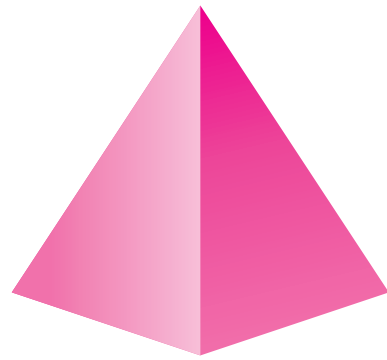


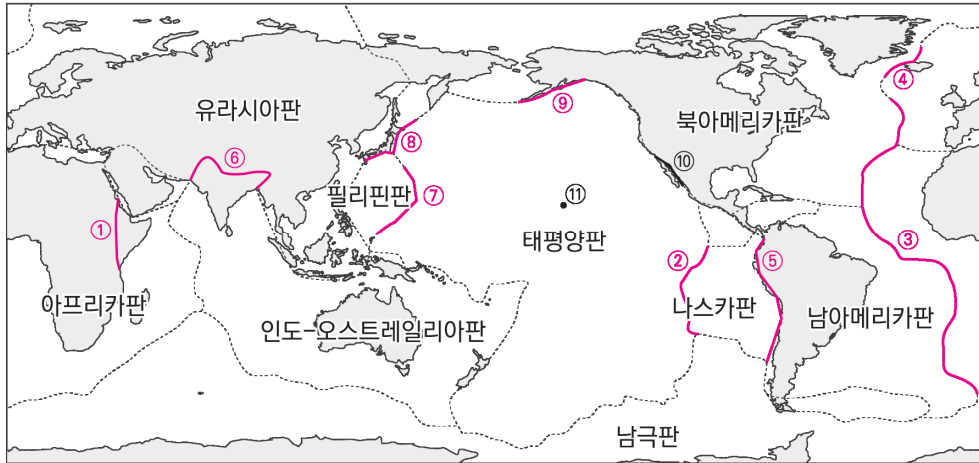
기술의 파괴효과



과탐 영역
지구과학 I

4. 전 세계의 주요 판 경계 및 열점

수능에 자주 나오는 판 경계와 열점이다. 반드시 암기하자.

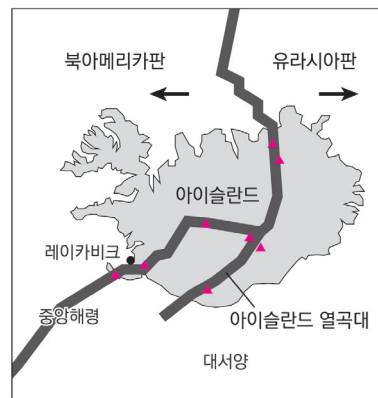


- ① 동아프리카 열곡대 : 대륙과 대륙이 갈라지는 발산형 경계다. 열점이 존재한다.
- ② 동태평양 해령 : 해양판과 해양판이 갈라지는 발산형 경계다.
- ③ 대서양 중앙 해령 : 해양판과 해양판이 갈라지는 발산형 경계다.
- ④ 아이슬란드 열곡대 : 대륙과 대륙이 갈라지는 발산형 경계다. 열점이 존재한다.
- ⑤ 안데스산맥, 페루 해구 : 해양판과 대륙판이 부딪히는 수렴형(섭입형) 경계다.
- ⑥ 히말라야산맥 : 대륙과 대륙이 부딪히는 수렴형(충돌형) 경계다.
- ⑦ 마리아나 해구 : 해양판과 해양판이 부딪히는 수렴형(섭입형) 경계다.
- ⑧ 일본 해구 : 해양판과 대륙판이 부딪히는 수렴형(섭입형) 경계다.
- ⑨ 알류산 열도 : 해양판과 대륙판이 부딪히는 수렴형(섭입형) 경계다.
- ⑩ 샌 안드레아스 변환 단층 : 판과 판이 서로 스쳐 지나가는 보존형 경계다.
- ⑪ 하와이 열도 : 뜨거운 플룸이 상승하는 열점이며 판 경계가 아니다.

+ 시야 넓히기 : 동아프리카 열곡대와 아이슬란드 열곡대의 열점



▲ 동아프리카 열곡대



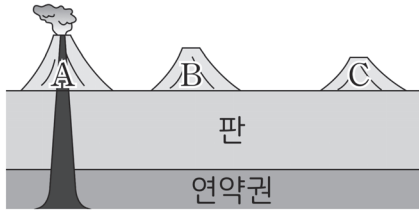
▲ 아이슬란드 열곡대

- 동아프리카 열곡대와 아이슬란드 열곡대는 맨틀 대류의 상승으로 인해 판과 판이 멀어져서 형성되는 발산형 경계이다. 두 지역은 판 경계임과 동시에 뜨거운 플룸이 상승하여 만들어진 열점이 존재한다.

Theme 01 - 4 고지자기와 대륙 분포

2022학년도 수능 지I 19번

그림은 고정된 열점에서 형성된 화산섬 A, B, C를, 표는 A, B, C의 연령, 위도, 고지자기 복각을 나타낸 것이다. A, B, C는 동일 경도에 위치한다.



화산섬	A	B	C
연령 (백만 년)	0	15	40
위도	10°N	20°N	40°N
고지자기 복각	()	(⊖)	(⊕)

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 고지자기극은 고지자기 방향으로 추정된 지리상 북극이고, 지리상 북극은 변하지 않았다.)

<보 기>

- ㄱ. ⊖은 ⊕보다 작다.
- ㄴ. 판의 이동 방향은 북쪽이다.
- ㄷ. B에서 구한 고지자기극의 위도는 80°N이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

추가로 물어볼 수 있는 선지

1. 열점에서 생성된 화산섬의 고지자기 복각은 항상 같다. (O , X)
2. 정자극기일 때 남반구에서 해령이 북쪽으로 이동하면 새롭게 생성되는 암석에서의 고지자기 복각의 크기는 계속해서 커진다. (O , X)
3. 열점에서 생성된 화산섬이 판의 이동을 따라 북상한다면 정자극기에 관측한 고지자기 북극의 위치는 남하한다. (O , X)

정답 : 1. (X), 2. (X), 3. (O)

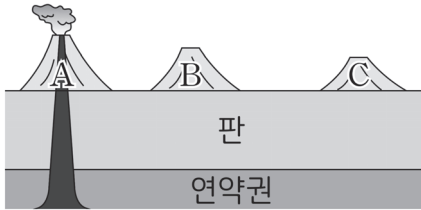
01 2022학년도 수능 지 I 19번

KEY POINT #열점, #고지자기극, #복각, #위도

문항의 발문 해석하기

열점은 고정되어 있으므로 열점에서 형성된 화산섬의 고지자기 복각은 각각의 화산섬 모두 같아야 한다는 것을 알아야 한다. 또한 자료의 위도를 통해 화산섬이 위치한 판의 이동 방향을 추정할 수 있어야 한다.

