를 나누는 세로선을 경선이라고 하고, 경선은 경도를 나타낼 때 사용한다.  
(2) 경도 0°는 그리니치 천문대를 지나는 경선으로 정하였다.  
(3) 경도는 그리니치 천문대를 지나는 경선을 0°로 하여 동쪽으로 180°(동경), 서쪽으로 180°(서경)까지 나누어 나타낸다.  
(4) 위도는 위도가 0°인 위선, 즉 적도를 기준으로 북쪽으로 90°(북위), 남쪽으로 90°(남위)까지 나누어 나타낸다.  
(5) 방위는 관측자 중심으로 위치를 나타내지만, 경도와 위도는 관측자의 위치와 관계없이 지구 중심으로 위치를 나타낸다.

- 4 날짜 변경선은 경도 0°에서 동쪽과 서쪽 방향으로 각각 시간을 측정하였을 때 경도 180°에서 하루(24시간)의 시간 차이가 생기는 모순을 해결하기 위해 경도 180° 태평양 부근에 설정한 가상의 선이다. 이 선을 동쪽으로 지날 때는 날짜를 하루 늦추고, 반대로 서쪽으로 지날 때는 날짜를 하루 앞당긴다.

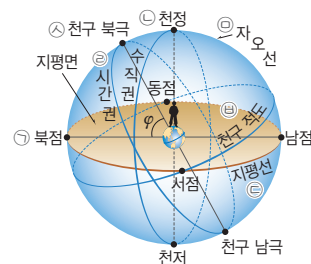
#### 개념 확인 문제

260 쪽

- ① 천구 ② 수직권 ③ 시간권 ④ 시계 ⑤ 수직권  
⑥ 춘분점 ⑦ 시간권 ⑧ 적위

- 1 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢ (4) ㉣ (5) ㉤ (6) ㉥ (7) ㉦ 2 (1) ○  
(2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) × 3 방위각: 50°, 고도: 60°,  
천정 거리: 30° 4 ㉠ A, ㉡ C 5 ㉠ 55°, ㉡ 78.5°,  
㉢ 55°, ㉣ 31.5° 6 (1) A (2) A (3) A (4) C

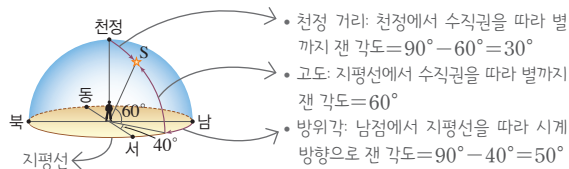
### 1 **꼼꼼** 문제 분석



- (1) 관측자의 머리 위를 연장할 때 천구와 만나는 점 → ㉠ 천정  
(2) 관측자의 지평면을 연장하여 천구와 만나는 대원 → ㉡ 지평선  
(3) 지구의 북극을 연장하여 천구와 만나는 점 → ㉢ 천구 북극  
(4) 지구의 적도를 연장하여 천구와 만나는 대원 → ㉣ 천구 적도  
(5) 천구 북극과 천구 남극을 지나는 대원 → ㉤ 시간권  
(6) 수직권 중에서 천구 북극과 천구 남극을 지나는 대원 → ㉥ 자오선  
(7) 자오선이 지평선과 만나는 두 점 중 천구 북극에 가까운 점 → ㉦ 북점

- 2 (1), (2) 방위각은 북점(또는 남점)을 기준으로 지평선을 따라 시계 방향으로 재고, 고도는 지평선에서 수직권을 따라 천체까지 잴다.
- (3) 지평 좌표계는 관측자 중심의 좌표계로, 관측 시각과 장소에 따라 지평면이 달라져 기준점(북점 또는 남점)과 기준선(지평선)이 달라지므로 좌표가 달라진다.
- (4), (5) 적경은 춘분점을 기준으로 천구 적도를 따라 시계 반대 방향으로 재고, 적위는 천구 적도에서 시간권을 따라 천체까지 잴다.
- (6) 적경이 같은 천체는 같은 시각에 남중한다. 지구는 자전축을 중심으로 자전하여 일주권이 천구 적도에 나란하게 나타나므로, 적위가 같은 천체는 일주권이 같다.

### 3 꼬꼬 문제 분석



- 4 B는 황도와 천구 적도가 만나는 두 교점 중 태양이 남쪽에서 북쪽으로 올라갈 때 만나는 점에 해당하므로 춘분점에 위치한다. C는 천구 적도에서 가장 북쪽에 있으므로 하지점에 위치하며, A는 천구 적도에서 가장 남쪽에 있으므로 동지점에 위치한다.

→ A: (18<sup>h</sup>, -23.5°), B: (0<sup>h</sup>, 0°), C: (6<sup>h</sup>, +23.5°)

- 적경: 춘분점을 기준으로 천구 적도를 따라 시계 반대 방향으로 측정하므로, B < C < A이다.
- 적위: 천구 적도에서 천구 북극으로 갈수록 커지므로, A < B < C이다.

### 5 꼬꼬 문제 분석

태양의 남중 고도 = 90° - 관측자의 위도(35°) + 태양의 적위

| 계절  | 태양의 적위 | 태양의 남중 고도                    |
|-----|--------|------------------------------|
| 춘분날 | 0°     | ☉: 90° - 35° + 0° = 55°      |
| 하짓날 | +23.5° | ☉: 90° - 35° + 23.5° = 78.5° |
| 추분날 | 0°     | ☉: 90° - 35° + 0° = 55°      |
| 동짓날 | -23.5° | ☉: 90° - 35° - 23.5° = 31.5° |

- 6 (1) 태양의 남중 고도는 태양이 남쪽 자오선을 통과할 때의 고도로, A가 가장 높다.
- (2) 위도가 같을 경우에는 적위가 클수록 태양의 남중 고도가 높다. A ~ C 중 일주권이 천구 북극에 가장 가까운 A의 적위가 가장 높다.

- (3) 낮의 길이는 태양의 일주권 중 지평면 위로 보이는 부분이 길수록 길므로, A가 가장 길다.
- (4) C는 태양이 남동쪽에서 떠서 남서쪽으로 지며, 태양의 남중 고도가 가장 낮으므로 겨울철에 해당한다.

261 쪽 ~ 263 쪽

완자뽀  
비법 특강

- Q1 적경, 적위 Q2 (1) 중위도 (2) 서쪽 하늘  
Q3 (1) 북쪽 하늘 (2) 북극성 (3) C (4) C  
Q4 출몰성

Q1 서울과 제주도는 지평면이 달라서 지평 좌표계의 기준(지평선, 북점 또는 남점)이 다르므로 별의 방위각과 고도가 다르다.

Q2 (1) 천구 적도는 별의 일주권에 나란하며, 일주권이 지평면에 대해 기울어져 있으므로 중위도 지역이다.  
(2) 별의 일주권이 오른쪽 아래로 기울어져 있으므로 서쪽 하늘을 관측한 것이다.

Q3 (1) 일주권이 원형이므로 북쪽 하늘을 관측한 것이다.  
(2) 별은 천구 북극에 위치한 북극성(P)을 중심으로 일주 운동한다.  
(3) 북쪽 하늘을 바라볼 때 별의 일주 운동은 시계 반대 방향으로 일어나므로 관측이 끝났을 때 고도는 A < B < C이다.  
(4) 방위각은 북점으로부터 시계 방향으로 별을 지나는 수직권까지 잰 각도이므로 C < B < A이다.

Q4 위도가 30°인 지방에서 출몰성의 적위 범위는 60° > δ > -60°이므로 적위가 50°인 별은 출몰성이다.

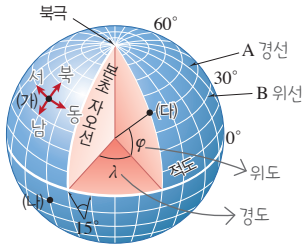
### 대표 자료 분석

264 쪽 ~ 265 쪽

- 자료 1 1 ㉠ 동, ㉡ 5 2 A: 경선, B: 위선, λ: 경도, φ: 위도  
3 (가) 위도: 40°N(북위 40°), 경도: 30°W(서경 30°)  
(나) 위도: 10°S(남위 10°), 경도: 15°W(서경 15°)  
(다) 위도: 40°N(북위 40°), 경도: 60°E(동경 60°)  
4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×
- 자료 2 1 a < b < c 2 (1) > (2) > (3) < 3 (1) ○  
(2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×
- 자료 3 1 적경: 0<sup>h</sup>, 적위: 0° 2 (1) ㉠ 22, ㉡ 10, ㉢ 10<sup>h</sup>  
(2) ㉠ 24, ㉡ 12, ㉢ 12<sup>h</sup> 3 (1) ㉠ 40, ㉡ -12.5  
(2) ㉠ 50, ㉡ -2.5 4 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○
- 자료 4 1 ㉠ D, ㉡ B 2 (1) C (2) B (3) A (4) D  
3 36.5°N 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ×



### 1-1 **문제 분석**



관측자를 지나는 경선을 기준으로 관측자가 북쪽을 바라볼 때 오른쪽이 동쪽, 왼쪽이 서쪽이다. 따라서 (가) 지점에서 (다) 지점을 보면 동쪽에 위치한다.

지구가 1시간에  $15^\circ (= 360^\circ \div 24\text{시간})$ 씩 서에서 동으로 자전하며, (다) 지점은 (나) 지점보다  $75^\circ (= 15^\circ \times 5\text{칸})$  동쪽에 위치하므로 태양이 5시간  $(= 75^\circ \div 15^\circ/\text{시간})$  먼저 남중한다.

**1-2** A는 북극과 남극을 지나는 세로선이므로 경선이다. B는 지구의 자전축에 수직이고, 적도에 평행한 가로선이므로 위선이다.  $\lambda$ 는 영국의 그리니치 천문대를 지나는 경선(본초 자오선)과 어떤 위치를 지나는 경선이 이루는 각도이므로, 경도이다.  $\phi$ 는 적도에서 어떤 위치를 지나는 위선이 이루는 각도이므로, 위도이다.

**1-3** 그림에서 위선은  $10^\circ$  간격, 경선은  $15^\circ$  간격으로 나뉘어져 있다.

(가) 지점은 적도에서 북쪽으로  $40^\circ (= 10^\circ \times 4\text{칸})$  떨어져 있으므로 위도는  $40^\circ\text{N}$ (북위  $40^\circ$ )이고, 본초 자오선(그리니치 천문대를 지나는 경선)을 기준으로 서쪽으로  $30^\circ (= 15^\circ \times 2\text{칸})$  떨어져 있으므로 경도는  $30^\circ\text{W}$ (서경  $30^\circ$ )이다.

(나) 지점은 적도에서 남쪽으로  $10^\circ (= 10^\circ \times 1\text{칸})$  떨어져 있으므로 위도는  $10^\circ\text{S}$ (남위  $10^\circ$ )이고, 본초 자오선을 기준으로 서쪽으로  $15^\circ (= 15^\circ \times 1\text{칸})$  떨어져 있으므로 경도는  $15^\circ\text{W}$ (서경  $15^\circ$ )이다.

(다) 지점은 적도에서 북쪽으로  $40^\circ (= 10^\circ \times 4\text{칸})$  떨어져 있으므로 위도는  $40^\circ\text{N}$ (북위  $40^\circ$ )이고, 본초 자오선을 기준으로 동쪽으로  $60^\circ (= 15^\circ \times 4\text{칸})$  떨어져 있으므로 경도는  $60^\circ\text{E}$ (동경  $60^\circ$ )이다.

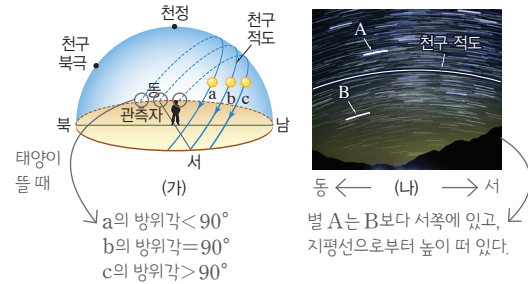
**1-4** (1) (다) 지점의 관측자가 북쪽을 바라볼 때 (가) 지점은 왼쪽에 있으므로 방위는 서쪽이다.

(2) 지구는 서에서 동으로 1시간에  $15^\circ$ 씩 자전하므로 (나) 지점에서 태양이 먼저 남중하고, 1시간 뒤에 (가) 지점에서 태양이 남중한다.

(3) 지구는 적도가 극보다 더 볼록한 타원체이기 때문에 위선의 길이는 고위도로 갈수록 짧아진다.

(4) 날짜 변경선은 경도  $180^\circ$  부근으로, (가) 지점에서 (다) 지점으로 이동할 때는 시간만 변할 뿐 날짜는 변하지 않는다.

### 2-1 **문제 분석**



방위각은 북점을 기준으로 시계 방향으로 측정하므로 북점 → 동점 → 남점 → 서점으로 갈수록 커진다. 따라서 태양이 뜰 때 방위각의 크기를 비교하면  $a < b < c$ 이다.

**2-2** (1) 방위각은 북 → 동 → 남 → 서로 갈수록 커지며, 별 A는 B보다 서쪽에 있으므로 방위각은 별 A가 B보다 더 크다.

(2) 고도는 지평선에서 천체를 지나는 수직권을 따라 천체까지 zen 각도로, 지평선에 높이 떠 있을수록 높다. 따라서 고도는 별 A가 B보다 높다.

(3) 천정 거리는 별의 고도가 낮을수록 크므로 별 B가 A보다 크다.

**2-3** (1) (가)에서 태양이 b 경로로 일주 운동하는 동안 동 → 남 → 서 방향으로 이동하므로, 방위각은 계속 증가한다.

(2) (가)에서 태양이 질 때 태양은 a일 때 북서쪽, b일 때 서쪽, c일 때 남서쪽에 있으므로 방위각은 a 경도가 가장 크다.

(3) 남중 고도는 천체가 남쪽 자오선을 통과할 때의 고도이므로, (가)에서 태양의 남중 고도는 a 경도가 가장 높다.

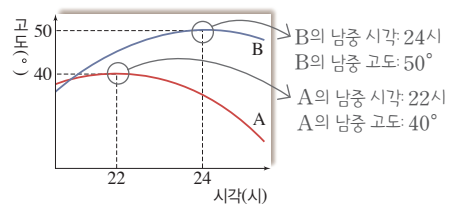
(4) (나)는 남쪽 하늘을 관측한 것이고, 별 A와 B는 서쪽으로 이동하고 있으므로, A와 B의 방위각은 점점 커진다.

(5) 별의 고도는 남중할 때 가장 높다. (나)에서 별 A와 B는 아직 남중하기 전이므로, 고도는 점점 높아졌다가 낮아진다.

### 3-1 **문제 분석**

• 춘분날 우리나라( $37.5^\circ\text{N}$ )에서 남쪽 하늘을 관측  
→ 태양이 춘분점에 위치 → 관측자의 위도:  $37.5^\circ\text{N}$

• 하루 중 남중했을 때 천체의 고도가 가장 높다.



춘분날 태양은 춘분점에 있으므로 적경은  $0^\text{h}$ , 적위는  $0^\circ$ 이다.



### ③-2 태양의 남중 시각은 12시이다.

(1) 별 A의 남중 시각은 22시이므로, 별 A는 태양보다 10시간 늦게 남중한다. 천체의 적경이 클수록 늦게 남중하므로, 별 A의 적경은 태양의 적경보다  $10^h$  더 크다. 태양의 적경이  $0^h$ 이므로 별 A의 적경은  $0^h + 10^h = 10^h$ 이다.

(2) 별 B의 남중 시각은 24시이므로, 별 B는 태양보다 12시간 늦게 남중한다. 천체의 적경이 클수록 늦게 남중하므로, 별 B의 적경은 태양의 적경보다  $12^h$  더 크다. 태양의 적경이  $0^h$ 이므로 별 B의 적경은  $0^h + 12^h = 12^h$ 이다.

### ③-3 천체의 남중 고도 = $90^\circ - \text{관측자의 위도} + \text{천체의 적위}$

(1)  $40^\circ = 90^\circ - 37.5^\circ + \text{별 A의 적위} \therefore \text{별 A의 적위} = -12.5^\circ$

(2)  $50^\circ = 90^\circ - 37.5^\circ + \text{별 B의 적위} \therefore \text{별 B의 적위} = -2.5^\circ$

### ③-4 (1) 천체의 적경이 클수록 늦게 남중하므로, 적경은 별 A가 B보다 작다.

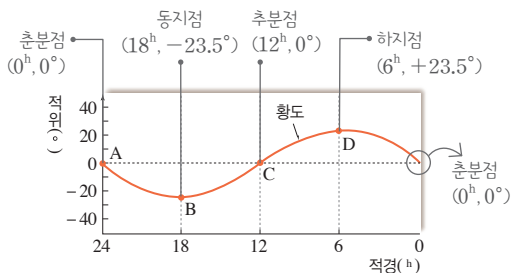
(2) '천체의 남중 고도 =  $90^\circ - \text{관측자의 위도} + \text{천체의 적위}$ '이므로, 관측자의 위도가 같을 경우에는 천체의 적위가 클수록 남중 고도가 높다. 따라서 적위는 별 A가 별 B보다 작다.

(3) 별의 적경 차이는 남중 시간 차이와 같다. 별 A와 B의 남중 시각이 2시간 차이가 나므로 적경 차이도 2시간이다.

(4) 별 A는 남중 고도가  $40^\circ$ 이고, 별 B는 남중 고도가  $50^\circ$ 이므로 별 A의 남중 고도가 별 B보다 낮다.

(5) 우리나라( $37.5^\circ\text{N}$ )에서 춘분날 태양의 남중 고도는  $90^\circ - 37.5^\circ + 0^\circ = 52.5^\circ$ 이고, 별 B의 남중 고도는  $50^\circ$ 이다.

### 4-1 **꼭꼭** 문제 분석



- 적경:  $D < C < B < A$
- 적위:  $B < C = A < D$

천체의 남중 고도는 적위와 다음과 같은 관계가 있다.

천체의 남중 고도 =  $90^\circ - \text{관측자의 위도} + \text{천체의 적위}$   
따라서 천체의 적위가 클수록 남중 고도가 높다. 별 A~D 중 적위가 가장 큰 D의 남중 고도가 가장 높고, 적위가 가장 작은 B의 남중 고도가 가장 낮다.

### 4-2 자정에 남중하는 별은 태양의 반대편에 위치하므로 태양과 적경 차이가 $12^h$ 난다.

(1) 춘분날( $0^h$ )에는 춘분점( $12^h$ ) 부근의 별(C)이 남중한다.

(2) 하지날( $6^h$ )에는 동지점( $18^h$ ) 부근의 별(B)이 남중한다.

(3) 추분날( $12^h$ )에는 춘분점( $0^h$ ) 부근의 별(A)이 남중한다.

(4) 동짓날( $18^h$ )에는 하지점( $6^h$ ) 부근의 별(D)이 남중한다.

### 4-3 별 B의 남중 고도는 $30^\circ$ 이고, 별 B가 동지점에 위치하므로 적위는 $-23.5^\circ$ 이다.

천체의 남중 고도 =  $90^\circ - \text{관측자의 위도} + \text{천체의 적위}$

$30^\circ = 90^\circ - \text{관측자의 위도} - 23.5^\circ \therefore \text{관측자의 위도} = 36.5^\circ\text{N}$

### 4-4 (1) 별 A는 적위가 $0^\circ$ 로 천구 적도상에 위치하며, 별의 일주 운동은 지구 자전축의 수직인 천구 적도에 평행하게 나타나므로 별 A는 천구 적도를 따라 일주 운동한다.

(2) 별 B의 적경은  $18^h$ , 적위는  $-23.5^\circ$ 이므로 별 B는 동지점에 위치한다. 하지점은 적경이  $6^h$ , 적위가  $+23.5^\circ$ 이므로, 별 D가 하지점에 위치한다.

(3) 별 C가 자정에 남중할 때 태양은 별 C의 반대편에 있으므로, 태양의 적경은  $0^h$ 로 춘분점에 위치한다. 따라서 이때 계절은 봄철이다.

(4) 별 D가 자정에 남중할 때 태양은 적경이  $18^h$ 인 동지점에 위치하므로 태양의 적위는  $-23.5^\circ$ 이다.

(5) 적경과 적위는 별의 일주 운동에 따라 변하지 않는다.

### 내신 만점 문제

266쪽~269쪽

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

### 01 ㄱ. 북극점을 향하는 쪽이 북쪽, 남극점을 향하는 쪽이 남쪽이다.

■ **바로알기** ■ 나. 북극점과 남극점을 이은 경선을 기준으로 이에 수직인 방향을 동쪽과 서쪽으로 나눈다. 관측자가 북쪽을 바라보고 섰을 때 앞쪽이 북쪽, 오른쪽이 동쪽, 왼쪽이 서쪽, 뒤쪽이 남쪽이 된다. 관측자가 남쪽을 바라보고 섰을 때 앞쪽이 남쪽, 뒤쪽이 북쪽, 오른쪽이 서쪽, 왼쪽이 동쪽이 된다.

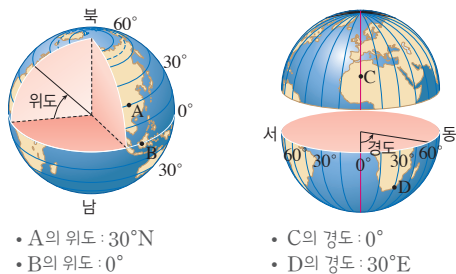
ㄷ. 방위는 관측자를 중심으로 방향을 나타내므로, 관측자의 위치가 변하면 어떤 지점을 가리키는 방위는 바뀐다.

**02** ㄱ. 위도는 북극과 남극의 중간 지점을 연결한 위선인 적도를 기준으로 하여 정해진다.

ㄴ. 경도는 영국과의 시간 차이로 구할 수 있다. 경도 15°마다 1시간의 시간차가 발생하므로, 시간차에 15°를 곱하면 각 지역의 경도를 구할 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 우리나라는 동경 124°~132°에 위치하지만, 표준 경선은 동경 135°이므로 태양이 동경 135°에 남중할 때 시각이 정오이다. 서울(동경 127°)은 표준 경선보다 서쪽에 있고 지구는 서에서 동으로 자전하므로, 태양이 서울에서 남중했을 때는 12시가 지났을 무렵(약 12시 32분)이다.

### 03 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. B는 위도가 0°인 적도에 위치한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 연평균 기온은 고위도로 갈수록 낮아지므로 A(30°N)는 B(0°)보다 연평균 기온이 낮다.

ㄷ. D(30°E)는 C(0°)보다 동쪽에 위치해 있으므로 표준시가 빠르다.

**04** ㄱ. 지구는 하루 24시간 동안 360°를 자전하므로, 경도 15°마다 1시간의 시간 차이가 발생한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 표준 경선이 135°E인 서울은 경도 0°선에 위치한 영국보다 9시간( $=135^\circ \div 15^\circ/\text{시간}$ )이 빠르다.

ㄷ. 국제 표준시의 기준이 되는 경도 0°선에서 동쪽으로 갈수록 시간이 빨라지고, 서쪽으로 갈수록 시간이 느려진다.

**05** 경도 0°인 영국의 그리니치 천문대에서 동쪽 방향으로 180° 지점은 12시간 빠르고, 서쪽 방향으로 180° 지점은 12시간 느리므로 경도 180° 지점은 같은 지점임에도 불구하고 동쪽으로 측정했을 때와 서쪽으로 측정했을 때 하루(24시간)의 시간 차이가 생긴다. 따라서 날짜 변경선을 동쪽으로 지날 때는 날짜를 하루 늦추고, 서쪽으로 지날 때는 날짜를 하루 앞당긴다.

☞ **보편답안** 날짜 변경선을 지날 때 날짜를 하루 늦춘다(날짜를 1일 뺀다).

| 채점 기준                           | 배점    |
|---------------------------------|-------|
| 날짜를 하루 늦춘다 또는 날짜를 1일 뺀다고 서술한 경우 | 100 % |
| 하루를 언급하지 않고 날짜를 늦춘다고만 서술한 경우    | 50 %  |

**06** ② 수직권은 천정과 천저를 지나는 대원이므로, 관측자의 위치에 따라서 좌표가 달라진다.

▣ **바로알기** ▣ ①, ③, ④, ⑤ 황도, 시간권, 천구 북극, 천구 적도는 관측자의 위치와 관계없이 지구를 중심으로 정한 것이다.

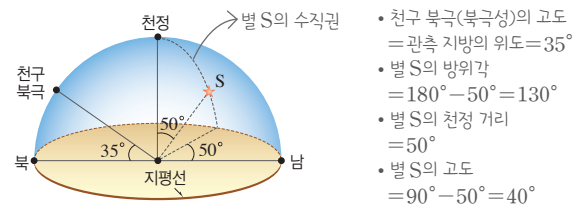
**07** ㄴ. 지구의 자전이나 관측자의 위치에 따라 지평면이 달라지므로, 기준점과 기준선이 바뀌어 지평 좌표계의 좌표는 시간과 장소에 따라 달라진다.

ㄷ. 적도 좌표계의 기준은 춘분점과 천구 적도이다. 춘분점과 천구 적도는 지구 자전의 영향을 받지 않으므로 대부분의 거리가 먼 별들의 적도 좌표계의 좌표는 시간에 관계없이 일정하지만 상대적으로 가까운 거리에 있는 태양계의 행성은 태양 주위를 공전하면서 별 사이를 이동하므로 적도 좌표가 시간에 따라 변한다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 지평 좌표계에서 방위각은 북점 또는 남점을 기준으로 측정한다. 춘분점을 기준으로 측정하는 것은 적도 좌표계의 적경이다.

ㄷ. 적도 좌표계에서 적위는 천구 적도에서 시간권을 따라 천체까지 켜 각도로 나타낸다.

### 08 **꼼꼼** 문제 분석



② 천정 거리는 천정으로부터 별까지 수직권을 따라 켜 각도이므로, 별 S의 천정 거리는 50°이다.

③ 천구 북극의 고도는 북점으로부터 천구 북극까지 수직권을 따라 켜 각도이므로 35°이다.

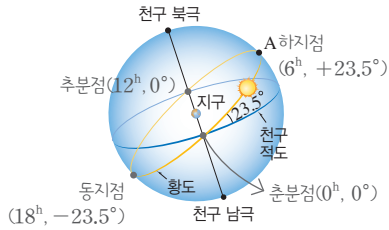
④ 방위각은 북점으로부터 시계 방향으로 지평선을 따라 측정하므로, 별 S의 방위각은 130°( $=180^\circ - 50^\circ$ )이다.

⑤ 고도는 지평선에서 별을 지나는 수직권을 따라 측정하므로, 별 S의 고도는 40°( $=90^\circ - 50^\circ$ )이다.

▣ **바로알기** ▣ ① 천구 북극(북극성)의 고도는 그 지방의 위도와 같다. 따라서 관측 지방의 위도는 35°N이다.

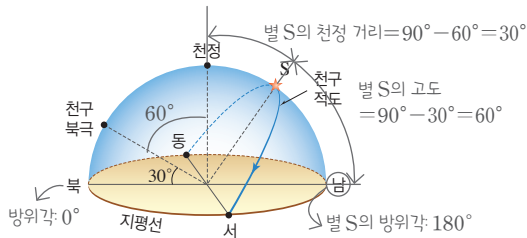
**09** 방위각은 북점을 기준으로 시계 방향으로 지평선을 따라 측정하며, 고도는 지평선에서 별을 지나는 수직권을 따라 측정한다. 현재 별 S는 남중하고 있으므로 남쪽 하늘에서 보이고, 고도가 하루 중 가장 높다. 별은 동에서 서로 일주 운동하므로, 3시간 후 별 S는 남서쪽에 위치한다. 따라서 방위각은 증가하고, 고도는 감소한다.

## 10 **꼼꼼** 문제 분석



- A 지점의 적경: 춘분점에서부터 시계 반대 방향으로 90° 떨어져 있으므로 6<sup>h</sup>이다.
- A 지점의 적위: 황도가 천구 적도에 약 23.5° 기울어져 있고, 하지점인 A 지점은 천구 적도에서 북쪽으로 가장 멀리 떨어져 있으므로, +23.5°이다.

## 11 **꼼꼼** 문제 분석



(1) 지평 좌표계의 기준점은 북점이고, 기준선은 지평선이다.

• 방위각: 별 S를 지나는 수직권(천정에서 별 S를 지나는 대원)은 지평선에서 남점을 지나므로, 북점으로부터 시계 방향으로 켜면 별 S의 방위각은 180°이다.

• 천정 거리: 천정에서 수직권을 따라 별 S까지 켜 각도이다. 북점과 천정은 수직이므로 천구 북극에서 천정까지는 90°-30°=60°이고, 천구 북극과 천구 적도는 수직이므로 별 S의 천정 거리는 90°-60°=30°이다.

• 고도: 지평선에서부터 수직권을 따라 별 S까지 켜 각도이다. 천정과 지평선은 수직이므로, 별 S의 고도는 90°-30°=60°이다.

(2) 적도 좌표계의 기준점은 춘분점이고, 기준선은 천구 적도이다.

• 적경: 하짓날 태양은 하지점에 위치하며, 하지점은 춘분점에서 시계 반대 방향으로 90° 떨어져 있으므로 하짓날 태양의 적경은 6<sup>h</sup>이다. 하짓날 자정에 남중한 별은 태양의 반대편에 위치하므로 적경이 18<sup>h</sup>이다.

• 적위: 별 S는 천구 적도에 있으므로, 적위는 0°이다.

**모범답안** (1) 방위각: 180°, 고도: 60°, 천정 거리: 30°

(2) 적경: 18<sup>h</sup>, 적위: 0°

| 채점 기준                           | 배점   |
|---------------------------------|------|
| (1) 방위각, 고도, 천정 거리를 모두 옳게 구한 경우 | 60 % |
| 방위각, 고도, 천정 거리 중 한 가지 당 배점      | 20 % |
| (2) 적경, 적위를 모두 옳게 구한 경우         | 40 % |
| 적경, 적위 중 한 가지만 옳게 구한 경우         | 20 % |

**12** ① 태양이 지평선에 위치하므로, 고도는 0°이다.

② 춘분날에 태양의 적경은 춘분점과 같은 0<sup>h</sup>이다.

④ 춘분날 태양은 정동쪽에서 떠서 정서쪽으로 진다. 따라서 태양이 지평선에 막 떠오르고 있을 때 동점에 위치하므로, 태양의 방위각은 90°이다.

⑤ 태양이 동쪽에서 떠오른 이후 남쪽을 지나 서쪽으로 지므로, 방위각은 점점 증가한다.

**|| 바로알기 ||** ③ 춘분날 태양은 춘분점에 위치하므로 이 날 태양의 적위는 0°이다.

**13** 동짓날 태양의 적위는 -23.5°이므로 위도가 36.5°N인 대전에서 태양의 남중 고도는 90°-36.5°-23.5°=30°이다.

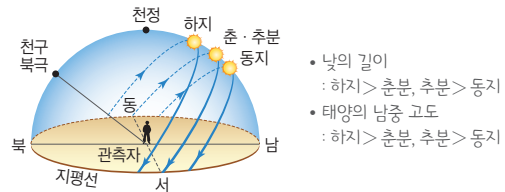
태양의 남중 고도가 30°일 때, (가)동 아파트의 높이와 두 동 사이 거리(x)의 비는 1:√3이기 때문에 두 동 사이의 거리(x)는

$$40\sqrt{3}=68 \text{ m이다} \left( \frac{40 \text{ m}}{\tan 30^\circ}=68 \text{ m} \right).$$

**모범답안** 태양의 남중 고도는 30°이고, 일조권을 확보할 수 있는 최단 거리(x)는 68 m이다.

| 채점 기준                                      | 배점    |
|--------------------------------------------|-------|
| 태양의 남중 고도와 아파트 간 최단 거리를 모두 옳게 계산한 경우       | 100 % |
| 태양의 남중 고도 또는 아파트 간 최단 거리 중 한 가지만 옳게 계산한 경우 | 50 %  |

## 14 **꼼꼼** 문제 분석



- 낮의 길이: 하지 > 춘분, 추분 > 동지
- 태양의 남중 고도: 하지 > 춘분, 추분 > 동지

ㄱ. 태양이 지평선 위에서 일주 운동하는 시간이 낮의 길이에 해당하므로, 낮의 길이는 춘분보다 하지일 때가 더 길다.

ㄷ. 태양이 춘분, 추분일 때는 정동쪽에서 떠서 정서쪽으로 지고, 하지일 때는 북동쪽에서 뜨고 북서쪽에서 지며, 동지일 때는 남동쪽에서 뜨고 남서쪽에서 진다.

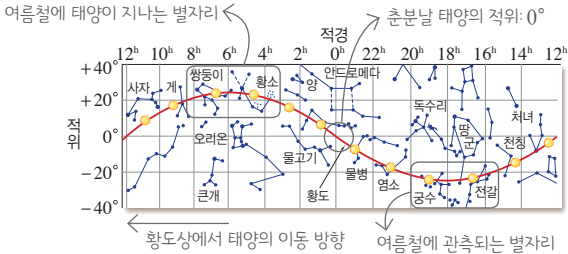
**|| 바로알기 ||** ㄴ. 태양이 남쪽 자오선을 통과할 때의 고도가 남중 고도이므로, 남중 고도는 춘분보다 동지일 때 더 낮다.

**15** ㄷ. 낮의 길이는 태양이 정동쪽에서 떠서 정서쪽으로 지는 춘분, 추분에 12시간이다. 이 날 태양은 북쪽으로 약간 치우쳐서 뜨고 지므로 낮의 길이는 12시간보다 길다.

**|| 바로알기 ||** ㄱ. 이 날 태양의 일주권이 천구 적도보다 북쪽에 나타나므로 태양의 적위가 0°보다 크다. 따라서 1년 중 춘분에서 춘분 사이로, 여름철에 해당한다.

ㄴ. '태양의 남중 고도 =  $90^\circ - \text{관측자의 위도}(30^\circ) + \text{태양의 적위}$ ' 이고, 이 날 태양이 천구 적도보다 북쪽에 위치하여 적위가 +값을 가지므로 태양의 남중 고도는  $60^\circ$ 보다 높다.

## 16 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 한밤중에 남쪽 하늘에서 보이는 별자리는 태양의 반대편에 있으므로, 적경이 12시간 차이가 난다. 하짓날 태양의 적경은  $6^h$  이므로 한밤중에는 적경이  $18^h$  부근에 있는 궁수자리를 볼 수 있다.

|| **바로알기** || ㄱ. 하짓날 태양의 적위는  $+23.5^\circ$ 이다.

ㄴ. 태양은 황도상에서 서에서 동으로 이동하므로, 다음날 태양의 적경은 증가한다.

17 ④ 남중 고도가 높은 별 A가 별 B보다 적위가 크다.

|| **바로알기** || ① 별 A는 22시, 별 B는 1시에 남중하였다. 별 A가 B보다 먼저 남중해서 먼저 지므로 별 A는 별 B보다 먼저 떴다.

② 별 A의 남중 고도는  $70^\circ$ 이고, 별 B의 남중 고도는  $50^\circ$ 이다.

③ 별 A가 남중하고 3시간이 지난 후 별 B가 남중한 것으로 보아 별 A와 별 B의 적경 차이는 3시간이다.

⑤  $70^\circ = 90^\circ - 40^\circ + \text{적위}$ 이므로 별 A의 적위는  $20^\circ$ 이다. 따라서 별 A는 천구 적도보다 적위가 높은 곳에서 일주권이 나타난다.

18 ① 관측자의 위도는 천구 북극과 북점이 이루는 각도이므로,  $90^\circ - \theta$ 이다.

② 동점과 서점을 지나는 일주권이 천구 적도이므로, 별 A는 천구 적도상에 있다.

③ 방위각은 북점을 기준으로 시계 방향으로 북 → 동 → 남 → 서로 갈수록 커지므로 B가 가장 작고, C가 가장 크다.

④ 고도는 지평선으로부터 수직권을 따라 천체까지 잰 각도로, B가 가장 높고, A가 가장 낮다.

|| **바로알기** || ⑤ 남중 고도는 적위가 클수록 높다. 별의 적위는 천구 북극에 가까운 C가 가장 크므로 남중 고도는 C가 가장 높다.

19 ㄱ. 춘분과 추분에 이 지역에서 태양의 남중 고도는  $55^\circ$ 이고, 태양의 적위는  $0^\circ$ 이다. 남중 고도 =  $90^\circ - \text{관측자의 위도} + \text{적위}$ 이므로 관측자의 위도는  $35^\circ\text{N}$ 이다.

ㄴ. 일조 시간은 태양의 남중 고도가 높을수록 길어진다. 태양의 남중 고도가 5월에는 약  $70^\circ$ 이고, 11월에는 약  $40^\circ$ 이므로 5월에는 11월보다 일조 시간이 길 것이다.

|| **바로알기** || ㄴ. 태양의 남중 고도 변화는 지구가 자전축이 기울어진 채로 태양 주위를 공전하기 때문에 생긴다.

## 2 행성의 겉보기 운동과 우주관의 변천

272 쪽

완자뽀

비법 특강

Q1 초저녁, 서쪽 하늘

Q2 총

Q1 금성이 천구상에서 태양보다 동쪽에 있을 때는 태양보다 나중에 지므로 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

Q2 화성이 총의 위치에 있을 때는 태양과의 이각이  $180^\circ$ 이기 때문에 약 12시간( $=180^\circ \div 15^\circ/\text{시간}$ ) 동안 관측할 수 있다.

### 개념 확인 문제

273 쪽

① 순행 ② 증가 ③ 역행 ④ 감소 ⑤ 유 ⑥ 외합  
⑦ 최대 이각 ⑧ 내합 ⑨ 총 ⑩ 구 ⑪ 총

1 (1)  $\times$  (2)  $\circ$  (3)  $\times$  (4)  $\circ$  2 (1) A, C (2) B (3) C (4) D  
3 ㉠ 빠르기, ㉡ 역행 4 (1)  $\circ$  (2)  $\circ$  (3)  $\times$  (4)  $\circ$  5 (1) A  
(2) D (3) B (4) C 6 ㉠ 느리기, ㉡ 총

1 (1) 외합은 내행성-태양-지구의 순으로 일직선을 이루는 위치로, 지구에서 내행성까지의 거리가 가장 멀다. 지구에서 내행성까지의 거리가 가장 가까울 때는 태양-내행성-지구의 순으로 일직선을 이루는 내합이다.

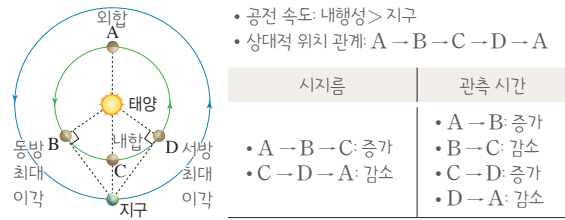
(2) 내행성이 태양으로부터 동쪽으로 떨어져 있는 이각이 최대일 때를 동방 최대 이각이라고 한다.

(3) 내행성은 최대 이각 내에서 공전하므로 태양 주변에서만 관측된다. 따라서 새벽이나 초저녁에만 관측되며, 한밤중에 남쪽 하늘에서는 보이지 않는다.

(4) 내행성은 지구보다 공전 속도가 빠르므로 내행성의 상대적 위치 관계는 외합 → 동방 최대 이각 → 내합 → 서방 최대 이각의 순으로 변한다.