문항의 자료 해석하기



화산섬	A	B	C
연령 (백만 년)	0	15	40
위도	10°N	20°N	40°N
고지자기 복각	()	(⊕)	(⊙)

1. 화산섬 A의 연령이 0이므로 A 섬 지점 아래에 열점이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서 B와 C 섬 모두 A 섬 아래의 열점에서 형성된 것을 알 수 있어야 한다.
2. 표에서 각 화산섬의 연령, 위도, 고지자기 복각을 나타내고 있다.
 표에 나온 화산섬의 연령을 통해 화산섬은 C → B → A 순으로 형성된 것을 알 수 있다. 따라서 C로 갈수록 북쪽에 위치하므로 화산섬이 위치한 판의 이동 방향은 북쪽인 것을 알 수 있다.
 모든 화산섬은 같은 열점에서 형성된 화산섬이므로 고지자기 복각은 세 화산섬에서 모두 같다.

선지 판단하기

ㄱ 선지 ㉠은 ㉡보다 작다. (X)

모든 화산섬은 A 섬 아래에 있는 열점에서 형성되었으므로 고지자기 북극의 변화는 존재하지 않는다. 따라서 ㉠과 ㉡의 값은 같다.

열점은 뜨거운 플룸에 의해 판 아래에 형성된 장소이므로 판의 이동 방향과 무관하게 일정한 지점에 위치하기 때문이다.

ㄴ 선지 판의 이동 방향은 북쪽이다. (O)

각 화산섬의 위도를 보고 동일 경도 상에서의 판의 이동 방향은 북쪽이라는 것을 알 수 있다.

ㄷ 선지 B에서 구한 고지자기극의 위도는 80°N이다. (O)

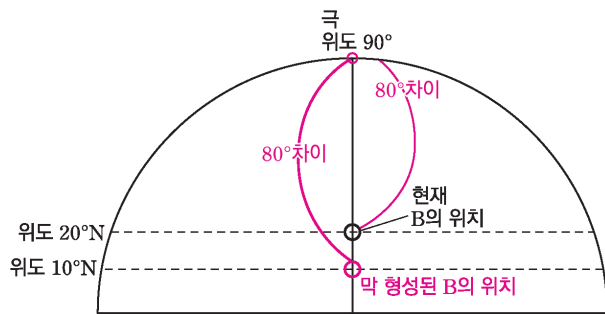
고지자기극은 특정 시기의 북극의 위치이다. 그러나 우리는 지리상 북극은 움직이지 않는다는 것을 알고 있다. 과거의 지리상 북극은 현재와 같은 위치에 위치하고 있다.

따라서 고지자기극을 통해 알 수 있는 것은 지괴와 고지자기극 사이의 과거의 거리이다.

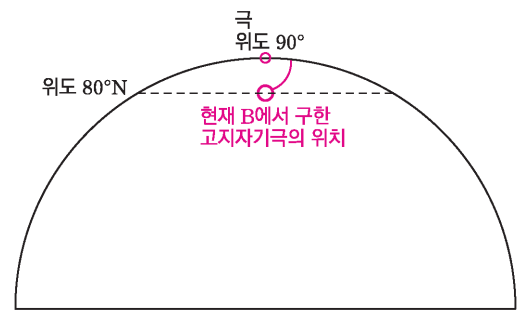
막 형성된 B의 위도는 10°N이었다. 따라서 지리상 북극과의 거리는 80°만큼 차이가 나는 것을 알 수 있다.

이후 지괴가 이동해도 고지자기는 변하지 않으므로 고지자기극의 거리는 항상 80°만큼 차이가 난다.

이때 현재 B의 위도는 20°N이므로 80°만큼 차이가 나기 위해선 100°N이어야 하는데 위도는 90°까지이므로 고지자기극은 적도 방향으로 10°N 이동한 80°N에 위치할 것이다.



▲ 앞에서 바라본 북반구의 앞모습



▲ 옆에서 바라본 북반구의 뒷모습

기출문항에서 가져가야 할 부분

1. 열점에서 형성된 화산섬의 고지자기 북극 변화는 없음을 이해하기
2. 열점에서 형성된 화산섬의 위도를 보고 판의 이동 방향 해석하기
3. 판의 이동에 따른 동일한 지점에서 관측한 고지자기 극의 이동 이해하기

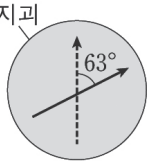
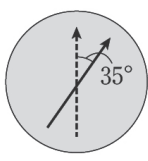
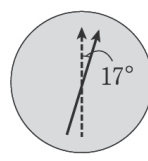
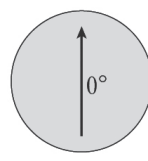
2 지구의 회전

① 고지자기로 추정된 진북 방향

지II 2017학년도 수능 19번

표는 대륙의 이동을 알아보기 위해 어느 지구의 암석에 기록된 지질 시대별 고지자기 복각과 진북 방향을 나타낸 것이다. 이 지구에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고른 것은?

(← 진북 방향 ← 고지자기로 추정된 진북 방향)

지질 시대	쥐라기	전기 백악기	후기 백악기	제3기
고지자기 복각	+25°	+36°	+44°	+50°
진북 방향				

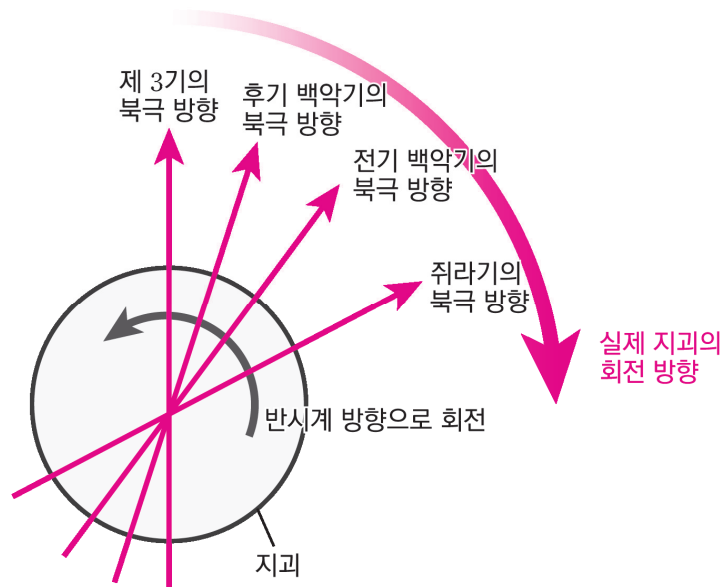
ㄷ. 쥐라기 이후 시계 방향으로 회전하였다. (O)

- 위 자료에 나타난 진북 방향은 시간이 변화해도 변하지 않았다. 그러나 고지자기로 추정된 진북 방향은 변하고 있다. 이때, 시간이 지나면서 고지자기로 추정된 진북 방향은 반시계 방향으로 회전하고 있다. 이때, 실제 움직이고 있는 것은 북극이 아닌 지괴이므로 지괴는 시계 방향으로 이동했을 것이다.