## 2 꼬꼬 문제 분석

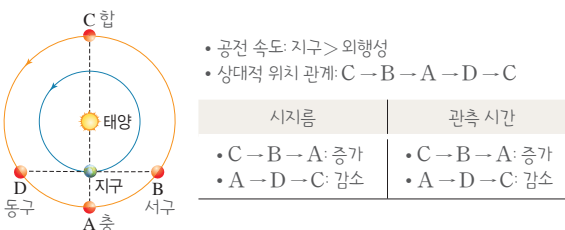


- (1) 내행성이 태양과 함께 뜨고 지기 때문에 관측이 불가능한 위치는 지구에서 볼 때 태양과 내행성이 같은 방향에서 보이는 경우이므로, A(외합)와 C(내합)이다.
- (2) 초저녁에 보이는 위치는 태양의 동쪽에 있는 경우이고, 관측 시간이 가장 긴 위치는 B(최대 이각)이다.
- (3) 내행성의 시지름이 가장 큰 위치는 내행성이 지구에서 가장 가까울 때이므로 C(내합) 부근이다.
- (4) 내행성이 태양보다 먼저 떠서 새벽에 동쪽 하늘에서 하현달 모양으로 보이는 위치는 태양이 내행성의 왼쪽 절반을 비추는 D(서방 최대 이각)이다.

**3** 내행성은 지구의 공전 궤도 안쪽에서 공전하기 때문에 공전 속도가 지구보다 빠르다. 이로 인해 겉보기 운동에서 순행과 역행이 일어나며, 내합 부근에 있을 때는 천구상에서 동에서 서로 역행이 일어난다.

- 4** (1) 층은 태양-지구-외행성의 순으로 일직선을 이루는 위치로, 지구에서 외행성까지의 거리가 가장 가깝다. 층에 위치할 때는 외행성이 가장 크고 밝게 보이며, 보름달 모양으로 보인다.
- (2) 지구에서 볼 때 태양과 외행성이 직각을 이루는 위치를 구라고 하며, 태양의 서쪽에 있는 구를 서구라고 한다.
- (3) 외행성은 보름달이나 보름달에 가까운 모양으로만 보인다.
- (4) 외행성의 공전 속도가 지구의 공전 속도보다 느리므로 외행성의 상대적 위치 관계는 행성의 공전 방향과 반대로 층 → 동구 → 합 → 서구의 순으로 변한다.

## 5 꼬꼬 문제 분석



- (1) 외행성을 관측할 수 있는 시간이 가장 긴 위치는 태양과의 이각이 180°로 가장 큰 A(층)이다.
- (2) 외행성이 상현달과 보름달 사이 모양으로 보이는 위치는 태양이 외행성의 오른쪽 부분을 많이 비추는 D(동구)에 있을 때이다.
- (3) 외행성이 B(서구)에 있을 때는 태양과의 이각이 90°이기 때문에 태양보다 약 6시간(=90°÷15°/시간) 일찍 뜨므로 자정에 동쪽 지평선에서 뜨고, 새벽에 남쪽 하늘에서 해 뜨기 전까지 보인다.
- (4) 외행성이 C(합)에 있을 때는 태양과 적경이 같아 태양과 함께 뜨고 지므로 관측이 어렵다.

**6** 외행성은 지구의 공전 궤도 바깥쪽에서 공전하기 때문에 공전 속도가 지구보다 느리다. 이로 인해 겉보기 운동에서 대부분의 기간에는 서에서 동으로 순행하고, 층 부근에 있을 때 천구상에서 동에서 서로 역행한다.

### 개념 확인 문제

277쪽

- ① 주전원    ② 최대 이각    ③ 공전 속도    ④ 연주 시차  
⑤ 지구    ⑥ 태양    ⑦ 금성

- 1 (1) × (2) × (3) ○ (4) ×    2 ㄱ, ㄴ, ㄹ    3 (1) × (2) ○  
(3) ○ (4) ×    4 ㉗ 지구, ㉘ 별의 연주 시차

- 1** (1) 프톨레마이오스의 지구 중심설에서는 지구가 우주의 중심이고, 지구로부터 멀어지는 순서로 달, 수성, 금성, 태양, 화성, 목성, 토성, 천구가 배열된다.
- (2) 태양과 달은 천구상에서 역행하지 않으므로 주전원이 없으며, 이심원을 따라 지구 주위를 돈다. 행성들은 천구상에서 역행하므로 주전원을 따라 돌고, 주전원 중심이 이심원을 따라 돈다.
- (3) 수성과 금성의 주전원 중심을 지구와 태양을 잇는 직선상에 두어 내행성의 최대 이각을 설명하였다.
- (4) 행성들은 주전원을 따라 작은 원운동을 하면서 지구 주위를 공전하므로, 천구상에서 순행할 때와 역행할 때 행성의 겉보기 운동 속도가 다르다.

- 2** ㄱ. 프톨레마이오스의 지구 중심설에서는 주전원을 도입하여 행성의 역행을 설명하였다.
- ㄴ. 프톨레마이오스의 지구 중심설에서는 별이 천구에 고정되어 있는 항성구가 지구 주위를 하루에 한 바퀴씩 동에서 서로 회전하는 것으로 별의 일주 운동을 설명하였다.
- ㄷ. 프톨레마이오스의 지구 중심설에서는 지구가 태양 주위를 공전하지 않으므로 별의 연주 시차가 생기지 않는다.



르. 수성과 금성의 주전원 중심을 지구와 태양을 잇는 직선상에 두어 내행성의 최대 이각을 설명하였다.

ㅁ. 프톨레마이오스의 지구 중심설에서 금성은 항상 태양과 지구 사이에 있으므로 보름달에 가까운 모양이 설명되지 않는다.

- 3** (1) 코페르니쿠스의 태양 중심설에서는 수성과 금성이 지구의 안쪽 궤도를 공전하는 것으로 내행성의 최대 이각이 설명된다.  
 (2) 코페르니쿠스의 태양 중심설에서는 지구와 행성의 공전 속도 차이로 행성의 역행을 설명한다.  
 (3) 갈릴레이는 금성의 위상이 초승달에서 그믐달, 하현달, 보름달, 상현달 모양으로 변하는 것을 관측하였다. 코페르니쿠스의 태양 중심설에서는 금성이 외합 부근에서 보름달에 가까운 모양, 최대 이각에서 상현달과 하현달 모양, 내합 부근에서 초승달과 그믐달 모양으로 관측되는 것을 설명할 수 있다.  
 (4) 행성들은 실제로 타원 궤도로 운동하며 운동하는 동안 공전 속도가 변하지만, 코페르니쿠스의 태양 중심설에서는 행성의 궤도를 원궤도로 제시하여 같은 속력으로 운동을 한다고 하였다.

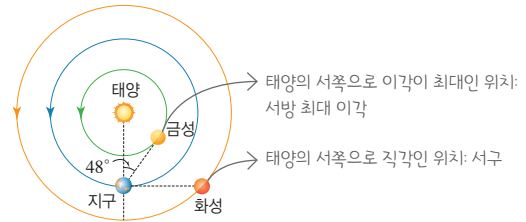
**4** 티코 브라헤는 지구 중심설을 기본으로 하여 태양 중심설의 특징을 반영하여 수정된 지구 중심설을 제시하였다. 우주의 중심에는 지구가 있고, 지구 주위를 달과 태양이 공전하며, 지구를 제외한 다른 행성들은 태양 주위를 공전한다. 이 태양계 모형에서는 금성이 태양의 건너편에 위치하여 금성-태양-지구의 순으로 배열될 수 있으므로 금성의 보름달 모양의 위상 변화를 설명할 수 있고, 지구가 움직이지 않으므로 별의 연주 시차는 설명할 수 없다.

#### 대표 자료 분석

278쪽~279쪽

- 자료 1** 1 금성: 서방 최대 이각, 화성: 서구 2 (1) ㉠ 새벽, ㉡ 동쪽, ㉢ 3 (2) ㉠ 새벽, ㉡ 6 3 ㉠ 멀어지고, ㉡ 가까워진다 4 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×
- 자료 2** 1 (1) 순행 (2) 역행 (3) 순행 2 B, D 3 (1) 증가 (2) 감소 (3) 증가 4 총 5 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○
- 자료 3** 1 (1) 4월 30일경~5월 25일경 (2) 4월 20일경~6월 29일경 2 ㉠ 5월 10일경, ㉡ 5월 25일경 3 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×
- 자료 4** 1 (가) 프톨레마이오스의 지구 중심설, (나) 코페르니쿠스의 태양 중심설, (다) 티코 브라헤의 수정된 지구 중심설 2 (1) (가) (2) (나) (3) (가), (나), (다) (4) (나), (다) 3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×

#### 1-1 꼼꼼 문제 분석

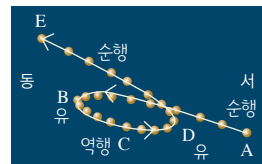


- 1-2** (1) 금성은 태양의 오른쪽(서쪽)에 위치하므로 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다. 태양보다 먼저 떠서 태양이 뜨기 전까지 관측되는데, 최대 이각이 약  $48^\circ$ 이고 지구가 1시간에  $15^\circ$  자전하므로 약 3시간( $=48^\circ \div 15^\circ/\text{시간}$ ) 동안 관측 가능하다.  
 (2) 화성은 서구에 위치하므로 자정에 떠서 새벽에 남중한다. 화성이 서구에 위치할 때는 태양과 이각이  $90^\circ$ 이므로 6시간( $=90^\circ \div 15^\circ/\text{시간}$ ) 동안 관측 가능하다.

- 1-3** 금성이 지구보다 공전 속도가 빠르므로 다음날 금성은 지구에서 멀어지고, 화성은 지구보다 공전 속도가 느리므로 다음날 화성은 지구에서 가까워진다.

- 1-4** (1) 금성은 태양의 서쪽에 위치하므로 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다.  
 (2) 화성은 동쪽 하늘에서 떠서 남쪽 하늘을 거쳐 서쪽 하늘로 진다. 서구일 때 화성은 새벽에 남중하므로, 자정에는 동쪽 하늘에서 관측된다.  
 (3) 금성이 서방 최대 이각에 위치할 때 태양 빛이 금성의 왼쪽을 비추므로, 금성은 하현달 모양으로 관측된다.  
 (4) 금성은 이날 이후 서방 최대 이각에서 외합의 위치로 이동해 가므로 지구와의 거리가 멀어져 시지름이 작아진다.  
 (5) 화성은 지구보다 공전 속도가 느리므로 이날 이후 지구와 거리가 점점 가까워지면서 서구에서 충에 가까워진다.

#### 2-1 꼼꼼 문제 분석



- 순행(A → B, D → E): 서 → 동 → 적경 증가
- 역행(B → C → D): 동 → 서 → 적경 감소
- 유: 멈춘 것처럼 보임(B, D)

화성은 천구상에서 A → B → C → D → E로 이동한다. 행성이 천구상에서 서에서 동으로 이동하는 것을 순행이라고 하고, 동에서 서로 이동하는 것을 역행이라고 한다. 따라서 A → B, D → E에서는 순행하고, B → C → D에서는 역행한다.

②-2 유는 행성의 겉보기 운동에서 행성의 운동 방향이 바뀔 때 잠시 멈춘 것처럼 보이는 현상으로, B와 D에서 나타난다.

②-3 적경은 천구상에서 춘분점을 기준으로 천구 적도를 따라 시계 반대 방향으로 증가한다. 따라서 행성이 천구상에서 서에서 동으로 순행하는 구간(A~B, D~E)에서는 적경이 증가하고, 동에서 서로 역행하는 구간(B~D)에서는 적경이 감소한다.

②-4 B~D 구간은 화성이 역행하는 구간이다. 화성은 외행성으로, 대부분의 기간에는 순행하고 충 부근에서는 역행한다. 따라서 B~D 구간일 때, 화성은 충 부근에 위치한다.

②-5 (1) A~B 기간 동안 화성은 천구상에서 서에서 동으로 겉보기 운동하므로 순행한다.

(2) B~D 기간 동안 화성은 천구상에서 동에서 서로 역행하므로 적경이 감소한다.

(3) 시지름은 지구에서 행성까지 거리가 가까울수록 크다. 외행성은 충 부근일 때 지구에서 가장 크게 관측되며, 충 부근에서 역행한다. 따라서 A~E 중 역행의 중심 부근인 C일 때 충이고, 이 때 시지름이 가장 크다.

(4) 화성은 충(C) 부근에 있을 때 가장 오랫동안 관측되고, 가장 밝게 관측된다.

### 3-1 꼼꼼 문제 분석

적경이 감소하는 구간=행성이 역행하는 구간

| 날짜<br>(월/일) | 수성                                  |           | 화성                                  |           | 태양<br>적경<br>( <sup>h</sup> <sup>m</sup> ) |
|-------------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------------|
|             | 적경<br>( <sup>h</sup> <sup>m</sup> ) | 겉보기<br>등급 | 적경<br>( <sup>h</sup> <sup>m</sup> ) | 겉보기<br>등급 |                                           |
| 4/ 5        | 01 41                               | -1.3      | 16 25                               | -0.6      | 00 58                                     |
| 4/ 20       | 03 06                               | 0.2       | 16 29                               | -1.1      | 01 53                                     |
| 4/ 30       | 03 22                               | 2.6       | 16 25                               | -1.4      | 02 30                                     |
| 5/ 10       | 03 08                               | 4.5       | 16 15                               | -1.7      | 03 09                                     |
| 5/ 25       | 02 52                               | 1.8       | 15 54                               | -2.1      | 04 09                                     |
| 6/ 9        | 03 32                               | 0.2       | 15 33                               | -1.9      | 05 10                                     |
| 6/ 19       | 04 28                               | -0.5      | 15 24                               | -1.7      | 05 52                                     |
| 6/ 29       | 05 48                               | -1.4      | 15 20                               | -1.5      | 06 33                                     |
| 7/ 9        | 07 22                               | -2.1      | 15 22                               | -1.2      | 07 25                                     |

역행 구간에서 가장 어두움  
→ 내합 부근

가장 밝음 → 충 부근

행성이 천구상에서 서에서 동으로 순행할 때는 적경이 증가하고, 동에서 서로 역행할 때는 적경이 감소한다.

(1) 수성

- 4월 5일경~4월 30일경: 적경이 증가하므로 순행하였다.
- 4월 30일경~5월 25일경: 적경이 감소하므로 역행하였다.
- 5월 25일경~7월 9일경: 적경이 증가하므로 순행하였다.

(2) 화성

- 4월 5일경~4월 20일경: 적경이 증가하므로 순행하였다.
- 4월 20일경~6월 29일경: 적경이 감소하므로 역행하였다.
- 6월 29일경~7월 9일경: 적경이 증가하므로 순행하였다.

③-2 수성은 내합 부근에서, 화성은 충 부근에서 역행한다.

㉠ 수성이 역행하고, 태양과의 이각이 0°(적경 차이: 0<sup>h</sup>)에 가까운 날은 내합 부근에 위치한다. 이때, 태양 빛에 의해 어둡게 보이므로 겉보기 등급이 가장 크다. ➡ 5월 10일경

㉡ 화성이 역행하고, 태양과의 이각이 180°(적경 차이: 12<sup>h</sup>)에 가까운 날은 충 부근에 위치한다. 이때, 지구에서 화성까지 거리가 가장 가까우므로 가장 크고 밝게 보여 겉보기 등급이 가장 작다. ➡ 5월 25일경

③-3 (1) 유는 천구상에서 행성의 운동 방향이 바뀌면서 잠시 멈춘 것처럼 보이는 것이다. 수성은 4월 30일경, 5월 25일경으로 2회 있었고, 화성은 4월 20일경, 6월 29일경으로 2회 있었다.

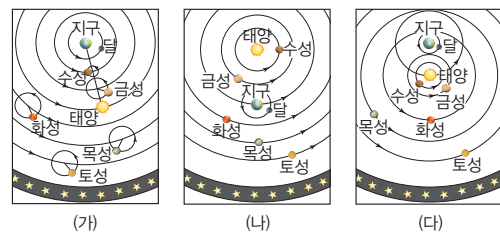
(2) 5월 10일경에 수성은 역행이 일어나고, 태양과 적경 차이가 거의 없으므로 내합 부근에 있었다.

(3) 5월 25일경에는 화성이 역행하고 가장 밝게 보이므로, 충 부근에 있었다. 화성은 충 부근에서 지구와의 거리가 가장 가깝다.

(4) 화성은 충 부근에 있을 때 초저녁부터 새벽까지 관측할 수 있으므로, 5월 25일경에 화성을 가장 오랫동안 관측할 수 있었다. 충일 때 화성과 태양의 이각은 180°로 적경 차이가 약 12<sup>h</sup>이다.

(5) 6월에 화성은 충에서 동으로 이동하므로, 지구에서 거리가 멀어져 시지름이 감소한다.

### 4-1 꼼꼼 문제 분석



(가) 우주의 중심에 지구가 있고, 행성의 주전원이 있다.

(나) 우주의 중심에 태양이 있고, 지구를 비롯한 행성이 공전한다.

(다) 우주의 중심에 지구가 있고, 행성의 주전원이 없다.

(가)는 지구가 우주의 중심이고, 태양과 달을 비롯한 행성들은 지구 주위를 돌고 있으므로 프톨레마이오스의 지구 중심설이다.

(나)는 태양이 우주의 중심이고, 지구를 비롯한 행성들이 태양 주위를 돌고 있으므로 코페르니쿠스의 태양 중심설이다.

(다)는 지구가 우주의 중심이고, 달과 태양이 지구 주위를 돌며, 지구를 제외한 행성들은 태양 주위를 돌고 있으므로 티코 브라헤의 수정된 지구 중심설이다.

**4-2** (1) (가)에서 행성들의 주전원 중심은 이심원을 따라 서에서 동으로 지구 주위를 돌며, 행성은 주전원을 따라 돌기 때문에 동에서 서로 역행하는 부분이 설명된다.

(2) (나)에서 내행성은 지구보다 공전 속도가 빠르고, 외행성은 지구보다 공전 속도가 느리다. 따라서 지구와 행성의 공전 속도 차이로 지구에서 관측할 때 동에서 서로 역행하는 구간이 나타난다.

(3) (가)에서는 수성과 금성의 주전원 중심이 지구와 태양을 잇는 직선상에 있고, (나)에서는 수성과 금성이 지구의 공전 궤도 안쪽에서 태양 주위를 공전하며, (다)에서는 수성과 금성이 태양의 공전 궤도보다 작은 궤도로 공전하고 있다. 따라서 (가)~(다)는 모두 수성과 금성이 태양에서 최대 이각 이상 멀어지지 않으므로 초저녁, 새벽에만 관측되는 것을 설명할 수 있다.

(4) (나)와 (다)는 금성이 태양의 건너편에 위치할 수 있으므로 지구-태양-금성의 순으로 배열되는 경우가 있다.

**4-3** (1) 우주의 중심은 (가)와 (다)에서 지구이고, (나)에서 태양이다.

(2) (가)에서는 수성의 주전원 중심이 태양과 지구를 잇는 일직선상에 있고, (나)에서는 수성이 태양 주위를 공전하며, (다)에서는 수성이 태양의 공전 궤도보다 작은 궤도로 공전한다. 따라서 (가)~(다)는 모두 수성의 최대 이각을 설명할 수 있다.

(3) (나)에서는 금성-태양-지구의 순으로 배열되는 경우에 금성이 보름달에 가까운 모양으로 나타날 수 있다.

(4) 별의 연주 시차는 지구가 태양 주위를 공전하는 경우에만 설명되므로 (나)에서만 설명된다.

금성이 내합(B)과 동방 최대 이각(A) 사이에 위치할 때는 초저녁에 태양이 진 후 서쪽 하늘에서 볼 수 있다. 이때, 태양이 금성의 오른쪽 일부를 비추므로 위상은 초승달 모양(a)이다.

**02** a는 동방 최대 이각, b는 내합, c는 서방 최대 이각이다.

ㄱ. 금성이 동방 최대 이각(a)에 위치할 때 태양이 금성의 오른쪽을 비추므로, 위상은 상현달 모양이다.

ㄴ. 금성이 서방 최대 이각(c)에 위치할 때는 태양보다 먼저 뜨므로 해 뜨기 전에 관측할 수 있다. 그리고 최대 이각이  $48^\circ$ 이고 지구는 1시간에  $15^\circ$  자전하므로 약 3시간( $=48^\circ \div 15^\circ/\text{시간}$ ) 동안 관측할 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 내행성인 금성은 내합(b)에 위치할 때 역행한다.

ㄷ. 금성이 내합(b)에서 서방 최대 이각(c)으로 이동할 때는 지구와 금성 사이의 거리가 멀어지므로 금성의 시지름이 점차 작아진다.

**03** 금성이 동쪽 하늘에서 관측될 때는 태양보다 먼저 뜨므로 태양의 서쪽에 위치할 때이다. 금성이  $P_1$ 에서  $P_2$ 로 진행하는 것은 내합을 지나 서방 최대 이각으로 이동할 때이다. 따라서 태양과의 이각은 증가하고, 동에서 서로 역행하기 때문에 적경은 감소하며, 지구로부터 거리가 멀어지면서 시지름은 감소한다.

▣ **모범답안** ▣ 이각은 증가하고, 적경과 시지름은 감소한다.

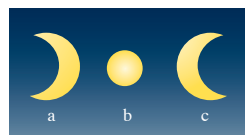
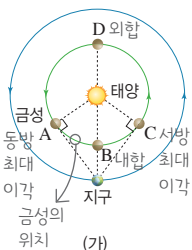
| 채점 기준                         | 배점    |
|-------------------------------|-------|
| 이각, 적경, 시지름을 모두 옳게 서술한 경우     | 100 % |
| 이각, 적경, 시지름 중 두 가지만 옳게 서술한 경우 | 60 %  |
| 이각, 적경, 시지름 중 한 가지만 옳게 서술한 경우 | 30 %  |

## 내신 만점 문제

280 쪽~283 쪽

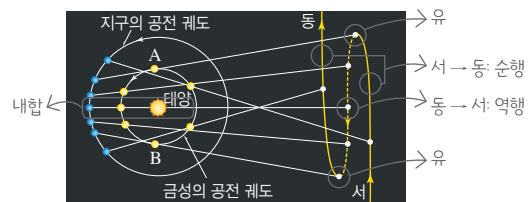
- |      |      |          |      |      |
|------|------|----------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ② | 03 해설 참조 | 04 ⑤ | 05 ① |
| 06 ⑤ | 07 ⑤ | 08 ①     | 09 ③ | 10 ① |
| 11 ⑤ | 12 ⑤ | 13 ③     | 14 ① | 15 ④ |
| 16 ③ | 17 ⑤ |          |      |      |
- 18 해설 참조

## 01 꼬꼬 문제 분석



A와 B 사이에 위치  
B와 C 사이에 위치

## 04 꼬꼬 문제 분석



ㄱ. 금성은 태양-금성-지구의 순으로 일직선을 이루는 내합을 전후로 역행한다.

ㄴ. 금성이 A와 B에 있을 때 천구상에서 겉보기 운동의 방향이 바뀌므로 유가 관측된다.

ㄷ. 금성이 A에서 B로 공전하는 동안 동에서 서로 역행하므로 적경이 감소한다.

**05** 그림에서 금성은 내합, 화성은 충에 위치한다.

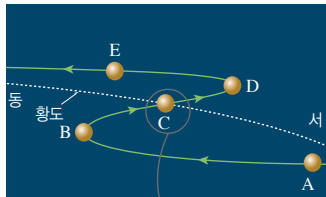
ㄱ. 그림에서 금성과 화성은 모두 지구에서 가장 가까운 거리에 위치해 있으므로, 시지름이 최대가 된다.

ㄷ. 내행성은 내합을 전후로, 외행성은 충을 전후로 역행을 한다. 따라서 금성과 화성은 배경 별자리에 대해 역행을 한다.

■ **바로알기** ㄴ. 화성은 충의 위치에 있을 때 가장 밝게 보이므로 겉보기 등급이 최소가 된다. 하지만 금성은 내합의 위치에 있으면 어둡게 보이므로 겉보기 등급이 최대가 된다.

ㄹ. 금성이 내합의 위치에 있으면 태양과 함께 뜨고 지므로 관측하기 어렵다. 하지만 화성이 충의 위치에 있으면 태양이 질 때 떠서 태양이 뜰 때 지므로 관측할 수 있는 시간(약 12시간)이 가장 길다.

## 06 꼬꼬 문제 분석



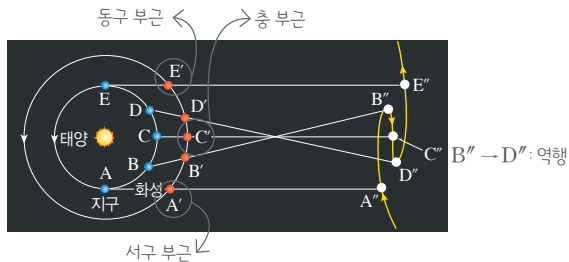
- A → B: 순행
- B: 유
- B → C → D: 역행
- D: 유
- D → E: 순행

역행하는 구간의 중간 지점: 충

- ① A에서 B까지 목성이 서에서 동으로 이동하므로 순행한다.
- ② 목성은 역행의 중간 지점인 C 부근일 때 충에 위치한다. 외행성은 합 → 서구 → 충 → 동구 → 합의 순서로 위치 관계가 변하므로, 합에서 C에 이르는 사이에 서구 위치를 통과하였다.
- ③ 목성이 충의 위치인 C 부근에 있을 때 태양이 질 때 떠서 태양이 뜰 때 지므로 약 12시간 동안 관측이 가능하다. 따라서 C에 있을 때 관측 가능 시간이 가장 길다.
- ④ 목성이 충의 위치인 C 부근에 있을 때 지구로부터 가장 거리가 가까우므로, 시지름이 가장 크다.

■ **바로알기** ⑤ D~E에 있을 때는 이미 충을 통과하고 동구를 통과한 위치이므로, 해진 후 초저녁에 관측된다.

## 07 꼬꼬 문제 분석



- ㄱ. 화성은 B''~D'' 구간에서 역행하며, 역행의 중심은 충(C'')이다.
- ㄴ. 화성이 서구(A') 부근에 있을 때는 배경 별자리에 대해 서에서 동으로 순행한다.
- ㄷ. 화성이 역행을 하는 것은 지구의 공전 속도가 화성의 공전 속도보다 빠르기 때문이다.

## 08 꼬꼬 문제 분석

| 날짜(월/일) | 적경(°) | 날짜(월/일) | 적경(°) |
|---------|-------|---------|-------|
| 2/20    | 13 44 | 4/21    | 12 57 |
| 3/ 2 유  | 13 46 | 5/ 1    | 12 45 |
| 3/12    | 13 44 | 5/11    | 12 37 |
| 3/22    | 13 37 | 5/21 유  | 12 34 |
| 4/ 1    | 13 25 | 5/31    | 12 36 |
| 4/11    | 13 11 | 6/10    | 12 43 |

적경 감소: 역행

ㄱ. 3월 2일경부터 5월 21일경까지 화성의 적경이 감소하므로, 이 기간 동안 화성은 역행하였다. 외행성은 충의 위치를 전후로 역행하므로, 4월에는 화성이 충에 위치한 적이 있다.

■ **바로알기** ㄴ. 3월 2일경에는 순행에서 역행, 5월 21일경에는 역행에서 순행으로 겉보기 운동 방향이 변하므로, 화성은 이 시기에 2회의 유가 있었다.

ㄷ. 6월에는 화성의 적경이 증가하므로 배경 별자리에 대해 서에서 동으로 순행하였다.

09 ㄱ. 수성이 하현달 모양으로 관측되므로 수성은 서방 최대 이각에 위치하고, 관측한 시각은 새벽이다.

ㄷ. 화성이 새벽에 동쪽 하늘에서 보이는 위치는 합에서 서구 사이이고, 다음날 위치 관계는 서구에 가까워진다. 따라서 다음날 화성이 뜨는 시각은 이 날보다 빨라질 것이다.

■ **바로알기** ㄴ. 화성의 위상은 항상 보름달에 가까운 모양으로 관측된다.

10 프톨레마이오스의 지구 중심설에서는 주전원을 이용하여 행성의 역행을 설명하고, 코페르니쿠스의 태양 중심설에서는 지구와 행성의 공전 속도 차이를 이용하여 행성의 역행을 설명한다.

11 프톨레마이오스의 지구 중심설에서 달과 태양은 역행을 하지 않으므로 주전원을 그리지 않아야 하며, 다른 행성들은 역행을 설명하기 위해 주전원을 그려야 한다. 따라서 달의 주전원을 지우고 달은 이심원 위에 두어야 하고, 수성과 화성은 주전원을 그려 그 위에 행성을 두어야 한다. 또한, 수성과 금성의 위치는 태양으로부터 멀리 벗어나지 않으므로 주전원의 중심이 태양과 일직선상에 위치해야 한다. 따라서 수성의 주전원 중심을 지구와 태양을 잇는 직선상에 두어야 한다.





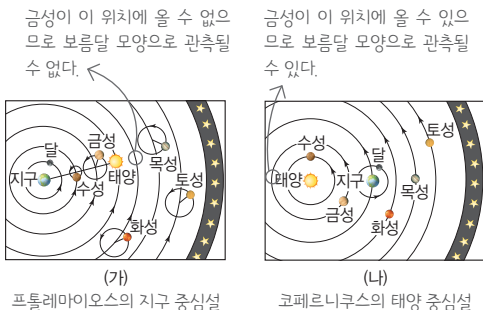
- 12** ① 달과 태양은 역행을 하지 않으므로 주전원이 없다.  
 ② 수성은 주전원 중심이 지구와 태양을 잇는 직선 위에 있으므로 초저녁이나 새벽에만 관측되며, 지구를 중심으로 태양의 반대편에 올 수 없어 자정에는 관측될 수 없다.  
 ③ 금성은 주전원의 중심이 지구와 태양을 잇는 직선 위에 위치하므로 초저녁에 서쪽 하늘이나 새벽에 동쪽 하늘에서만 볼 수 있다. 금성이 남쪽 하늘에 있을 때는 태양이 떠 있을 때이므로 보이지 않는다.  
 ④ 금성은 주전원 위를 돌기 때문에 지구와의 거리가 달라지므로 지구, 태양과의 상대적 위치가 달라져 겉보기 밝기가 변한다.

**■ 바로알기** ⑤ 지구 중심설에서 모든 천체들은 지구를 중심으로 하루에 한 바퀴씩 동에서 서로 회전하여 일주 운동을 설명할 수 있고, 일 년 동안 천체가 서에서 동으로 한 바퀴 돌므로 연주 운동을 설명할 수 있다.

- 13** ㄱ. (가)에서 A 방향의 겉보기 운동은 화성이 천구상에서 동에서 서로 이동하므로 역행이다.  
 ㄴ. (다) 우주관은 코페르니쿠스의 태양 중심설로, 태양에서 멀어질수록 행성의 공전 속도가 느리므로, 지구와 화성의 공전 속도가 차이로 화성의 역행을 설명한다.

**■ 바로알기** ㄴ. (나) 프톨레마이오스 우주관은 지구 중심설로, 주전원을 도입하여 행성의 역행을 설명한다.

#### 14 **꼼꼼** 문제 분석

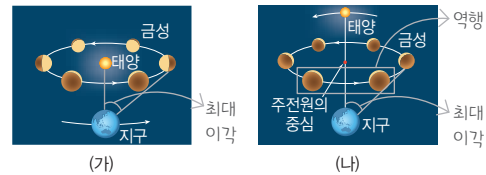


- ㄱ. (가)에서 각 행성은 주전원을 따라 운동하므로 천구상에서 동에서 서로 이동하는 행성의 역행이 설명된다.

**■ 바로알기** ㄴ. 내행성의 최대 이각은 (가)에서는 내행성의 주전원 중심이 태양과 지구를 잇는 직선상에 있으므로 설명되고, (나)에서는 내행성이 지구의 안쪽 궤도를 따라 태양 주위를 공전하는 것으로 설명된다. 따라서 (가)와 (나)에서 모두 설명된다.

ㄴ. (가)에서는 금성-태양-지구의 순으로 배열될 수 없기 때문에 금성의 보름달에 가까운 위상이 설명되지 않고, (나)에서는 금성-태양-지구의 순으로 배열될 수 있기 때문에 금성의 보름달에 가까운 위상이 설명된다.

#### 15 **꼼꼼** 문제 분석



(가): 금성과 지구가 태양 주위를 돌고 있다. ➔ 코페르니쿠스의 태양 중심설  
 (나): 금성의 주전원 중심과 태양이 지구를 중심으로 돌고 있다. ➔ 프톨레마이오스의 지구 중심설

ㄴ. (가)에서 금성이 내합 부근을 지날 때 천구상에서 동에서 서로 역행하며, (나)에서는 금성이 주전원을 따라 운동할 때 천구상에서 동에서 서로 역행한다.

ㄴ. (나)에서 금성의 주전원 중심을 태양과 지구를 잇는 직선상에 둔 것은 금성의 최대 이각을 설명하기 위해서이다.

**■ 바로알기** ㄱ. (가)에서는 금성-태양-지구의 순으로 배열이 가능하므로 금성은 보름달 모양으로 관측될 수 있다. (나)에서는 금성이 태양과 지구 사이에만 위치하므로 초승달이나 그믐달 모양으로만 관측된다.

- 16** ㄱ. 티코 브라헤의 우주관에서는 금성이 지구와 태양 사이뿐만 아니라 태양의 건너편에도 위치할 수 있으므로 보름달 모양의 위상을 비롯해서 금성의 위상 변화를 설명할 수 있다.

ㄴ. 지구와 금성 사이의 거리가 가까워질수록 금성의 시지름은 커진다.  $T_1 \rightarrow T_2$  동안 지구와 금성 사이의 거리가 가까워지고 있으므로 금성의 시지름은 증가한다.

**■ 바로알기** ㄴ. 티코 브라헤의 우주관에서는 지구가 움직이지 않으므로 별의 연주 시차는 나타나지 않는다.

**17** ㄴ. ㄴ. 태양 중심설의 관측적 증거로는 갈릴레이에 의한 목성의 위성 관측과 금성의 위상 변화 관측이 있다. 목성의 위성 관측으로 천체가 지구가 아닌 다른 천체를 공전한다는 것을 밝혀내었고, 금성의 보름달 모양의 위상을 관측하여 금성이 외합의 위치에 배열될 수 있음을 밝혀내었다.

ㄴ. 베셀이 관측한 별의 연주 시차는 지구가 태양 주위를 공전해야만 나타날 수 있으므로 태양 중심설에서만 설명이 가능하다.

**■ 바로알기** ㄱ. 태양의 일주 운동은 태양 중심설에서 지구의 자전에 의해, 지구 중심설에서 천구의 회전에 의해 일어나는 것으로 설명한다. 따라서 태양의 일주 운동은 태양 중심설의 증거가 되지 못한다.

**18** 내행성은 초승달, 그믐달, 상현달, 하현달, 보름달에 가까운 모양으로 위상이 다양하게 관측되지만, 외행성은 태양과 지구 사이에 위치하지 못하므로 항상 보름달에 가까운 모양의 위상으로만 관측된다. 따라서 갈릴레이가 관측한 행성은 내행성이다.



**모범답안** 이 행성은 내행성이다. 초승달, 상현달 모양의 위상도 관측되었으며, 외행성은 항상 보름달이나 보름달에 가까운 모양의 위상으로만 관측되기 때문이다.

| 채점 기준                 | 배점    |
|-----------------------|-------|
| 행성의 종류와 까닭을 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 행성의 종류만 옳게 쓴 경우       | 50 %  |

### 3 행성의 공전 주기와 궤도 반지름

#### 개념 확인 문제

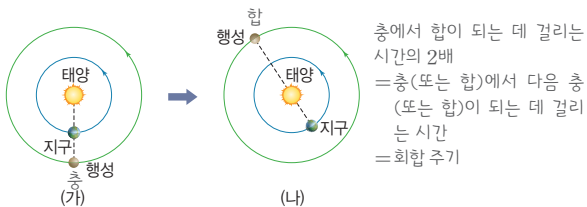
286 쪽

- ① 공전 주기    ② 회합 주기    ③  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$     ④  $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$     ⑤ 작을수록    ⑥ 1    ⑦ 최대 이각    ⑧ 공전 주기

- 1 ㉠ 공전, ㉡ 회합 주기    2 780일    3 (1) 길어진다  
(2) 짧아진다    4 (1) 약 0.62년 (2) 2년 (3) 약 0.32년  
5 (1) × (2) × (3) ○    6 (1) ○ (2) ×

**1** 행성의 공전 주기는 지구에서 직접 관측하기 어렵지만, 회합 주기는 비교적 직접 관측하기 쉽기 때문에 회합 주기를 관측하여 공전 주기를 구한다.

#### 2 **꼼꼼** 문제 분석



행성은 그림 (가)에서 충에 위치하고, (나)에서 합에 위치한다. 외행성의 회합 주기는 충에서 다음 충 또는 합에서 다음 합이 되는 데 걸리는 시간이므로, 충에서 합이 되는 데 걸리는 시간의 2배이다. 따라서 이 행성의 회합 주기는 390일 × 2 = 780일이다.

**3** (1) 내행성의 공전 주기와 회합 주기의 관계식( $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$ )에서 내행성의 공전 주기(P)가 길어지면 회합 주기(S)의 역수가 작아지므로 회합 주기가 길어진다.

(2) 외행성의 공전 주기와 회합 주기의 관계식( $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ )에서 외행성의 공전 주기(P)가 길어지면 회합 주기(S)의 역수가 커지므로 회합 주기는 짧아진다.

**4** (1) 금성은 내행성이고, 금성의 회합 주기가 1.6년이며, 지구의 공전 주기는 1년이므로 금성의 공전 주기를 구하면 다음과 같다.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}, \frac{1}{1.6} = \frac{1}{P} - 1 \quad \therefore P \approx 0.62 \text{년}$$

(2) 충에 위치하므로 이 행성은 외행성이고, 충에서 다음 충까지 2년이 걸렸으므로 회합 주기가 2년이다. 지구의 공전 주기는 1년이므로 이 행성의 공전 주기를 구하면 다음과 같다.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}, \frac{1}{2} = 1 - \frac{1}{P} \quad \therefore P = 2 \text{년}$$

(3) 수성의 공전 주기는 0.24년이고, 수성이 내합에서 다음 내합까지 되는 데 걸리는 시간은 회합 주기에 해당하므로 수성의 회합 주기를 구하면 다음과 같다.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}, \frac{1}{S} = \frac{1}{0.24} - 1 \quad \therefore S \approx 0.32 \text{년}$$

**5** (1) 회합 주기는 지구와 공전 속도가 비슷할수록 길어지므로 내행성은 태양으로부터 멀수록, 외행성은 태양으로부터 가까울수록 회합 주기가 길다.

(2) 지구와 행성의 공전 속도 차이가 작을수록 다시 같은 위치로 오는 데 시간이 오래 걸리므로 회합 주기가 길어진다.

(3) 외행성은 지구로부터의 거리가 멀수록 공전 주기가 길기 때문에 외행성의 회합 주기는 지구의 공전 주기와 비슷해져 1년에 가까워진다.

**6** (1) 내행성인 금성은 최대 이각을 관측하여 공전 궤도 반지름을 구할 수 있다. 외행성인 목성은 태양과 지구와의 상대적 위치에 따른 이각을 관측하여 공전 궤도 반지름을 구할 수 있다.

(2) 내행성의 공전 궤도는 원궤도가 아닌 타원 궤도이므로 행성이 공전하는 동안 최대 이각이 일정하지 않고, 관측 지점에 따라 공전 궤도 반지름도 일정하지 않다.

#### 대표 자료 분석

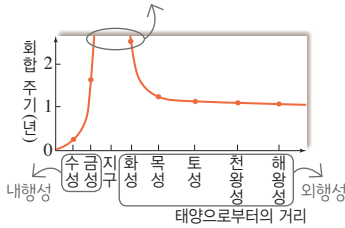
287 쪽

자료 ① 1 ㉠ 길어, ㉡ 짧아    2 ⑤    3 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○

자료 ② 1 공전 주기    2 화성의 공전 주기(687일) 동안 지구가 공전한 각도는 지구가 2번 공전한 각도(720°)에서 42°가 부족하기 때문이다.    3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○

# ①-1 **문제 분석**

지구에서 가까울수록 행성의 회합 주기가 길다.



| 행성    | 수성     | 금성     | 지구     | 화성      |
|-------|--------|--------|--------|---------|
| 공전 주기 | 0.24년  | 0.62년  | 1년     | 1.88년   |
| 행성    | 목성     | 토성     | 천왕성    | 해왕성     |
| 공전 주기 | 11.86년 | 29.46년 | 84.02년 | 164.78년 |

→ 태양으로부터 거리가 멀수록 공전 주기가 길다.  
= 공전 속도가 느리다.

지구와 거리가 가까운 행성일수록 공전 속도 차이가 작아 회합 주기가 길어진다. 따라서 내행성은 태양에서 멀수록 회합 주기가 길고, 외행성은 태양에서 멀수록 회합 주기가 짧다.

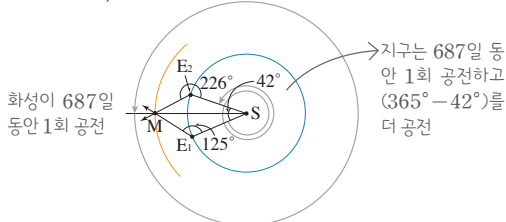
①-2 외행성은 공전 주기가 길수록 회합 주기가 지구의 공전 주기(1년)와 비슷해진다. 따라서 지구로부터 거리가 가장 먼 해왕성의 회합 주기가 지구의 공전 주기와 가장 비슷하다.

①-3 (1) 표에서 태양으로부터 거리가 먼 행성일수록 공전 주기가 길다. 행성의 회합 주기는 지구와의 거리가 가까울수록 길지만, 공전 주기는 태양으로부터의 거리가 멀수록 길다.  
(2) 행성의 공전 주기가 지구와 비슷할수록 회합 주기가 길어진다.  
(3) 행성의 공전 궤도가 지구에 가까울수록 지구와 공전 속도 차이가 작으며, 공전 속도 차이가 작을수록 회합 주기는 길어진다.  
(4) 지구로부터 멀리 있는 외행성일수록 회합 주기는 점점 감소하여 1년에 가까워진다. 따라서 해왕성보다 멀리 있는 태양계 소천체는 지구와의 회합 주기가 약 1년일 것이다.

# ②-1 **문제 분석**

| 관측일          | 지구의 위치         | 태양-지구-화성이 이루는 각 |
|--------------|----------------|-----------------|
| 2014년 5월 26일 | E <sub>1</sub> | 125°            |
| 2016년 4월 12일 | E <sub>2</sub> | 226°            |

→ 687일 후



E<sub>1</sub>과 E<sub>2</sub>에서 관측한 시간 간격은 687일로 이는 화성의 공전 주기에 해당한다. 즉, 화성이 태양 주위를 1회 공전하여 처음 위치로 왔을 때 지구에서 관측한 자료이다.

②-2 화성의 공전 주기는 687일이므로 화성이 한 바퀴 공전하는 동안 지구가 공전하는 각도는  $\frac{687\text{일}}{365\text{일}} \times 360^\circ \approx 678^\circ$ 이다. 이것은 지구가 2번 공전한 각도( $360^\circ \times 2 = 720^\circ$ )에서  $42^\circ (= 720^\circ - 678^\circ)$ 가 부족한 값이다.

②-3 (1) 화성의 겉보기 운동을 관측한 자료로부터 작도하여 결정한 화성의 위치 하나로 화성의 공전 궤도 반지름을 구하는 방법은 화성의 공전 궤도가 원이라는 가정이 필요하다. 공전 궤도가 원이라고 가정하지 않을 경우에는 여러 관측 자료로 결정한 화성의 위치들을 연결하여 공전 궤도를 그리고 공전 궤도 반지름을 구한다.

(2) 화성의 공전 궤도 반지름은 화성의 공전 주기인 687일 동안 화성이 태양 주위를 1회 공전하여 처음 위치로 다시 왔을 때 지구에서 관측한 화성의 위치 변화를 관측하여 측정한다. 따라서 화성의 공전 궤도 반지름은 화성의 공전 주기를 이용하여 구할 수 있다.

(3) E<sub>1</sub>과 E<sub>2</sub> 사이의 시간 간격은 화성이 태양 주위를 한 바퀴 공전하여 다시 처음 위치로 오는 데 걸리는 시간이므로, 화성의 공전 주기에 해당한다.

(4) SE<sub>1</sub>의 길이는 지구의 공전 궤도 반지름이므로 1 AU이다.

(5) SM의 길이는 화성의 공전 궤도 반지름에 해당한다. SE<sub>1</sub>은 10 cm이고, 지구의 공전 궤도 반지름인 1 AU에 해당하므로 비례식을 세우면 다음과 같다.

1 AU : 10 cm = 화성의 공전 궤도 반지름 : SM의 길이

## 내신 만점 문제

288쪽~291쪽

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

01 ②, ③ 행성이 공전하는 동안 지구도 공전하므로 지구에서 행성의 공전 주기를 직접 측정하기는 어렵다. 반면에, 행성의 회합 주기는 공전 주기에 비해 상대적으로 측정하기 쉽다. 따라서 행성의 공전 주기는 회합 주기를 측정하여 구할 수 있다.

④ 수성은 금성보다 태양으로부터 거리가 가까우므로 공전 주기가 짧고, 금성보다 지구로부터 거리가 멀기 때문에 회합 주기가 짧다.

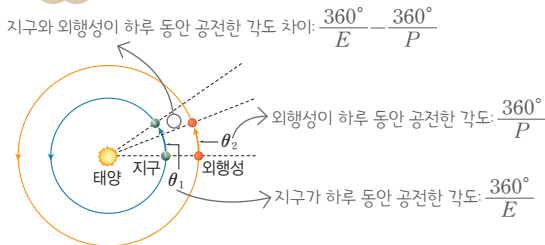
⑤ 회합 주기는 두 행성의 상대적 위치가 반복되는 주기이므로, 금성에서 관측할 때와 지구에서 관측할 때의 회합 주기는 같다.

■ **바로알기** ① 행성이 태양 주위를 한 바퀴 도는 데 걸리는 시간은 공전 주기이고, 회합 주기는 행성의 상대적 위치가 반복되는 데 걸리는 시간이다.

**02** 내행성의 공전 주기가  $P$ 라고 할 때, 내행성이 하루 동안 공전한 각도는  $\frac{360^\circ}{P}$ 이다. 지구의 공전 주기가  $E$ 라고 할 때, 지구가 하루 동안 공전한 각도는  $\frac{360^\circ}{E}$ 이다.

내행성은 지구보다 공전 속도가 빠르므로 내행성과 지구가 하루 동안 공전한 각도 차이는  $\frac{360^\circ}{P} - \frac{360^\circ}{E}$ 이고, 이 각도가 쌓여  $180^\circ$ 가 되면 지구와 내행성은 내합에서 외합의 위치로 이동하게 된다. 따라서  $(\frac{360^\circ}{P} - \frac{360^\circ}{E}) \times A = 180^\circ$ 의 관계식이 성립된다.

### 03 **꼭꼭** 문제 분석



지구와 외행성이 하루 동안 공전한 각도 차이가 쌓여  $360^\circ$ 가 되는 기간이 회합 주기이다.

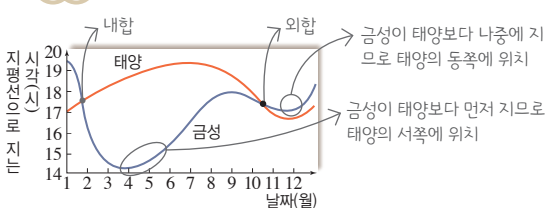
ㄱ.  $\theta_1$ 은 지구가 하루 동안 공전한 각도이므로

$$\theta_1 = \frac{360^\circ}{\text{지구의 공전 주기}} = \frac{360^\circ}{E} \text{이다.}$$

ㄴ. 외행성의 공전 주기( $P$ )가 길수록 공전 속도가 느려지므로 외행성과 지구의 공전 속도 차이가 지구의 공전 속도와 가까워진다. 따라서 회합 주기는 지구의 공전 주기인 1년( $E$ )에 가까워진다.

■ **바로알기** ㄴ.  $(\theta_1 - \theta_2)$ 의 값은 지구와 외행성이 하루 동안 공전한 각도의 차이이다. 이 값이 쌓여  $360^\circ$ 가 되는 데 걸리는 시간이 회합 주기이므로  $(\theta_1 - \theta_2)$ 의 값이 클수록 회합 주기는 짧아진다.

### 04 **꼭꼭** 문제 분석



회합 주기는 지구에서 보았을 때 행성이 같은 위치 관계로 되돌아오는 데 걸리는 시간으로, 내행성의 경우에는 내합(또는 외합)에서 다음 내합(또는 외합)이 되는 데 걸리는 시간이다.

그림에서 금성과 태양이 같은 시각에 지는 시점인 1월 말경과 10월 말경이 태양과 이각이  $0^\circ$ 이므로 내합과 외합 중 어느 하나에 해당한다. 1월 말경 이후에는 금성이 태양보다 먼저 지고, 10월 말경 이후에는 태양이 금성보다 먼저 지므로 금성은 1월 말경에 내합, 10월 말경에 외합에 위치한다. 금성의 위치 관계가 내합에서 외합이 되는 데 걸리는 시간이 약 9개월이므로, 금성의 회합 주기는 9개월의 2배인 약 18개월이 된다.

■ **모범답안** 금성은 1월 말경에 내합, 10월 말경에 외합에 위치하므로 회합 주기는 약 18개월이 된다.

| 채점 기준                                   | 배점    |
|-----------------------------------------|-------|
| 내합과 외합의 시기를 근거로 들어 금성의 회합 주기를 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 근거를 제시하지 못하고, 금성의 회합 주기만 구한 경우          | 50 %  |

**05** 행성이 충의 위치에 올 수 있는 것은 외행성이다. 외행성의 공전 주기( $P$ )와 회합 주기( $S$ )의 관계식은  $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ 이고, 이

외행성의 회합 주기가  $\frac{28}{27}$ 년이므로 공전 주기는 다음과 같다.

$$\frac{27}{28} = 1 - \frac{1}{P} \quad \therefore P = 28 \text{년}$$

### 06 **꼭꼭** 문제 분석

외행성은 위상이 보름달에 가까운 모양으로만 관측되며, 내행성은 초저녁이나 새벽에만 관측된다.

- 행성 A를 초저녁에 관측하였더니 위상이 초승달 모양이었고, 회합 주기는 1.5년이었다. 내행성
- 행성 B를 자정에 관측하였더니 위상이 보름달 모양이었고, 회합 주기는 2년이었다. 외행성

ㄴ. 행성 A는 내행성이고, 회합 주기( $S$ )가 1.5년이므로 공전 주기( $P$ )는 다음과 같다.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}, \quad \frac{1}{1.5} = \frac{1}{P} - 1 \quad \therefore P = 0.6 \text{년}$$

■ **바로알기** ㄱ. 외행성은 초승달 모양으로 관측되지 않으므로 A는 내행성이고, 내행성은 자정에 관측되지 않으므로 B는 외행성이다.

ㄴ. 행성 B는 외행성이고, 회합 주기( $S$ )가 2년이므로 공전 주기( $P$ )는 다음과 같다.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}, \quad \frac{1}{2} = 1 - \frac{1}{P} \quad \therefore P = 2 \text{년}$$

따라서 행성 A와 B의 공전 주기 차이는  $2 \text{년} - 0.6 \text{년} = 1.4 \text{년}$ 이다.

**07** ㄱ. 외행성은 지구에 가까울수록 지구와의 공전 속도 차이가 작아지므로 회합 주기가 길어진다.

▮ **바로알기** ㄴ. 외행성은 지구에서 거리가 멀수록 회합 주기가 짧아지면서 지구의 공전 주기(1년)와 비슷해진다. 이는 지구에서 거리가 멀수록 외행성의 공전 속도가 느려지기 때문이다. 따라서 무한히 멀리 떨어져 있는 가상의 행성의 경우에는 공전 속도가 거의 0에 가까우므로, 회합 주기는 지구의 공전 주기인 1년에 가까워진다.

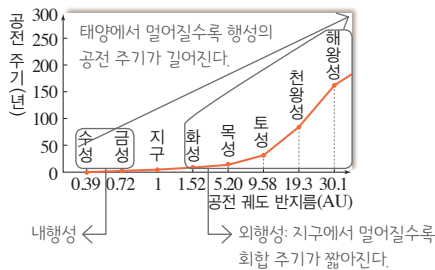
ㄷ. 금성에서 관측한 수성의 회합 주기와 지구에서 관측한 수성의 회합 주기를 비교해 보면, 지구와 수성의 공전 속도 차이가 금성과 수성의 공전 속도 차이보다 크므로, 지구에서 관측한 수성의 회합 주기가 더 짧다.

**08** 태양계의 행성은 태양으로부터 멀어질수록 공전 주기가 길어지므로, 공전 속도(공전 각속도)가 느려진다. 지구와 행성의 공전 속도 차이가 클수록 처음의 상대적 위치로 돌아오는 데 걸리는 시간이 짧아진다.

☞ **모범답안** 지구에 가까운 행성일수록 지구와의 공전 속도 차이(공전 각속도 차이)가 작아지기 때문이다.

| 채점 기준                     | 배점    |
|---------------------------|-------|
| 행성의 공전 속도 차이로 옳게 서술한 경우   | 100 % |
| 행성의 공전 속도를 포함하지 않고 서술한 경우 | 0 %   |

## 09 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 그림에서 행성의 공전 궤도 반지름이 클수록 공전 속도가 느려지기 때문에 공전 주기가 길어진다.

▮ **바로알기** ㄴ. 지구로부터 멀리 있는 외행성일수록 공전 주기가 길어져 회합 주기는 짧아지면서 1년에 가까워진다.

ㄷ. 외행성의 회합 주기와 공전 주기의 관계식은  $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$  이므로 회합 주기가 10년인 외행성의 공전 주기를 구하면

$\frac{1}{10} = 1 - \frac{1}{P}$  이므로  $P \approx 1.1$ 년이다. 외행성은 공전 주기가 길수록 회합 주기가 짧아지므로, 공전 주기가 80년 이상인 천왕성은 회합 주기가 1년에 가깝다.

**10** 가상의 행성 A, B는 지구보다 바깥쪽 궤도를 공전하고 있으므로 외행성이다.

⑤ 외행성의 회합 주기는 지구에서 멀수록 짧아진다. 따라서 회합 주기가 더 짧은 행성 A가 B보다 공전 주기가 길고, 공전 주기가 길수록 태양으로부터 멀리 떨어져 있어 행성 A가 B보다 공전 궤도 반지름이 크다.

▮ **바로알기** ①, ②, ③ 회합 주기만으로는 행성의 질량, 크기, 자전 주기를 알 수 없다.

④ 외행성은 공전 주기가 길수록 회합 주기가 짧아지다가 1년에 가까워진다. 따라서 행성 A는 B보다 회합 주기가 더 짧으므로, 공전 주기는 더 길다.

## 11 **꼼꼼** 문제 분석

외행성은 지구에서 멀어질수록 회합 주기가 짧아지므로, 지구에서 멀어지는 행성의 순서는 다음과 같다.

| 행성       | C     | A     | D     | B     |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| 회합 주기(년) | 2.140 | 1.090 | 1.036 | 1.014 |

→ 공전 궤도 반지름 ↑, 공전 주기 ↑, 공전 속도 ↓, 지구와의 공전 속도 차이 ↑

ㄱ. 외행성은 공전 궤도 반지름이 클수록 회합 주기가 작아져 1년에 가까워지므로, 지구에서 가까운 것부터 순서대로 나열하면 C → A → D → B이다. 따라서 지구에서 멀수록 행성의 공전 궤도가 크기 때문에 A~D 중 공전 궤도 반지름이 가장 큰 행성은 B이다.

▮ **바로알기** ㄴ. 행성 A는 D보다 회합 주기가 긴 것으로 보아 공전 주기와 공전 궤도 반지름이 더 짧다. 태양계 행성의 공전 속도는 공전 궤도 반지름이 클수록 느려지므로, 행성 A는 D보다 공전 속도가 빠르다.

ㄷ. 행성 C의 공전 주기를 구하면 다음과 같다.

$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$  에서  $\frac{1}{2.140} = 1 - \frac{1}{P}$  이므로  $P \approx 1.88$ 년이다. 따라서 C의 공전 주기는 2.140년보다 짧다.

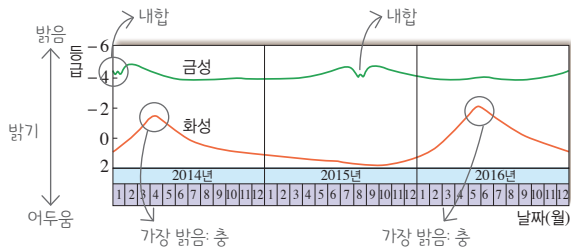
**12** ㄱ. 6월 10일경에 수성과 금성은 각각 내합에서 서방 최대 이각 사이, 서방 최대 이각에서 외합 사이에 위치하기 때문에 태양의 서쪽에 위치하므로 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다.

ㄴ. 내행성인 수성과 금성은 내합 부근에서 역행하고, 외행성인 목성과 천왕성은 충 부근에서 역행한다. 4개 행성은 모두 이 기간 중에 내합이나 충의 위치에 있었기 때문에 역행한 적이 있다.

▮ **바로알기** ㄷ. 회합 주기는 내합에서 내합 또는 충에서 충처럼 상대적 위치가 반복되는 데 걸리는 시간이다. 4개 행성 중 관측 기간보다 회합 주기가 짧은 행성은 수성뿐이므로 수성의 회합 주기가 가장 짧다.

### 13 **꼼꼼** 문제 분석

겉보기 등급이 작을수록 겉보기 밝기가 밝다.



내합(외합)~내합(외합), 충(합)에서 충(합)까지 걸린 시간 → 회합 주기

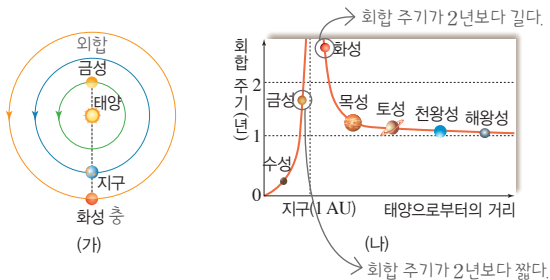
ㄱ. 내행성은 내합 부근에서 가장 밝고 내합일 때 어두워지므로 금성은 2014년 1월과 2015년 8월에 내합 부근에 위치한다.

ㄴ. 외행성은 충의 위치에 있을 때 가장 밝게 보인다. 화성은 2014년 4월과 2016년 5월 말에 가장 밝게 보이므로, 충 부근에 위치한다.

ㄷ. 금성의 겉보기 밝기가 가장 어두웠다가 다시 가장 어두워지는 기간(약 1년 7개월)이 화성의 밝기가 가장 밝았다가 다시 밝아지는 기간(약 2년 2개월)보다 짧으므로 화성은 금성보다 회합 주기가 길다.

▶ **바로알기** ㄴ. 금성의 겉보기 밝기가 가장 어두웠다가 다시 가장 어두워지는 기간(약 1년 7개월)은 금성이 지구와 다시 같은 위치 관계가 되는 데 걸리는 시간이므로, 금성의 회합 주기에 해당한다.

### 14 **꼼꼼** 문제 분석



- 2년 동안 금성의 상대적 위치는 외합의 위치를 한 번 지난다.
- 2년 동안 화성은 충의 위치에 다다르지 못한다.

ㄱ. 회합 주기가 2년보다 짧은 금성은 앞으로 2년 동안에 내합을 거쳐 다시 외합을 지난다.

ㄴ. 화성은 회합 주기가 2년보다 길므로 현재 충에서 동구와 합을 지나지만 다시 충을 지나지는 못한다.

▶ **바로알기** ㄴ. 화성이 2년 내에 다시 충을 지나지 못하므로 세 행성이 다시 현재와 같은 위치 관계를 이루지 못한다.

15 ① 이용한 관측 자료는 태양(S)-지구(E)-수성(M)이 이루는 각도로, 동방 최대 이각에 해당한다.

② 지구의 공전 궤도는 원으로 가정하여 반지름이 5 cm인 원을 그린 후, 수성의 공전 궤도를 작도하였다.

④ 수성의 공전 궤도 반지름은 비례식을 세워 구할 수 있다.

$$1 \text{ AU} : 5 \text{ cm} = \text{수성의 공전 궤도 반지름} : 2 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{수성의 공전 궤도 반지름} = 0.4 \text{ AU}$$

⑤ 실제로는 지구와 행성의 공전 궤도가 원궤도가 아니라 타원 궤도이므로 관측되는  $\angle \text{SEM}$ 은 일정하지 않다.

▶ **바로알기** ③ 수성의 공전 궤도 반지름은 SM에 해당한다.

16 ㄴ. 지구는 365일 동안에  $360^\circ$ 를 공전하므로 화성의 공전 주기 687일 동안에는 약  $678^\circ (= \frac{687}{365} \times 360^\circ)$ 를 공전한다.

이는 지구가 태양 둘레를 두 바퀴 공전하는 각도인  $720^\circ (= 360^\circ \times 2)$ 에서  $42^\circ$ 가 부족한 각이다. 따라서 태양과  $E_1$ ,  $E_2$ 가 이루는 각( $\theta$ )은 약  $42^\circ$ 이다.

ㄷ. 화성의 공전 궤도를 작도한 후, 공전 궤도 반지름을 재면 비례식을 이용하여 화성의 공전 궤도 반지름을 구할 수 있다.

$$5 \text{ cm} : 1 \text{ AU} = \text{측정한 반지름} : \text{화성의 실제 공전 궤도 반지름}$$

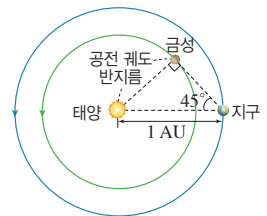
▶ **바로알기** ㄱ. 687일 동안 화성은 태양 주위를 한 바퀴 돌았으므로, 687일은 화성의 공전 주기에 해당한다.

17 태양이 뜨기 직전 동쪽 하늘에서 하현달 모양의 금성을 관측하였으므로, 이날 금성은 서방 최대 이각의 위치에 있다.

금성의 공전 궤도 반지름은

$$1 \text{ AU} \times \sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ AU} \text{이다.}$$

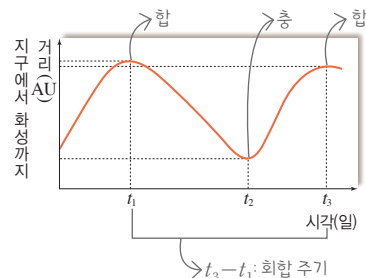
▶ **모범답안** 금성이 서방 최대 이각의 위치에 있으므로, 금성의 공전 궤도 반지름은  $1 \text{ AU} \times \sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ AU} \approx 0.71 \text{ AU}$ 이다.



| 채점 기준                   | 배점    |
|-------------------------|-------|
| 식을 쓰고, 공전 궤도 반지름을 구한 경우 | 100 % |
| 식만 쓰거나 공전 궤도 반지름만 구한 경우 | 50 %  |

### 18 **꼼꼼** 문제 분석

외행성은 합일 때 지구에서 가장 멀고, 충일 때 지구에서 가장 가깝다.





나.  $t_2$ 일 때 화성은 충의 위치에 있으므로, 천구상에서 동에서 서로 역행한다.

다. 화성이 합( $t_1, t_3$ )의 위치일 때 지구로부터의 거리가 다른 것은 두 행성이 타원 궤도로 공전하기 때문이다.

■ **바로알기** ■ ㄱ. ( $t_3 - t_1$ )은 합에서 다음 합까지의 기간이므로, 회합 주기에 해당한다.

## 4 케플러 법칙

### 개념 확인 문제

296 쪽

- ① 타원 ② 이심률 ③ 면적 속도 일정 법칙 ④ 근일점  
⑤ 원일점 ⑥ 클수록 ⑦ 커진다 ⑧ 비례 ⑨  $P^2 = a^3$

- 1 (1) × (2) ○ (3) ×      2 (1) A: 근일점, B: 원일점, C: 공전 궤도 긴반지름, D: 공전 궤도 짧은반지름 (2) 0.6      3 ㉠  $e=0$ ,  
㉡ 타원, ㉢ 포물선, ㉣  $E > 0$       4 (1)  $S_1 = S_2$  (2) a      5 (1) 9  
(2) 27      6 32배

1 (1) 태양계 행성들은 공전 궤도의 이심률이 매우 작아 0에 가깝기 때문에 원에 가까운 타원 궤도를 그리며 공전한다.

(2) 행성들은 타원 궤도를 따라 공전하므로 공전 속도는 공전 궤도 상에서 근일점에 가까워질수록 빨라진다.

(3) 케플러 법칙은 행성뿐만 아니라 위성, 소행성, 인공위성의 공전에도 적용된다.

2 (1) A는 태양으로부터 거리가 가장 가까운 근일점이고, B는 태양으로부터 거리가 가장 먼 원일점이다. C는 공전 궤도 긴반지름이고, D는 공전 궤도 짧은반지름이다.

(2) 이심률은 공전 궤도 긴반지름( $a$ )에 대한 초점 거리( $c = \sqrt{a^2 - b^2}$ )의 비이므로  $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$ 이다. 그림에서 C는 공전 궤도 긴반지름( $a$ )에 해당하고, D는 공전 궤도 짧은반지름( $b$ )에 해당하므로 이심률은  $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \frac{\sqrt{10^2 - 8^2}}{10} = 0.6$ 이다.

3 천체의 총에너지는 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지의 합이다. 천체의 총에너지가 0보다 작을 때는 이심률이 0이면 원궤도로, 이심률이  $0 < e < 1$ 이면 타원 궤도로 운동하며, 운동 에너지가 중력 퍼텐셜 에너지보다 작아서 천체가 태양에 구속되기 때문에 태양 주위를 계속 돈다.

천체의 총에너지가 0일 때는 이심률이 1인 포물선 궤도로 운동하며, 천체가 한 번 태양에 다가온 후 구속되지 않고 계속 멀어진다. 천체의 총에너지가 0보다 클 때는 이심률이 1보다 큰 쌍곡선 궤도로 운동하며, 천체가 한 번 태양에 다가온 후 구속되지 않고 계속 멀어진다.

4 (1) 케플러 제2법칙(면적 속도 일정 법칙)에 따르면 행성과 태양을 잇는 직선은 동일한 시간 동안 같은 면적을 쓸고 지나간다. (2) 행성이 태양에서 가장 가까운 a를 근일점, 태양에서 가장 먼 c를 원일점이라고 한다. 행성의 면적 속도가 일정하기 때문에 공전 속도는 근일점(a)에서 가장 빠르고, 원일점(c)에서 가장 느리다.

5 (1) 혜성의 공전 궤도 긴반지름은 근일점과 원일점에서의 거리의 합의 절반이므로  $\frac{0.5 \text{ AU} + 17.5 \text{ AU}}{2} = 9 \text{ AU}$ 이다.

(2) 공전 주기의 단위가 '년', 거리의 단위가 'AU'일 때, 케플러 제3법칙은  $P^2 = a^3$ 이 성립한다. 이 혜성의 공전 궤도 긴반지름(a)이 9 AU이고,  $P^2 = 9^3$ 이므로 공전 주기(P)는 27년이다.

6 두 별의 질량이 각각  $m_1, m_2$ 이고, 공전 궤도 긴반지름이 각각  $a_1, a_2$ 일 때, 케플러 제3법칙을 적용하면  $(m_1 + m_2) = \frac{a^3}{P^2} M_\odot$ 의 관계식이 성립한다. (단, 공전 주기의 단위가 '년', 거리의 단위가 'AU', 질량의 단위가 '태양 질량( $M_\odot$ )'인 경우이다.) 따라서 두 별의 공전 주기가 4년이고, 두 별 사이의 거리가 8 AU이면, 두 별의 질량은  $(m_1 + m_2) = \frac{a^3}{P^2} M_\odot = \frac{8^3}{4^2} M_\odot = 32 M_\odot$ 이므로 태양 질량의 32배이다.

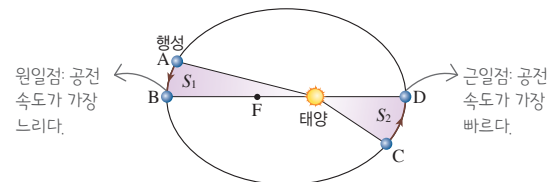
### 대표 자료 분석

297 쪽

- 자료 ① 1 ㉠ 2개, ㉡ 타원      2 ㉠ D, ㉡ B      3 작아진다  
4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ×

- 자료 ② 1 (1) 8 (2) 케플러 제2법칙(면적 속도 일정 법칙)  
2 (1) 4 (2) 케플러 제3법칙(조화 법칙)      3 약 1.14년  
4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

### ①-1 꼼꼼 문제 분석



태양계 행성은 초점(F, 태양)이 2개인 타원 궤도로 공전한다.

①-2 근일점은 태양에서 행성까지 거리가 가장 가까운 D이고, 원일점은 태양에서 행성까지 거리가 가장 먼 B이다.

①-3 태양과 F 사이의 거리가 가까워지면 행성의 궤도 모양이 원에 가까워지므로 이심률이 작아져 0에 가까워진다.

①-4 (1) 행성은 태양 주위를 타원 궤도를 따라 공전하며, 태양은 타원의 두 초점 중 한 곳에 위치한다.

(2) 공전 궤도 긴반지름은 타원의 장축 길이의 절반이므로,  $\overline{BD}$ 의 절반에 해당한다.

(3) 행성의 총에너지(=운동 에너지+중력 퍼텐셜 에너지)가 0보다 작을 때 행성은 원궤도나 타원 궤도로 운동한다. 이 행성은 타원 궤도로 운동하므로 운동 에너지가 중력 퍼텐셜 에너지보다 작아 태양에 구속되기 때문에 태양 주위를 계속 공전한다.

(4) 케플러 제2법칙에 따라 1년 동안 행성이 공전하면서 행성과 태양을 잇는 직선이 쓸고 지나간 면적인  $S_1$ 과  $S_2$ 는 같다.

(5) B에서는 D에서보다 태양에서 행성까지 거리가 더 멀기 때문에 공전 속도가 더 느리다.

(6) 행성은 태양에서 먼 곳에 위치할수록 같은 시간 동안 느리게 이동하므로  $\widehat{AB}$ 는  $\widehat{CD}$ 보다 짧다. 이는 면적 속도는 일정하지만, 행성의 공전 속도는 지점마다 다르기 때문이다.

②-1 행성과 태양을 잇는 직선이 1년 동안 전체 궤도 면적의  $\frac{1}{8}$ 을 쓸고 지나갔고, 케플러 제2법칙(면적 속도 일정 법칙)에 따라 동일한 시간 동안 같은 면적을 지나가므로 공전 주기는 8년이다.

②-2 케플러 제3법칙(조화 법칙)에서 공전 주기의 단위가 '년', 공전 궤도 긴반지름의 단위가 'AU'일 경우에는  $P^2=a^3$ 이다. 행성의 공전 주기가 8년이므로  $8^2=a^3$ 이다. 따라서 공전 궤도 긴반지름( $a$ )은 4 AU이다.

②-3 이 행성은 공전 주기가 지구의 공전 주기(1년)보다 길므로 외행성이다. 따라서 공전 주기( $P$ )와 회합 주기( $S$ )의 관계식  $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ 에 적용하면  $\frac{1}{S} = 1 - \frac{1}{8} = \frac{7}{8}$ 이므로  $S$ 는 약 1.14년이다.

②-4 (1) 이 행성이 1년에 전체 면적의  $\frac{1}{8}$ 씩 이동하고, 원일점에서 근일점까지는 전체 면적의  $\frac{1}{2}$ 을 이동하므로 원일점에서 근일점까지 이동하는 데 4년이 걸린다.

(2) 케플러 제3법칙에 따라 행성의 공전 궤도 긴반지름의 세제곱은 공전 주기의 제곱에 비례하므로, 행성의 공전 주기를 알면 공전 궤도 긴반지름을 구할 수 있다.

(3) 행성의 공전 궤도 긴반지름이 4 AU로 지구보다 길기 때문에 이 행성은 외행성이다.

(4) 이 행성보다 공전 궤도 긴반지름이 더 긴 행성은 공전 주기가 더 길기 때문에 회합 주기가 더 짧다.

### 내신 만점 문제

298쪽~301쪽

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

01 ① 케플러 제1법칙은 모든 행성들의 공전 궤도는 태양을 하나의 초점으로 하는 타원 궤도라는 것이다.

② 케플러 제2법칙은 태양과 행성을 연결한 직선은 동일한 시간 동안 같은 면적을 쓸고 지나간다는 것이다.

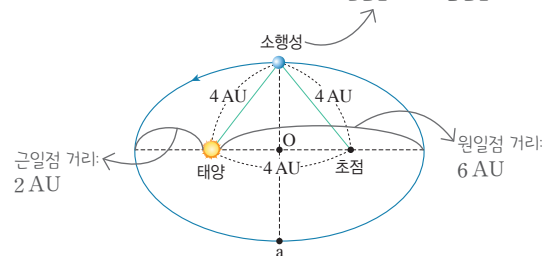
③ 태양과 행성을 잇는 직선이 지나는 면적 속도는 일정하므로 행성의 공전 속도는 근일점에서 가장 빠르고, 원일점에서 가장 느리다.

④ 지구는 타원 궤도로 공전하므로 공전 속도가 변하며, 지구의 공전 속도는 근일점을 지나는 북반구의 겨울철에 가장 빠르다.

■ **바로알기** ⑤ 케플러 제3법칙은  $\frac{a^3}{P^2} = k$ (일정)이다. 여기서  $a$ 는 행성의 공전 궤도 긴반지름,  $P$ 는 공전 주기이다. 현재 지구와 태양 사이의 거리는 1 AU이고, 지구의 공전 주기는 1년이다. 지구가 태양으로부터 4배 더 멀어지면  $a$ 는 4 AU가 되고, 공전 주기  $P$ 는  $\frac{4^3}{1^2} = 1$ 에서 8년이 되어 8배 길어진다.

### 02 **꼼꼼** 문제 분석

두 초점으로부터 소행성까지 거리의 합(8 AU)=공전 궤도 긴반지름의 2배  
=원일점 거리+근일점 거리

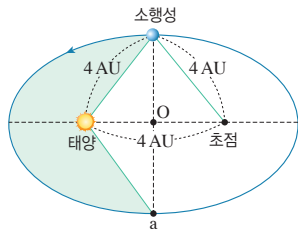


7. 타원 궤도의 긴반지름은 원일점에서 근일점까지 직선 거리의 절반이다. 따라서 타원 궤도에서 두 초점으로부터 소행성까지 거리의 합 8 AU가 공전 궤도 긴반지름의 2배이므로, 소행성의 공전 궤도 긴반지름은 4 AU이다.

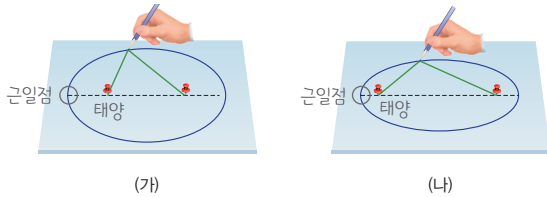
ㄴ. 근일점까지 거리는 2 AU이고 원일점까지 거리는 6 AU이므로, 근일점과 원일점 거리비는 1 : 3이다.

ㄷ. 소행성의 공전 주기  $P$ 는  $P^2 = a^3 = 4^3$ 이므로 8년이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄹ. 소행성이 현재 위치에서  $a$ 까지 이동하는 동안 태양과 소행성을 잇는 직선이 끌고 지나가는 면적이 타원 전체 면적의 절반이 되지 않으므로 공전하는 데 걸린 시간은 4년보다 짧다.



### 03 **문제 분석**



- 실의 길이를 유지한다. → 공전 궤도 긴반지름은 같다.
- 초점 거리가 멀어진다. → 공전 궤도 짧은반지름이 짧아진다. → 이심률이 커진다.

ㄱ. 전체 실의 길이가 일정하므로 (가)와 (나)에서 공전 궤도 긴반지름의 길이는 일정하지만 짧은반지름의 길이는 (나)가 더 짧아지므로, 이심률은 더 납작한 타원이 되는 (나)가 더 크다.

ㄴ. (나)의 이심률이 더 크고 한 초점에 위치한 태양과 근일점 사이의 거리가 (나)가 (가)보다 가까우므로, (가)보다 (나)가 근일점에서의 속도가 더 빠르다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. (가)와 (나)는 공전 궤도 긴반지름의 길이가 같으므로, 공전 주기가 같다.

### 04 **문제 분석**

| 구분             | 천체 A                          | 지구                         |
|----------------|-------------------------------|----------------------------|
| 근일점(AU)        | 0.74                          | 0.98                       |
| 원일점(AU)        | 1.10                          | 1.02                       |
| 공전 궤도 긴반지름(AU) | $(0.74 + 1.10) \div 2 = 0.92$ | $(0.98 + 1.02) \div 2 = 1$ |

ㄴ. 천체 A는 근일점일 때 지구의 공전 궤도 안쪽에 위치하고, 원일점일 때 바깥쪽에 위치하기 때문에 공전 궤도가 지구의 공전 궤도보다 납작하므로 공전 궤도 이심률이 지구보다 크다.

ㄷ. 천체 A의 공전 궤도 긴반지름은 0.92 AU로, 지구보다 작으므로 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다는 케플러 제3법칙에 의해 공전 주기는 지구보다 짧다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 천체 A는 근일점일 때 지구의 공전 궤도 안쪽에 위치하고, 원일점일 때 지구의 공전 궤도 바깥쪽에 위치하고 있다.

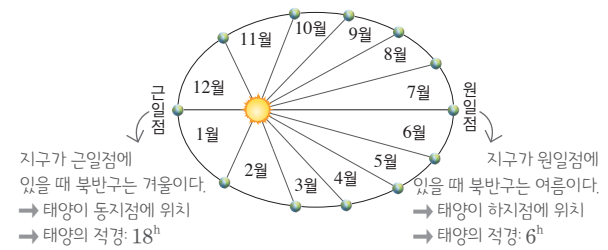
05 A는 원궤도, B는 타원 궤도, C는 포물선 궤도, D는 쌍곡선 궤도이다.

ㄴ. 천체의 총에너지가 A와 B 궤도는 0보다 작고, C 궤도는 0이며, D 궤도는 0보다 크다. 따라서 총에너지가 가장 큰 천체의 궤도는 D이다.

ㄷ. A와 B 궤도는 천체의 총에너지가 0보다 작아 천체가 태양에 구속되어 태양 주위를 공전하고, C와 D 궤도의 천체는 태양에 구속되지 않고 멀어진다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 이심률이 0일 때 원궤도이고, 이심률이 0보다 크고 1보다 작을 때 타원 궤도이다. 이심률이 1일 때 포물선 궤도이고, 이심률이 1보다 클 때 쌍곡선 궤도이다. 따라서 이심률이 가장 작은 것은 A이다.

### 06 **문제 분석**

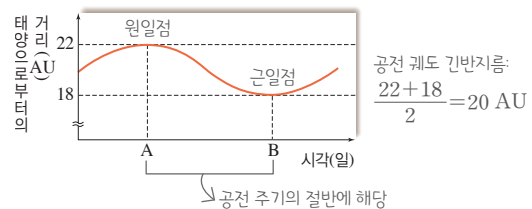


ㄱ. 케플러 제2법칙(면적 속도 일정 법칙)에 따르면 동일한 시간 동안에 지구와 태양을 잇는 직선이 끌고 지나간 면적은 같으므로 지구의 공전 속도는 원일점보다 근일점에서 빠르다.