- 고지자기에서 가장 헛갈리는 부분일 것이다. '왜 반시계 방향으로 이동하는데 시계 방향으로 회전한다는 소리지?'가 가장 큰 의문일 것이다.

우선 **지구의 회전은 우리가 추정된 북극의 회전 방향과 반대로 생각해야 한다**는 사실을 기억하고 다음의 자료를 보도록 하자.

- 아래 자료와 같이 지괴가 회전하고 있음을 알아야 한다.
- 아래 자료에서 나타난 북극의 위치는 반시계 방향을 그리며 회전하고 있다. 그러나 실제로 회전하는 것은 북극이 아닌 지괴이므로 우리는 반대로 생각할 수 있어야 한다. 실제 지괴는 시계 방향으로 회전하고 있다.



▲ 지괴의 회전 모식도

[기출 문제로 알아보는 유형별 정리]

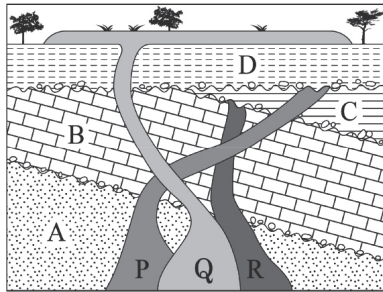
[부정합, 관입, 포획]

1 부정합을 찾는 방법

① 기저 역암으로 판단하기

2021년 7월 학력평가 5번

그림은 어느 지역의 지질 단면도를, 표는 화성암 P와 Q에 포함된 방사성 원소 X와 이 원소가 붕괴되어 생성된 자원의 함량을 나타낸 것이다.

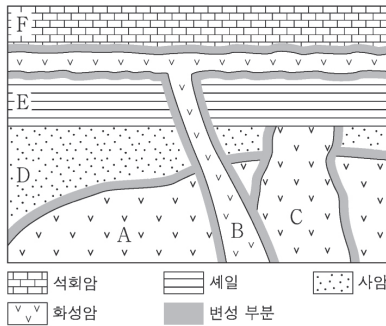


- 위 자료에서 부정합은 A와 B 사이, B와 C 사이, C와 D 사이 총 3번 있었다. 그 이유는 각 지층에 기저 역암이 포함되어 있기 때문이다. 이는 부정합을 판단하는 가장 간단한 방법이다.

② 변성 흔적으로 판단하기

2021학년도 6월 모의평가 14번

그림 (가)는 어느 지역의 지질 단면을, (나)는 방사성 원소 X에 의해 생성된 자원소 Y의 함량을 시간에 따라 나타낸 것이다. 화성암 A, B, C에는 X와 Y가 포함되어 있으며, Y는 모두 X의 붕괴 결과 생성되었다. 현재 C에 있는 X와 Y의 함량은 같다.



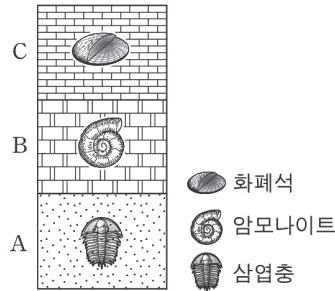
(가)

- 위 자료에서 부정합은 D와 E 사이에 존재한다. 부정합이 존재한다고 판단할 수 있는 이유는 D는 C에 의해 변성되었지만, E는 C에 의해 변성되지 않았기 때문이다.
- 이는 C가 형성된 이후 C의 마그마가 다 식은 후 풍화 작용과 침식 작용이 일어나 그 위에 쌓인 E에는 변성 흔적이 나타나지 않은 것이다.

③ 표준 화석으로 판단하기

지II 2015학년도 수능 2번

그림은 어느 지역의 지질 단면과 지층 A, B, C에서 발견되는 화석을 나타낸 것이다.

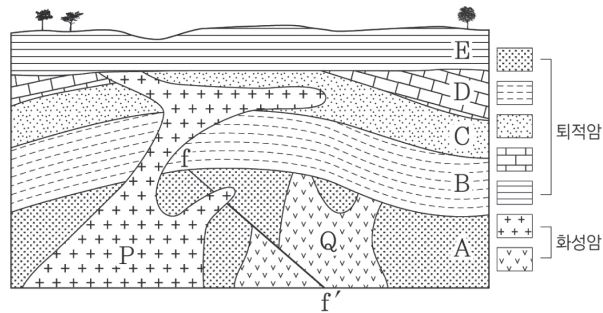


- 지층은 A → B → C 순으로 쌓였다. 그러나 각 지층은 정합 관계가 아닌 부정합 관계이다. 고생대 → 중생대, 중생대 → 신생대의 지층이 연속적으로 나타날 수 없기 때문이다. 따라서 각 지층 사이에 긴 시간 간격이 있는 부정합이라고 판단해야 한다.

④ 모양을 보고 판단하기

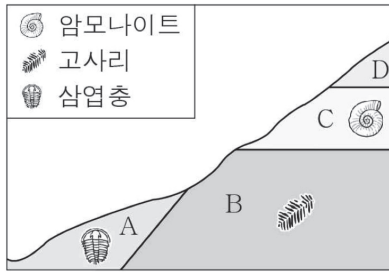
2020년 7월 학력평가 10번

그림은 어느 지역의 지질 단면도이다. 관입암 P와 Q에 포함된 방사성 원소 X의 양은 처음의 $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{64}$ 이고, 방사성 원소 X의 반감기는 1억 년이다.



- 위 자료에서 부정합은 A와 B 사이, D와 E 사이 총 2번 존재한다. 기저 역암, 변성 흔적, 화석 등의 자료가 전혀 없을 때 이용할 수 있는 방법이다. 바로 모양을 보고 판단하는 것이다. Q의 모양을 보면 A에서는 잘 관입하고 있지만 B에는 관입하지 못하고 **깔끔하게 깎여진 모습**을 볼 수 있다. 이는 **풍화 침식 작용**을 받아서 부정합이 형성되었기 때문이라고 볼 수 있다. 또한, P와 D의 모양을 보면 E 지층과 비교했을 때 **깔끔하게 깎여진 모습**을 볼 수 있다. 마찬가지로 **풍화 침식 작용**에 의해 부정합이 형성된 것이다.