ㄷ. 지구가 원일점에 있을 때 북반구에서는 여름이므로 태양은 하지점에 위치한다. 따라서 이때 태양의 적경은 약 6°이다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 동일한 시간 동안 지구와 태양을 잇는 직선이 끌고 지나가는 면적은 같다. 따라서 1월과 7월에 각각 한 달 동안 지구와 태양을 잇는 직선이 끌고 지나간 면적은 같다.

### 07 **문제 분석**



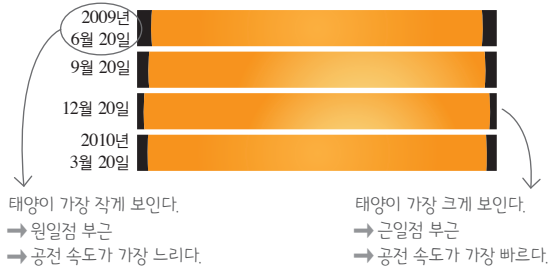
①, ② A 시기에 행성은 태양으로부터 가장 먼 지점에 있으므로, 원일점에 있다. 행성의 공전 속도는 원일점에 위치하는 A 시기보다 근일점에 위치하는 B 시기에 더 빠르다.

③ 공전하는 동안 태양으로부터 행성까지 거리가 변하므로, 이 행성은 타원 궤도를 그리면서 공전한다.

⑤ 이 행성의 공전 궤도 긴반지름은 20 AU로, 지구의 공전 궤도 긴반지름보다 크다. 공전 주기는 공전 궤도 긴반지름이 클수록 길므로, 이 행성은 지구보다 공전 주기가 길다.

❗ **바로알기** ④ 이 행성의 공전 궤도 긴반지름은 (22+18) AU의 절반인 20 AU이다.

## 08 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 사진에서 태양의 크기가 변한 것은 실제로 태양의 크기가 변한 것이 아니고, 지구가 타원 궤도를 그리며 태양 둘레를 공전하여 지구와 태양과의 거리가 변하기 때문이다.

ㄴ. 지구의 공전 속도는 태양에 가까울수록 빠르다. 따라서 태양이 작게 촬영된 6월에는 지구가 원일점 부근에, 크게 촬영된 12월에는 지구가 근일점 부근에 위치하므로 지구의 공전 속도는 6월보다 12월에 더 빠르다.

❗ **바로알기** ㄴ. 지구에서는 태양과 거리가 가까울수록 태양이 크게 관측된다. 따라서 지구는 6월에 원일점 부근에 위치하여 태양이 가장 작게 관측되고, 12월에 근일점 부근에 위치하여 태양이 가장 크게 관측된다.

09 케플러 제2법칙에 의하면 태양과 행성과의 거리가 가까워질수록 행성의 공전 속도가 빨라진다.

❗ **모범답안** 행성은 태양을 하나의 초점에 둔 이심률이 매우 큰 타원 궤도 또는 포물선 궤도를 그리는데, 태양 근처를 지날 때는 공전 속도가 매우 빠르기 때문에 관측할 수 있는 시간이 짧다.

| 채점 기준                            | 배점    |
|----------------------------------|-------|
| 공전 궤도의 모양과 공전 속도를 포함하여 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 태양 근처에서 공전 속도가 빠르기 때문이라고만 서술한 경우 | 40 %  |

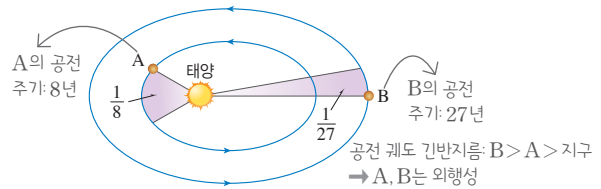
10 ④ 케플러 제3법칙(조화 법칙)에 따르면 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다. 즉,  $27^2 = a^3$ 이므로 공전 궤도 긴반지름( $a$ )은 9 AU이다.

❗ **바로알기** ①, ③ 면적 속도 일정 법칙에 의해 동일한 시간 동안 행성이 이동한 궤도 면적  $S_1$ 과  $S_2$ 는 같다. 행성 P가 전체 궤도 면적의  $\frac{1}{27}$ 을 공전하는 데 1년이 걸리므로, 공전 주기는 27년이다.

② 태양은 타원 궤도의 한 개 초점에 위치한다.

⑤ 행성의 공전 속도는 태양에 가까울수록 빠르므로, 행성 P의 공전 속도는  $P_2$ 보다  $P_3$ 에서 더 느리다.

## 11 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. 태양과 행성을 잇는 직선이 전체 궤도 면적을 쓸고 지나가는 시간이 행성의 공전 주기이므로, A와 B의 공전 주기는 각각 8년, 27년이다.

ㄴ.  $\frac{a^3}{P^2} = \text{일정}$  ( $a$ : 공전 궤도 긴반지름,  $P$ : 공전 주기)하므로

$\frac{(a_A)^3}{8^2} = \frac{(a_B)^3}{27^2}$ 에서  $(a_B)^3 = (\frac{9}{4} a_A)^3$ 이다. 따라서 B의 공전 궤도 긴반지름은 A의  $\frac{9}{4}$  배이다.

ㄴ. A와 B는 외행성이고, 외행성의 회합 주기는 지구에서 멀수록 짧아지므로, A가 B보다 회합 주기가 길 것이다.

12 (1) 케플러 제2법칙에 의하면 태양과 행성을 잇는 직선이 동일한 시간 동안 쓸고 지나가는 면적은 같으므로 행성의 공전 속도는 근일점(A)에서 가장 빠르고, 원일점(C)에서 가장 느리다.  
(2) 공전 주기의 단위가 '년', 공전 궤도 반지름의 단위가 'AU'일 때  $P^2 = a^3$ 이다.

❗ **모범답안** (1) A, C (2)  $P^2 = a^3 = 64^2$ 이므로 행성의 공전 궤도 긴반지름은 16 AU이다.

| 채점 기준                                       | 배점   |
|---------------------------------------------|------|
| (1) A와 C를 순서대로 옳게 쓴 경우                      | 50 % |
| (2) 케플러 제3법칙을 이용하여 행성의 공전 궤도 긴반지름을 옳게 구한 경우 | 50 % |
| 행성의 공전 궤도 긴반지름만 구한 경우                       | 30 % |

13 (1) 행성의 공전 궤도 긴반지름은 태양으로부터 원일점까지 거리(6 AU)와 근일점까지 거리(2 AU)의 합의 절반이므로 4 AU이다. 공전 궤도의 중심에서 태양까지 거리는 공전 궤도 긴반지름(4 AU)에서 태양으로부터 근일점까지의 거리(2 AU)를 뺀 값이므로 2 AU이다.

(2) 공전 주기:  $P^2 = a^3$ 에서  $P^2 = 4^3$ 이므로  $P = 8$ 년이다.

회합 주기:  $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P} = 1 - \frac{1}{8}$ 이므로  $S \approx 1.14$ 년이다.

❗ **모범답안** (1) 4 AU, 2 AU (2) 공전 주기는 8년이고, 회합 주기는 약 1.14년이다.

| 채점 기준 |                                                  | 배점   |
|-------|--------------------------------------------------|------|
| (1)   | 행성의 공전 궤도 긴반지름과 공전 궤도의 중심에서 태양까지 거리를 모두 옳게 구한 경우 | 50 % |
|       | 행성의 공전 궤도 긴반지름만 옳게 구한 경우                         | 30 % |
| (2)   | 행성의 공전 주기와 회합 주기를 모두 옳게 구한 경우                    | 50 % |
|       | 행성의 공전 주기만 옳게 구한 경우                              | 30 % |

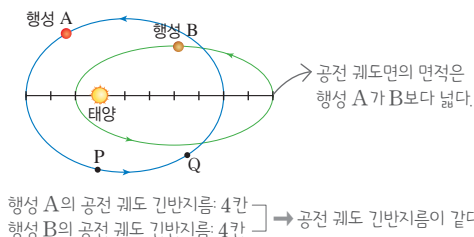
14 ㄱ. 행성은 항성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 그리며 공전한다.

ㄴ. 행성의 공전 주기( $P$ )의 제곱은 공전 궤도 긴반지름( $a$ )의 세 제곱에 비례한다. 따라서 공전 주기는 공전 궤도 긴반지름이 짧은 행성 I이 공전 궤도 긴반지름이 긴 행성 II보다 짧다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 행성의 공전 속도는 근일점에 가까울수록 빨라지므로, 행성 I는 원일점인 a에서의 공전 속도가 근일점인 b에서보다 느리다.

ㄷ. 원일점에 위치할 때 행성 II는 행성 I보다 항성으로부터 멀리 떨어져 있으므로 공전 속도가 느리다. 따라서 행성 II의 원일점인 c에서의 공전 속도는 행성 I의 원일점인 a에서의 공전 속도보다 느리다.

## 15 꼬꼬 문제 분석

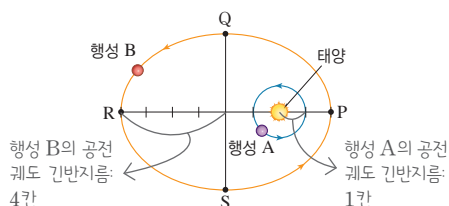


ㄴ. A가 P에서 Q로 이동하는 동안은 근일점에서 원일점으로 이동하고 있으므로, 공전 속도가 느려진다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 케플러 제3법칙은  $P^2 = a^3$ 의 관계가 있다. A와 B는 공전 궤도 긴반지름( $a$ )이 같으므로, 공전 주기( $P$ )도 같다.

ㄷ. A와 B의 공전 궤도 긴반지름은 같지만 공전 궤도면의 면적은 A가 B보다 넓으므로, 태양과 행성을 잇는 직선이 동일한 시간 동안 쓸고 지나간 면적 속도는 A가 B보다 크다.

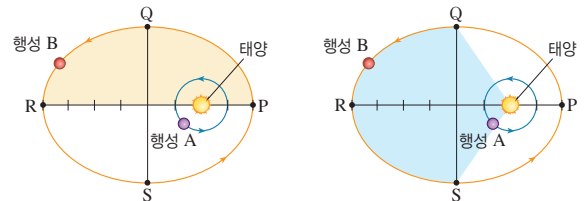
## 16 꼬꼬 문제 분석



ㄱ. 케플러 제2법칙(면적 속도 일정 법칙)에 의하면 행성과 태양을 잇는 직선이 동일한 시간 동안 쓸고 지나가는 면적은 같다. 행성 A는 원궤도로 태양 주위를 공전하므로, 공전하는 동안 속력이 일정하다.

ㄴ. 케플러 제3법칙(조화 법칙)에 의하면 행성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다. 행성 B의 공전 궤도 긴반지름은 행성 A의 4배이므로  $\frac{1^3}{(P_A)^2} = \frac{4^3}{(P_B)^2}$ 으로부터  $P_B = 8P_A$ 임을 알 수 있다. 따라서 행성 B의 공전 주기는 행성 A의 8배이다.

ㄷ. 케플러 제2법칙에 의하면 행성과 태양을 잇는 직선이 같은 시간 동안 쓸고 지나가는 면적은 같다. 행성 B가 P에서 R까지 공전하면서 쓸고 지나가는 면적(전체 면적의 절반)이 Q에서 S까지 공전하면서 쓸고 지나가는 면적(전체 면적의 절반 이상)보다 적다. 따라서 행성 B가 P에서 R까지 공전하는 데 걸리는 시간은 Q에서 S까지 공전하는 데 걸리는 시간보다 짧다.



⬆ 행성 B가 P에서 R까지 공전하면서 쓸고 지나간 면적

⬆ 행성 B가 Q에서 S까지 공전하면서 쓸고 지나간 면적

17 ㄷ. 케플러 제3법칙  $P^2 = a^3$ 에서 공전 주기( $P$ )가 8년이므로  $8^2 = a^3$ 에서 공전 궤도 긴반지름( $a$ )은 4 AU이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 행성의 공전 속도는 근일점에서 가장 빠르고, 원일점에서 가장 느리다. A 시기에는 공전 속도가 가장 느리므로 원일점에 있을 때이고, B 시기에는 공전 속도가 가장 빠르므로 근일점에 있을 때이다.

ㄴ. A는 원일점에, B는 근일점에 있을 때이므로 A에서 B까지 걸린 시간이 4년이면 공전 주기는 8년이다.

18 ㄱ. 두 별은 공통 질량 중심을 중심으로 항상 마주하고 공전하기 때문에 공전 주기가 같다.

ㄷ. 각각의 별의 질량( $m$ )과 공전 궤도 긴반지름( $a$ ) 사이에는  $m_1 a_1 = m_2 a_2$ 가 성립한다. 따라서 질량이 큰 별이 공통 질량 중심에 더 가까우므로 질량은  $m_1$ 이  $m_2$ 보다 크다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 공전 주기는 같은데도 질량이 작은 별( $m_2$ )이 더 큰 궤도로 공전하므로, 질량이 작은 별  $m_2$ 가 질량이 큰  $m_1$ 보다 공전 속력이 더 빠르다.

ㄴ. 공전 주기와 두 별 사이의 거리( $a$ )만 알면 두 별의 질량의 합을 알 수 있다. 두 별의 질량을 각각 알아내려면 공전 주기와 두 별의 공통 질량 중심으로부터의 거리  $a_1$ ,  $a_2$ 를 각각 알아야 한다.



- ① 135°E(동경 135°) ② 빨라진다 ③ 지평선 ④ 춘분점  
⑤ 총 ⑥ 내합 ⑦ 총 ⑧ 주전원 ⑨ 연주 시차  
⑩ 회합 주기 ⑪ 감소 ⑫ 최대 이각 ⑬ 타원 궤도 법칙  
⑭ 근일점 ⑮ 원일점 ⑯ 조화 법칙

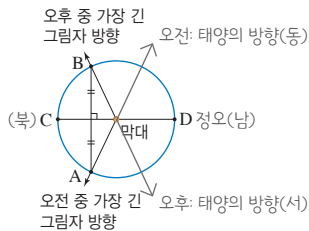
중단원 마무리 문제

304쪽~307쪽

- 01 ① 02 영국: 7월 1일 오후 7시, 로스앤젤레스: 7월 1일 오전 11시  
03 ④ 04 ③ 05 ② 06 ⑤ 07 ④  
08 ⑤ 09 ③ 10 ② 11 ② 12 ② 13 ②  
14 ③ 15 ③ 16 ② 17 해설 참조 18 해설 참조  
19 해설 참조 20 해설 참조

01 꼼꼼 문제 분석

그림자는 태양의 반대편에 생기며, 태양이 남중하는 때가 정오이다.



ㄴ. 막대를 기준으로 B 방향이 해가 뜨는 동쪽이다. 이집트는 북반구(30°N)에 위치하고, 북반구에서는 동쪽을 바라봤을 때 오른쪽이 남쪽이므로, 막대를 기준으로 D 방향이 남쪽이다.

▮ **바로알기** ㄱ. 태양은 오전에 가장 긴 그림자 방향(A 방향)의 반대 방향에서 뜬다.

ㄷ. 하지날은 1년 중 태양의 남중 고도가 가장 높아 그림자의 길이가 가장 짧다. 그림자의 길이가 가장 긴 날은 1년 중 태양의 남중 고도가 가장 낮은 동짓날이다.

02 우리나라의 표준 경선은 135°E로 우리나라에 비해 서쪽에 있는 런던(0°)은 9시간(=135°÷15°/시간)이 느리다. 런던에서 서쪽에 있는 로스앤젤레스(120°W)는 런던보다 8시간(=120°÷15°/시간)이 느리다. 따라서 우리나라가 7월 2일 오전 4시일 때 영국의 런던은 그보다 9시간이 느린 7월 1일 오후 7시가 되며, 로스앤젤레스는 그보다 8시간이 느린 7월 1일 오전 11시가 된다.

03 ④ 자오선은 천정과 천저를 지나는 수직권 중에서 천구 북극과 천구 남극을 지나는 것이다.

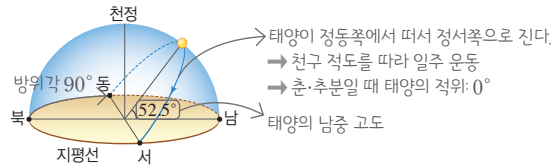
▮ **바로알기** ① 지구의 자전축을 연장하여 천구와 만나는 두 점은 천구 북극, 천구 남극이다.

② 시간권은 천구 북극과 천구 남극을 지나는 대원이며, 천정과 천저를 지나는 대원은 수직권이다.

③ 수직권은 천정과 천저를 지나는 대원이므로, 지평선에 수직이다. 천구 적도에 수직인 대원은 시간권이다.

⑤ 자오선은 천정과 천저를 지나는 수많은 수직권 중에서 천구 북극과 천구 남극을 지나는 것이므로, 관측자에게는 1개뿐이다.

04 꼼꼼 문제 분석

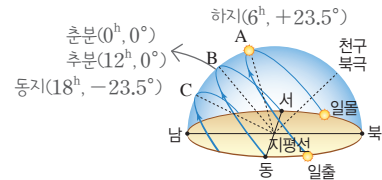


ㄷ. '태양의 남중 고도=90°-관측자의 위도+태양의 적위'이다. 이날 태양의 남중 고도가 52.5°이고, 태양의 적위가 0°이므로 관측자의 위도는 37.5°N이다.

▮ **바로알기** ㄱ. 이날은 태양이 정동쪽에서 떠서 정서쪽으로 지므로, 춘분날 또는 추분날이다. 따라서 태양의 적위는 0°이다.

ㄴ. 북점을 기준으로 시계 방향으로 방위각을 측정하면, 이날 해가 뜰 무렵인 동점에서 방위각은 90°이다.

05 꼼꼼 문제 분석



A → B → C: 하지 → 춘분 → 동지

ㄷ. 위도가 37.5°N인 지역에서 일주권이 A(하지) → B(춘분) → C(동지)로 변하면서 낮의 길이가 점차 짧아지므로, 태양이 뜨는 시각은 점차 늦어지고 태양이 지는 시각은 점차 빨라진다.

▮ **바로알기** ㄱ. 태양의 일주권이 A(하지) → B(춘분) → C(동지)로 변해갈 때 태양의 적경은 6h → 12h → 18h로 증가한다.

ㄴ. 태양의 일주권이 A(하지) → B(춘분) → C(동지)로 변해갈 때, 태양의 적위는 +23.5° → 0° → -23.5°로 감소한다.

06 ① 춘분날 동점을 지나는 별의 일주권은 천구 적도와 일치한다. 따라서 적위는 두 별이 모두 0°이다.

② 천구상에서 춘분점으로부터 천구 적도면을 따라 시계 반대 방향으로 적경이 증가하므로, A별의 적경이 B별보다 크다.

③ 북점으로부터 지평선을 따라 시계 방향으로 방위각이 증가하므로, A 별의 방위각이 B 별보다 작다.

④ 별이 지평면으로부터 높이 위치할수록 고도가 높으므로 A 별이 B 별보다 고도가 낮다.

▮ **바로알기** ▮ ⑤ 남중 고도는 '90° - 관측자의 위도 + 적위'로 구하는데, 별 A와 B는 적위와 위도가 같으므로 남중 고도가 같다.

**07** ① 금성은 내합 부근, 화성은 충 부근을 지날 때 천구상에서 동에서 서로 이동하므로 역행한다.

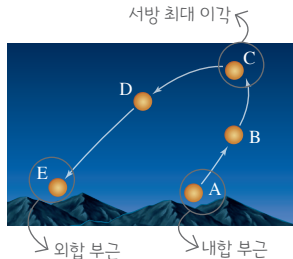
② 화성은 충에 위치할 때 지구와 거리가 가장 가까워 가장 크고 밝게 보이므로, 시지름이 가장 크고 겉보기 등급이 가장 작다.

③ 금성은 외합이나 내합, 화성은 합 of 위치에 있을 때 태양과 함께 뜨고 지므로 육안으로 관측할 수 없다.

⑤ 외행성인 화성은 태양의 반대편(충)에 위치할 때 한밤중에 관측할 수 있으나, 내행성인 금성은 항상 태양 부근에서 보이므로 새벽이나 초저녁에만 관측할 수 있다.

▮ **바로알기** ▮ ④ 화성은 지구에서 가장 가까울 때인 충의 위치에서 보름달 모양의 위상으로 관측된다. 금성은 지구에서 가장 가까울 때인 내합의 위치에서 태양과 함께 뜨므로 관측할 수 없으며, 내합 부근에서는 초승달이나 그믐달 모양으로 관측된다.

## 08 **문제 분석**



금성이 동쪽 하늘에서 관측되는 때는 태양의 서쪽에 위치할 때로, 내합 → 서방 최대 이각 → 외합의 순으로 위치 관계가 변한다. 그림에서 고도가 가장 높은 C일 때, 금성은 서방 최대 이각에 위치한다.

① A는 금성이 내합 부근을 지나는 때로, 천구상에서 동에서 서로 이동하는 역행이 일어난다.

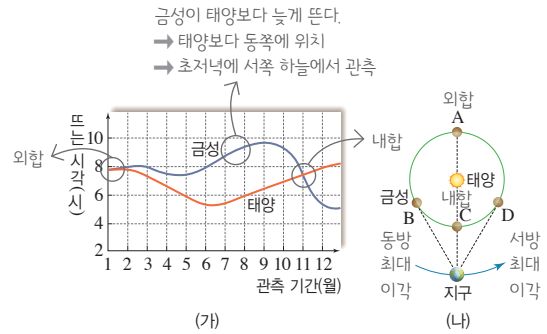
② 금성이 A에서 B로 이동하면 지구로부터 거리가 멀어지므로 시지름이 작아진다.

③ 금성이 C 위치(서방 최대 이각)에 있을 때 태양이 금성의 왼쪽 절반을 비추므로, 하현달 모양으로 보인다.

④ C에서 E로 갈수록 태양과 금성의 이각이 작아지므로 관측 가능 시간이 점점 짧아진다.

▮ **바로알기** ▮ ⑤ E 부근에서 금성의 위치가 매일 서에서 동으로 이동하므로, 금성은 점점 늦게 뜬다.

## 09 **문제 분석**



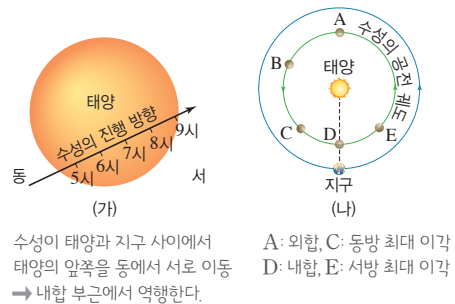
금성은 1월에 외합, 10월 말에 내합에 위치하였다.

ㄱ. 금성은 1월에 뜨는 시간이 태양과 같고, 1월 이후에 태양보다 늦게 뜨므로 1월에는 외합(A) 부근에 위치하였고, 1월 이후에는 태양의 동쪽에 위치하였다.

ㄴ. 금성은 태양보다 늦게 뜨다가 10월 말에 뜨는 시간이 같아지므로, 태양의 동쪽에 위치하다가 10월 말에 내합(C) 부근을 지난다. 내합 부근에서는 역행이 일어나므로 적경이 감소한다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 1월 이후 금성은 태양보다 늦게 뜨므로 10월 말까지 태양이 지고 난 후 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측할 수 있다.

## 10 **문제 분석**



ㄴ. 수성이 내합을 지나면서 이 기간 직후에는 태양의 서쪽에 위치하므로, 새벽에 동쪽 하늘에서 관측될 수 있다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 수성이 태양의 앞쪽을 동에서 서로 역행하면서 이동하므로, 내합(D)의 위치를 지나고 있다.

ㄴ. 이 기간 동안 수성은 동에서 서로 역행하고 있으므로, 적경이 감소한다.

수성이나 금성은 내합에 위치할 때 태양을 가리는 현상(태양면을 통과하는 현상)이 일어나기도 하는데, 태양에 비해 크기가 매우 작아서 잘 관측됩니다. 이러한 현상은 수성과 금성의 공전 궤도면이 지구의 공전 궤도면과 일치하지 않기 때문에 내합일 때마다 항상 일어나지는 않습니다.

**11** ① 관측 기간 중 소행성의 적경이 감소할 때 나타나는 역행은 1994년 3월, 1995년 6월에 총 2번 일어났다.

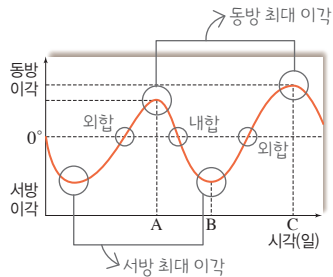
③ 1994년 9월 중순에는 소행성의 적경이 증가하는 방향으로 겹보기 운동이 일어나므로 순행하였다.

④ 1995년 6월 중순을 전후하여 소행성이 역행하므로 층의 위치에 있었고, 이때 소행성은 태양-지구-소행성의 순으로 위치하여 초저녁에 뜨고 자정 무렵에 남중하였다.

⑤ 소행성의 회합 주기는 층(1994년 3월 15일)에서 다음 층(1995년 6월 15일)까지의 기간이므로, 약 1년 3개월이다.

■ **바로알기** ② 1994년 3월 중순에는 소행성이 층의 위치에 있으므로, 지구에서 가장 가까워졌다.

## 12 **꼭꼭** 문제 분석



ㄴ. 케플러 제1법칙은 타원 궤도 법칙이다. A와 C에서 최대 이각이 다른 것은 지구와 내행성의 공전 궤도면이 완전히 일치하지 않을 뿐만 아니라 내행성의 공전 궤도가 타원 궤도이기 때문이다.

■ **바로알기** ㄱ. A와 C는 동방 최대 이각이고, A에서 C까지 걸린 시간은 행성의 상대적 위치 관계가 반복되는 주기이므로 회합 주기에 해당한다.

ㄷ. 행성이 B(서방 최대 이각)에서 C(동방 최대 이각)로 이동하는 사이에 외합에 위치하며, 외합 부근에서는 행성이 순행한다. 행성이 A(동방 최대 이각)에서 B(서방 최대 이각)로 이동하는 사이에 내합에 위치하며, 내합 전후에서 역행한다.

**13** (가)는 프톨레마이오스의 지구 중심설, (나)는 티코 브라헤의 수정된 지구 중심설, (다)는 코페르니쿠스의 태양 중심설이다. ㄴ. (나)에서는 금성이 태양과 지구 사이에만 있지 않고 태양의 건너편(금성-태양-지구의 순으로 위치)에도 위치할 수 있으므로, 금성의 보름달에 가까운 모양의 위상을 설명할 수 있다.

■ **바로알기** ㄱ. 별의 연주 시차는 지구가 공전하기 때문에 나타나는 현상이므로, 지구가 공전하고 있는 (다)에서만 설명된다. (가)와 (나)에서는 지구가 공전하지 않는다.

ㄷ. 행성의 역행 현상은 (가)~(다)에서 모두 설명할 수 있다. (가)에서는 주전원으로, (나)에서는 태양과 행성의 공전 속도 차이로, (다)에서는 지구와 행성의 공전 속도 차이로 설명할 수 있다.

**14** 금성이 태양과 지구 사이에서 원(주전원)을 그리며 공전하고 있으므로, 이 우주관은 프톨레마이오스의 지구 중심설이다.

ㄱ. 금성이 주전원 주위를 공전하므로 태양에서 일정한 각도 이내에서만 이동한다. 따라서 태양보다 몇 시간 일찍 뜨거나 몇 시간 늦게 지므로 새벽 또는 초저녁에만 보인다.

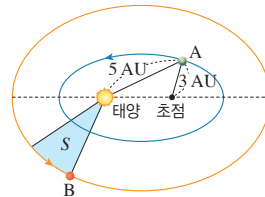
ㄴ. 금성이 주전원을 따라 공전할 때 천구상에서 동에서 서로 움직이며 역행할 때가 있다.

■ **바로알기** ㄷ. 이 우주론에서는 금성이 태양의 반대편(금성-태양-지구 순으로 위치)에 있을 수가 없어서 보름달 모양의 위상을 설명할 수가 없다.

**15** ㄴ, ㄷ. 외행성의 경우에는 지구에서 거리가 멀어질수록 회합 주기가 짧아진다. 소행성 A와 B는 지구보다 바깥쪽 궤도를 공전하며, A의 회합 주기가 B보다 짧으므로 지구와의 거리는 A가 B보다 멀다. 또한, 회합 주기가 더 짧은 소행성 A가 지구에서 더 멀리 있기 때문에 공전 주기도 더 길다.

■ **바로알기** ㄱ, ㄷ. 회합 주기는 지구와 행성의 공전 주기와 관계가 있으며, 질량, 반지름과는 관계가 없다.

## 16 **꼭꼭** 문제 분석



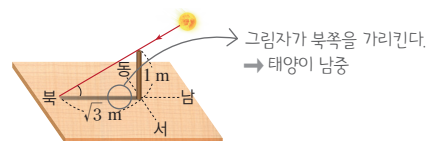
행성 A의 공전 궤도 긴반지름  
= 두 초점으로부터 행성 A까지  
거리의 합 ÷ 2  
= (5 AU + 3 AU) ÷ 2  
= 4 AU

ㄴ. 케플러 제3법칙에 따라 A의 공전 주기는  $P^2 = 4^3$ 에서  $P = 8$ 년이다. B의 공전 주기는 케플러 제2법칙에 따라 27년이다. 따라서 A와 B의 공전 주기의 비는 8 : 27이다.

■ **바로알기** ㄱ. 타원의 두 초점으로부터 행성까지 거리의 합은 항상 일정하므로, A의 공전 궤도 긴반지름은  $\frac{5 \text{ AU} + 3 \text{ AU}}{2} = 4 \text{ AU}$ 이다.

ㄷ. 행성 A, B는 모두 외행성으로, 지구와의 회합 주기는 행성이 지구에서 멀어질수록 짧아진다.

## 17 **꼭꼭** 문제 분석



• 태양의 남중 고도 ( $h$ ):  
 $\tan h = \frac{1}{\sqrt{3}}$ 로부터  $h = 30^\circ$

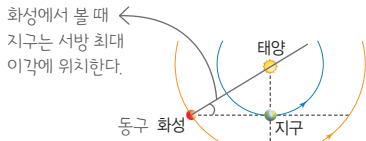
•  $h = 90^\circ - \text{관측자의 위도} + \text{천체의 적위}$   
 $30^\circ = 90^\circ - 36.5^\circ + \text{태양의 적위}$   
 $\therefore \text{태양의 적위} = -23.5^\circ$   
(동지점에 위치 → 겨울)

태양이 정남쪽에 있을 때의 태양의 고도  $h$ 가 태양의 남중 고도가 되며, 이때 태양은 남점에 위치하므로 방위각은  $180^\circ$ 가 된다. 태양의 남중 고도( $h$ )는  $\tan h = \frac{1}{\sqrt{3}}$ 로부터  $h=30^\circ$ 가 된다.  $h=90^\circ-36.5^\circ$ +태양의 적위에서 태양의 적위는  $-23.5^\circ$ 이므로, 태양이 동지점에 위치하여 계절은 겨울이다.

**모범답안** 방위각은  $180^\circ$ , 고도는  $30^\circ$ 이고, 적위가  $-23.5^\circ$ 이므로 겨울(동지)이다.

| 채점 기준                             | 배점    |
|-----------------------------------|-------|
| 태양의 방위각과 고도, 계절과 까닭을 모두 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 태양의 방위각과 고도, 계절, 까닭 중 한 가지 당 배점   | 25 %  |

## 18 꼼꼼 문제 분석



(가) 화성이 태양에 대해 동쪽 직각 방향에 있으므로, 동구에 위치해 있다. 외행성이 동구에 위치할 때는 초저녁(저녁 6시경)에 남쪽 하늘에서 보이고, 자정(밤 12시경)에는 서쪽 지평선으로 지므로 약 6시간 동안 관측할 수 있다.

(나) 화성에서 지구를 관측하면 지구는 내행성에 해당하며 태양의 서쪽으로 각거리가 가장 큰 곳에 위치하므로, 서방 최대 이각에 위치해 있다. 따라서 지구의 위상은 하현달 모양(☾)으로 관측된다.

**모범답안** (가) 초저녁에서 자정 무렵까지 관측할 수 있다.

(나) 서방 최대 이각에 위치해 있고, 하현달 모양으로 관측된다.

| 채점 기준                         | 배점    |
|-------------------------------|-------|
| (가)와 (나)를 모두 옳게 서술한 경우        | 100 % |
| (가)와 (나) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우    | 50 %  |
| (나)에서 상대적 위치 또는 위상만 옳게 서술한 경우 | 25 %  |

**19** 프톨레마이오스의 우주관에서는 주전원을 도입하여 행성의 역행을 설명하였고, 내행성의 주전원 중심을 항상 태양과 지구를 잇는 일직선상에 둬으로써 내행성이 태양으로부터 어느 각도 이상 멀어지지 않는 현상, 즉 내행성의 최대 이각을 설명하였다.

**모범답안** (가) 행성의 역행을 설명하기 위해 도입하였다.

(나) 내행성의 최대 이각을 설명하기 위해 도입하였다.

| 채점 기준                      | 배점    |
|----------------------------|-------|
| (가)와 (나)를 모두 옳게 서술한 경우     | 100 % |
| (가)와 (나) 중 한 가지만 옳게 서술한 경우 | 50 %  |

**20** 혜성의 공전 주기( $P$ )가 64년이므로, 케플러 제3법칙을 적용하면 공전 궤도 긴반지름( $a$ )은 다음과 같다.

$P^2=a^3$ 에서  $64^2=a^3$ 이므로  $a=16$  AU이다. 혜성의 공전 궤도 긴반지름이 지구(1 AU)보다 길므로, 회합 주기( $S$ )는 외행성의 회합 주기 관계식으로 구할 수 있다.

$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ 에서  $\frac{1}{S} = 1 - \frac{1}{64} = \frac{63}{64}$ 이므로  $S \approx 1.02$ 년이다.

**모범답안** 공전 궤도 긴반지름은 16 AU이고, 회합 주기는 약 1.02년이다.

| 채점 기준                                  | 배점    |
|----------------------------------------|-------|
| 혜성의 공전 궤도 긴반지름과 회합 주기를 모두 옳게 구한 경우     | 100 % |
| 혜성의 공전 궤도 긴반지름과 회합 주기 중 한 가지만 옳게 구한 경우 | 50 %  |

## 수능 실전 문제

308쪽~311쪽

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

## 01 꼼꼼 문제 분석

- 이 도시의 표준 경선은 우리나라와  $120^\circ$  차이가 난다.  
 $15^\circ\text{E}$  또는  $105^\circ\text{W}$        $135^\circ\text{E}$
- 이 도시는 서머타임을 시행하여 1시간이 빨라진다. (+1시간)

### 선택지 분석

- ① 파리      ② 모스크바      ③ 런던  
 ④ 베이징      ⑤ 시드니

이 도시의 표준 경선은 우리나라( $135^\circ\text{E}$ )와  $120^\circ$  차이가 나므로  $15^\circ\text{E}$  또는  $105^\circ\text{W}$ 이다.

•  $15^\circ\text{E}$ 일 경우: 우리나라보다 8시간( $=120^\circ \div 15^\circ/\text{시간}$ )이 느리고, 현재 우리나라는 12시이다. 그러므로 새벽 4시인데, 두 번째 조건에서 서머타임을 시행한다고 하였으므로 새벽 5시이다.

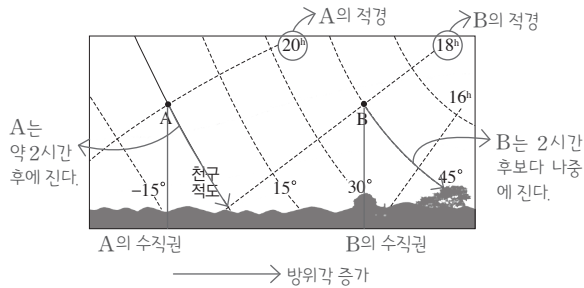
➡ 파리에 해당

•  $105^\circ\text{W}$ 일 경우: 우리나라보다 16시간( $=0^\circ$ 까지 9시간+ $0^\circ$ 에서  $105^\circ\text{W}$ 까지 7시간)이 느리고, 현재 우리나라는 12시이다. 그러므로 전날 저녁 8시이고, 두 번째 조건에서 서머타임을 시행한다고 하였으므로 전날 저녁 9시이다.

서머타임은 여름철 해가 일찍 뜨기 때문에 낮 시간을 활용하여 경제 활동을 활발히 하고 에너지도 절약하자는 목적으로 86개 국가가 시행하는 제도입니다. 서머타임을 시행하면 시행하지 않는 지역과는 평소의 시차보다 1시간이 줄어들거나 1시간이 더 벌어집니다. (시행하지 않는 지역이 앞선 시간대에 있을 경우에는 줄어들고, 늦은 시간대에 있는 경우에는 더 벌어집니다.)



## 02 **꼼꼼** 문제 분석



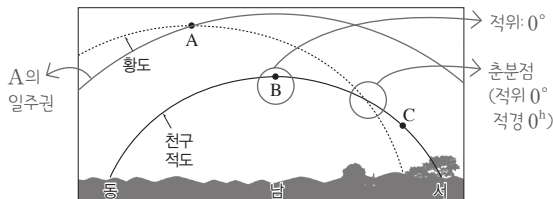
### 선택지 분석

- ❑ ① 적경은 별 A가 B보다 작다. **크다**
- ❑ ② 적위는 별 A가 B보다 크다. **작다**
- ❑ ③ 방위각은 별 A가 B보다 크다. **작다**
- ❑ ④ 별 A는 B보다 나중에 진다. **먼저**
- ❑ ⑤ 보름 후 별 A와 B는 이날보다 일찍 진다.

⑤ 태양의 연주 운동으로 태양의 적경이 증가하므로 별이 지는 시각은 매일 약 4분씩 빨라진다. 따라서 보름 후 A와 B는 이날보다 일찍 진다.

- **바로알기** ① 적경은 A가 20<sup>h</sup>, B가 18<sup>h</sup>이다. ⇒ 적경: A > B  
 ② A는 천구 적도에 위치하므로 적위가 0°이고, B는 적위가 45°이다. ⇒ 적위: A < B  
 ③ 방위각은 북점(또는 남점)을 기준으로 시계 방향으로 측정한다. 그림은 서쪽 하늘을 관측한 것이므로, 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 방위각이 크다. ⇒ 방위각: A < B  
 ④ 일주권은 천구 적도와 나란하고 별은 지평선 아래로 지므로 A는 약 2시간 후에 지고, B는 약 2시간 후보다 나중에 진다.

## 03 **꼼꼼** 문제 분석



### 선택지 분석

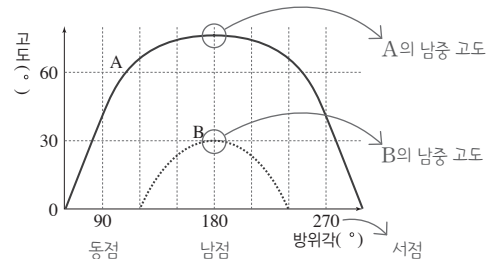
- ❑ ㉠ 적위는 A가 B보다 크다.
- ❑ ㉡ 적경은 B가 C보다 크다. **작다**
- ❑ ㉢ 이 시간 이후 A의 고도는 점점 낮아진다. **높아지다가 낮아진다**

㉠, 적위는 천구 적도에서 시간권을 따라 천체까지 측정한 각도로, 천구 북극 방향으로 가까울수록 크므로 A의 적위는 B보다 크다. B는 현재 천구 적도에 위치해 있으므로 적위가 0°이다.

■ **바로알기** ㉡, 그림에서 황도와 천구 적도가 만나는 교점은 태양이 황도를 따라 천구의 남반구에서 북반구로 올라가며 천구 적도와 만나는 점이므로, 춘분점(적경=0<sup>h</sup>)이다. 적경은 춘분점을 기준으로 천구 적도를 따라 시계 반대 방향으로 재므로 B의 적경은 C의 적경보다 작다.