그림은 어느 지역의 지질 단면과 산출 화석을 나타낸 것이다.

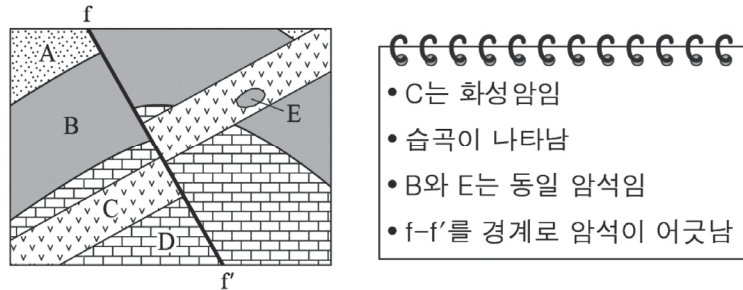


ㄴ. B층과 C층은 부정합 관계이다. (O)

- B는 고사리가 존재하므로 육성층, C는 암모나이트가 존재하므로 해성층이다. 따라서 B층과 C층은 부정합 관계이다.
- 육성층과 해성층은 연속적으로 쌓일 수 없다는 것은 부정합을 판단하는 근거 중 하나이다.
‘지층이 융기하다 보면 그럴 수 있지 않을까?’라는 생각은 하지 않도록 하자.

2 포획암

다음은 어느 지역의 지질 단면도와 관찰 내용이다. (단, 지층은 역전되지 않았다.)



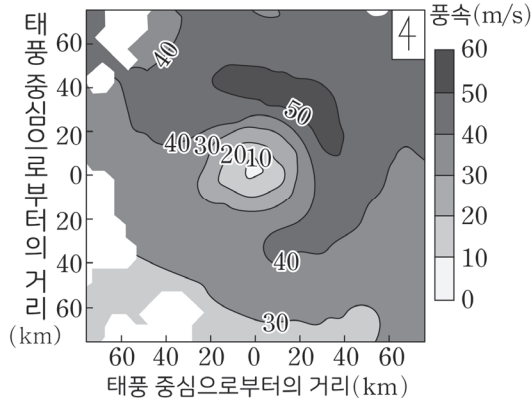
ㄷ. C보다 E가 먼저 형성되었다. (O)

- 화성암 C가 주변 암석을 관입하고 있다. 이때, B와 E는 동일 암석이므로 C가 관입하던 도중 E가 포획된 것이다. 따라서 E가 먼저 형성된 암석이다.
- 포획암의 존재를 통해 지층의 선후 관계를 파악할 수 있다는 것을 알아두자.

추가로 물어볼 수 있는 선지 해설

1. 난정합은 지층의 형태를 알아볼 수 없을 정도로 마그마에 의한 변성 작용을 심하게 받은 후 부정합 과정이 일어나야 한다. 그러나 (나)에서는 부정합이 형성된 후 마그마의 관입이 일어났기 때문에 난정합이 존재한다고 볼 수 없다.
2. 변성암은 암석이 마그마에 의해 변성되면 만들어지므로 화강암과 편마암의 경계부에는 변성암이 형성될 수 있다.
3. 포획암은 원래 있던 암석이 관입에 의해 관입한 마그마에 갇히면서 만들어지는 암석이다. 따라서 관입을 당한 암석과 구조는 비슷할 것이다.
⇒ ‘비슷하다’고 말하는 이유는 변성 작용을 심하게 받았을 수 있기 때문이다.

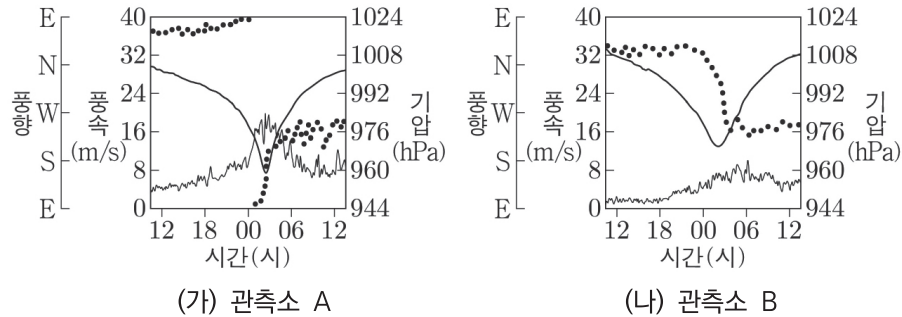
그림은 북반구 해상에서 관측한 태풍의 하층(고도 2km 수평면) 풍속 분포를 나타낸 것이다. (단, 등압선은 태풍의 이동방향 축에 대해 대칭이라고 가정한다.)



㉠. 태풍은 북동 방향으로 이동하고 있다. (X)

- 태풍 진행 경로의 오른쪽은 위험 반원이다. 이때 중심으로부터 같은 거리에 위치할 때, **위험 반원의 풍속은 안전 반원보다 더 강하다.**
따라서 위 자료에서 풍속이 50 m/s로 나타나는 부분이 위험 반원임과 동시에 태풍 진행 방향의 오른쪽이므로 태풍 진행 방향은 북서 방향일 것이다.
- 위험 반원은 태풍의 진행 방향과 대기 대순환에 의한 바람의 이동 경로가 같은 부분이므로 **풍속이 더 빠르다.**

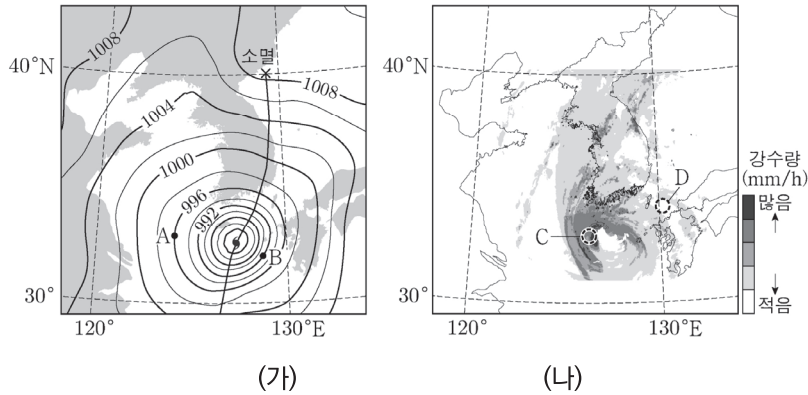
그림 (가)와 (나)는 어느 날 동일한 태풍의 영향을 받은 우리나라 관측소 A와 B에서 측정한 기압, 풍속, 풍향의 변화를 순서 없이 나타낸 것이다.



㉡. B는 태풍의 안전 반원에 위치한다. (O)

- (나) 자료를 보면 B는 시간이 지나면서 **풍향이 반시계 방향으로 변화하고 있다.** 따라서 관측소 B는 **안전 반원**에 위치할 것이다.
- 태풍 진행 경로의 왼쪽**을 이야기하는 것이다. 풍향을 보고 안전 반원임을 확인할 수 있어야 한다.
또한, 안전 반원은 위험 반원에 비해 상대적으로 풍속이 약하므로 이를 이용해 안전 반원임을 확인해도 된다.
- 만약 A와 B가 동일한 위도에 있다면 관측소 B는 관측소 A보다 **서쪽에** 위치할 것이다.

그림 (가)는 어느 날 18시의 지상 일기도에 태풍의 이동 경로를 나타낸 것이고, (나)는 이 시기에 태풍에 의해 발생한 강수량 분포를 나타낸 것이다.

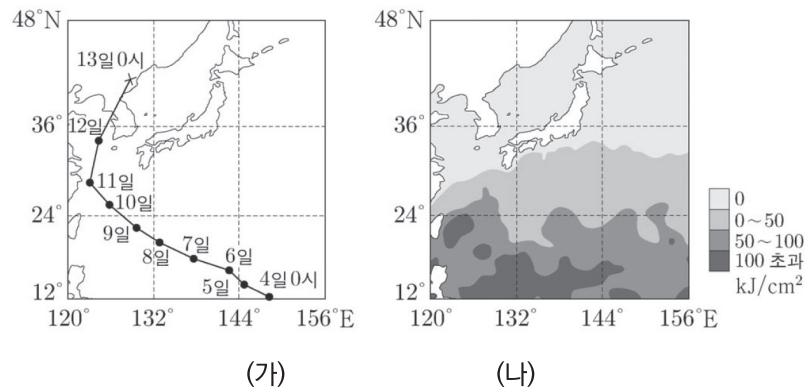


㉔. C 지점에서는 남풍 계열의 바람이 분다. (X)

- 자료 (나)에서 C는 안전 반원에 해당한다. 태풍은 저기압이므로 공기가 반시계 방향을 따라 불어 들어가야 한다. 따라서 자료 (가)에 저기압의 풍향을 그려본다면 C에서는 북풍 계열의 바람이 불어야 할 것이다.
- 이처럼 시간이 지남에 따라 변화하는 풍향과 저기압에서의 풍향을 같이 연결 지어서 생각할 수 있어야 한다.

4 태풍의 에너지원

그림 (가)는 어느 해 7월에 관측된 태풍의 위치를 24시간 간격으로 표시한 이동 경로이고, (나)는 이 시기의 해양 열용량 분포를 나타낸 것이다. 해양 열용량은 태풍에 공급할 수 있는 해양의 단위 면적당 열량이다.



㉔. 해양에서 이 태풍으로 공급되는 에너지원은 12일이 10일보다 적다. (O)

- 자료 (나)를 보면 저위도로 갈수록 해양 열용량이 늘어난다. 이때 12일보다 10일에 태풍은 저위도에 있으므로 태풍으로 공급되는 에너지는 10일에 더 많다.
- 태풍은 위도 5° ~ 25° 의 수증기의 공급이 원활한 열대 해상에서 발생한다. 적도 ~ 5° 에서 태풍이 발생하지 않는 이유는 전향력이 매우 약하게 존재해 저기압성 회전이 일어나지 않기 때문이다.

5 태풍의 중심과 관측소

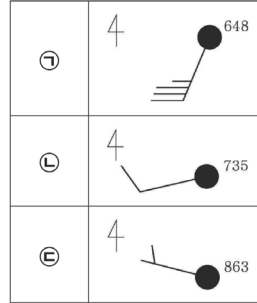
① 태풍의 중심과 관측소의 위치에 따른 풍향

2022년 10월 학력평가 17번

그림 (가)는 위도가 동일한 관측소 A, B, C의 위치와 태풍의 이동 경로를, (나)는 태풍이 우리나라를 통과하는 동안 A, B, C에서 같은 시각에 관측한 날씨를 ㉠, ㉡, ㉢으로 순서 없이 나타낸 것이다.



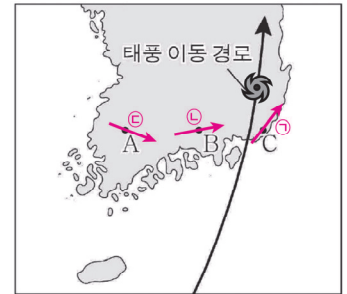
(가)



(나)

㉡. (나)는 태풍의 중심이 세 관측소보다 고위도에 위치할 때 관측한 자료이다. (O)

- 만약 태풍의 중심이 세 관측소보다 저위도에 위치했다면 C에서는 A, B, C 모두 북풍 계열의 바람이 불었을 것이다. 그러나 ㉠과 ㉡에서 남풍 계열의 바람이 불고 있으므로 태풍의 중심은 고위도에 위치한다.
태풍의 중심이 세 관측소보다 고위도에 위치하므로 C에서는 ㉠과 같이 남서풍이 불 수 있는 것이다.
- 태풍은 저기압이므로 반시계 방향을 따라서 공기가 불어 들어가야 한다. 풍향은 오른쪽 자료와 같이 형성되어 있는 것이라고 판단하자.

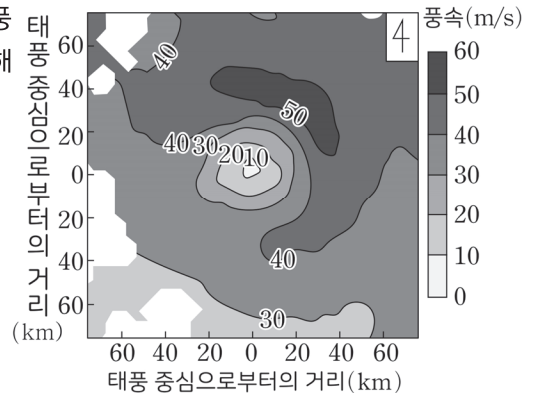


6 태풍의 상층부

① 북반구 태풍의 상층부는 시계 방향으로 불어 나간다!

2021학년도 6월 모의평가 18번

그림은 북반구 해상에서 관측한 태풍의 하층(고도 2km 수평면) 풍속 분포를 나타낸 것이다. (단, 등압선은 태풍의 이동방향 축에 대해 대칭이라고 가정한다.)