㉢, 고도는 지평선에서부터 천체를 지나는 수직권을 따라 천체까지 측정한 각도로, 하루 중 천체가 남쪽 자오선에 위치했을 때 가장 높다. A는 현재 남동쪽 하늘에 있으므로, 시간이 지남에 따라 고도가 점점 높아지다가 남쪽 자오선을 지나면서부터 낮아진다.

## 04 **꼼꼼** 문제 분석



남중 고도는 A가 B보다 높으므로 A는 하짓날, B는 동짓날이다.

### 선택지 분석

- ❑ ㉠ 태양을 관측한 지역의 위도는 36.5°N이다.
- ❑ ㉡ A일 때, 낮의 길이가 밤의 길이보다 길었다.
- ❑ ㉢ B일 때, 태양이 지는 방향은 북서쪽의 지평선이다. **남서쪽**

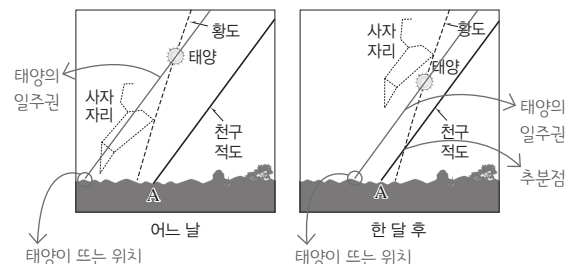
㉠, B는 동짓날이므로 태양의 적위는 -23.5°이고, 남중 고도는 30°이므로, 30°=90°-관측자의 위도-23.5°에서 관측자의 위도는 36.5°N이다.

㉡, A는 하짓날이므로 태양은 북동쪽에서 떠서 북서쪽으로지며, 이때 낮의 길이가 밤의 길이보다 길다.

■ **바로알기** ㉢, B는 동짓날이므로, 태양은 남동쪽에서 떠서 남서쪽으로 진다.

## 05 **꼼꼼** 문제 분석

태양의 일주권은 천구 적도와 나란하며, 우리나라에서 관측한 일주권이 오른쪽으로 비스듬히 올라가므로 동쪽 하늘을 관측한 것이다.





### 선택지 분석

- ㉠ 한 달 동안 태양의 적위는 감소하였다.
- ㉡ 한 달 동안 태양이 뜨는 위치는 A점보다 북쪽이다.
- ㉢ 사자자리를 관측할 수 있는 시간은 9월보다 3월에 더 길다.

㉠. 태양의 위치가 천구 적도에 접근하므로, 이 기간 동안 태양의 적위는 감소하였다.

㉡. 한 달 동안 태양의 적위가 (+)이므로 천구 적도와 나란하게 태양의 일주권을 그려보면 태양이 뜨는 위치는 A점보다 북쪽이다.

㉢. 한 달 후 황도와 천구 적도가 만나는 점은 적위가 (+)에서 (-)로 변하므로, 추분점이다. 사자자리는 추분점 근처에 있으므로 사자자리를 관측할 수 있는 시간은 태양이 춘분점 근처에 있는 3월에 더 길다.

## 06

### 선택지 분석

- ㉠ 금성은 9월 1일에 추분점 방향에서 관찰된다.
- ㉡ 1월 1일에는 금성이 태양보다 먼저 뜬다.
- ㉢ 2016년에는 금성이 역행하는 시기가 없었다.

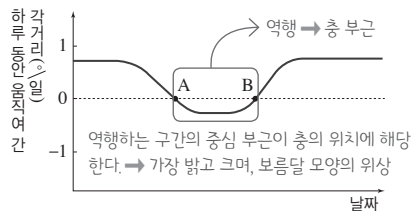
㉠. 추분점의 적경은  $12^h$ 이며, 금성은 9월 1일에 적경이 약  $12^h$ 이므로 추분점 방향에서 관찰된다.

㉡. 1월 1일에 금성의 적경은  $16^h$ 이며, 이날 태양의 적경은 태양이 동지점을 조금 지난 때이므로  $18^h$ 보다 약간 크다. 적경이 작은 천체가 먼저 뜨고 먼저 지므로, 1월 1일에는 금성이 태양보다 먼저 뜬다.

㉢. 천체는 천구상에서 역행하면 적경이 감소한다. 2016년에 금성은 적경이 감소하는 시기가 없으므로, 역행하는 시기가 없었다.

## 07 꼼꼼 문제 분석

화성은 A까지는 서에서 동으로 순행하다가 A에서 B까지는 동에서 서로 역행하며, B부터는 다시 서에서 동으로 순행한다.



### 선택지 분석

- ㉠ 별자리에 대해 역행을 한다.
- ㉡ 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측된다. 동쪽
- ㉢ 상현달 모양의 위상을 이룬다. 보름달

㉠. 행성이 별자리에 대해 서에서 동으로 이동해 가는 것을 순행이라고 하고, 동에서 서로 이동해 가는 것을 역행이라고 한다. 따라서 A → B 기간 동안 화성은 동에서 서로 이동하고 있으므로 역행을 한다.

㉡. A → B 기간에 화성이 역행하므로 총을 지나고, 화성이 총 부근을 지날 때는 초저녁에 동쪽 하늘에서 관측된다.

㉢. 화성이 총 부근에 위치하면 보름달 모양의 위상으로 보인다.

## 08

### 선택지 분석

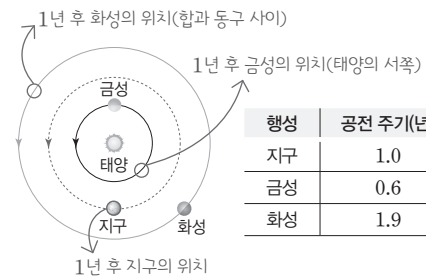
- ㉠ 7월 9일경에 목성은 자정에 남쪽 하늘에서 관측되었다.
- ㉡ 9월 말에 토성은 새벽에 동쪽 하늘에서 관측되었다.
- ㉢ 이 기간 동안 목성은 천구상에서 동에서 서로 겹보기 운동을 한 적이 있었을 것이다.

㉠. 7월 9일경에 목성의 시지름이 가장 컸으므로, 이날 목성은 총 부근에 있었다. 따라서 자정에 남쪽 하늘에서 관측된다.

㉡. 9월 7일경에 토성의 시지름이 가장 작았으므로, 이날 토성은 합 부근에 있다. 외행성의 상대적 위치는 합 → 서구 → 총 → 동구로 변하므로, 9월 말에 토성은 태양보다 서쪽에 위치하여 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다.

㉢. 외행성은 총을 전후로 역행하므로, 목성은 7월 9일 전후로 천구상에서 동에서 서로 겹보기 운동을 한 적이 있었을 것이다.

## 09 꼼꼼 문제 분석



### 선택지 분석

- ㉠ 금성이 새벽에 관측되는 시기가 있다.
- ㉡ 금성이 상현달 모양으로 관측되는 시기가 있다.
- ㉢ 화성이 역행하는 시기가 있다.

현재 금성은 외합에 위치하지만 1년 후에는 동방 최대 이각 → 내합 → 서방 최대 이각 → 외합 → 동방 최대 이각 → 내합을 지나 태양의 서쪽에 위치하게 된다. 현재 화성은 서구에 위치하지만, 1년 후에는 총을 지나 합과 동구 사이에 위치하게 된다.

- ㄱ. 금성의 상대적 위치가 태양보다 서쪽에 있는 시기에는 금성이 새벽에 관측된다. 1년 동안 금성은 태양의 서쪽에 위치한 적이 있다.
- ㄴ. 금성이 동방 최대 이각에 있을 때는 상현달 모양으로 관측되며, 1년 동안 금성은 동방 최대 이각을 지난 적이 있다.
- ㄷ. 화성이 충의 위치에 있는 시기에는 역행한다.

## 10

### 선택지 분석

- ㉠ 태양이 우주의 중심인 우주관은 A이다.
- ㉡ B에서는 금성이 보름달 모양으로 보이는 것을 설명할 수 있다. 없다
- ㉢ 금성이 한밤중에 관측되지 않는 것을 A에서는 설명할 수 있지만, B에서는 설명할 수 없다. 있다

ㄱ. A는 지구와 금성 사이의 거리가 태양과 지구 사이의 거리보다 작을 때도 있고 클 때도 있으므로, 태양 중심설에 해당한다. B는 지구와 금성 사이의 거리가 항상 태양과 지구 사이의 거리보다 작으므로, 지구와 태양 사이에 금성의 주전원이 있는 지구 중심설에 해당한다. 따라서 태양이 우주의 중심인 우주관은 A이다.

❗ **바로알기** ㄴ. 지구 중심설(B)에서는 금성이 항상 지구와 태양 사이에 있다. 따라서 금성의 보름달 모양의 위상을 설명할 수 없다.

ㄷ. 금성이 한밤중에 관측되지 않는 현상은 금성의 최대 이각 때 문인데, 이는 태양 중심설(A)과 지구 중심설(B)에서 모두 설명이 가능하다.

## 11

### 선택지 분석

- ㉠ 수성과 금성은 새벽과 초저녁에만 관측할 수 있다.
- ㉡ 행성들이 별자리를 배경으로 동에서 서로 움직일 때가 있다.
- ㉢ 금성의 위상이 보름달 모양으로 보일 때가 있다.
- ㉣ 배경이 되는 별에 대한 가까운 별의 위치가 주기적으로 변한다.

(가)는 프톨레마이오스의 지구 중심설, (나)는 코페르니쿠스의 태양 중심설, (다)는 티코 브라헤의 수정된 지구 중심설이다.

ㄱ. 수성과 금성은 최대 이각 범위에서 관측되므로, 새벽과 초저녁에만 관측할 수 있다. 최대 이각은 (가)에서는 내행성의 주전원 중심을 태양과 지구를 잇는 일직선상에 놓아서 설명하였고, (나)에서는 내행성이 지구의 안쪽 궤도를 공전하는 것으로 설명하였으며, (다)에서는 태양 주위를 도는 내행성의 공전 궤도가 태양의 공전 궤도보다 작은 것으로 설명하였다.

ㄴ. 행성들이 별자리를 배경으로 동에서 서로 움직이는 것을 역행이라고 한다. 행성의 역행을 (가)에서는 주전원으로, (나)에서는 지구와 행성의 공전 속도 차이로, (다)에서는 태양과 행성의 공전 속도 차이로 설명하였다.

❗ **바로알기** ㄷ. 금성의 위상이 보름달 모양이 되려면 금성-태양-지구의 순으로 배열되어야 한다. (가) 지구 중심설에서는 금성이 지구와 태양 사이에서만 운동하므로, 금성의 위상이 보름달 모양으로 보이는 것을 설명할 수 없다.

ㄷ. 배경이 되는 별에 대한 가까운 별의 위치가 주기적으로 변하는 것은 별의 연주 시차에 대한 설명이다. 별의 연주 시차는 지구가 공전해야만 나타나므로, (나) 태양 중심설로만 설명할 수 있다.

## 12

### 선택지 분석

- ㉠ 초저녁에 서쪽 하늘에서 관측된다. 새벽에 동쪽 하늘
- ㉡ 시지름이 계속 증가한다.
- ㉢ 천구상에서 역행하다가 순행한다. 순행하다가 역행

화성의 상대적 위치는 합→서구→충→동구의 순으로 변한다.

ㄴ. 합에서 충의 위치가 되기 전까지 지구와 화성의 거리가 가까워지므로 화성의 시지름은 증가한다.

❗ **바로알기** ㄱ. 화성의 회합 주기가 2년보다 길기 때문에 현재 합에서 1년 후 화성의 위치는 충의 위치 전이다. 이 기간 동안 화성은 태양보다 서쪽에 있으므로, 새벽에 동쪽 하늘에서 관측된다.

ㄷ. 외행성은 충 부근에서 역행하므로, 이 기간 동안 화성은 천구상을 순행하다가 역행을 한다.

## 13 **꼼꼼** 문제 분석

지구의 공전 궤도 안쪽에서 공전하고, 공전 주기가 지구의 공전 주기(1년)보다 짧다. → **내행성**



지구의 공전 궤도 바깥쪽에서 공전하고, 공전 주기가 지구의 공전 주기(1년)보다 길다. → **외행성**

### 선택지 분석

- ㉠ A의 공전 주기는  $\frac{1}{2}$ 년이다.
- ㉡ B가 근일점에서 원일점까지 공전하는 데 걸리는 시간은  $\frac{3}{4}$ 년이다. 공전 주기의 절반
- ㉢ 회합 주기는 B가 A보다 3배 길다.

ㄱ. 내행성은 지구보다 공전 주기가 짧고, 외행성은 지구보다 공전 주기가 길다. 따라서 공전 주기가  $\frac{1}{2}$  년인 (가)는 내행성인 A이고, 공전 주기가  $\frac{3}{2}$  년인 (나)는 외행성인 B이다.

ㄴ. B는 공전 주기가  $\frac{3}{2}$  년이므로, 근일점에서 원일점까지 공전하는 데 걸리는 시간은 공전 주기의 반인  $\frac{3}{4}$  년( $=\frac{3}{2} \times \frac{1}{2}$ )이다.

ㄷ. A는 공전 주기(P)가  $\frac{1}{2}$  년이므로, 공전 주기와 회합 주기(S) 관계식  $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$  (E: 지구의 공전 주기)에서  $S=1$ 년이다. B는 공전 주기가  $\frac{3}{2}$  년이므로, 공전 주기와 회합 주기 관계식  $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ 에서  $S=3$ 년이다. 따라서 회합 주기는 B가 A보다 3배 길다.

#### 14 **문제 분석**

| 행성               | A                                         | B     | C                                         | D     | E    | F   |
|------------------|-------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|------|-----|
| 회합 주기(일)         | 116                                       | 367   | 370                                       | 378   | 399  | 780 |
| 행성               | 수성                                        | 해왕성   | 천왕성                                       | 토성    | 목성   | 화성  |
|                  | 내행성                                       | 외행성   |                                           |       |      |     |
| 회합 주기와 공전 주기 관계식 | $\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$ |       | $\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$ |       |      |     |
| 공전 주기(일)         | 88                                        | 60189 | 30685                                     | 10759 | 4333 | 687 |

##### 선택지 분석

- ㉠ 내행성은 A이다.
- ㉡ 지구와 공전 속도의 차이가 가장 작은 행성은 B이다. F
- ㉢ 공전 궤도의 긴반지름이 가장 큰 행성은 F이다. B
- ㉣ 1년 동안 지나간 궤도 면적이 전체 궤도 면적에서 차지하는 비율은 A가 가장 크다.

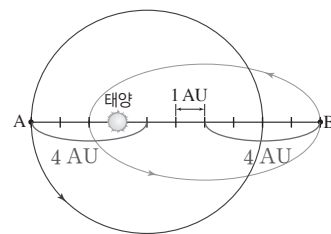
ㄱ. A는 공전 주기와 회합 주기 관계식에서 외행성의 관계식에서 공전 주기가 (-) 값이 되어 식이 성립하지 않으므로 내행성이다. 태양계의 내행성은 수성과 금성이 있는데, 그 중 회합 주기가 지구의 공전 주기(365일)보다 짧은 것은 수성이다.

ㄴ. 1년 동안 지나간 궤도 면적이 전체 궤도 면적에서 차지하는 비율이 클수록 공전 주기가 짧다. 따라서 공전 주기는 A가 가장 짧으므로 1년 동안 지나간 궤도 면적이 전체 궤도 면적에서 차지하는 비율이 가장 큰 행성은 A이다.

▮ **바로알기** ㄴ. 지구와 공전 속도의 차이가 작을수록 회합 주기가 길어지므로 지구와 공전 속도 차이가 가장 작은 행성은 F이다.

ㄷ. 케플러 제3법칙에 따르면, 공전 주기가 길수록 공전 궤도의 긴반지름이 크다. 공전 주기는 A가 가장 짧고, 외행성은 회합 주기가 길수록 공전 주기가 짧으므로 B의 공전 주기가 가장 길다.

#### 15 **문제 분석**



A의 공전 궤도 긴반지름 = B의 공전 궤도 긴반지름 = 4 AU  
 → A와 B의 공전 궤도 긴반지름이 같으므로, 공전 주기가 같다.

##### 선택지 분석

- ㉠ 이로부터 2년 동안 소행성 A가 공전한 각도는 소행성 B가 공전한 각도보다 크다.
- ㉡ 태양과 소행성을 잇는 직선이 1년 동안 쓸고 지나간 면적은 A가 B보다 크다.
- ㉢ 소행성 A와 B는 충돌하지 않는다.

ㄱ. 소행성 A와 B는 공전 궤도 긴반지름(a)이 4 AU로 같으므로, 케플러 제3법칙에 따라  $P^2 = a^3 = 4^3$ 이므로 공전 주기(P)는 8년으로 같다. 따라서 케플러 제2법칙에 따라 원일점보다 근일점에서 행성의 공전 속도가 빠르므로 근일점에 있는 A가 원일점에 있는 B보다 2년 동안 공전한 각도가 크다.

ㄴ. 소행성 A와 B의 공전 궤도 긴반지름이 4 AU로 같으므로, 타원의 면적은 궤도 모양이 원에 가까운 A가 B보다 더 크다. 따라서 태양과 소행성을 잇는 직선이 1년 동안 쓸고 지나간 면적은 A가 B보다 크다.

ㄷ. 소행성 A와 B의 공전 주기가 같으므로 A가 근일점에서 원일점으로 이동하는 기간 동안 B는 원일점에서 근일점으로 이동하기 때문에 A와 B는 충돌하지 않는다.

#### 16

##### 선택지 분석

- ㉠ 평균 공전 속도는 A가 B보다 빠르다.
- ㉡ 공전 주기는 B가 A의 2배이다. 2배 이상
- ㉢ A에서 관측한 B의 회합 주기는 1년보다 짧다. 길다

ㄱ. 소행성의 평균 공전 속도는 공전 궤도 긴반지름이 짧을수록 빠르다. 따라서 평균 공전 속도는 A가 B보다 빠르다.

▮ **바로알기** ㄴ. A의 공전 궤도 긴반지름은 1 AU로 지구와 같으므로, 공전 주기도 지구와 같은 1년이다. B의 공전 궤도 긴반지름은 2 AU이므로 케플러 제3법칙( $P^2 = a^3$ )에 따라 공전 주기는  $\sqrt{8} = 2\sqrt{2} \approx 2.83$ 년이 된다. 따라서 공전 주기는 B가 A의 2배 이상이다.

ㄷ. A의 공전 주기는 1년이고, B의 공전 주기는 약 2.83년이므로 A에서 관측한 B의 회합 주기는 1년보다 길다.

## 2

## 우리는하와 우주의 구조



### 01 천체의 거리

#### 개념 확인 문제

316쪽

- 1  $2.5 \log \frac{l_1}{l_2}$     2 거리 지수    3 세페이드 변광성  
4 크다    5 절대 등급
- 1 (1) 작을 (2) 2.5 (3) 반비례 (4) 멀다    2 (1) 멀다 (2) 가깝다  
3 (1) C (2) B (3) D (4) D (5) A    4 (1) ○ (2) ○ (3) ×  
5 ㉠ 변광 주기, ㉡ 겉보기 등급    6 1000 pc

- 1 (1) 별의 밝기를 나타내는 등급의 숫자가 작을수록 별의 밝기는 밝다.  
(2) 5등급 사이의 밝기는 100배 차이가 나므로 1등급 사이에는  $\sqrt[5]{100} = 10^{\frac{2}{5}}$  배, 즉 약 2.5배 차이가 난다.  
(3) 별의 밝기( $l$ )는 거리의 제곱( $r^2$ )에 반비례한다.  $\Rightarrow l \propto \frac{1}{r^2}$   
(4) 별의 (겉보기 등급 - 절대 등급)을 거리 지수라고 하며, 이 값이 클수록 겉보기 밝기가 어두워진다는 뜻이므로 멀리 있는 별이다.

- 2 (1) 거리 지수(겉보기 등급 - 절대 등급)가 0보다 크면, 겉보기 등급이 절대 등급보다 크므로 10 pc에 위치할 때보다 어둡게 보인다. 따라서 별의 거리는 10 pc보다 멀다.  
(2) 거리 지수(겉보기 등급 - 절대 등급)가 0보다 작으면, 겉보기 등급이 절대 등급보다 작으므로 10 pc에 위치할 때보다 밝게 보인다. 따라서 별의 거리는 10 pc보다 가깝다.

### 3 **꼼꼼** 문제 분석

|                           | 실제로 가장 밝은 별 |    | 가장 밝게 보이는 별 |       |
|---------------------------|-------------|----|-------------|-------|
| 별                         | A           | B  | C           | D     |
| 겉보기 등급                    | 6           | 2  | 1           | 3     |
| 절대 등급                     | -2          | -3 | -2          | 3     |
| 거리 지수<br>(겉보기 등급 - 절대 등급) | 8           | 5  | 3           | 0     |
| 거리                        | 10 pc보다 멀다. |    |             | 10 pc |

- (1) 가장 밝게 보이는 별은 겉보기 등급이 가장 작은 C이다.  
(2) 실제로 가장 밝은 별은 절대 등급이 가장 작은 B이다.  
(3) 별의 밝기는 5등급 사이에 100배 차이가 나므로 별 A보다 100배 어두운 별은 5등급 큰 별 D이다.

- (4) 절대 등급은 별이 10 pc의 거리에 있다고 가정했을 때의 등급이다. 별 D는 겉보기 등급과 절대 등급이 같으므로 10 pc의 거리에 있다.  
(5) 가장 멀리 있는 별은 거리 지수(겉보기 등급 - 절대 등급)가 가장 큰 A이다.

- 4 (1) 세페이드 변광성은 변광 주기가 1일~100일 정도인 맥동 변광성으로, 종족 I 형과 종족 II 형 모두 변광 주기가 길수록 광도가 커지는 주기 광도 관계가 성립한다.  
(2) 세페이드 변광성의 변광 주기가 동일한 경우 종족 I 형이 종족 II 형보다 실제 밝기가 더 밝다.  
(3) 맥동 변광성 중 거문고자리 RR 형 변광성은 변광 주기가 1일 이내인 별들이다. 변광 주기가 10일 이상인 것은 세페이드 변광성 중에 있다.

- 5 세페이드 변광성의 변광 주기를 관측하여 주기 광도 관계로부터 절대 등급을 구한 다음, 관측하여 알아낸 겉보기 등급과 비교하여 별까지의 거리를 알 수 있다.

- 6 세페이드 변광성의 주기 광도 관계에서 변광 주기가 10일인 세페이드 변광성의 절대 등급( $M$ )은 -4등급이다. 이 변광성의 평균 겉보기 등급( $m$ )은 6등급이므로 거리 지수 공식을 이용하여 은하까지의 거리를 구하면  $m - M = 5 \log r - 5$ 에서  $6 - (-4) = 5 \log r - 5$ ,  $r = 1000$  pc이다.

#### 개념 확인 문제

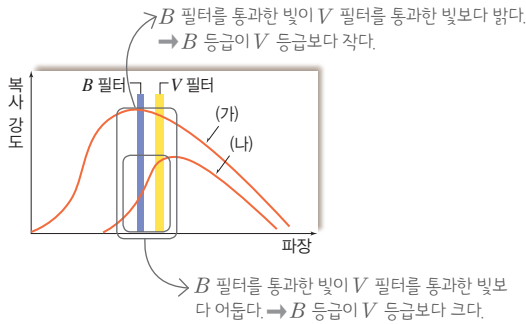
319쪽

- 1 색지수    2 파란    3 노란    4 작다    5 색지수  
6 주계열    7 많을

- 1 ㉠ 높, ㉡ 작    2 (1) 작다 (2) - (3) 크다 (4) + (5) 높다  
3 (1) ㉠ ㉡ (3) ㉢ (3) ㉠    4 ㉠ 11, ㉡ 6, ㉢ 5, ㉣ 100    5 (1) 산 (2) 산 (3) 구 (4) 구    6 NGC 2362, M67

- 1 별의 색은 표면 온도에 따라 달라진다. 표면 온도가 높을수록 파란색을 띠고, 표면 온도가 낮을수록 붉은색을 띤다. 별의 색 지수는 사진 등급에서 안시 등급을 뺀 값으로, 표면 온도가 높은 별일수록 색지수가 작다. 따라서 파란색 별이 노란색 별보다 색지수가 작다.

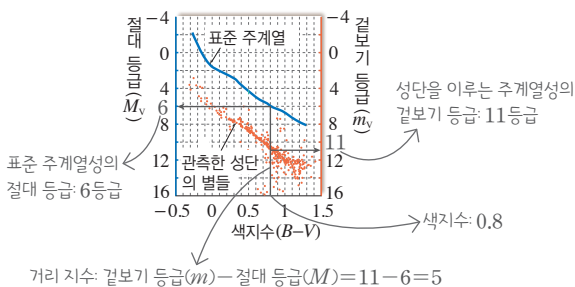
## 2 **꼼꼼** 문제 분석



- (1), (2) (가)별은  $B$  필터를 통과한 빛의 세기가  $V$  필터를 통과한 빛의 세기보다 커서  $B$  등급이  $V$  등급보다 작다. 따라서 색지수  $(B-V)$ 는  $(-)$  값을 갖는다.
- (3), (4) (나)별은  $B$  필터를 통과한 빛의 세기가  $V$  필터를 통과한 빛의 세기보다 작으므로  $B$  등급이  $V$  등급보다 크다. 따라서 색지수  $(B-V)$ 는  $(+)$  값을 갖는다.
- (5) 색지수  $(B-V)$ 는 별의 표면 온도가 높을수록 작다. 따라서 색지수가 (가)별은  $(-)$ 이고, (나)별은  $(+)$ 이므로 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높다.

- 3** (1) 성단의 주계열성이 표준 주계열성보다 위에 있으면 겉보기 등급이 절대 등급보다 작으므로 10 pc보다 가깝다.
- (2) 성단의 주계열성이 표준 주계열성보다 아래에 있으면 겉보기 등급이 절대 등급보다 크므로 10 pc보다 멀다.
- (3) 성단의 주계열성이 표준 주계열성과 일치하면 겉보기 등급이 절대 등급과 같으므로 10 pc 거리에 있다.

## 4 **꼼꼼** 문제 분석



거리 지수 공식  $m - M = 5 \log r - 5$ 에서  $5 = 5 \log r - 5$ ,  $r = 10^2 = 100$ 이므로 성단까지의 거리는 100 pc이다.

- 5** (1) 산개 성단은 대부분의 별이 주계열성이고, 일부 적색 거성 가지가 나타나기도 한다.

- (2) 주계열성은 질량이 클수록 광도가 크고, 질량이 큰 별일수록 진화 속도가 빠르므로 주계열에서 온도와 광도가 높은 별들이 빨리 진화한다. 산개 성단은 구상 성단에 비해 전향점이 온도와 광도가 높은 곳에서 나타나며, 별들의 대부분이 주계열 단계에 머물러 있으므로 성단의 나이가 적다.
- (3) 성단의 나이가 많을수록 전향점이 온도와 광도가 낮은 곳에서 나타난다. 색지수가 클수록 온도가 낮으므로 전향점에 위치하는 별의 온도가 낮은 성단은 구상 성단이다.
- (4) 구상 성단은 나이가 많아 주계열성의 비율이 낮고, 적색 거성 가지, 점근 거성 가지, 수평 가지에도 별이 분포한다.

- 6** 성단의 색등급도에서 전향점의 위치가 아래에 있을수록 나이가 많은 성단이므로 나이가 가장 적은 성단은 NGC 2362이고, 나이가 가장 많은 성단은 M67이다.

320 쪽

완자뽀  
비법 특강

Q1 10 pc

Q2 100 pc

Q3 1000 pc

Q4 375 Mpc

- Q1** 연주 시차는 6개월 간격으로 관측한 시차의  $\frac{1}{2}$ 이므로  $0.1''$ 이다. 거리는 연주 시차에 반비례하므로 별의 거리는  $\frac{1}{0.1''} = 10$  pc이다.

- Q2** 거리 지수  $(m - M)$ 가 5이므로  $m - M = 5 \log r - 5$ 에서  $5 = 5 \log r - 5$ ,  $10 = 5 \log r$ ,  $r = 10^2$  pc이므로 성단까지의 거리는 100 pc이다.

- Q3** 변광 주기가 3일인 세페이드 변광성의 절대 등급은 주기 광도 관계 그래프에서  $-4$ 등급이다. 평균 겉보기 등급이 6등급이므로 거리 지수 공식에 대입하면  $m - M = 5 \log r - 5$ 에서  $6 - (-4) = 5 \log r - 5$ ,  $15 = 5 \log r$ ,  $r = 10^3$  pc이므로 변광성까지의 거리는 1000 pc이다.

- Q4** 후퇴 속도가  $3 \times 10^4$  km/s이고, 허블 상수가 80 km/s/Mpc일 때, 허블 법칙  $v = H \cdot r$ 에서  $r = \frac{v}{H} = \frac{3 \times 10^4 \text{ km/s}}{80 \text{ km/s/Mpc}} = 375 \text{ Mpc}$ 이므로 은하까지의 거리는 375 Mpc이다.



- 자료 1 1 A, E 2 ㉠ -, ㉡ 가깝다 3 A-B-D-C-E 4 (1) ㉠ (2) × (3) × (4) ㉠
- 자료 2 1 비례 관계 2 ㉢ 3 약 100배 4 (1) ㉠ (2) ㉠ (3) × (4) ×
- 자료 3 1 평행하게 2 약 160 pc 3 (1) ㉠ (2) × (3) ×
- 자료 4 1 (1) (나) (2) (나) (3) (가) 2 (가) 산개 성단 (나) 구상 성단 3 (1) × (2) ㉠ (3) ㉠ (4) ㉠

## 1-1 꼼꼼 문제 분석

거리 지수가 작은 것부터 나열하면 다음과 같다.

| 별                         | A            | B    | D     | C           | E   |
|---------------------------|--------------|------|-------|-------------|-----|
| 겉보기 등급                    | 0.0          | 0.1  | 3.0   | 1.2         | 5.0 |
| 절대 등급                     | 3.0          | 1.5  | 3.0   | 1.0         | 0.0 |
| 거리 지수<br>(겉보기 등급 - 절대 등급) | -3.0         | -1.4 | 0.0   | 0.2         | 5.0 |
|                           | 거리 지수 < 0    |      | 0     | 거리 지수 > 0   |     |
| 거리                        | 10 pc보다 가깝다. |      | 10 pc | 10 pc보다 멀다. |     |

우리 눈에 가장 밝게 보이는 별은 겉보기 등급이 가장 작은 별 A이며, 광도가 가장 큰 별, 즉 실제로 가장 밝은 별은 절대 등급이 가장 작은 별 E이다.

1-2 별 B는 거리 지수(겉보기 등급 - 절대 등급)가 0보다 작으므로 10 pc보다 가까이 있다.

1-3 거리 지수가 작을수록 별까지의 거리가 가까우므로 별 A~E를 지구로부터 가까운 것부터 순서대로 나열하면 A, B, D, C, E이다.

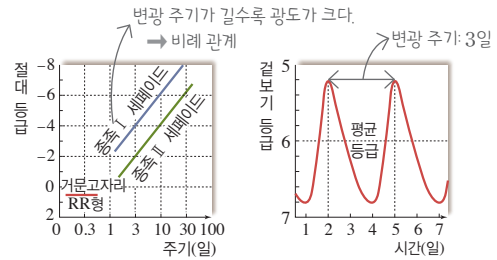
1-4 (1) 겉보기 등급은 거리에 따라 등급이 달라지지만, 절대 등급은 10 pc의 거리에 옮겨 놓았다고 가정했을 때의 밝기를 등급으로 정한 것이다. 별 D는 겉보기 등급과 절대 등급이 같으므로 10 pc의 거리에 있다.

(2) 거리 지수는 (겉보기 등급 - 절대 등급)이므로 거리 지수가 가장 큰 별은 E이다.

(3) 연주 시차는 별까지의 거리에 반비례하므로 가까운 별일수록 연주 시차가 크다. 따라서 연주 시차가 가장 큰 별은 거리가 가장 가까운 A이다.

(4) 별 E의 겉보기 등급( $m$ )은 5.0이고, 절대 등급( $M$ )은 0.0이다. 거리 지수 공식  $m - M = 5 \log r - 5$ 에서  $5.0 - 0.0 = 5 \log r - 5$ ,  $r = 100$ 이므로 별 E까지의 거리는 100 pc이다.

## 2-1 꼼꼼 문제 분석



절대 등급이 작을수록 광도가 크다. 세페이드 변광성은 변광 주기가 길수록 절대 등급이 작으므로 광도가 크다. 따라서 세페이드 변광성의 변광 주기와 광도 사이에는 비례 관계가 있다.

2-2 변광 주기가 3일인 중족 I 세페이드 변광성의 절대 등급은 -4등급이고, 중족 II 세페이드 변광성의 절대 등급은 -2등급이다. 중족 I 세페이드 변광성이 중족 II 세페이드 변광성보다 절대 등급이 2등급 작고, 1등급 사이의 밝기 차이는 약 2.5배이므로 중족 II 세페이드 변광성보다 약 6.3( $\approx 2.5^2$ )배 밝다.

2-3 변광 주기가 1일 이내인 거문고자리 RR형 변광성은 변광 주기에 관계없이 절대 등급이 약 0.5등급이므로 이 별은 겉보기 등급과 절대 등급이 5등급 차이가 난다. 따라서 실제 밝기가 겉보기 밝기보다 약 100( $\approx 2.5^5$ )배 밝다.

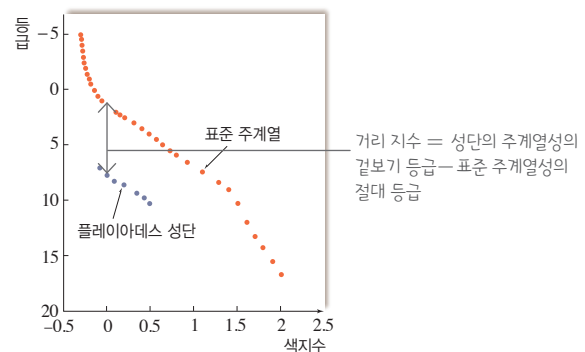
2-4 (1) 변광 주기는 겉보기 등급이 가장 작은 날로부터 다시 가장 작아지는 날까지이므로 약 3일이다.

(2) (나)에서 이 별의 평균 겉보기 등급은 등급이 가장 클 때와 가장 작을 때의 중간이므로 약 6등급이다.

(3) 중족 I 세페이드 변광성인 (나)의 변광 주기가 약 3일이므로 (가) 주기 광도 관계에서 절대 등급은 -4등급이다.

(4)  $m - M = 5 \log r - 5$ 에서  $6 - (-4) = 5 \log r - 5$ ,  $r = 10^3$ 이다. 따라서 (나) 변광성까지의 거리( $r$ )는 1000 pc이다.

## 3-1 꼼꼼 문제 분석

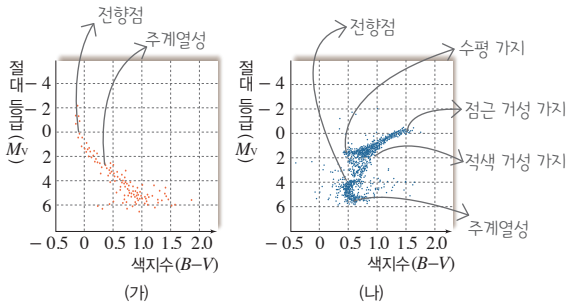


표준 주계열성과 플레이아데스 성단을 이루는 주계열성의 분포는 색등급도에서 거의 평행하게 분포한다. 플레이아데스 성단의 별들을 세로축 방향으로 평행 이동하면 표준 주계열성과 겹쳐진다.

**3-2**  $m-M=5 \log r-5$ 에서  $m=7.5$ ,  $M=1.5$ 이므로  $7.5-1.5=5 \log r-5$ ,  $6=5 \log r-5$ 이다.  
 $\therefore r=10^{\frac{11}{5}}=10^{\frac{1}{5}+\frac{10}{5}}=10^{\frac{1}{5}} \times 10^2 \approx 1.6 \times 100=160 \text{ pc}$

**3-3** (1) 성단을 이루는 별들은 같은 성운으로부터 동시에 생성되어 무리를 이루고 있으므로 지구로부터 거의 같은 거리에 있다.  
 (2) 거리 지수는 (겉보기 등급-절대 등급)이고, 표준 주계열성의 절대 등급보다 플레이아데스 성단의 주계열성의 겉보기 등급이 더 크므로 거리 지수는 (+) 값이다.  
 (3) 플레이아데스 성단의 겉보기 등급이 표준 주계열성의 절대 등급보다 크므로 플레이아데스 성단의 거리는 10 pc보다 멀다.

#### 4-1 꼼꼼 문제 분석



(1) 전향점은 성단의 색등급도에서 별이 진화하여 주계열을 벗어나는 지점이다. (가)보다 (나) 성단의 전향점이 아래에 위치한다.  
 (2) 성단의 나이가 많을수록 전향점이 오른쪽 아래로 이동하므로 (가)보다 (나) 성단의 나이가 많다.  
 (3) (가) 성단을 이루는 별들은 대부분 주계열성이지만, (나) 성단을 이루는 별들은 어둡고 온도가 낮은 별을 제외한 대부분의 별이 주계열 단계를 벗어나 적색 거성 단계나 맥동 변광성 단계에 분포한다. 따라서 주계열성의 비율은 (가) 성단이 (나) 성단보다 높다.

**4-2** 산개 성단은 구상 성단보다 젊은 별들로 이루어져 있으므로 (가)는 산개 성단, (나)는 구상 성단이다.

**4-3** (1) (가) 성단을 이루는 별들은 대부분 색등급도에서 색지수가 작고 광도가 큰 곳에서 대각선 오른쪽 아래로 분포하므로 주계열 단계에 있다.

(2) (나) 성단은 대부분의 별이 주계열 단계를 벗어나 적색 거성 단계나 맥동 변광성 단계에 분포한다.  
 (3) 질량이 큰 별일수록 진화 속도가 빨라 주계열 단계를 빨리 벗어나 거성이나 초거성으로 진화한다.  
 (4) 왼쪽 위에 있는 주계열성일수록 질량이 크며, 전향점은 (가) 성단이 (나) 성단보다 왼쪽 위에 있다. 따라서 전향점에 있는 별의 질량은 (가)가 (나)보다 크다.

#### 내신 만점 문제

323쪽~325쪽

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

**01** 절대 등급은 A, B 두 별이 같은데, 겉보기 등급은 A가 B보다 5등급 작으므로 약 100배 밝다. 별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례하므로, 별 B가 A보다 10배 멀리 있다.

#### 02 꼼꼼 문제 분석

| 별      | A    | B   | C   | D    | E   |
|--------|------|-----|-----|------|-----|
| 절대 등급  | -1.0 | 1.0 | 1.0 | 6.0  | 4.0 |
| 겉보기 등급 | 0.0  | 3.0 | 1.0 | 3.0  | 5.0 |
| 거리 지수  | 1.0  | 2.0 | 0.0 | -3.0 | 1.0 |

- 별의 실제 밝기:  $A > B = C > E > D$  (절대 등급이 작은 것부터)
- 별의 겉보기 밝기:  $A > C > B = D > E$  (겉보기 등급이 작은 것부터)
- 별까지의 거리:  $B > A = E > C > D$  (거리 지수가 큰 것부터)

별의 거리는 별의 겉보기 등급과 절대 등급을 이용하여 알 수 있다. 거리 지수인 (겉보기 등급-절대 등급) 값이 클수록 멀리 있는 별이므로 가장 멀리 있는 별은 B이다. 실제로 가장 밝은 별은 절대 등급이 가장 작은 별 A이다.