㉡. 태풍의 상층 공기는 반시계 방향으로 불어 나간다. (X)

- 태풍의 상층부에서는 하층부에서 들어온 바람이 불어 나간다. 이때, 상층부에서 바람은 전향력에 의해 시계 방향을 그리며 불어 나간다.
- '북반구 태풍이므로 저기압이네? 무조건 반시계 방향!'이라는 생각을 했다던 틀린 생각이다. 태풍의 하층부에서는 공기가 수렴하므로 반시계 방향을 그리며 들어오지만, 상층부에서는 공기가 빠져나가야 한다. 이때 고기압에서의 상황과 같은 원리로 바람은 발산할 때 전향력에 의해 시계 방향으로 불어 나간다.

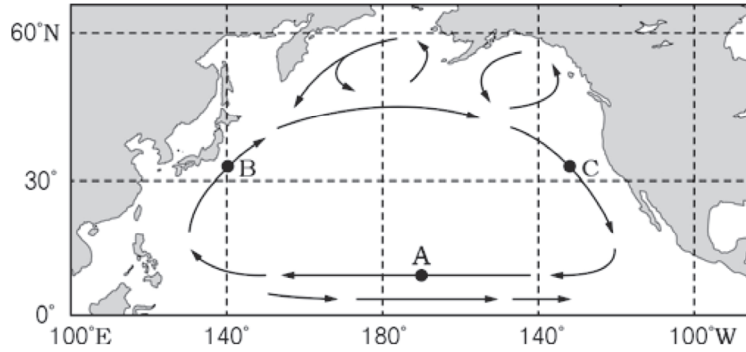
| 기출 문제로 알아보는 유형별 정리

1 아열대 순환

① 북태평양 아열대 순환

2015년 4월 학력평가 6번

그림은 북태평양의 표층 해류를 나타낸 것이다.



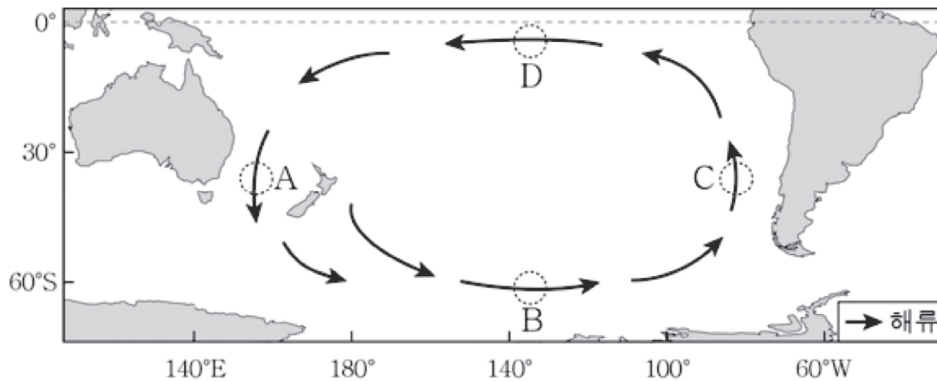
ㄷ. 북태평양에서 아열대 순환의 방향은 시계 방향이다. (O)

- 북적도 해류부터 시작해서 쿠로시오 해류, 북태평양 해류, 캘리포니아 해류를 거쳐 다시 북적도 해류로 돌아오는 북태평양 아열대 순환의 방향은 **시계 방향**이다.
- 가장 대표적으로 물어보는 아열대 순환이다. 이들은 무역풍과 편서풍에 의해서 형성되는 해류와 대륙에 가로막혀 형성되는 해류가 순환하는 것이다. 반드시 암기와 함께 각종 개념을 이해할 수 있도록 해야 한다.

② 남태평양 아열대 순환

2015년 10월 학력평가 11번

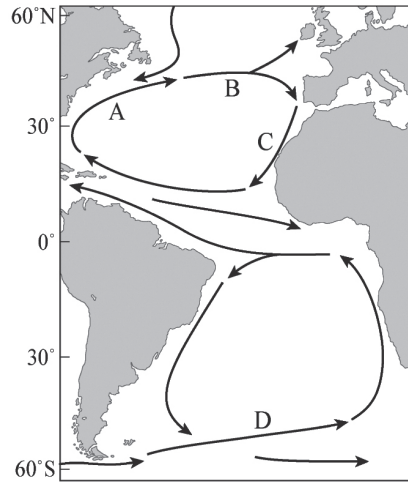
그림은 남태평양의 아열대 순환을 나타낸 것이다.



ㄴ. 표층 해수의 용존 산소량은 B 해역이 D 해역보다 많다. (O)

- 표층 해수의 용존 산소량은 수온이 낮을수록, 염분이 낮을수록 많아진다. 이때, B는 D보다 고위도 이므로 표층 수온이 낮아 용존 산소량이 더 많을 것이다. (동일 위도였다면 한류가 흐르는 지역의 용존 산소량이 더 높다.)
- A는 동오스트레일리아 해류, B는 남극 순환류, C는 페루 해류, D는 남적도 해류이다. 각 해류의 순환 방향은 **반시계 방향**이다.
- **남극 순환류**는 이름 때문에 극동풍에 의해서 생겼을 것이라는 오해를 하면 안 된다. 남극 순환류는 **편서풍으로 인해 형성**되었기에 아열대 순환에 포함되는 것이다.

그림은 대서양의 표층 순환을 나타낸 것이다. A~D는 해류이다.

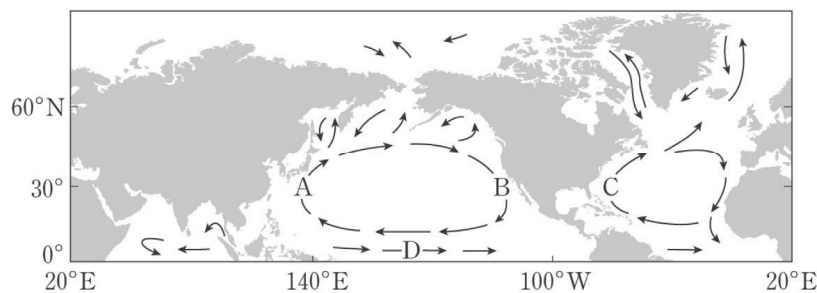


ㄴ. B와 D는 편서풍의 영향을 받는다. (O)

- B는 북대서양 해류, D는 남극 순환류이다. 두 해류 모두 편서풍에 의해서 서 → 동 방향으로 흐른다.
- 북대서양 아열대 순환은 북적도 해류로 시작해서 멕시코 만류, 북대서양 해류, 카나리아 해류를 거쳐 다시 북적도 해류로 돌아온다.
남대서양 아열대 순환은 남적도 해류로 시작해서 브라질 해류, 남극 순환류, 벵겔라 해류를 거쳐 다시 남적도 해류로 돌아온다.
- 북대서양 아열대 순환은 시계 방향, 남대서양 아열대 순환은 반시계 방향이므로 적도 부근을 경계로 대칭적이라는 것도 함께 알아두자.