#### 03 꼼꼼 문제 분석

| 별      | A     | B           | C             | D     |
|--------|-------|-------------|---------------|-------|
| 겉보기 등급 | -2.0  | 2.0         | 0.0           | -1.0  |
| 절대 등급  | -2.0  | -3.0        | 2.0           | -1.0  |
| 거리 지수  | 0.0   | 5.0         | -2.0          | 0.0   |
| 거리     | 10 pc | 10 pc보다 먼 별 | 10 pc보다 가까운 별 | 10 pc |

ㄱ. 절대 등급은 별을 10 pc 거리에 두었을 때의 밝기이고, 별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례한다. 별 B는 겉보기 밝기가 절대 밝기보다 5등급 커서 100배 어둡게 보이므로, 절대 밝기의 기준인 10 pc보다 10배 먼 거리인 100 pc에 있는 별이다.

▮ **다른풀이** ▮ 거리 지수가 5이므로  $m - M = 5 \log r - 5$ 에서  $5 = 5 \log r - 5$ ,  $r = 100$  pc이다.

ㄷ. 별 A와 D는 거리 지수가 0이므로 모두 10 pc의 거리에 있는 별이다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 가장 가까운 거리에 있는 별은 거리 지수가 가장 작은 별 C이다.

ㄹ. 별이 방출하는 에너지는 별의 표면 온도, 크기 등에 관계되며, 별의 밝기로 나타난다. 별의 온도가 낮고 크기가 매우 큰 경우, 단위 면적당 방출하는 에너지는 적지만, 별 전체로 보면 많은 에너지를 방출하여 밝게 보인다. 즉, 별은 에너지를 많이 방출할수록 밝아 광도가 크다. 별의 광도가 클수록 절대 등급이 작으므로 에너지를 가장 많이 방출하는 별은 절대 등급이 가장 작은 B이다.

**04** 별의 거리는 겉보기 등급과 절대 등급의 차이인 거리 지수를 이용하여 구할 수 있다. 겉보기 등급( $m$ )이 3.5등급, 절대 등급( $M$ )이  $-11.5$ 등급이므로 별의 거리 지수는 15이다.

▮ **모범답안** ▮ 거리 지수 공식  $m - M = 5 \log r - 5$ 에서  $3.5 - (-11.5) = 5 \log r - 5$ 이므로  $r = 10^4$ 이다. 따라서 별까지의 거리는 10000 pc이다.

| 채점 기준                                 | 배점    |
|---------------------------------------|-------|
| 거리 지수 공식을 이용하여 계산 과정과 함께 거리를 옳게 구한 경우 | 100 % |
| 계산 과정은 옳았으나 답이 틀린 경우                  | 50 %  |

**05** ② 세페이드 변광성의 주기 광도 관계에서 변광 주기가 길수록 광도가 크다. 따라서 밝기가 변하는 주기가 길수록 절대 등급이 작다.

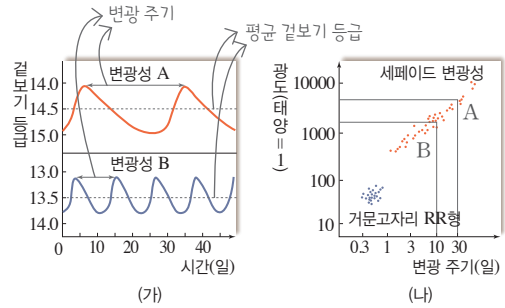
▮ **바로알기** ▮ ① 세페이드 변광성은 맥동 변광성 중 변광 주기가 1일~100일 정도인 별이다.

③ 세페이드 변광성은 맥동 변광성의 한 종류로, 맥동 변광성은 내부 구조가 불안정하여 팽창과 수축을 반복하면서 광도가 주기적으로 변하는 별이다. 식 현상이 일어나 밝기가 주기적으로 변하는 별은 식변광성이다.

④ 종족 I에 해당하는 별은 종족 II에 해당하는 별보다 젊은 별로 구성되어 있어 변광 주기가 같을 경우 종족 I에 해당하는 별이 종족 II에 해당하는 별보다 밝다.

⑤ 허블은 세페이드 변광성의 주기 광도 관계로부터 안드로메다 성운의 거리가 우리은하의 지름보다 멀다는 것을 알게 되었다. 따라서 안드로메다성운이 우리은하 밖에 있는 천체임을 밝혀내었다.

## 06 **꼭꼭** 문제 분석



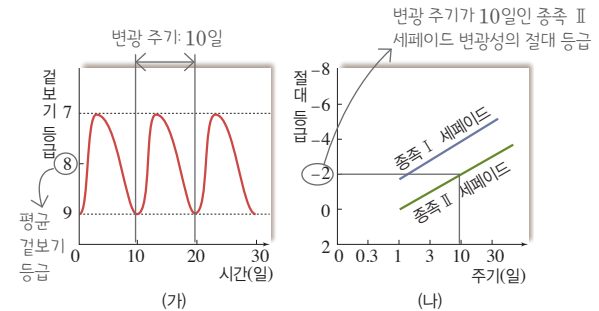
- 평균 겉보기 등급: 변광성 A는 14.5등급, 변광성 B는 13.5등급
- 변광 주기: 변광성 A는 약 30일, 변광성 B는 약 10일

ㄴ. (가)에서 변광 주기는 변광성 A가 B보다 길다. (나)의 주기 광도 관계에서 변광 주기가 길수록 광도가 크므로 광도는 변광성 A가 B보다 크다. 따라서 절대 등급은 A가 B보다 작다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. (가)에서 A의 평균 겉보기 등급이 B보다 크므로 겉보기 밝기는 A가 B보다 어둡다.

ㄷ. 변광 주기는 A가 약 30일, B가 약 10일이고, 이 주기 값을 (나)의 주기 광도 관계 그래프에 적용하면 A와 B는 모두 세페이드 변광성이다.

## 07 **꼭꼭** 문제 분석



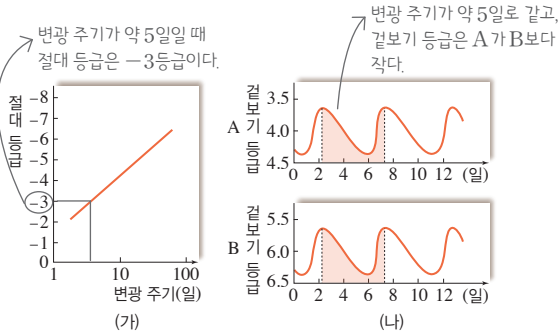
(가)에서 겉보기 등급이 가장 컸다가 다시 가장 커질 때까지가 변광 주기에 해당하므로 변광 주기는 10일이다. (나)에서 변광 주기가 10일인 종족 II 세페이드 변광성의 절대 등급은 약  $-2$ 등급이다.

▮ **모범답안** ▮ (1) 변광 주기: 10일, 평균 겉보기 등급: 8등급

(2) 절대 등급은 약  $-2$ 등급이고, 거리 지수 공식에 대입하면  $8 - (-2) = 5 \log r - 5$ ,  $15 = 5 \log r$ ,  $r = 10^3$ 이다. 따라서 변광성까지의 거리는 1000 pc이다.

| 채점 기준                            | 배점   |
|----------------------------------|------|
| (1) 변광 주기와 평균 겉보기 등급을 모두 옳게 쓴 경우 | 40 % |
| 변광 주기와 평균 겉보기 등급 중 한 가지만 옳게 쓴 경우 | 20 % |
| (2) 절대 등급을 옳게 쓰고, 거리를 옳게 구한 경우   | 60 % |
| 절대 등급만 옳게 쓴 경우                   | 20 % |

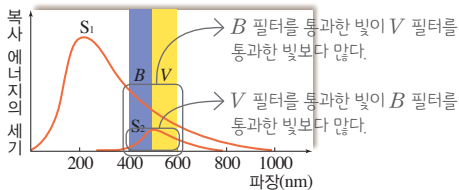
## 08 꼼꼼 문제 분석



④ 평균 겉보기 등급이 A는 4.0등급, B는 6.0등급이고, A와 B의 절대 등급은 -3등급이다. 따라서 거리 지수는 A가 7.0, B가 9.0이다. 거리 지수가 클수록 별의 거리가 멀기 때문에 거리는 A가 B보다 가깝다.

- ▮ **바로알기** ① 변광 주기는 밝기가 최대 밝기에서 다음 최대 밝기가 될 때까지 걸린 시간이므로 A의 변광 주기는 약 5일이다.
- ② B는 변광 주기가 5일로 (가)에서 절대 등급은 약 -3등급이다.
- ③ 절대 등급이 작을수록 광도가 크고, (가)에서 절대 등급은 변광 주기가 길수록 작다. (나)에서 변광성 A와 B의 변광 주기가 같으므로 A와 B의 광도는 같다.
- ⑤ 육안으로 관찰하면 A가 B보다 평균 겉보기 등급이 작으므로 밝게 보인다.

## 09 꼼꼼 문제 분석



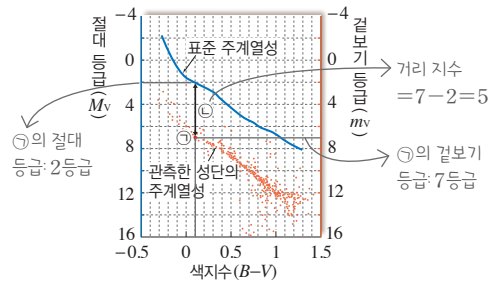
ㄴ.  $S_1$ 은 B 필터를 통과한 빛이 V 필터를 통과한 빛보다 밝아 B 등급이 V 등급보다 작고, (B-V) 색지수는 (-) 값이 된다.  $S_2$ 는 B 필터를 통과한 빛이 V 필터를 통과한 빛보다 어두워 B 등급이 V 등급보다 크고, (B-V) 색지수는 (+) 값이 된다. 따라서 (B-V) 색지수는  $S_1$ 이  $S_2$ 보다 작다.

ㄷ. (B-V) 색지수는 고온의 별일수록 작다. (B-V) 색지수는  $S_1$ 이  $S_2$ 보다 작으므로 별의 표면 온도는  $S_1$ 이  $S_2$ 보다 높다.

▮ **다른풀이** 표면 온도가 높은 별일수록 최대 복사 에너지가 방출되는 파장이 짧으므로 별의 표면 온도는  $S_1$ 이  $S_2$ 보다 높다.

▮ **바로알기** ㄱ. B 필터는 파란색 빛을 잘 통과시키므로 이 필터로 관측한 별의 등급은 사진 등급에 가깝다. 반면, V 필터는 초록색 빛이나 노란색 빛을 잘 통과시키므로 이 필터로 관측한 별의 등급은 사람 눈으로 관측한 밝기, 즉 안시 등급에 가깝다.

## 10 꼼꼼 문제 분석



- ① 별 ①은 색등급도에서 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 분포하는 별들에 포함되므로 주계열성이다.
- ② ① 별의 절대 등급은 색지수가 같은 표준 주계열의 절대 등급과 같으므로 2등급이다.
- ③ 이 성단의 거리 지수는 ①에 해당하고, (겉보기 등급 - 절대 등급)이므로 5(=7-2)이다.

⑤ 거리 지수인 ①이 클수록 성단까지의 거리가 멀다.

▮ **바로알기** ④ 주어진 색등급도에서 표준 주계열성보다 성단이 아래에 분포하므로 거리 지수가 (+)가 된다. 따라서 이 성단은 지구로부터 10 pc보다 먼 거리에 있다.

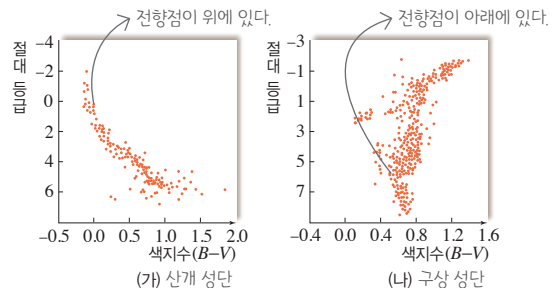
11 ㄱ. 성단 내 별들은 같은 성운에서 거의 동시에 태어났으므로 화학 조성, 나이, 거리가 거의 같다.

ㄴ. 성단 내 별의 겉보기 등급과 색지수가 같은 표준 주계열성의 절대 등급을 비교하면 성단의 거리 지수를 알 수 있다. 그림에서 등급 차이가 6.5이고, 성단 내 별의 겉보기 등급이 표준 주계열성의 절대 등급보다 크므로 거리 지수는 +6.5이다.

지구로부터 10 pc 이내의 거리에는 성단이 존재하지 않으므로 실제로는 색등급도에서 모든 성단의 주계열이 표준 주계열의 아래쪽에 놓이고 거리 지수는 (+) 값으로 나타나요.

▮ **바로알기** ㄷ. 주계열 맞추기는 우리은하 내에 있는 성단의 거리 측정에 주로 이용된다. 우리은하 밖에 있는 천체의 거리 측정에는 세페이드 변광성의 주기 광도 관계, 허블 법칙 등을 이용한다.

## 12 꼼꼼 문제 분석

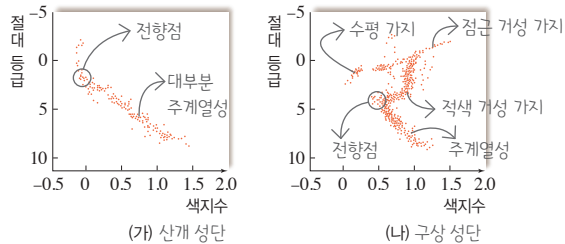


질량이 큰 별일수록 주계열 단계에서 적색 거성 단계로 빨리 진화하므로 성단의 나이가 많을수록 주계열의 길이가 짧고 전향점이 아래에 위치한다.

**모범답안** (나), 전향점의 위치가 (가)보다 아래에 있기 때문이다.

| 채점 기준                                 | 배점    |
|---------------------------------------|-------|
| (나)를 고르고, 까닭을 전향점의 위치를 언급하여 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| (나)만 고른 경우                            | 50 %  |

### 13 **꼼꼼** 문제 분석



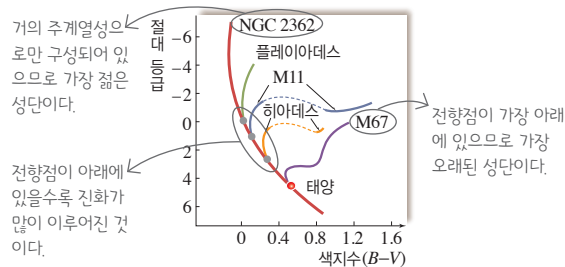
(가)는 산개 성단, (나)는 구상 성단의 색등급도이다.

ㄴ. (가)의 별들은 대부분 주계열성으로 구성되어 있으며, (나)의 별들은 주계열이 짧고, 주계열성에서 진화한 적색 거성이 색등급도의 오른쪽 위로 많이 분포하고 있다. 따라서 성단 내에서 주계열성의 비율은 (가)가 (나)보다 높다.

**바로알기** ㄱ. (가)를 구성하고 있는 주계열성은 질량이 클수록 수소 핵융합 반응이 빠르게 일어나 진화 속도가 빠르다.

ㄷ. 전향점이 (가)보다 (나)에서 더 아래에 있고, 거성의 비율이 (가)보다 (나)에서 높으므로 성단의 나이는 (나)가 (가)보다 많다.

### 14 **꼼꼼** 문제 분석



ㄴ. 전향점은 성단의 색등급도에서 주계열을 떠난 위치이다. 따라서 전향점이 가장 아래에 위치한 성단은 M67이다.

**바로알기** ㄱ. NGC 2362 성단은 거의 주계열성으로만 구성되어 있으므로 가장 젊은 성단이다.

ㄷ. 히아데스 성단이 플레이아데스 성단보다 전향점이 더 아래에 있으므로 진화가 더 많이 이루어졌다.

## 02 **우리은하와 성간 물질**

### 개념 확인 문제

328 쪽

- ① 구상 ② 산개 ③ 구상 ④ 막대 나선 ⑤ 30 ⑥ 8.5  
⑦ 헤일로

- 1 (가) 산개 성단 (나) 구상 성단 2 ㉠ 많다, ㉡ 적다, ㉢ 붉은 색, ㉣ 파란색, ㉤ 나선팔 3 ㉠ 구상 성단, ㉡ 구상 성단, ㉢ 궁수자리 방향 4 (1) ○ (2) ○ (3) × 5 (1) ㉠ (2) ㉢ (3) ㉠ 6 (1) ○ (2) × (3) × (4) ×

1 (가)는 수백 개~수천 개의 별들이 엉성하게 모여 있는 산개 성단이고, (나)는 수만 개~수백만 개의 별들이 공 모양으로 뽀뽀하게 모여 있는 구상 성단이다.

2 구상 성단은 주로 나이가 많고 붉은색을 띠는 별로 이루어져 있고, 산개 성단은 주로 나이가 젊고 파란색을 띠는 별로 이루어져 있다. 구상 성단은 우리은하의 은하핵과 헤일로에, 산개 성단은 우리은하의 나선팔에 주로 분포한다.

3 구상 성단은 질량이 매우 크므로 구상 성단이 분포하는 영역의 중심을 우리은하의 중심이라고 생각할 수 있다. 새플리는 변광성의 주기 광도 관계로 구상 성단까지의 거리를 구하여 공간 분포를 연구한 결과, 태양은 우리은하의 중심이 아니며, 우리은하의 중심은 궁수자리 방향에 있다는 것을 밝혀내었다.

4 (1) 우리은하의 위에서 보면 막대 나선 모양이고, 옆에서 보면 중심부가 볼록한 원반 모양이다.

(2) 우리은하의 지름은 약 30 kpc(10만 광년)이다.

(3) 구상 성단은 주로 은하핵이나 헤일로에 분포한다. 나선팔에는 성간 물질이 많아서 주로 젊은 별들과 산개 성단이 분포한다.

5 (1) 은하 원반을 이루는 나선팔에는 성간 물질이 많이 분포하여 주로 젊은 별들과 산개 성단이 분포한다.

(2) 팽대부는 은하 중심부에 별들이 모여 볼록하게 부풀어 오른 부분으로, 은하핵을 포함한 막대 모양의 구조가 가로지르고 있다. 팽대부에는 주로 붉은색의 늙은 별들이 많이 모여 있다.

(3) 헤일로는 우리은하를 둘러싸고 있는 공 모양의 공간으로, 늙은 별들로 이루어진 구상 성단이 분포한다.

6 (1) P는 우리은하 중심에서 약 8.5 kpc 떨어져 있는 태양계의 위치이다.



- (2) Q는 헤일로에 분포하는 구상 성단을 나타낸다.  
 (3) A에서 B까지의 거리는 우리은하의 지름으로, 약 30 kpc 이다.  
 (4) P에서 은하 중심 방향인 (나) 방향으로 바라볼 때 은하수의 폭이 가장 넓고 밝게 보인다.

### 개념 확인 문제

331쪽

- ① 성간 티끌    ② 성간 기체    ③ 수소    ④ 성간 소광  
 ⑤ 성간 적색화    ⑥ 색초과    ⑦ H II 영역    ⑧ H I 영역  
 ⑨ 분자운    ⑩ 성운

- 1 (1) × (2) ○ (3) ×    2 (1) 어둡게 (2) 길수록 (3) ㉠ 붉게, ㉡ 크게    3 (1) 붉게 (2) 반사 성운    4 (1) H II 영역 (2) 분자운 (3) H I 영역    5 (1) 암흑 성운 (2) 방출 성운 (3) 반사 성운    6 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○

- 1 (1) 성간 물질의 약 99 %는 성간 기체이고, 약 1 %는 성간 티끌이 차지한다.  
 (2) 성간 기체는 수소와 헬륨이 대부분을 차지하고, 그중 수소가 가장 많은 비율을 차지한다.  
 (3) 성간 소광은 성간 티끌에 의한 빛의 흡수와 산란으로 별빛의 세기가 약해지는 현상이다.

- 2 (1) 성간 티끌에 의해 별빛이 산란되므로 성간 티끌이 많으면 관측되는 별의 수가 적어진다. 또한, 성간 티끌을 통과하는 별빛의 세기가 약해지므로 별빛이 어둡게 관측된다. 이러한 현상을 성간 소광이라고 하며, 성간 티끌이 없을 때보다 겉보기 등급이 크게 관측되어 별까지의 거리가 실제보다 멀게 측정된다.  
 (2) 파장이 긴 붉은색 빛이 파장이 짧은 파란색 빛보다 성간 티끌을 잘 통과하므로 성간 적색화가 일어난다.  
 (3) 성간 적색화가 일어나면 B 등급(파란색)보다 V 등급(노란색)이 더 작게 관측되므로 고유한 색지수보다 관측된 색지수가 크게 나타난다. 따라서 (관측된 색지수 - 고유한 색지수)인 색초과 값은 성간 적색화가 클수록 값이 커진다.

- 3 (1) 별빛이 성간 티끌층을 통과할 때 파장이 짧은 파란색 빛은 흡수되거나 산란되고, 파장이 긴 붉은색 빛은 잘 통과한다. 따라서 A에서는 실제 별의 색깔보다 붉게 보이게 된다. 이러한 현상을 성간 적색화라고 한다.  
 (2) B에서는 성간 티끌에 의해 산란된 파란색 빛이 많이 관측되므로 반사 성운으로 관측된다.

- 4 성간 기체에서 수소는 온도와 밀도에 따라 이온, 중성 원자, 분자 상태로 존재한다. 고온의 별 주위에 있는 성운의 수소 기체가 별에서 방출된 자외선을 흡수하여 완전히 전리되어 있는 영역이 H II 영역이고, 온도가 비교적 낮아 수소가 중성 원자 상태로 밀집되어 있는 영역이 H I 영역이다. 성간 물질의 밀도가 높고 온도가 매우 낮은 곳에서 수소가 분자 상태로 존재하는 영역은 분자운이다.

- 5 (1) 성운 속의 성간 티끌에 의해 별빛이 통과하지 못해 어둡게 보이는 성운은 암흑 성운이다.  
 (2) H II 영역의 전리된 수소가 자유 전자와 결합하여 중성 수소로 되돌아갈 때 에너지를 방출하는데, 이때 방출되는 빛의 파장이 붉은색 영역이므로 붉은색으로 보인다. 이러한 성운은 방출 성운이다.  
 (3) 성간 티끌이 주위의 별빛을 산란시켜 파란색으로 보이는 성운은 반사 성운이다.

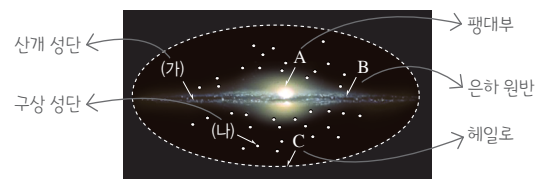
- 6 (1) 성운의 모양이 말머리를 닮은 말머리성운이다.  
 (2), (5) 성운에는 방출 성운, 반사 성운, 암흑 성운이 있다. 이 성운은 성운 속의 성간 티끌이 뒤쪽에서 오는 별빛을 가로막아 겉게 보이므로 암흑 성운에 속한다.  
 (3) 스스로 빛을 내는 성운은 방출 성운이다.  
 (4) 성운은 가스나 티끌 등 성간 물질이 많이 모여 구름처럼 보이는 천체이다.

### 대표 자료 분석

332쪽~333쪽

- 자료 1 1 A: 팽대부, B: 은하 원반, C: 헤일로 2 (1) 늙은 (2) B (3) 붉은색 (4) B 3 ㉢ 4 (1) ○ (2) × (3) ×  
 자료 2 1 (나), (나) 2 (1) < (2) < (3) < (4) < 3 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○  
 자료 3 1 (1) 수소 원자(중성 수소) (2) 수소 이온(이온화된 수소) 2 (1) < (2) > 3 ㉠ 붉은색, ㉡ 방출 4 (1) × (2) ○ (3) ×  
 자료 4 1 (가) 암흑 성운 (나) 반사 성운 (다) 방출 성운 2 (가), (나) 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

### 1-1 꼼꼼 문제 분석



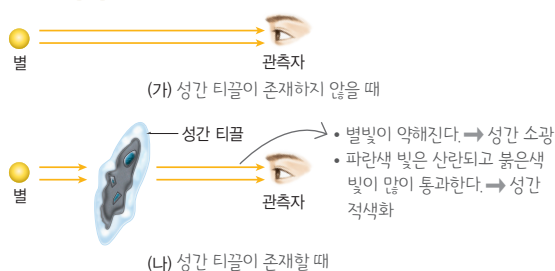
A는 팽대부로, 별들이 모여 볼록하게 부풀어 오른 부분이다. 팽대부 중심에는 은하핵이 있고 막대 모양의 구조가 가로지르고 있다. B는 나선팔이 은하 중심을 감싸고 있는 은하 원반이다. 은하 원반을 이루는 나선팔에는 성간 물질이 풍부하며 젊은 별들과 성간 물질이 많이 분포한다. C는 우리은하를 둘러싸고 있는 공 모양의 공간인 헤일로이다.

- ①-2 (1) A(팽대부)에는 성간 물질이 적어 주로 붉은색의 늙은 별이 분포하고, B(은하 원반)에는 성간 물질이 풍부하여 별의 탄생이 활발하므로 파란색의 젊은 별이 많이 분포한다.  
 (2) 별의 탄생이 가장 활발한 곳은 성간 물질이 풍부한 B(은하 원반)이다.  
 (3) C(헤일로)에는 늙은 별과 구상 성단이 주로 분포하므로 붉은색 별이 많이 분포한다.  
 (4) 태양은 나선팔에 분포하므로 은하 원반인 B에 분포한다.

- ①-3 ③ 우리은하는 막대 모양의 중심 구조와 나선팔을 가지고 있는 막대 나선 은하이다. ①은 산개 성단, ②는 방출 성운, ④는 구상 성단, ⑤는 행성상 성운의 모습이다.

- ①-4 (1) 은하 원반에는 주로 산개 성단, 헤일로에는 구상 성단이 분포한다. (가)는 은하 원반에 분포하므로 산개 성단이고, (나)는 헤일로에 분포하므로 구상 성단이다.  
 (2) (가) 산개 성단은 은하 원반을 이루는 나선팔(B)에 분포한다.  
 (3) (나) 구상 성단이 분포하는 중심은 궁수자리 방향에 있으며, 우리은하의 중심에 해당한다. 태양계는 우리은하의 나선팔에 있으므로 구상 성단의 중심에 분포하지 않는다.

### ②-1 꼼꼼 문제 분석



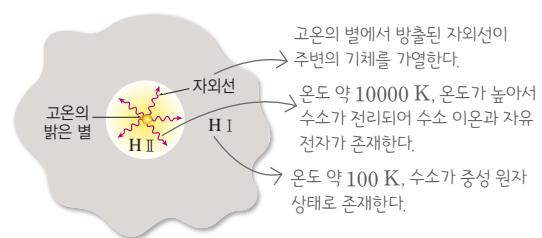
성간 소광과 성간 적색화는 성간 티끌에 의해 일어나는 현상이므로 모두 (나)에서 일어난다.

- ②-2 (1) (나)에서 별빛이 성간 티끌을 통과하면서 빛의 세기가 약해지므로 (가)보다 어렵게 관측된다. 별의 등급은 숫자가 클수록 어두우므로 별빛의 겉보기 등급은 (가)보다 (나)가 크다.

- (2) 거리 지수는 (겉보기 등급 - 절대 등급)이므로 겉보기 등급이 클수록 크다. 따라서 겉보기 등급이 더 큰 (나)가 (가)보다 거리 지수가 크다.  
 (3) 거리 지수가 크게 관측될수록 별까지의 거리가 크게 측정된다. 따라서 (나)는 (가)보다 멀리 있는 것처럼 관측된다.  
 (4) 색지수는 (사진 등급 - 안시 등급)으로  $UBV$  색지수에서는  $(B \text{ 등급} - V \text{ 등급})$ 이다. (가)에서는 고유한 색지수가 나타나고, (나)에서는 성간 적색화가 일어나 붉은색 빛이 관측자에게 많이 도달하여 안시 등급( $V$  등급)이 (가)보다 작아지므로 관측된 색지수( $B - V$ )는 (가)보다 크게 나타난다.

- ②-3 (1) 별빛은 (가)보다 (나)에서 성간 티끌에 의해 약해져 어둡게 보인다.  
 (2) 성간 티끌이 있는 (나)에서 성간 소광이 일어나므로 소광 보정이 필요한 경우는 (나)이다.  
 (3) (나)에서 별빛은 상대적으로 붉은색 빛이 성간 티끌을 많이 통과하여 원래보다 붉게 보인다.  
 (4) 색초과는 (관측된 색지수 - 고유의 색지수) 값이다. (나)에서 성간 티끌이 많다면 성간 적색화가 심해지고, 성간 적색화가 심해지면 색지수가 더 크게 관측되므로 색초과 값(관측된 색지수 - 고유의 색지수)이 커진다.

### ③-1 꼼꼼 문제 분석



H II 영역은 고온의 별 주위에 있는 수소가 전리되어 이온으로 존재하는 영역이고, H I 영역은 수소가 중성 원자 상태로 존재하는 영역이다.

- ③-2 H II 영역은 H I 영역보다 온도가 높기 때문에 수소가 이온 상태로 존재하고 수소의 개수 밀도가 낮다.

- ③-3 H II 영역에서 이온 상태로 있는 수소 중 일부는 다시 자유 전자와 결합하는 과정에서 중성 수소로 돌아가며, 중성 수소 내에서 전자가 높은 에너지 상태에서 낮은 에너지 상태로 되면서 에너지를 방출하기도 한다. 이때 방출되는 빛은 붉은색이 강하게 나타나 성운이 전체적으로 붉게 보이며, 이러한 성운을 방출 성운이라고 한다.

- ③-4 (1) 대부분의 별은 온도가 낮고 밀도가 높아서 중력 수축이 일어나기 쉬운 분자운에서 생성된다. 분자운에서 생성된 고온의 별에 의해 수소가 전리되어 H II 영역이 생성된다.
- (2) O형 또는 B형 별은 고온의 별로, 고온의 별 주변의 수소가 별에서 방출된 자외선을 흡수하여 수소 원자핵과 자유 전자로 전리된다.
- (3) 성간 기체에서 수소는 온도가 높을수록 개수 밀도가 낮은 경향을 보인다. H II 영역은 H I 영역보다 온도가 높아 수소의 개수 밀도가 낮다.

#### 4-1 꼬꼬 문제 분석



성간 티끌이 뒤에서 오는 별빛을 가로막아 성운이 검게 보인다. → 암흑 성운

(가) 말머리성운



(나) 메로페성운

성간 티끌이 파란색 빛을 산란시켜 성운이 파랗게 보인다. → 반사 성운



(다) 오리온 대성운

고온의 별 주변에서 전리된 수소가 중성 수소가 되면서 빛을 방출하여 성운이 붉게 보인다. → 방출 성운

- ④-2 (가) 암흑 성운과 (나) 반사 성운은 성간 티끌에 의해 나타나고, (다) 방출 성운은 성간 기체에 의해 나타난다.

- ④-3 (1) (가) 암흑 성운은 성간 티끌에 의해 별빛이 통과하지 못해 어둡게 보인다.
- (2) (나) 반사 성운은 성간 티끌에 의해 파란색 빛이 산란되어 파랗게 보인다.
- (3) (다) 방출 성운은 H II 영역의 전리된 수소가 자유 전자와 결합하여 중성 수소로 되돌아갈 때 에너지를 방출하여 붉은색으로 보이는 성운이다.
- (4) (나) 반사 성운이 파랗게 보이는 것은 별 주변의 성간 티끌이 중심의 별에서 나온 별빛을 산란시킬 때 파장이 짧은 빛을 더 잘 산란시켜 입사된 별빛보다 파랗게 보이는 것이다. 반면에 (다) 방출 성운은 고온의 O형이나 B형 별에서 방출된 자외선 복사가 그 별 주변에 있는 수소 원자를 이온화시키고 수소 이온이 원자로 되돌아갈 때 빛을 방출하여 붉게 보이는 것이다. 이때 이온화된 수소의 평균 온도는 약 10000 K이다. 따라서 (나) 반사 성운은 (다) 방출 성운보다 온도가 훨씬 낮다.

#### 내신 만점 문제

334쪽~337쪽

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

#### 01 꼬꼬 문제 분석



(가)

나이가 많은 저온의 붉은색 별이 많고, 별들이 공 모양으로 뭉뭉하게 모여 있다. → 구상 성단



(나)

나이가 적은 고온의 파란색 별이 많고, 별들이 비교적 엉성하게 모여 있다. → 산개 성단

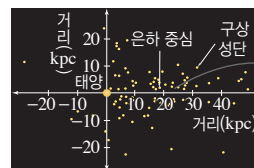
- ㄴ. (가) 구상 성단은 수만 개~수백만 개, (나) 산개 성단은 수백 개~수천 개의 별들로 구성된다.

- ㄷ. (가) 구상 성단은 나이가 많은 별로 구성된 성단으로, 주로 은하핵이나 헤일로에 분포한다. (나) 산개 성단은 나이가 적은 별로 구성된 성단으로, 주로 은하의 나선팔에 분포한다.

■ **바로알기** ㄱ. (가)는 구상 성단, (나)는 산개 성단으로 별들이 모여 있는 천체이다. 성운은 우주 공간의 먼지나 가스와 같은 성간 물질로 구성된 천체로, (나)에서는 성단 뒤로 반사 성운의 모습이 보인다.

- ㄷ. (가) 구상 성단은 (나) 산개 성단보다 구성 별의 나이가 많으므로 주계열성의 비율은 (가)가 (나)에 비해 낮고, 거성의 비율은 (가)가 (나)에 비해 높다.

#### 02 꼬꼬 문제 분석



구상 성단이 많이 모여 있으므로 구상 성단 질량의 중심이 이 곳에 있고, 우리은하의 중심에 해당한다.

- ㄱ. 구상 성단은 우리은하를 둘러싼 공간인 헤일로에도 분포하므로 구상 성단이 분포하는 영역이 우리은하의 분포 영역이다. 따라서 구상 성단의 분포 영역의 크기로부터 우리은하의 크기를 알아낼 수 있다.

- ㄴ. 구상 성단은 많은 별이 모여 있어 질량이 매우 크므로 구상 성단이 분포하는 영역의 중심을 우리은하의 중심이라고 생각할 수 있다.

ㄷ. 태양계는 우리은하의 중심인 구상 성단 분포 영역의 중심에서 벗어나 있음을 알 수 있다.

**03** 구상 성단의 질량은 매우 크기 때문에 은하가 역학적으로 안정하려면 이들이 은하 중심을 기준으로 공간적인 대칭 구조를 이루고 있어야 한다.

**모범답안** 구상 성단은 많은 별들이 모여 있어서 질량이 매우 크기 때문에 구상 성단이 분포하는 영역의 중심을 우리은하의 중심이라고 생각할 수 있다.

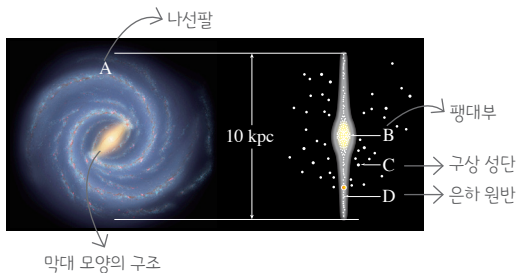
| 채점 기준                     | 배점    |
|---------------------------|-------|
| 구상 성단의 질량을 언급하여 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 구상 성단의 질량을 언급하지 않고 서술한 경우 | 0 %   |

**04** ①, ② 우리은하는 위에서 보면 막대 모양의 구조에서 나선팔이 뻗어 나오는 막대 나선 모양이고, 옆에서 보면 중심부가 볼록한 원반 모양이다.

③, ④ 우리은하의 지름은 약 30 kpc(약 10만 광년)이고, 태양계는 우리은하의 중심에서 약 8.5 kpc(약 26000광년) 떨어진 나선팔에 있다.

**바로알기** ⑤ 성간 물질은 주로 은하 원반을 이루는 나선팔에 밀집되어 분포한다.

## 05 꼼꼼 문제 분석



① 우리은하는 중심에 막대 모양의 구조가 있고, 막대에서 나선팔이 뻗어 나오는 막대 나선 은하이다.

② 나선팔에는 주로 산개 성단이, 은하핵과 헤일로에는 구상 성단이 분포한다.

④ 구상 성단은 주로 나이가 많고 붉은색을 띠는 별들로 이루어져 있다.

⑤ 은하 원반을 이루는 나선팔에는 성간 물질이 많다. 별은 성간 물질이 밀집된 곳에서 태어나므로 새로운 별의 탄생은 성간 물질이 많은 D에서 활발하게 일어난다. 따라서 젊은 별의 비율은 B보다 D에서 높다.

**바로알기** ③ 우리은하에서 별은 은하 원반(D)보다 팽대부(B)에 더 밀집되어 있다.

## 06 꼼꼼 문제 분석



ㄷ. (가)는 허셜의 우주, (나)는 캅테인의 우주, (다)는 새플리의 우주를 나타낸 것으로, 오래된 것부터 나열하면 (가) → (나) → (다) 순이다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 허셜이 직접 만든 망원경으로 별의 개수를 세어 그린 우주의 모습이다. 구상 성단의 분포를 연구한 것은 (다) 새플리의 우주이다.

ㄴ. (가)와 (나)는 우주(우리은하)의 중심에 태양이 있지만, (다)는 태양이 우주의 중심에서 벗어난 곳에 있다. 새플리는 구상 성단의 공간 분포를 연구하여 태양계가 우리은하의 중심에 존재하지 않는다는 사실을 알아내었다.

**07** ㄱ. 성간 물질은 약 99 %의 기체와 약 1 %의 티끌로 이루어져 있다.

ㄴ. 성간 소광을 일으키는 주요 성분은 성간 티끌이므로 성간 소광이 관측되면 성간 티끌의 존재를 알 수 있다.

ㄷ. 성간 물질에 포함된 티끌은 별빛을 흡수하거나 산란시켜 성간 소광과 성간 적색화를 일으킨다.

**08** ① 성간 티끌은 파장이 짧은 전자기파(예 자외선, 가시광선)를 잘 흡수하고, 파장이 긴 전자기파(예 적외선)는 잘 통과한다.

② 성간 티끌은 파장이 짧은 파란색 빛은 잘 흡수하거나 산란시킨다. 따라서 성간 티끌을 통과한 별빛은 붉은색 빛이 많이 도달하여 성간 적색화가 일어난다.

④ 파장이 긴 빛일수록 성간 티끌을 잘 통과하여 관측자에게 도달한다.

⑤ 성간 티끌은 규산염이나 흑연 등이 얼음에 덮여 있는 미세한 고체 입자로, 크기는 대부분 1  $\mu\text{m}$  이하이다.

**바로알기** ③ 성간 물질 전체 질량의 대부분은 성간 기체가 차지하고, 성간 티끌은 성간 물질 전체 질량의 약 1 %에 불과하다.

**09** (1) 성간 물질은 주로 은하 원반에 존재한다.

(2) 성간 물질에 의한 소광 현상은 주로 자외선과 가시광선 영역에서 일어난다. 적외선 영역에서는 소광량이 매우 적기 때문에 은하면에 위치한 태양계에서 우리은하를 연구하기에 적합하다.

**모범답안** (1) 은하 원반에 성간 물질이 풍부하고, 성간 티끌이 별빛을 흡수하기 때문에 가시광선 사진에서 어렵게 보인다.

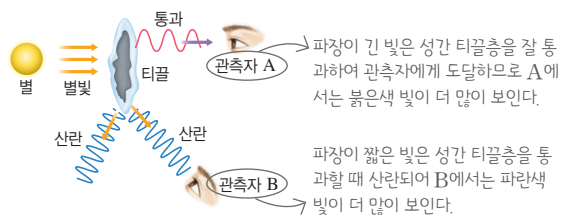


- (2) 적외선 관측은 성간 물질에 의한 소광량이 매우 적기 때문에 우리은하 연구에 적합하다.
- (3) 성간 물질에 의한 성간 소광이 일어나 천체의 거리가 실제보다 멀게 관측되기 때문에 결과를 보정해야 한다.

| 채점 기준                                   | 배점   |
|-----------------------------------------|------|
| (1) 성간 티끌이 별빛을 흡수한다고 옳게 서술한 경우          | 30 % |
| (2) 적외선 영역에서 성간 소광량이 적기 때문이라고 옳게 서술한 경우 | 30 % |
| (3) 성간 소광과 관측된 거리를 포함하여 옳게 서술한 경우       | 40 % |
| 관측된 거리만 포함하여 옳게 서술한 경우                  | 20 % |

- 10** ㉠ 성간 소광으로 인해 별빛은 실제보다 어둡게 관측된다.
- ㉡, ㉢ 성간 소광으로 인한 거리 지수는 실제 거리 지수보다  $A$  등급만큼 커지기 때문에 성간 소광 효과를 보정하지 않은 채 거리 지수 공식으로 거리를 산출하면 별의 실제 거리보다 멀게 구해진다.

### 11 **꼼꼼** 문제 분석



ㄱ. A에서 별빛이 성간 티끌층을 통과할 때 파장이 짧은 파란색 빛은 흡수되거나 산란되고, 파장이 긴 붉은색 빛은 잘 통과한다. 따라서 A에서는 실제 별의 색깔보다 붉게 보이는 성간 적색화가 나타난다.

ㄴ. B에서는 성간 티끌에 의해 산란된 파란색 빛이 많이 관측되므로 반사 성운으로 관측된다.

**▶바로알기** ㄷ. A에서 성간 적색화가 나타나는 까닭은 별빛의 파장이 길어지기 때문이 아니라 파장이 짧은 파란색 빛은 산란되고 파장이 긴 붉은색 빛이 많이 도달하기 때문이다.

### 12 **꼼꼼** 문제 분석

표면 온도, 절대 등급, 거리가 같은 별 (가), (나)의 관측 결과

| 별   | 성간 소광 효과             | 겉보기 등급                         | $V$ 등급                      |
|-----|----------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| (가) | 받지 않음                | 6.0                            | 5.0                         |
| (나) | 반음<br>→ 성간 티끌이 존재한다. | ( )<br>성간 소광 효과로 별빛이 어둡게 관측된다. | ( )<br>성간 적색화로 별빛이 붉게 관측된다. |

ㄴ. (나)는 관측자와 별 사이에 성간 티끌이 존재하여 성간 소광이 일어나므로  $V$  등급이 (가)보다 크다.

ㄷ. 두 별은 표면 온도가 같으므로 고유의 색지수가 같다. (나)는 성간 적색화가 나타나므로 관측된 색지수( $B$  등급  $- V$  등급)는 (가)보다 크다.

**▶바로알기** ㄱ. (나)는 (가)와 절대 등급과 거리가 같지만, 성간 소광 효과를 받았으므로 별빛이 어둡게 관측되어 겉보기 등급이 (가)보다 크다. 따라서 6.0보다 크다.

ㄴ. (나)는 소광 효과를 받아 거리가 실제보다 멀게 측정되므로 거리 지수는 (나)가 (가)보다 크다.

**13** ①, ② 주로 수소와 헬륨으로 이루어진 성간 기체는 전체 성간 물질의 약 99 %를 차지한다.

③ 성간 기체를 이루는 수소는 대부분 중성 원자 상태로 존재하며, 고온의 별 부근에서 이온화된 상태로 존재하기도 한다.

⑤ 분자운은 온도가 낮고 밀도가 높아 수소가 분자 상태로 존재하며, 중력 수축이 잘 일어나 별은 대부분 이 영역에서 탄생한다.

**▶바로알기** ④ 온도가 매우 높은 곳의 수소는 에너지를 흡수하여 전자를 방출시키고 이온으로 존재한다.

**14** • A는 중성 수소(HI) 영역으로, 온도는 100 K 정도이다.

• B는 수소 분자운으로, 온도는 보통 10 K 정도이다.

• C는 전리된 수소(HII) 영역으로, 온도는 10000 K 정도이다. 따라서 온도가 높은 것부터 나열하면 C - A - B 순이다.

**15** **모범답안** 반사 성운 속에 포함된 성간 티끌은 상대적으로 파장이 짧은 파란색 별빛을 잘 산란시키기 때문에 관측자에게 반사 성운은 파란색으로 보인다.

| 채점 기준                            | 배점    |
|----------------------------------|-------|
| 성간 티끌, 별빛의 파장과 색을 포함하여 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 티끌이 별빛을 산란시키기 때문이라고만 서술한 경우      | 50 %  |

**16** (가)는 반사 성운인 메로페성운, (나)는 방출 성운인 오리온 대성운, (다)는 암흑 성운인 말머리성운이다.

ㄱ. (가) 반사 성운은 성간 티끌이 주위의 별빛을 산란하여 뿌옇게 보이는 성운이다. 이때 파란색 빛이 붉은색 빛에 비해 상대적으로 잘 산란되므로 성운이 파랗게 보인다.

ㄴ. (나) 방출 성운의 내부에는 O형, B형과 같은 고온의 별이 있으며, 이 별에서 나오는 자외선에 의해 주위에 있는 중성 수소가 이온화되어 HII 영역을 형성한다. 이온화된 수소가 전자와 재결합할 때 방출선을 내는데, 스펙트럼상에서 붉은색이 강해 성운이 전체적으로 붉게 보인다.

ㄷ. (다) 암흑 성운은 성운 뒤쪽에 위치한 별빛이 성간 티끌에 흡수되거나 차단되어 우리 눈에 도달하지 못하므로 어둡게 보인다.



**17** ㄷ. (가)의 방출 성운은 성간 물질이 고온의 별빛을 흡수하여 온도가 높아져 전리되었다가 중성 수소로 돌아가는 과정에서 빛을 방출하여 나타나므로 (나)의 반사 성운보다 온도가 높다.

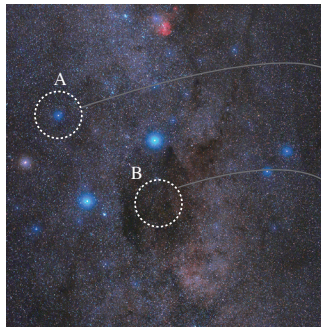
▣ **바로알기** ▣ ㄱ. (가)는 H II 영역으로, 수소는 수소 이온(이온화된 수소) 상태로 존재한다. 방출 성운은 별빛을 흡수한 성운 내의 성간 물질이 전리되었다가 수소 방출선을 방출하면서 빛을 내는 성운이다.

ㄴ. (나)의 반사 성운은 성운 주변의 별빛을 산란시켜서 빛나는 성운으로, 붉은색보다는 파란색 빛을 잘 산란시키므로 대체로 파란색으로 관측된다.

**18** ⑤ 그림은 플레이아데스 성단 주변의 반사 성운이다. 반사 성운은 성간 티끌이 주위에 있는 밝은 별빛을 산란시킬 때 만들어진다. 별빛의 파장이 짧을수록 산란이 더 우세하므로 파란색으로 보인다.

- ▣ **바로알기** ▣ ① 암흑 성운은 뒤쪽에서 오는 별빛을 흡수하여 어둡게 보인다. 그림은 반사 성운이다.
- ② 성운이 별빛에 의해 가열되면 수소가 전리되었다가 수소 방출선을 방출하여 붉은색으로 보인다.
- ③ 질량이 매우 큰 별의 폭발 과정에서 형성된 잔해는 초신성 잔해이다.
- ④ 행성상 성운은 일반적으로 둥근 모양의 다양한 색으로 나타난다.

## 19 **꼼꼼** 문제 분석



→ 암흑 성운이 없는 지역  
→ 관측되는 별의 개수가 많다.

→ 암흑 성운이 있는 지역  
→ 관측되는 별의 개수가 적다.  
→ 성간 소광량이 많다.

ㄷ. 암흑 성운이 있는 B에는 성간 티끌이 존재하고, 성간 티끌은 가시광선 영역의 빛을 더 잘 흡수하거나 산란시키므로 가시광선보다 적외선으로 관측하면 B에서 더 많은 별을 볼 수 있다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 암흑 성운은 성간 티끌이 뒤에서 오는 별빛을 흡수하거나 차단하여 어둡게 보이는 성운이므로 암흑 성운이 있는 지역은 B이다.

ㄴ. B에서는 별이 두꺼운 티끌층에 가려져 있으므로 보이지 않는 별들이 있다. 따라서 눈에 보이는 별의 개수가 실제 별의 분포를 나타낸다고 하기는 어렵다.

## 03 **우리은하의 나선 구조와 질량**

### 개념 확인 문제

343쪽

- ① 21 cm 수소선    ② 나선팔    ③ 접선 속도    ④ 시선 속도  
⑤ 케플러 회전    ⑥ 크다    ⑦ 암흑 물질    ⑧ 중력 렌즈
- 1 (1) ㉠ 수소, ㉡ 21 (2) 도플러 (3) 원자 수    2 일어나지 않으므로    3 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○    4 (1) A, D (2) B, C  
5 (1) ○ (2) × (3) ○    6 일정

**1** (1), (2) 우리은하의 나선팔에는 중성 수소가 풍부하며, 중성 수소는 파장이 21 cm인 전파를 방출한다. 따라서 중성 수소가 방출하는 21 cm 수소선의 세기와 도플러 이동을 해석하여 시선 속도를 측정하면 우리은하의 나선팔 구조와 회전을 알 수 있다.

(3) 중성 수소 원자에서 방출하는 21 cm 수소선의 세기는 수소 원자 수에 비례한다.

**2** 은하의 나선팔에 분포하는 중성 수소에서 방출되는 21 cm 수소선은 상대적으로 파장이 길어 성간 물질을 잘 통과하므로 성간 소광이 잘 일어나지 않고 지구의 관측자에게 도달한다. 따라서 우리은하 구조 연구에 중요한 역할을 하였다.

**3** (1)  $\mu$ 는 천구상에서 별이 1년 동안 이동한 각거리인 고유 운동을 가리키며, 단위는 "/년이다.

(2) 별의 공간 속도  $V$ 는 별의 접선 속도와 시선 속도의 벡터 합으로 구하므로  $V = \sqrt{V_R^2 + V_T^2}$ 이다.

(3) 접선 속도  $V_T$ 는 별의 고유 운동( $\mu$ )과 별까지의 거리( $r$ )를 이용하여 구한다.

(4) 시선 속도  $V_R$ 는 도플러 효과에 의한 별빛의 파장 변화를 측정하여 구한다.

**4** (1) A는 태양보다 회전 속도가 느리므로 태양에서 멀어지고, D는 태양보다 회전 속도가 빠르므로 태양에서 멀어진다. 따라서 별 A와 D는 관측자로부터 점차 멀어지므로 적색 편이가 나타난다.

(2) B는 태양보다 회전 속도가 느리므로 태양에 가까워지고, C는 태양보다 회전 속도가 빠르므로 태양에 가까워진다. 따라서 별 B와 C는 관측자에게 점차 가까워지므로 청색 편이가 나타난다.

**5** (1) 우리은하 나선팔에 분포하는 중성 수소가 방출하는 파장이 21 cm인 전파의 도플러 이동을 해석하여 시선 속도를 측정하면 우리은하가 회전하고 있음을 알 수 있고, 회전 속도도 구할 수 있다.

- (2) 우리은하는 은하 중심에 질량이 집중되어 있지 않으므로 은하 중심부에서 멀어질수록 회전 속도가 계속 감소하지는 않는다.
- 은하 중심으로부터 약 1 kpc 이내의 팽대부에서는 회전 속도가 증가하는 강체 회전을 한다.
  - 약 1 kpc~약 3 kpc에서는 멀어질수록 회전 속도가 감소하는 케플러 회전을 한다.
  - 약 8 kpc까지는 회전 속도가 증가하고 태양계 밖에서는 감소하다가 다시 증가하여 약 15 kpc 이후부터는 일정하게 유지된다.
- (3) 우리은하의 회전 속도와 만유인력을 이용하여 은하의 질량을 계산할 수 있다.

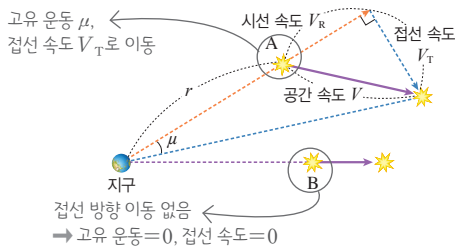
**6** 우리은하의 회전 속도가 외곽부에서 감소하지 않고 일정하다는 것은 우리은하의 물질이 중심부에 집중되어 있지 않고 외곽 부에도 많이 존재한다는 근거가 된다. 은하 중심에 물질이 집중되어 있을 경우, 은하 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 감소해야 한다.

#### 대표 자료 분석

344쪽

- 자료 1** 1 (1) > (2) > 2  $V = \sqrt{V_R^2 + V_T^2}$  3 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ○
- 자료 2** 1 (가) 2 A 3 ㉠ 거의 일정한, ㉡ 외곽 4 (1) ○ (2) × (3) ×

#### 1-1 꼼꼼 문제 분석

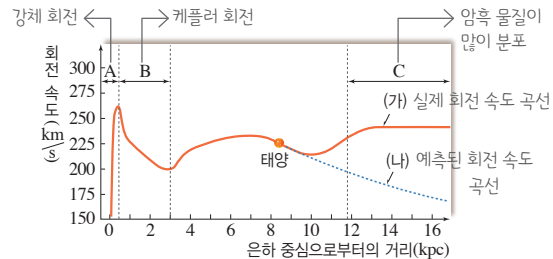


- (1) 고유 운동은 별이 1년 동안 천구상에서 움직여 간 각거리로 나타내므로, A가 B보다 크다.
- (2) 접선 속도는 별이 시선 방향에 대해 수직인 방향으로 이동하는 속도로 고유 운동과 거리에 비례하므로, A가 B보다 크다.

**1-2** 별 A가 실제로 우주 공간에서 운동하는 속도  $V$ 는 별의 시선 속도( $V_R$ )와 접선 속도( $V_T$ )의 벡터 합인  $V = \sqrt{V_R^2 + V_T^2}$ 으로 구한다.

- 1-3** (1) 별 A는 관측자로부터 멀어지는 시선 속도 성분을 가지므로 별 A의 스펙트럼에는 적색 편이가 나타난다.
- (2) 별 B는 접선 속도 성분이 없고 시선 속도 성분만 가지므로 고유 운동이 0이다. 따라서 별 B는 천구상에서 위치가 변하지 않는 것처럼 보인다.
- (3) 별이 우주 공간에서 실제로 운동하는 속도를 공간 속도라고 한다.
- (4) 고유 운동이 클수록, 별까지의 거리가 멀수록 접선 속도가 커진다.  $\Rightarrow V_T = 4.7 \mu r (\text{km/s})$
- (5) 시선 속도는 별빛의 도플러 이동을 통해 알아낼 수 있는데, 관측자로부터 멀어지면 별빛의 파장은 길어지고(적색 편이), 관측자에게 접근하면 별빛의 파장은 짧아진다(청색 편이).
- (6) 고유 운동은 별이 1년 동안 천구상에서 움직여 간 각거리로, 별자리의 모양이 달라지는 것은 별의 고유 운동 때문이다.

#### 2-1 꼼꼼 문제 분석



우리은하 외곽부에서 회전 속도가 (나)와 같이 감소할 것으로 예측하였으나, 실제 회전 속도 곡선은 (가)와 같다.

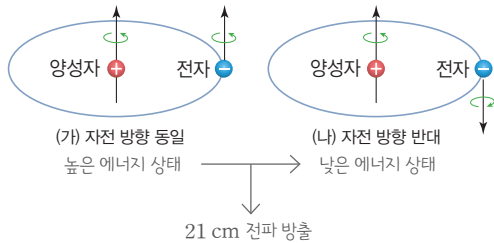
**2-2** 우리은하의 중심핵 부근인 은하 중심~약 1 kpc 구간에서는 강체 회전을 한다.

**2-3** 우리은하의 외곽부에서 은하의 회전 속도가 거의 일정한 것을 통해 우리은하의 질량이 중심부에 집중되어 있지 않고 외곽 부에도 많은 물질이 존재함을 추정할 수 있다. 우리은하에서 빛을 내는 보통 물질은 주로 태양계 안쪽에 분포하고 있으므로 우리은하 외곽에 암흑 물질이 많이 분포하고 있다고 추정할 수 있다.

- 2-4** (1) 우리은하의 원반에 분포하는 중성 수소가 방출하는 21 cm 수소선은 시선 속도의 크기에 따라 도플러 이동을 일으킨다. 이로부터 우리은하의 나선팔 구조 및 회전을 알아낼 수 있다.
- (2) 태양 부근에서는 은하 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 감소하는 케플러 운동을 한다.
- (3) 은하의 중심에서 멀리 떨어진 곳에서도 은하의 회전 속도는 감소하지 않는다. 이것은 은하 외곽 지역에 많은 양의 물질이 존재하기 때문이다.

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

01 **꼼꼼 문제 분석**



ㄴ. 중성 수소는 전자와 원자핵(양성자)의 자전 방향 차이에 따라 원자의 에너지 크기가 다르며, 높은 에너지 상태의 원자가 낮은 에너지 상태의 원자로 변하는 과정에서 에너지 차이에 해당하는 전자기파가 방출된다. 이 전자기파의 파장이 21 cm이며 전파에 해당한다.

ㄷ. 우리은하에 존재하는 수소 중에는 원자 상태의 중성 수소가 가장 많은 비율을 차지한다. 중성 수소가 방출하는 21 cm파의 관측으로 중성 수소가 많이 존재하는 영역을 알 수 있는데, 이 영역을 통해 우리은하의 나선팔 구조를 발견하였다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 중성 수소에서 원자핵과 전자의 자전 방향이 같은 원자가 자전 방향이 다른 원자에 비해 조금 더 불안정하다. 이것은 자전 방향이 같은 원자의 에너지가 더 높은 상태라는 의미이다.

ㄷ. 중성 수소는 주로 성간 물질이 풍부한 나선팔에 분포하므로 (가)와 (나)의 에너지 차이로 방출되는 21 cm 전파는 주로 나선팔에서 관측된다.

02 ①, ② 성간 물질을 이루는 중성 수소에서 21 cm 수소선이 방출되며, 파장이 긴 전자기파는 성간 물질의 영향을 적게 받으므로 21 cm 수소선을 관측하면 성간 물질의 분포를 파악하여 우리은하의 나선팔 구조를 확인할 수 있다.

③ 중성 수소 구름이 멀어지거나 다가오면 21 cm 수소선의 도플러 이동이 나타나므로 이때의 파장 변화로부터 우리은하가 회전한다는 것을 알 수 있다.

④ 21 cm 수소선은 수소의 에너지가 높은 상태(양성자와 전자의 회전 방향이 같은 상태)에서 에너지가 낮은 상태(양성자와 전자의 회전 방향이 다른 상태)로 되돌아갈 때 방출된다.

▮ **바로알기** ▮ ⑤ 21 cm 수소선처럼 파장이 긴 전자기파는 성간 티끌의 영향을 거의 받지 않아 관측자에게 도달하므로 우리은하의 구조 연구에 적합하다.

03 우리은하가 나선 구조를 이루고 있다는 것은 나선팔에 분포하는 중성 수소에서 방출되는 21 cm 전파를 관측하여 알아내었다. 구상 성단은 은하핵 및 헤일로에도 분포하며, 우리은하가 지름 약 30 kpc(10만 광년)인 구형의 공간(헤일로)으로 이루어진다는 것은 구상 성단의 분포를 관측하여 알아낸 것이다.

04 ㄴ. 그림에서 밝게 나타나는 부분은 성간 물질의 밀도가 높은 곳이고, 어두운 부분은 성간 물질의 밀도가 낮은 곳이다. 21 cm 수소선의 세기는 성간 물질을 이루는 중성 수소에서 방출되므로 성간 물질의 밀도가 낮은 A 부분보다 성간 물질의 밀도가 높은 B 부분에서 더 강하게 관측된다.

ㄷ. 21 cm 수소선은 파장이 21 cm인 전파이므로 전파 망원경을 이용해야 관측할 수 있다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 그림에서 성간 물질은 고르게 분포하지 않고 군데 군데 밀집되어 있으며, 성간 물질의 밀도가 높은 영역들이 나선형으로 분포하고 있다.

05 중성 수소 원자에서 파장이 21 cm인 전파가 방출되므로 우리은하의 나선팔에서 방출되는 21 cm 수소선을 관측하면 우리은하의 나선팔에 중성 수소가 많이 분포한다는 것을 알 수 있다. 전파는 파장이 길어 성간 소광이 잘 일어나지 않기 때문에 아주 멀리 떨어진 거리에서 오더라도 검출될 수 있다.

▮ **모범답안** ▮ 중성 수소 원자에서 방출되는 21 cm 수소선을 관측하여 알 수 있다. 전파는 성간 소광이 잘 일어나지 않기 때문에 우리은하의 구조를 밝히는 데 중요하다.

| 채점 기준                                                                     | 배점    |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| 21 cm 수소선 관측과 전파는 성간 소광이 잘 일어나지 않는다는 내용(성간 티끌을 잘 통과한다)을 모두 포함하여 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 두 가지 중 한 가지만 옳게 서술한 경우                                                    | 50 %  |

06 별의 공간 속도를 계산하기 위해서는 접선 속도와 시선 속도를 알아야 한다.  $\Rightarrow$  별의 공간 속도  $= \sqrt{(\text{시선 속도})^2 + (\text{접선 속도})^2}$

ㄱ, ㄷ. 접선 속도는 별까지의 거리와 고유 운동을 알면 구할 수 있다.  $\Rightarrow$  접선 속도(km/s)  $= 4.7 \times \text{고유 운동} \times \text{별까지의 거리}$

ㄴ. 시선 속도는 도플러 효과에 의한 별빛 스펙트럼선의 편이량을 측정하면 구할 수 있다.  $\Rightarrow$  시선 속도  $= \text{광속} \times \frac{\text{편이량}}{\text{원래 파장}}$

07 (1) 별빛 스펙트럼의 흡수선 파장이 480 nm에서 500 nm로 길어졌으므로 적색 편이가 나타났다. 따라서 별이 관측자에게서 멀어지고 있다.

(2) 별빛 스펙트럼 흡수선의 원래 파장을  $\lambda_0$ , 관측된 파장을  $\lambda$ , 광속을  $c$ 라고 할 때, 별의 시선 속도( $V_R$ )는 다음과 같이 구한다.

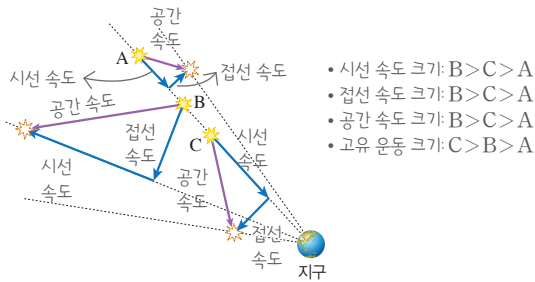
$$\Rightarrow V_R = c \times \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

**모범답안** (1) 적색 편이가 나타났으므로 이 별은 지구로부터 멀어지고 있다.

(2)  $3 \times 10^5 \text{ km/s} \times \frac{500-480}{480} = 12500 \text{ km/s}$

| 채점 기준                         | 배점   |
|-------------------------------|------|
| (1) 거리 변화와 근거를 모두 옳게 서술한 경우   | 50 % |
| 거리 변화만 옳게 서술한 경우              | 30 % |
| (2) 식을 옳게 세우고 시선 속도를 옳게 구한 경우 | 50 % |
| 식만 옳게 세우고 답이 틀린 경우            | 30 % |

## 08 꼼꼼 문제 분석



⑤ B는 관측자로부터 멀어지므로 시선 속도는 (+) 값으로 나타난다.

**바로알기** ① A는 관측자에게 접근하고 있으므로 청색 편이가 나타난다.

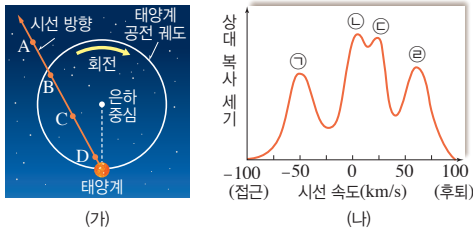
② 접선 속도는 고유 운동과 별까지의 거리를 이용하여 구하는데, A는 거리는 멀지만 고유 운동이 매우 작으므로 상대적으로 접선 속도의 크기가 가장 작다.

③ 고유 운동은 별이 1년 동안 천구상에서 움직여 간 각거리이므로 C가 가장 크다.

④ 공간 속도의 크기는 화살표의 길이가 가장 긴 B가 가장 크다.

## 09 꼼꼼 문제 분석

태양계 부근에서는 케플러 회전을 하므로 우리은하의 회전 속도는 은하 중심에 가까울수록 빠르다.



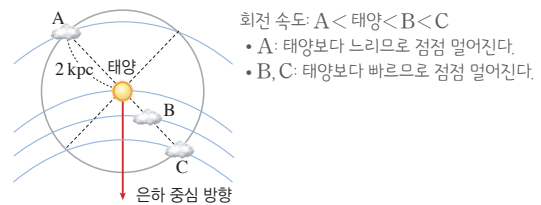
- A: 태양계보다 회전 속도가 느려서 태양계에 점점 가까워지므로 시선 속도는 (-) 값이다.  $\Rightarrow$  ㉠
- B, D: 태양계보다 회전 속도가 조금 빨라 태양계에서 조금씩 멀어지므로 시선 속도가 작고 (+) 값이다.  $\Rightarrow$  ㉡, ㉢
- C: 태양계보다 회전 속도가 빨라 태양계에서 멀어지므로 시선 속도가 B, D보다 크고, (+) 값이다.  $\Rightarrow$  ㉣

㉣. (가)에서 A는 태양계보다 회전 속도가 느리므로 태양계에 가까워지는 나선팔에 위치하며, B, C, D는 태양계보다 회전 속도가 빠르므로 태양계에서 멀어지는 나선팔에 위치한다. C는 태양계에서 멀어지므로 시선 속도가 (+) 값으로 나타나는데, B와 D보다 회전 속도가 크므로 시선 속도도 더 크게 나타난다. 따라서 (나)에서 ㉣이 C를 관측한 것이다.

**바로알기** ㉣. (가)의 A는 은하 중심으로부터 거리가 먼 곳에 위치한 나선팔 구름으로, 회전 속도가 태양계보다 느려서 태양계에 점점 가까워진다.

㉣. 21 cm 수소선은 우주 공간에서 중성 수소 원자를 확인하는 방법이다. 파장이 21 cm인 전파는 수소 원자핵인 양성자에 대해 전자의 회전 방향이 같은 방향에서 반대 방향으로 바뀔 때 방출되며, 이때 방출선의 세기는 중성 수소 원자 수가 많은 곳일수록 강하다. 따라서 (나)의 ㉠~㉣ 중 상대 복사 세기가 가장 강한 ㉣이 중성 수소 원자 수가 가장 많은 곳이다.

## 10 꼼꼼 문제 분석

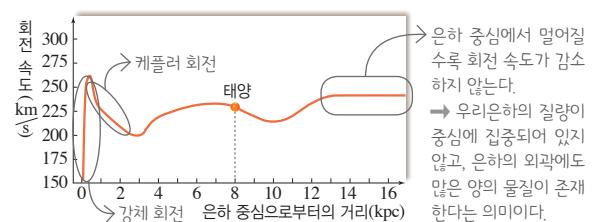


㉣. B는 태양보다 은하 중심으로부터 가까운 곳에 위치하므로 태양보다 회전 속도가 빠르다. 따라서 태양에서 점점 멀어지므로 시선 속도가 (+) 값으로 나타난다.

㉣. A는 태양보다 은하 중심으로부터 먼 곳에 위치하므로 태양보다 회전 속도가 느려 점점 태양에서 멀어진다. B와 C는 모두 태양보다 은하 중심으로부터 가까운 곳에 위치하므로 태양보다 회전 속도가 빨라 점점 태양에서 멀어진다. 따라서 A~C는 모두 적색 편이가 나타난다.

**바로알기** ㉣. 태양 부근에서는 케플러 회전을 하며, 케플러 회전에서는 은하 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 느리다. A는 태양보다 은하 중심으로부터 먼 곳에 위치하므로 회전 속도가 태양보다 느리다.

## 11 꼼꼼 문제 분석





ㄱ. 강체 회전은 레코드판의 회전처럼 중심으로부터의 거리에 상관없이 회전 주기가 같으며 외곽으로 갈수록 회전 속도가 증가하는 회전이다. 우리은하는 은하 중심으로부터 약 1 kpc까지는 거리가 멀어질수록 회전 속도가 증가하는 강체 회전을 한다.

ㄴ. 은하 중심으로부터의 거리가 약 1 kpc~3 kpc 구간에서는 은하 중심에서 멀수록 회전 속도가 감소하는 케플러 회전을 한다.

▣ **바로알기** ▣. 우리은하의 질량이 중심에 집중되어 있다면 은하 외곽의 회전 속도는 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 감소하는 케플러 회전을 해야 한다. 그러나 우리은하 외곽의 속도는 어느 정도 감소하다가 일정해진다. 이는 우리은하의 질량이 중심에 집중되어 있지 않고, 우리은하 외곽에도 많은 양의 물질이 존재한다는 것을 의미한다.

**12** 태양에 작용하는 만유인력과 구심력의 크기가 같으므로

$G \frac{M_{\text{은하}} M_{\text{태양}}}{r^2} = \frac{M_{\text{태양}} v^2}{r}$ 이다. 은하의 질량에 대해 정리하면

$M_{\text{은하}} = \frac{M_{\text{태양}} v^2}{r} \times \frac{r^2}{GM_{\text{태양}}} = \frac{rv^2}{G}$  이고, 회전 속도  $v = \frac{2\pi r}{P}$ 을

대입하면  $M_{\text{은하}} = \frac{r}{G} \times \left( \frac{4\pi^2 r^2}{P^2} \right) = \frac{4\pi^2}{G} \cdot \frac{r^3}{P^2}$ 이다.

**13** ▣. 우리은하는 은하 중심으로부터 거리가 멀어질수록 회전 속도가 감소하는 케플러 회전이 일부 구간에서만 나타난다. 이것은 우리은하의 질량이 은하 중심에 집중되어 있는 것이 아니라 바깥쪽에도 상당량 분포하고 있음을 의미한다.

▣ **바로알기** ▣. 암흑 물질은 빛을 방출하지 않기 때문에 우리 눈에 보이지 않으며, 중력 렌즈 현상을 통해 간접적으로 확인할 수 있다. ㄴ. 중성 수소에서 나오는 21 cm파로 알아 낸 우리은하 최외각부의 회전 속도로 우리은하의 질량을 계산해 보면, 우리은하를 이루는 물질의 질량은 우리은하 안에 존재할 것으로 추정되는 별과 성간 물질의 질량보다 매우 큰 값으로 나타난다. 즉, 우리은하의 대부분이 암흑 물질로 이루어져 있다는 것을 의미한다.

**14** ㄴ. (가)에서 오는 빛이 천체 (나)에 의해 휘어지므로 (나)는 매우 강한 중력을 가지는 천체이다.

▣. (나)와 같은 천체는 직접 보이지는 않지만 근처를 지나는 빛을 휘게 함으로써 중력을 가진 물체가 존재한다는 사실을 암시하여 암흑 물질의 존재에 대한 간접적인 증거가 된다.

▣ **바로알기** ▣. (가)에서 오는 빛은 (나)의 중력에 의해 휘어져 관측자의 눈에 들어오는데, (나)의 위쪽으로 진행해 온 빛은 관측자에게 (가)의 상이 A에 만들어지도록 하며, (나)의 아래쪽으로 진행해 온 빛은 관측자에게 (가)의 상이 B에 만들어지도록 한다. 따라서 관측자에게 (가)의 상은 A와 B에 모두 있는 것으로 보인다. 이때 A와 B는 모두 (가)의 상이므로 동일한 천체의 상이다.

## 4 우주의 구조

### 개념 확인 문제

350 쪽

① 초은하단 ② 은하군 ③ 처녀자리 ④ 처녀자리 ⑤ 우주  
거대 구조 ⑥ 은하 장성 ⑦ 거대 공동 ⑧ 밀도 ⑨ 암흑 물질

1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 2 (가)-(나)-(라)-(다) 3 ㄴ,  
ㄷ, ㄹ 4 ㄱ, ㄴ, ㄹ, ㅁ, ㅂ 5 A: 거대 공동, B: 은하 장성  
6 (1) 은하 장성 (2) 낮다 (3) 커졌다

**1** (1) 은하군은 수십 개의 은하들이 모인 집단으로, 서로의 중력에 의해 묶여 있다.

(2) 은하단은 수백 개~수천 개 이상의 은하들이 모인 집단으로, 은하군보다 더 큰 규모의 은하 집단이다.

(3) 은하단은 은하군보다 더 큰 규모의 집단이지만, 은하군을 포함하는 것이 아니라 이루고 있는 은하의 수가 다른 것이다.

(4) 우리은하에서 가장 가까운 은하단은 처녀자리 은하단으로, 약 17 Mpc 거리에 있다.

### 2 문제 분석

(가) 우리은하 1개의 은하 (나) 국부 은하군 수십 개의 은하  
(다) 사자자리 초은하단 (라) 처녀자리 은하단  
수백 개의 은하군과 은하단 수백 개~수천 개의 은하

규모: (가)<(나)<(라)<(다)

은하와 은하 집단의 규모를 비교하면 은하(예 우리은하)<은하군(예 국부 은하군)<은하단(예 처녀자리 은하단)<초은하단(예 사자자리 초은하단)이다. 따라서 (가)-(나)-(라)-(다) 순으로 은하 집단의 규모가 커진다.

**3** 국부 은하군은 우리은하와 안드로메다은하를 포함하여 그 주변에 존재하는 약 40여 개의 은하 집단이다. 퀘이사는 우리은하로부터 매우 멀리 떨어져 있는 천체로, 국부 은하군에 속하지 않는다. 오리온 대성운은 우리은하의 구성원이다.

**4** 우리은하는 태양계가 속한 은하이다. 국부 은하군은 우리은하를 포함한 40여 개의 은하들로 구성된 은하군이다. 처녀자리 초은하단은 국부 은하군과 처녀자리 은하단을 포함한 100여 개의 은하군과 은하단으로 이루어져 있다. 라니아케아 초은하단은 처녀자리 초은하단을 포함하는 더 큰 규모의 초은하단으로, 우리은하는 라니아케아 초은하단의 외곽에 분포한다.



ㄷ, ㄹ, 처녀자리 은하단은 우리은하에서 가장 가까운 은하단이고, 코마 초은하단은 우리은하가 속한 처녀자리 초은하단 주변에 있는 초은하단이다.

**5** 우주 거대 구조에서 A는 은하가 존재하지 않는 빈 공간인 거대 공동이고, B는 수많은 은하들이 모여서 형성한 거대한 벽과 같은 구조를 이루는 은하 장성이다.

**6** (1) 우주 초기 밀도가 상대적으로 높은 부분은 물질을 계속 끌어당겨 은하 장성이 형성되고, 밀도가 상대적으로 낮은 부분은 물질이 점점 비어 거대 공동이 형성되었을 것으로 추정된다.

(2) 거대 공동의 밀도는 우주 평균 밀도의  $\frac{1}{10}$  보다 작다.

(3) 우주 초기에 시간이 지날수록 밀도가 높은 부분은 더 높아지고 낮은 부분은 더 낮아져 미세한 밀도 차이는 점점 더 커졌다.

#### 대표 자료 분석

351쪽

**자료 1** 1 국부 은하군 2 (나)-(다)-(가) 3 (1) × (2) ○  
(3) ○ (4) ○ (5) × (6) ×

**자료 2** 1 A: 거대 공동, B: 은하 장성 2 (1) 우주 배경 복사  
(2) 높은 (3) ㉠ 암흑 물질, ㉡ 은하 장성 3 (1) ○ (2) ×  
(3) ○

**1-1** 우리은하를 포함하여 안드로메다은하 등 40여 개의 크고 작은 은하들로 이루어진 집단을 국부 은하군이라고 한다.

**1-2** (가)는 국부 은하군, (나)는 우주 거대 구조, (다)는 초은하단에 대한 설명이다. 은하 집단의 규모를 비교하면, (가) 은하군 < 은하단 < (다) 초은하단 < (나) 우주 거대 구조이다.

**1-3** (1) (가) 국부 은하군의 중심 은하는 우리은하와 안드로메다은하로, 우리은하는 국부 은하군의 중력 중심 부근에 위치한다.

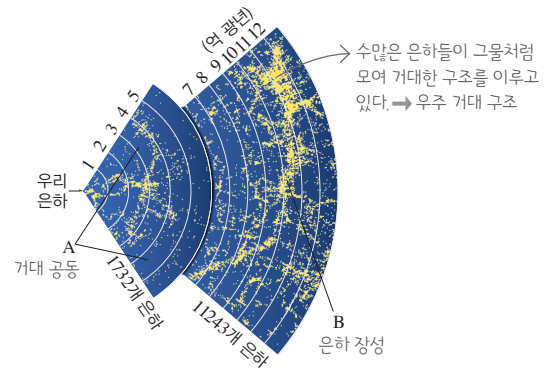
(2) (가) 국부 은하군은 질량이 훨씬 큰 처녀자리 은하단의 중력에 이끌려 처녀자리 은하단 쪽으로 이동하고 있다.

(3) (나) 우주 거대 구조는 우주에서 은하들이 이루는 구조 중 최대 규모의 구조이다.

(4), (5) (나) 우주 거대 구조에는 수많은 은하들로 이루어진 거대한 벽과 같은 은하 장성과 은하가 존재하지 않는 거대 공동이 있다.

(6) (다)는 초은하단에 대한 설명으로, 우리은하는 처녀자리 초은하단에 속해 있다.

#### 2-1 **공공** 문제 분석



A는 우주에서 은하가 거의 없는 거대한 공간인 거대 공동이며, B는 수많은 은하들로 이루어진 거대한 벽과 같은 구조인 은하 장성이다.

**2-2** (1) 우주 배경 복사의 온도가 미세하게 불균일하게 나타나므로 우주 초기의 밀도 분포가 불균일하였음을 알 수 있다. 이로부터 우주 팽창에 따른 변화를 추정하면 현재의 우주 구조를 설명할 수 있다.

(2) 우주 초기의 밀도 분포에서 밀도가 상대적으로 약간 높은 지역에서는 시간이 지날수록 좀 더 많은 물질이 끌려 들어가 은하, 은하단, 초은하단, 은하 장성 등이 만들어졌고, 상대적으로 밀도가 낮은 지역에서는 점점 더 비어 있는 공간으로 남게 되어 거대 공동이 형성되었을 것으로 추정된다.

(3) 암흑 물질은 눈에 보이지는 않지만 질량을 가지고 있으므로 중력으로 우리가 볼 수 있는 보통 물질들을 끌어당긴다. 우주에는 암흑 물질이 보통 물질보다 많은 것으로 추정된다. 이러한 암흑 물질이 은하들을 중력으로 끌어당겨 거대한 벽과 같은 3차원 구조인 은하 장성이 형성되었다고 추정된다.

**2-3** (1) 은하는 우주를 구성하는 기본 천체로, 그림에서 노란 점은 은하를 나타낸다. A는 거대 공동으로, 은하가 거의 발견되지 않아 텅 비어 있는 듯한 광활한 공간이다.

(2) 처녀자리 초은하단의 크기는 약 1억 광년이고, 그림은 약 10억 광년의 은하 분포를 나타낸 것이다. 이 그림은 처녀자리 초은하단보다 더 큰 규모인 우주 거대 구조를 확인할 수 있는 자료이다.