2 열대 순환

그림은 북반구에서 해수의 표층 순환을 나타낸 것이다.



ㄷ. D를 지나는 해류는 편서풍에 의해 형성된다. (X)

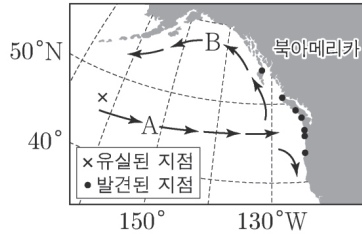
- D는 위도 5° N 근처에서 형성되는 적도 반류이다.
적도 부근에서는 무역풍에 의해 표층 해수가 동→서 방향으로 이동하면서 해수면의 경사가 생겨 다시 서→동 방향으로 이동하는 적도 반류가 형성된다.
- 열대 순환은 적도 반류와 적도 해류가 순환하며 생긴다. 또한, 적도 반류는 북적도 해류와 남적도 해류 사이에서 형성된다는 사실을 함께 기억하자.

3 아한대 순환

① 아한대 순환, 암기해야 하나?

2021학년도 9월 모의평가 10번

그림은 어느 해 태평양에서 유실된 컨테이너에 실려 있던 운동화가 발견된 지점과 표층 해류 A와 B의 일부를 나타낸 것이다.



ㄴ. B는 아열대 순환의 일부이다. (X)

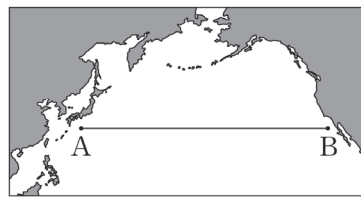
- B는 북태평양 해류인 A가 북아메리카 대륙을 만나 북상하면서 형성된 아한대 순환의 일부이다.
- 아한대 순환을 구성하는 해류의 이름을 암기할 이유는 전혀 없지만, **아한대 순환이 생기는 과정** 정도는 이해하고 넘어갈 수 있어야 한다.

4 난류, 한류

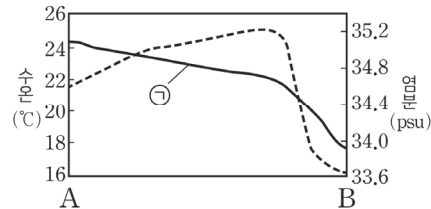
① 난류와 한류의 특징

2019년 3월 학력평가 11번

그림 (가)는 북태평양의 두 해역 A, B의 위치를, (나)는 A-B구간에서 측정된 표층 해수의 수온과 염분을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

ㄱ. ①은 염분이다. (X)

- A는 쿠로시오 해류가 흐르는 지역이므로 난류가, B는 캘리포니아 해류가 흐르는 지역이므로 한류가 흐른다. 이때 난류는 수온과 염분이 높게 나타난다. 염분은 대륙 주변에서 담수의 유입 등으로 대양 중앙에 비해 낮게 나타나므로 ①은 염분이 아닌 수온 그래프이다.
- 난류와 한류에서의 염분, 수온을 암기할 수 있어야 한다. 그러나 이때 가장 중요한 것은 난류와 한류를 비교하기 위해서는 같은 위도대여야 한다는 것이다. **저위도에서 흐르는 한류와 고위도에서 흐르는 난류 중 어떤 해류가 따뜻하겠는가? 저위도의 한류가 더 따뜻할 것이다.** (물론 위도 차이가 클 경우이다.) 따라서 난류와 한류를 비교하기 전에는 **같은 위도대인지를 먼저 파악**해야 한다.
- 그리고 이 문제에서 **대륙 주변 해수는 대양 중심부 해수보다 염분이 낮다**는 사실 또한 알려주고 있다. 염분과 연결 지어서 생각하자.

[기출 문제로 알아보는 유형별 정리]

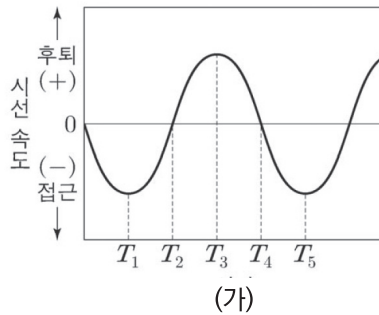
[시선 속도 변화]

1 시선 속도 변화

① 시선 속도 변화를 통해 별과 행성의 위치 파악하기

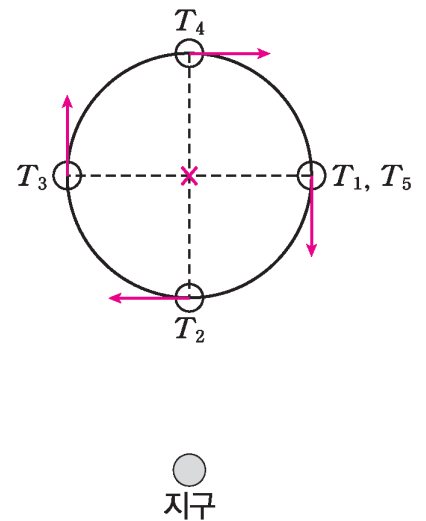
2019학년도 9월 모의평가 18번

그림 (가)와 (나)는 어느 외계 행성에 의한 중심별의 시선 속도 변화와 겉보기 밝기 변화를 관측하여 각각 나타낸 것이다.



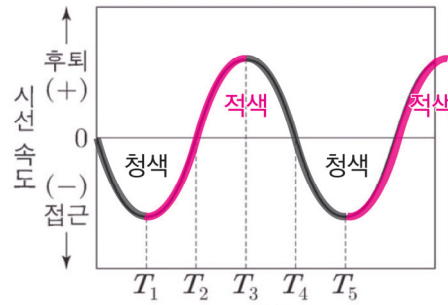
ㄴ. (가)에서 지구로부터 중심별까지의 거리는 T_2 일 때가 T_3 일 때보다 가깝다. (○)

- (가) 자료를 통해 중심별의 시선 속도 변화를 확인할 수 있다. 이때, T_1 시기에는 가장 빠른 속도로 접근하므로 청색 편이가 나타나고, T_3 시기에는 가장 빠른 속도로 후퇴하므로 적색 편이가 나타난다. 따라서 나머지 시간을 오른쪽 그림과 같이 나타낼 수 있다.
그러므로 지구로부터 중심별까지의 거리는 T_2 일 때가 T_3 일 때보다 가깝다.
- 위 자료와 같이 시선 속도와 시각을 주면 각 시각에 해당하는 별의 위치를 찾아 그려둘 수 있도록 하자.
- 시선 속도 변화 그래프를 통해 별과 행성의 주기를 파악할 수 있음을 이해하자.
- 별과 행성은 공통 질량 중심을 기준으로 정반대에 있다는 것을 기억하자.