(3) 우주 거대 구조는 비누 거품 막처럼 속은 비어 있고 이 공간을 둘러싼 가장자리 부분에만 대부분의 은하가 분포한다. 따라서 우주 전체 공간에서 은하가 차지하는 부피는 거대 공동이 차지하는 부피보다 훨씬 작다.

- 01 ③    02 ④    03 ②    04 ②    05 해설 참조  
06 ④    07 ②    08 ③    09 ③    10 ⑤

**01** ③ 은하군은 은하의 무리를 구성하는 가장 작은 단위로, 수십 개의 은하들로 이루어진 집단이다.

▮ **바로알기** ① 은하군은 수십 개의 은하들이 모인 집단이고, 은하단은 수백 개~수천 개 이상의 은하들이 모인 집단이다.

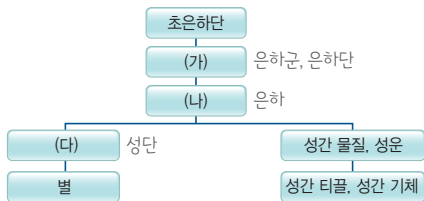
② 은하단을 이루는 은하들은 서로의 중력에 묶여 있다.

④ 은하단은 은하군보다 더 큰 규모의 집단이고, 초은하단은 은하군과 은하단이 수백 개가 모여서 이루어진 은하의 집단이다.

➡ 은하 집단의 규모: 은하군 < 은하단 < 초은하단

⑤ 처녀자리 초은하단에서 은하들은 처녀자리 은하단 쪽에 집중되어 있다.

## 02 꼼꼼 문제 분석



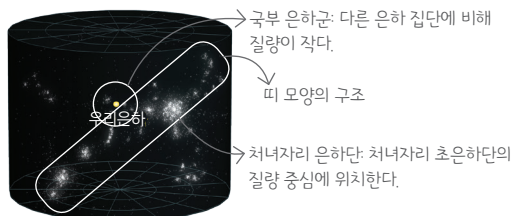
은하 집단은 규모가 큰 것부터 작은 것 순으로 초은하단-은하단-은하군-은하로 이루어져 있으며, 은하는 성단, 성운, 성간 물질로 이루어져 있다.

**03** ㄴ. 국부 은하군은 우리은하와 안드로메다은하가 속해 있는 은하군이다.

▮ **바로알기** ㄱ. 국부 은하군은 우리은하 주변에 분포하는 수십 개의 은하들의 집단이다.

ㄷ. 초은하단은 은하군과 은하단으로 이루어진 대규모 은하 집단이다. 국부 은하군이 속해 있는 처녀자리 초은하단은 처녀자리 은하단을 포함하여 100여 개의 은하군과 은하단으로 구성되어 있다.

## 04 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. 처녀자리 초은하단 내의 은하단들은 우주 공간에 고르게 퍼져 있지 않고 대체로 띠 모양의 구조를 형성한다.

▮ **바로알기** ㄱ. 우리은하를 포함하는 국부 은하군은 상대적으로 질량이 작아서 처녀자리 초은하단의 질량 중심에 위치하지 않고, 주변부에 위치한다. 처녀자리 초은하단의 질량 중심에는 처녀자리 은하단이 위치한다.

ㄷ. 초은하단은 은하단이나 은하군 등의 은하 집단과 함께 더 큰 우주 구조인 우주 거대 구조를 형성한다.

**05** 수십 개의 은하가 모인 집단을 은하군이라 하고, 수백 개~수천 개의 은하가 모인 집단을 은하단이라고 한다. 은하군과 은하단들이 모여 더 큰 집단을 이루는데, 이를 초은하단이라고 한다. 우리은하는 40여 개의 은하들로 구성된 국부 은하군에 속한다. 국부 은하군은 100여 개의 은하군과 은하단으로 구성된 처녀자리 초은하단에 속한다.

▮ **모범답안** 우리은하는 국부 은하군의 중력의 중심에 위치하며, 국부 은하군은 처녀자리 초은하단의 주변부에 위치한다.

| 채점 기준                                | 배점    |
|--------------------------------------|-------|
| 국부 은하군과 처녀자리 초은하단에서의 위치를 옳게 서술한 경우   | 100 % |
| 국부 은하군에 속하고, 처녀자리 초은하단에 속한다고만 서술한 경우 | 50 %  |

**06** ㄱ. 우주 거대 구조는 수많은 은하들로 이루어진 은하 장성과 거대 공동을 둘러싼 거품처럼 생긴 거대한 구조이다.

ㄴ. 우주 초기의 밀도 불균일 때문에 우주 거대 구조가 형성된 것으로 추정되며, 상대적으로 밀도가 높은 곳에서는 은하 장성이, 상대적으로 밀도가 낮은 곳에서는 거대 공동이 형성되었을 것으로 추정된다.

ㄷ. 우주 공간에 분포하는 암흑 물질이 은하들을 중력으로 끌어당겨 우주 거대 구조가 형성되었을 것으로 추정된다.

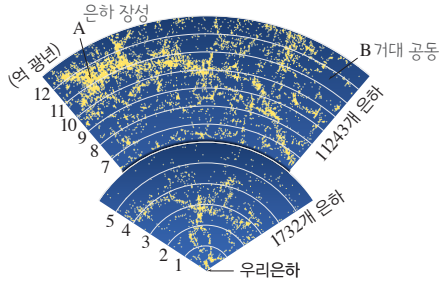
▮ **바로알기** ㄴ. 우주를 구성하는 물질 중 우리 눈에 보이는 보통 물질은 전체 우주 구성 성분의 약 5%에 불과하다. 나머지는 암흑 에너지와 암흑 물질이 차지할 것으로 추정되며, 암흑 에너지와 암흑 물질의 정체는 아직 정확히 밝혀지지 않았다.

**07** ㄷ. (가) 은하단은 수백 개~수천 개의 은하가 모여 있는 집단이다. (나) 우주 거대 구조는 은하들이 형성하는 최대 규모의 구조이다. (다) 은하는 우주의 구조를 형성하는 기본 단위이다. (라) 성단은 은하 내에 존재하는 별의 집단으로 산개 성단과 구상 성단이 있다. 따라서 천체들을 규모가 작은 것부터 큰 순으로 나열하면 (라) 성단 → (다) 은하 → (가) 은하단 → (나) 우주 거대 구조이다.

▮ **바로알기** ㄱ. (가)는 수백 개~수천 개의 은하가 모여 있는 은하단으로, 우리은하를 포함하여 40여 개의 은하들이 모여 있는 국부 은하군보다 규모가 크다.

ㄴ. 은하는 우주의 구조를 형성하는 기본 천체이다. 우주 거대 구조에서 작은 점들은 은하에 해당한다.

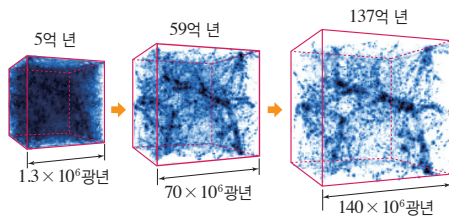
## 08 꼬꼬 문제 분석



- ①, ② 우주 거대 구조는 수많은 은하들로 이루어진 거대한 벽과 같은 구조인 은하 장성과 은하들이 거의 보이지 않는 거대 공동을 둘러싼 거품처럼 생긴 구조이다.
- ④ B는 은하가 거의 존재하지 않으므로 거대 공동이다.
- ⑤ 은하가 그물처럼 얹혀 있는 지점에는 은하가 집단을 이루어 은하단과 초은하단이 분포한다.

▣ **바로알기** ▣ ③ A는 수많은 은하들이 모여 거대한 벽과 같은 구조를 이루므로 은하 장성이다. 은하 장성은 초기 우주의 밀도가 상대적으로 높은 곳에서 만들어졌다고 추정된다. 반면에 거대 공동은 초기 우주의 밀도가 상대적으로 낮은 곳에서 만들어졌다고 추정된다.

## 09 꼬꼬 문제 분석



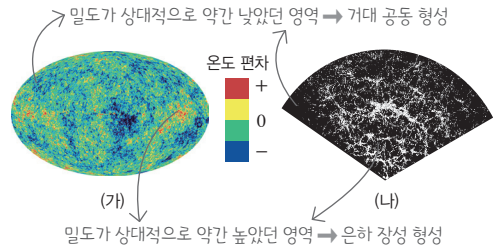
초기 우주에서는 시간이 지날수록 밀도가 높은 영역으로 더 많은 물질이 끌려들어간다. 거대 구조가 점점 뚜렷해지면서 현재의 우주 거대 구조가 형성되었다.

ㄱ. 시간에 따라 물질이 분포하는 공간의 크기가 커지고 있다. 즉, 우주가 팽창하고 있다.

ㄴ. 초기 우주에는 미세한 밀도 차이가 있었고, 상대적으로 밀도가 높은 곳에서 별, 은하 등이 생성되었다.

▣ **바로알기** ▣ ㄷ. 초기 우주에서는 밀도 차이가 미세하였지만, 미세한 밀도 편차가 중력 수축으로 이어지면서 물질이 밀집되는 곳과 상대적으로 물질이 적게 분포하는 곳의 밀도 차이가 점점 커지게 되었다.

## 10 꼬꼬 문제 분석



ㄱ. 우주 배경 복사의 분포에서 나타나는 미세한 온도 차이는 우주 공간의 미세한 물질 분포 차이 때문이다.

ㄴ. (가)에서 우주 배경 복사가 불균일하게 분포하는 것은 초기 우주의 물질 분포가 미세하게 불균일했음을 의미한다. (나)에서 은하들이 띠 모양의 구조를 이루고 그 사이에 거대 공동이 존재하는 것은 은하 분포가 불균일함을 보여 준다.

ㄷ. (나)에서 은하는 긴 끈 모양으로 이어져 있다. 즉, 은하들은 일부 지역에 집중적으로 분포하고 있다.

## 중단원 핵심 정리

354쪽~355쪽

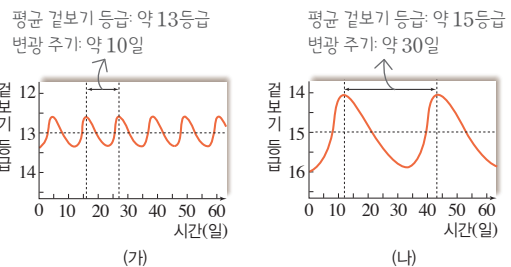
- ① 멀다 ② 크다 ③ 거리 지수 ④ 산개 ⑤ 구상 ⑥ 막대 나선 ⑦ 성간 소광 ⑧ 성간 적색화 ⑨ H II 영역 ⑩ 방출 성운 ⑪ 21 cm 수소선 ⑫ 시선 속도 ⑬ 시선 ⑭ 암흑 물질 ⑮ 중력 렌즈 ⑯ 국부 은하군 ⑰ 거대 공동

## 중단원 마무리 문제

356쪽~358쪽

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

## 01 꼬꼬 문제 분석



- 겉보기 등급: (가) < (나) → (가)가 (나)보다 밝게 보인다.
- 변광 주기: (가) < (나) → 광도는 (나)가 (가)보다 크다. → 절대 등급은 (가)가 (나)보다 크다.

ㄱ. (가)의 평균 겉보기 등급은 약 13등급이고 B의 평균 겉보기 등급은 약 15등급이다. 별은 겉보기 등급이 작을수록 밝게 보이므로 (가)가 (나)보다 밝게 보인다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 세페이드 변광성의 주기 광도 관계에 따르면 변광 주기가 길수록 광도가 크다. 변광 주기는 (가)가 약 10일, (나)가 약 30일로, (나)의 변광 주기가 더 길기 때문에 광도는 (가)보다 (나)가 크다.

ㄷ. (가)는 (나)보다 광도가 작음에도 더 밝게 보인다. 이것은 (가)가 (나)보다 지구에서 더 가까운 거리에 있기 때문이다.

**02** ㄱ. 성단을 이루는 별들은 같은 성운에서 거의 동시에 생성되기 때문에 나이, 지구로부터의 거리, 주계열성의 화학 조성이 거의 같다.

ㄷ. 성단을 이루는 별들의 겉보기 등급 분포와 표준 주계열성의 절대 등급 차이가 성단의 거리 지수에 해당한다. 그래프에서 거리 지수는 등급 차이 값인 6.5에 해당된다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 색등급도에서 성단을 이루는 별들은 광도가 클수록, 즉 절대 등급이 작을수록 색지수가 작다. 색지수가 작을수록 표면 온도가 높으므로 광도가 큰 별일수록 표면 온도가 높다는 것을 알 수 있다.

ㄹ. 성단의 색등급도가 표준 주계열성의 아래쪽에 있으므로 거리 지수가 (+) 값이다. 따라서 이 성단은 10 pc보다 먼 거리에 있다.

**03** ㄱ. 구상 성단은 은하핵과 헤일로에 분포하기 때문에 b 방향보다는 은하 중심 방향인 a 방향을 볼 때 천구상에서 더 많이 관측된다.

ㄷ. 은하수는 우리은하의 나선팔에 위치한 지구에서 관측한 은하의 원반부에 해당한다. a 방향은 은하 중심 방향이며, 은하 중심부의 팽대부는 은하 원반부의 다른 부분에 비해 두께가 두껍기 때문에 은하수의 폭이 넓게 관측된다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 은하수는 우리은하에서 나선팔과 팽대부를 포함한 은하의 원반부에 해당한다.

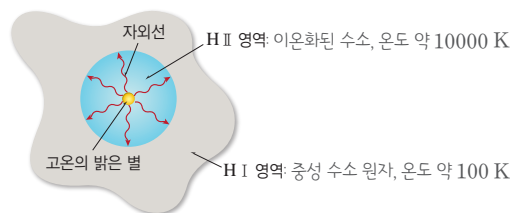
**04** ㄱ. 성간 물질의 99 %는 수소와 헬륨이 주성분인 성간 기체이다. 성간 티끌이 차지하는 비율은 약 1 %로, 흑연이나 규산염 같은 것이 얼음에 덮여 있는 미세한 고체 입자이다.

ㄴ. 성간 티끌은 별빛을 흡수하거나 산란시켜 관측자의 눈에 도달하는 별빛의 양을 줄어든게 하여 별빛이 원래보다 어둡게 보이는 성간 소광을 일으킨다.

▮ **바로알기** ▮ ㄷ. 방출 성운은 전리된 수소의 영역인 H II 영역에서 이온화되었던 수소가 전자와 결합하는 과정에서 에너지를 방출하여 밝게 보이는 것이다.

**05** 주어진 성운은 방출 성운인 오리온 대성운이다. 방출 성운은 주변에 있는 고온의 별에서 방출된 자외선을 흡수하여 이온화된 수소( $H^+$ )로 이루어진 H II 영역의 수소가 다시 전자와 재결합하여 중성 수소(H)로 되돌아갈 때 에너지(가시광선)를 방출하여 밝게 보이는 성운이다. 이때 수소 방출선은 붉은색이 강하므로 성운이 붉은색으로 보인다.

## 06 **꼼꼼** 문제 분석



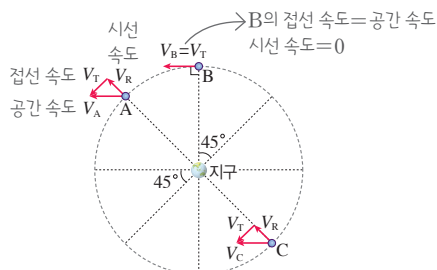
ㄱ. H II는 수소의 전자 1개가 떨어져 나가 이온화된 것을 의미하며, H I은 전리되지 않은 중성 수소를 의미한다. H II 영역 주위에는 밝은 별들이 분포하는데, 이 별들은 대부분 젊은 주계열성으로 표면 온도(15000 K 이상)가 매우 높은 별이다. 이러한 고온의 별은 에너지가 비교적 높은 자외선을 많이 방출한다. 이 별 주위에 있는 수소 원자들은 별에서 방출된 자외선을 흡수하여 전자를 잃어 이온화되어 H II 영역을 형성한다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 방출 성운은 H II 영역에서 전리된 수소가 전자와 다시 결합하면서 빛을 방출하여 붉게 보이는 성운이다.

ㄷ. 성운 내의 성간 티끌은 파란색 빛을 잘 산란시킨다. 붉은색 빛은 파장이 길어 성간 티끌을 잘 통과하므로 성간 티끌은 별이 원래보다 더 붉게 보이는 성간 적색화 현상을 일으킨다.

## 07 **꼼꼼** 문제 분석

공간 속도는 A, B, C가 같다. 이때 공간 속도를 시선 속도와 접선 속도로 나타내면 다음과 같다.



- 접선 속도: B가 가장 크다.
- 시선 속도: A는 (+) 값, B는 0, C는 (-) 값

ㄴ. 접선 속도는 별까지의 거리와 고유 운동에 비례한다. 별까지의 거리가 같을 때, 고유 운동 값은 접선 속도가 클수록 크다. 따라서 고유 운동이 가장 큰 별은 접선 속도가 가장 큰 B이다.



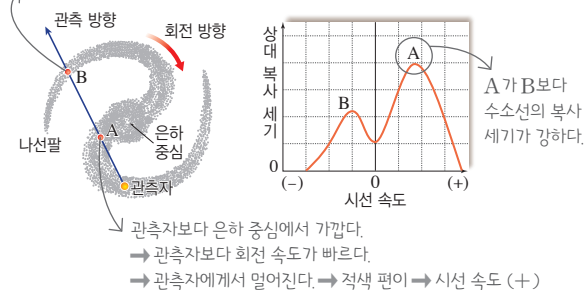
▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 공간 속도 =  $\sqrt{(\text{접선 속도})^2 + (\text{시선 속도})^2}$ 이다. 별 B의 접선 속도는 별 B의 공간 속도와 같으므로 별 A~C 중에서 접선 속도가 가장 큰 별은 B이다.

ㄷ. C는 지구에 가까워지고 있으므로 시선 속도가 (-) 값으로 나타나고, 청색 편이가 나타난다.

## 08 꼬꼬 문제 분석

관측자보다 은하 중심에서 멀다. → 관측자보다 회전 속도가 느리다. → 관측자에게 가까워진다.

→ 청색 편이 → 시선 속도 (-)

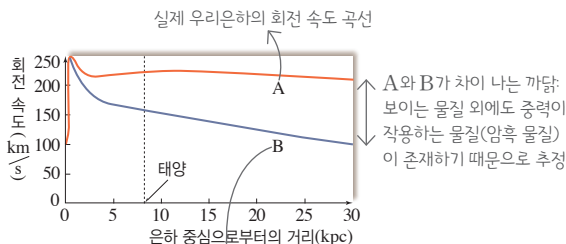


ㄱ. 시선 속도가 (+)인 것은 관측자에게서 멀어지는 것이고, (-)인 것은 관측자에게 가까워지는 것이다. A는 시선 속도가 (+)이므로 관측자로부터 멀어지고 있다.

ㄴ. 중성 수소의 원자 수가 많을수록 21 cm 수소선의 세기가 강하게 나타난다. A는 B보다 21 cm 수소선의 상대 복사 세기가 강하므로 B보다 중성 수소 원자 수가 더 많다.

▮ **바로알기** ▮ ㄷ. B는 관측자보다 회전 속도가 느려서 관측자에게 가까워진다. 따라서 청색 편이가 관측된다.

## 09 꼬꼬 문제 분석



보이는 물질만으로 계산한 회전 속도 곡선  
(=우리는 은하의 질량이 중심에 집중되어 있다고 가정할 때)

ㄱ. 실제 우리 은하의 천체들은 일부 거리 영역에서만 케플러 회전을 할 뿐 대부분의 영역에서 케플러 회전을 따르지 않고 있다. 은하 중심으로부터 약 3 kpc보다 먼 거리에서는 은하 중심으로부터의 거리가 멀어져도 회전 속도가 감소하지 않는다. A는 실제 우리 은하의 회전 속도 곡선이고, B는 우리 은하에서 보이는 물질만을 이용하여 계산한 회전 속도 곡선이다.

ㄷ. 우리 은하에서 보이는 물질만을 이용하여 계산한 회전 속도 곡선(B)과 실제 우리 은하의 회전 속도 곡선(A)이 일치하지 않는 것은 우리 은하 내에 보이는 물질 이외에도 보이지는 않지만 중력을 가지는 물질이 존재하기 때문이다. 이렇게 빛과 상호 작용하지는 않지만 중력에 의해 그 존재를 파악할 수 있는 물질을 암흑 물질이라고 하며, 은하의 회전 속도 곡선을 분석하여 그 양을 대략적으로 계산할 수 있다.

▮ **바로알기** ▮ ㄴ. 케플러 회전은 회전 중심으로부터의 거리가 멀어짐에 따라 회전 속도가 느려지는 회전으로, 태양계처럼 회전 중심에 질량의 대부분이 모여 있는 경우에 케플러 회전을 한다. 우리 은하의 실제 회전 곡선이 케플러 회전 곡선과 다른 것은 은하 중심부에 대부분의 질량이 모여 있지 않고, 은하 원반은 물론 헤일로에도 많은 질량이 존재하기 때문이다. 그리고 이들 질량의 상당량이 암흑 물질로 여겨진다.

## 10 꼬꼬 문제 분석

| A                                   | B                        | C                         |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 처녀자리 초은하단                           | 처녀자리 은하단                 | 국부 은하군                    |
| 초은하단은 은하군과 은하단이 수백 개 모여서 이루어진 집단이다. | 은하단은 은하군보다 더 큰 은하의 집단이다. | 은하군은 수십 개의 은하로 이루어진 집단이다. |

• 규모: 우주 거대 구조 > A > B > C > 은하

ㄴ. 초은하단은 은하군과 은하단이 수백 개가 모여서 이루어진 은하 집단이다. 은하단은 수백 개~수천 개의 은하가 모여서 이루어진 집단이다.

ㄷ. 은하군은 은하의 집단 중 가장 작은 구성 단위로, 우리 은하는 국부 은하군에 속해 있다.

▮ **바로알기** ▮ ㄱ. 예전에는 초은하단이 우주에서 가장 큰 규모의 구조이고 은하들이 우주에 고르게 분포되어 있을 것이라고 생각했다. 그러나 은하 장성이 발견되면서 초은하단보다 더 큰 구조가 존재한다는 사실을 알게 되었다. 우주 거대 구조는 은하 장성과 거대 공동을 둘러싼 거품처럼 생긴 거대한 구조로, 은하들이 이루는 구조 중 우주에서 볼 수 있는 최대 규모의 구조이다.

11 A. 구상 성단: 수만 개~수백만 개의 별이 모여 이루어진 천체로, 은하의 구성원이다.

D. 은하: 은하는 성단과 성간 물질, 별, 암흑 물질 등으로 이루어져 있다.

B. 은하단: 수백 개~수천 개의 은하가 모여 은하단을 이룬다.

C. 우주 거대 구조: 우주 거대 구조는 은하들이 연결되어 분포해 있는 은하 장성과 빈 공간인 거대 공동이 거품 모양의 구조를 보이는 거대한 규모이다.

→ 공간 규모가 작은 것부터 나열하면 A → D → B → C이다.



**12** (1) 별 A는 변광 주기가 3일이고, 별 B는 변광 주기가 30일이므로 A가 B보다 절대 등급이 크다. 절대 등급이 작을수록 광도가 크므로 광도는 B가 A보다 크다.

(2) 거리 지수가 클수록 별까지의 거리가 멀다.

**모범답안** (1) A는 B보다 변광 주기가 짧으므로 절대 등급이 크다. 절대 등급이 작을수록 광도가 크므로 광도는 B가 A보다 크다.

(2) A와 B의 겉보기 등급은 같고, 절대 등급은 A가 B보다 크므로 거리 지수는 A가 B보다 작다. 따라서 지구로부터의 거리는 A가 B보다 가깝다.

| 채점 기준                          | 배점   |
|--------------------------------|------|
| (1) 광도를 옳게 비교하고, 까닭을 옳게 서술한 경우 | 50 % |
| 광도만 옳게 비교한 경우                  | 30 % |
| (2) 거리를 옳게 비교하고, 까닭을 옳게 서술한 경우 | 50 % |
| 거리만 옳게 비교한 경우                  | 30 % |

**13** 고온의 별 주위에 있는 성운의 수소 기체가 별에서 방출된 자외선을 흡수하여 완전히 전리되어 있는 영역을 H II 영역이라고 한다.

**모범답안** H II 영역의 전리된 수소가 자유 전자와 결합하여 중성 수소로 되돌아갈 때 붉은색이 강한 빛(붉은색이 강하게 나타나는 방출선)을 방출하기 때문이다.

| 채점 기준                                          | 배점    |
|------------------------------------------------|-------|
| 전리된 수소가 전자와 결합하면서 붉은색이 강한 빛을 방출하기 때문이라고 서술한 경우 | 100 % |
| 전리된 수소가 붉은색이 강한 빛을 방출하기 때문이라고만 서술한 경우          | 50 %  |

**14** 은하 질량을 구하는 관계식은  $M_{\text{은하}} = \frac{rv^2}{G}$ 로, 은하 중심에서 천체까지의 거리( $r$ )가 멀수록, 회전 속도( $v$ )가 빠를수록 은하의 질량이 크게 나타난다.

**모범답안** 별 A를 이용하여 구한 우리은하의 질량, 별 A는 태양보다 은하 중심으로부터 멀리 떨어져 있지만 회전 속도가 감소하지 않았기 때문이다.

| 채점 기준                                                                | 배점    |
|----------------------------------------------------------------------|-------|
| 질량이 더 크게 계산되는 것을 고르고, 그 까닭을 별 A의 회전 속도가 감소하지 않았다는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 질량이 더 크게 계산되는 것만 옳게 고른 경우                                            | 50 %  |

**15** **모범답안** 지구는 태양계에 속하며, 태양계는 우리은하의 나선팔에 위치한다. 우리은하는 국부 은하군의 중심 부근에 위치하며, 국부 은하군은 처녀자리 초은하단에서 주변부에 위치한다. 처녀자리 초은하단은 라니아케아 초은하단의 외곽에 위치한다.

| 채점 기준                                                       | 배점    |
|-------------------------------------------------------------|-------|
| 태양계, 우리은하, 국부 은하군, 처녀자리 초은하단, 라니아케아 초은하단을 모두 언급하여 옳게 서술한 경우 | 100 % |
| 다섯 가지 중 한 가지당 배점                                            | 20 %  |

## 수능 실전 문제

359쪽~360쪽

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

### 01 꼼꼼 문제 분석

| 별     | 겉보기 등급 | 절대 등급 | 겉보기 등급 - 절대 등급 | 색지수   | 고유 운동(") |
|-------|--------|-------|----------------|-------|----------|
| 센타우루스 | -0.29  | 4.1   | -4.39          | 0.72  | 3.68     |
| 시리우스  | -1.46  | 1.4   | -2.86          | 0.00  | 1.33     |
| 프로키온  | 0.37   | 2.6   | -2.23          | 0.42  | 1.25     |
| 스피카   | 0.96   | -3.6  | 4.56           | -0.23 | 0.05     |

- 겉보기 밝기: 시리우스 > 센타우루스 > 프로키온 > 스피카
- 실제 밝기(광도): 스피카 > 시리우스 > 프로키온 > 센타우루스
- 거리 지수: 스피카 > 프로키온 > 시리우스 > 센타우루스
- 표면 온도: 스피카 > 시리우스 > 프로키온 > 센타우루스
- 천구상에서 위치 변화: 센타우루스 > 시리우스 > 프로키온 > 스피카

#### 선택지 분석

- ㉠. 우리 눈에 가장 밝게 보이는 별은 시리우스이다.
- ㉡. 10 pc보다 멀리 있는 별은 스피카이다.
- ㉢. 표면 온도가 가장 높은 별은 센타우루스이다. 스피카
- ㉣. 10년 후에 관측할 때 천구상에서 위치 변화가 가장 큰 별은 스피카이다. 센타우루스

㉠. 가장 밝게 보이는 별은 겉보기 등급이 가장 작은 시리우스이다.  
㉡. 거리 지수(겉보기 등급 - 절대 등급)가 0보다 크면 10 pc보다 멀리 있는 별이므로 스피카는 10 pc보다 멀리 있는 별이다.

■ **바로알기** ㉢. 표면 온도가 높은 별일수록 색지수가 작다. 따라서 색지수가 가장 작은 스피카의 표면 온도가 가장 높다.

㉣. 고유 운동은 별이 1년 동안 천구상에서 이동한 각거리이므로, 10년 후에 천구상에서 위치 변화가 가장 큰 별은 고유 운동이 가장 큰 센타우루스이다.

### 02 꼼꼼 문제 분석

| 변광성 | 변광 주기 |
|-----|-------|
| A   | 0.3일  |
| B   | 3일    |

- A의 절대 등급: 약 0.5등급
- B의 절대 등급: -2등급 또는 -4등급



#### 선택지 분석

- ㉠. 별 A와 B는 식 변광성이다. 맥동 변광성
- ㉡. 절대 등급은 A가 B보다 크다.
- ㉢. 별까지의 거리는 A가 B보다 멀다. 가깝다

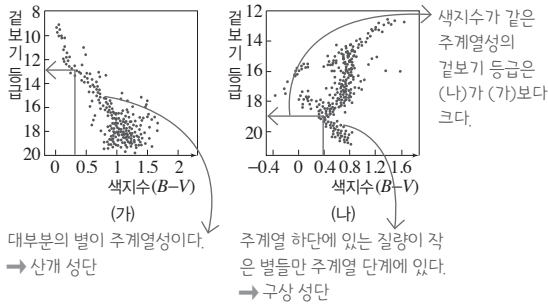
별 내부가 불안정하여 수축·팽창을 반복하면서 밝기가 변하는 별을 맥동 변광성이라고 한다. 맥동 변광성은 변광 주기와 광도 사이에 일정한 관계가 있다.

ㄴ. 맥동 변광성 중 거문고자리 RR형 변광성인 A는 변광 주기에 관계없이 절대 등급이 약 0.5등급으로 일정하다. 세페이드 변광성인 B는 변광 주기가 3일이므로 절대 등급은 -2등급 또는 -4등급이다. 따라서 절대 등급은 A가 B보다 크다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 그림과 같이 일정한 주기 광도 관계를 갖는 것은 맥동 변광성이다.

ㄷ. 별 A와 B는 겉보기 등급이 같으므로 절대 등급이 작을수록 거리 지수가 크다. 따라서 절대 등급이 더 작은 B가 A보다 거리 지수가 크고 별까지의 거리가 멀다.

### 03 **꼼꼼** 문제 분석



#### ▣ 선택지 분석 ▣

- ☒ ㄱ. 파란색 주계열성의 비율은 (가)보다 (나)가 더 **높다**. **낮다**
- ☒ ㄴ. 성단의 나이는 (가)보다 (나)가 더 많다.
- ☒ ㄷ. 성단까지의 거리는 (가)보다 (나)가 더 멀다.
- ☒ ㄹ. (가)와 같은 성단은 **헤일로**에 주로 분포한다. **나선팔**

ㄴ. (가) 성단에 있는 별은 대부분 주계열 단계에 있고, 질량이 큰 별의 일부만 적색 거성으로 진화하려고 하고 있다. (나) 성단은 주계열 하단에 있는 질량이 작은 별들만 주계열 단계에 남아 있고, 대부분 거성 단계에 있다. 따라서 성단의 나이는 (가)보다 (나)가 많다.

ㄷ. 색지수(별의 표면 온도)가 같은 주계열성은 광도(절대 등급)가 같다. 따라서 성단까지의 거리를 비교할 때 색지수가 같은 주계열성의 겉보기 등급이 큰 성단일수록 거리 지수가 커서 더 멀리 있는 성단이다. (가)와 (나) 성단에서 색지수가 같은 주계열성의 겉보기 등급이 (나)가 더 크므로 성단까지의 거리는 (나)가 더 멀다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. 주계열성에서 파란색을 띠는 별은 표면 온도가 높은 별이다. (나) 성단은 표면 온도가 낮은 주계열성만 주계열 단계에 남아 있다. 따라서 파란색 주계열성의 비율은 (나)보다 (가)가 더 높다.

ㄹ. (가)와 같은 산개 성단은 우리은하의 나선팔에 주로 분포하며, (나)와 같은 구상 성단은 우리은하의 은하핵과 헤일로에 주로 분포한다.

### 04

#### ▣ 선택지 분석 ▣

- ☒ ㄱ. A는 ㉠이 ㉡보다 **크게** 나타난다. **작게**
- ☒ ㄴ. V 필터보다 B 필터로 관측할 때 A가 더 크다.
- ☒ ㄷ. 은하 중심 방향의 별을 관측할 때 거리가 멀수록 A가 크다.

A는 성간 소광에 의한 겉보기 등급의 변화량이다.

ㄴ. B 필터는 V 필터보다 상대적으로 짧은 파장의 빛을 투과시키므로 성운을 통과해 온 긴 파장의 빛들은 V 필터보다 B 필터로 관측할 때 A가 더 크다.

ㄷ. 은하 중심 방향의 별을 관측할 때, 더 먼 거리에 위치한 별일수록 성간 물질의 영향을 더 많이 받게 되므로 A가 더 크게 나타난다.

▣ **바로알기** ▣ ㄱ. ㉠은 헤일로에 위치하고, ㉡은 성간 물질이 많이 분포하는 은하면에 위치하므로 ㉡은 ㉠보다 성간 소광이 더 잘 일어난다. 따라서 별의 겉보기 등급은 ㉡이 ㉠보다 더 크게 증가하므로 A의 값은 ㉡이 ㉠보다 크게 나타난다.

### 05

#### ▣ 선택지 분석 ▣

- ☒ ㉠ 분자운에 해당한다.
- ☒ ㉡ 성운의 온도는 수천 K 정도이다. **수십 K 이내**
- ☒ ㉢ A에서 동시에 만들어진 별들은 성단을 구성할 것이다.

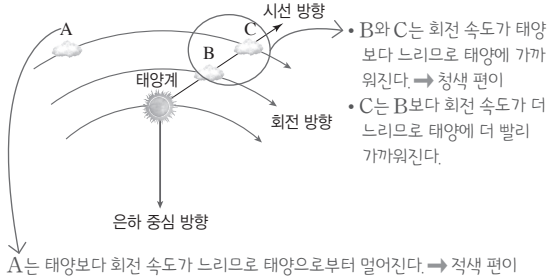
ㄱ. 별이 탄생하는 성운은 온도가 낮기 때문에 대부분의 수소가 분자 상태로 존재한다. 여러 개의 별이 동시에 탄생한다고 했으므로 A 영역은 분자운에 해당한다.

ㄷ. 분자운에서 여러 개의 별이 동시에 탄생하는 경우 이 별들은 성단을 구성한다. 따라서 동일 성단 내의 별들은 나이가 거의 같으며, 지구에서의 거리도 거의 같기 때문에 항성 연구에 유용하게 이용된다.

▣ **바로알기** ▣ ㄴ. 독수리성운의 A 영역은 별이 탄생하고 있는 곳으로, 성운의 온도가 수십 K 이내로 낮다. 즉, 별은 가스와 먼지 등 물질의 밀도가 높고 온도가 낮은 영역에서 탄생하기 쉽다. 성운의 온도가 높으면 기체 압력으로 인해 중력 수축이 잘 이루어지지 않아 물질이 모이기 어려우므로 별이 탄생하기 어렵다.

## 06 문제 분석

태양, A, B, C는 은하 중심에 대해 케플러 회전을 하고 있다.  
 → 태양보다 바깥 궤도를 회전하는 천체들은 태양보다 회전 속도가 느리다.



### 선택지 분석

- ㉠ A의 스펙트럼에서는 적색 편이가 나타난다.
- ㉡ 은하 중심에 대한 회전 속도는 B가 C보다 빠르다.
- ㉢ 스펙트럼에 나타나는 중성 수소의 방출선 파장은 C가 B보다 짧다.

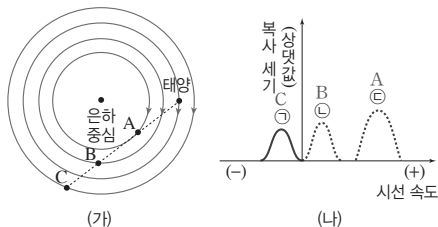
㉠. A는 회전 방향에 대해 태양보다 뒤쪽에 있으면서 회전 속도가 태양보다 느리므로 태양으로부터 멀어지며, 이로 인해 A의 스펙트럼에서는 적색 편이가 나타난다.

㉡. A, B, C가 케플러 회전을 하고, B의 회전 궤도가 C보다 안쪽에 있으므로 은하 중심에 대한 회전 속도는 B가 C보다 빠르다.

㉢. B와 C는 회전 방향에 대해 태양보다 앞쪽에 있고 회전 속도가 태양보다 느리므로 태양에 점점 가까워지고 있다. 이에 따라 스펙트럼에서 청색 편이가 나타난다. C는 B보다 시선 방향에서 태양으로부터 더 멀리 있으므로 태양과의 회전 속도 차이가 B보다 크다. 즉, C는 B보다 태양에 더 빠르게 접근하므로 청색 편이량이 크며, 스펙트럼에 나타나는 중성 수소의 방출선 파장이 더 짧다.

## 07 문제 분석

태양, A, B, C는 은하 중심에 대해 케플러 회전을 하고 있다.  
 → 태양보다 바깥 궤도를 회전하는 천체들은 태양보다 회전 속도가 느리다.



- A, B: 태양보다 안쪽에서 회전하므로 태양보다 회전 속도가 빨라 태양으로부터 멀어진다. → 시선 속도 (+)
- 태양과의 회전 속도 차이는 A가 B보다 크다. → A는 ㉢, B는 ㉡
- C: 태양보다 바깥쪽에서 회전하므로 태양보다 회전 속도가 느리므로 태양에 가까워진다. → 시선 속도 (-), C는 ㉠

### 선택지 분석

- ㉠ 태양과 A의 거리는 가까워지고 있다. 멀어지고
- ㉡ B에 해당하는 것은 ㉠이다.
- ㉢ A~C 중 중성 수소가 가장 많이 분포하는 영역은 C이다.

㉠. A와 B는 태양보다 은하 중심으로부터 안쪽에서 회전하고 있으므로 태양보다 회전 속도가 빨라 시선 속도가 (+)로 나타난다. 태양과의 회전 속도 차이는 B가 A보다 작으므로 B의 시선 속도는 ㉠에 해당한다.

❗ **바로알기** ㉠. 태양과 A, B, C 영역이 케플러 회전을 하므로 회전 속도는 은하 중심에 가까울수록 빠르다. A의 회전 속도가 태양보다 빠르므로 태양과 A의 거리는 멀어지고 있다.

㉢. 21 cm 수소선은 중성 수소에서 방출되므로 복사 세기가 강할수록 중성 수소의 밀도가 높다. ㉠~㉢ 중 복사 세기는 ㉢이 가장 강하므로 ㉢에 해당하는 A에 중성 수소가 가장 많이 분포한다.

## 08 문제 분석



### 선택지 분석

- ㉠ 우린은하 내에서 관측할 수 있는 것은 (가)이다.
- ㉡ 공간 규모가 가장 큰 것은 (다)이다.
- ㉢ (가)~(다)에서는 물질의 분포가 모두 균일하다. 불균일

㉠. (가)와 같은 거대 분자운은 우린은하의 나선팔에서 관측할 수 있다.

㉡. (다) 우주 거대 구조는 현재까지 관측한 가장 큰 우주 구조이다.

❗ **바로알기** ㉢. (가)~(다)에서는 물질의 분포가 모두 불균일하며, 상대적으로 밀도가 높은 곳에서 별 또는 은하가 탄생한다. (가)에서는 성단이 생성될 수 있고, (나)에서는 물질이 주로 나선 팔에 집중되어 새로운 별이 탄생한다. (다)는 은하들이 밀집되어 있는 은하 장성과 은하들이 거의 없는 거대 공동을 둘러싼 거품처럼 생긴 거대한 구조의 일부이다.

# Memo