▲ 시선 속도 변화에 따른 별의 위치

- 방금 확인한 문제를 조금 더 깊게 탐구해보자.



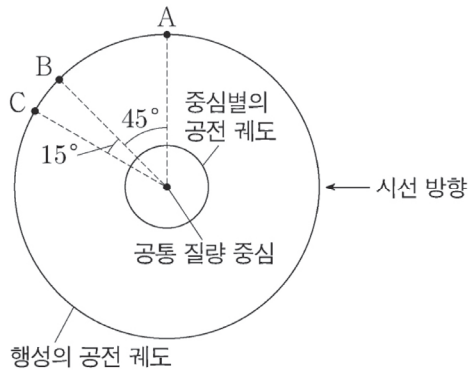
- 적색 편이는 시선 속도가 (+), 도플러 효과가 적색으로 이동했을 때를 의미한다.
- 청색 편이는 시선 속도가 (-), 도플러 효과가 청색으로 이동했을 때를 의미한다.
- 적색 편이와 청색 편이는 λ_0 (기준 파장)을 기준으로 (+)인지 (-)인지를 나타내는 것이지 단순히 파장이 길어진다
고 적색 편이인 것이 아니다.
- 즉 적색 편이 구간에서도 파장이 감소하는 구간이 나타날 수 있으며, 청색 편이 구간에서도 파장이 증가하는 구
간이 나타날 수 있다.
위 그래프에서 색상으로 표현한 부분은 파장이 길어지는 구간이며, 검정색으로 표현한 부분은 파장이 짧아지는
구간이다.

2 시선 속도와 공전 속도는 다르다.

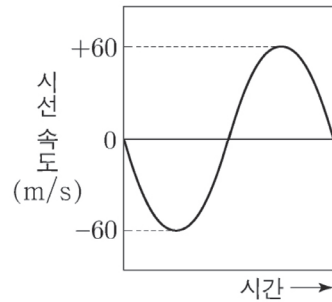
① 각도에 따라 변화하는 중심별의 시선 속도

2023학년도 6월 모의평가 20번

그림 (가)는 중심별과 행성이 공통 질량 중심에 대하여 공전하는 원 궤도를, (나)는 중심별의 시선 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. 행성이 A에 위치할 때 중심별의 시선 속도는 -60m/s 이고, 행성의 공전 궤도면은 관측자의 시선 방향과 나란하다.



(가)



(나)

㉔. 중심별의 시선 속도는 행성이 B를 지날 때가 C를 지날 때의 $\sqrt{2}$ 배이다. (O)

- 행성이 A에 위치할 때 중심별의 시선 속도는 -60m/s 이므로 별은 행성이 A에 위치할 때 청색 편이가 나타난다. 자료에 나타난 행성의 위치를 보고 중심별의 위치를 아래와 같이 나타내자. 정확히 공통 질량 중심을 기준으로 반대편에 별이 위치한다.

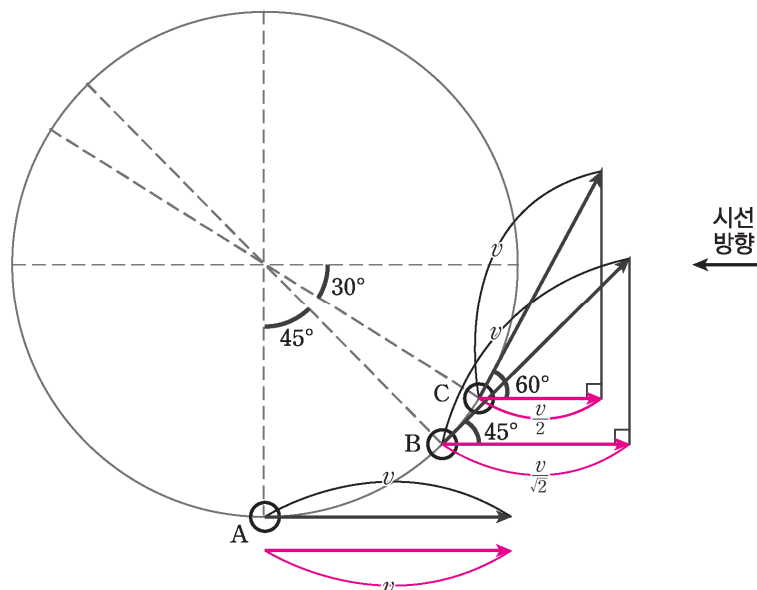
이때, 별이 A, B, C 위치에 있을 때 중심별의 공전 속도(v)는 변하지 않지만 시선 속도는 변화한다. A 위치에 있을 때 별의 시선 속도는 공전 속도와 같으므로 v 이다.

B 위치에서 별의 시선 속도는 $v \cos 45^\circ = \frac{v}{\sqrt{2}}$ 이다.

C 위치에서 별의 시선 속도는 $v \cos 60^\circ = \frac{v}{2}$ 이다.

따라서 중심별의 시선 속도는 B가 C의 $\sqrt{2}$ 배이다.

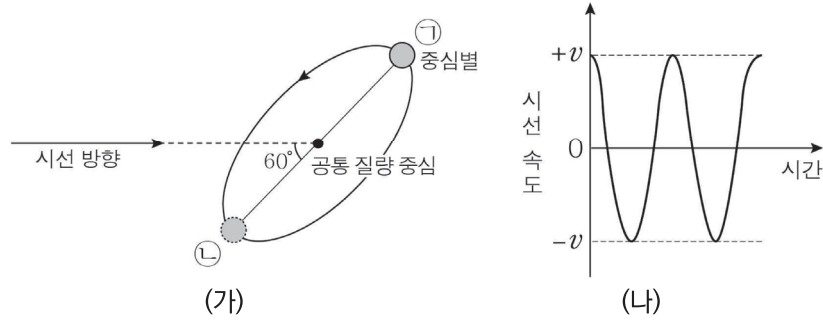
- 다음과 같이 중심별의 위치에 따라 시선 속도가 다르게 나타난다는 것을 반드시 기억하자.
- 주로 특수각으로 별의 위치를 제시하므로 특수각과 삼각비에 대한 내용을 숙지하도록 하자.



3 공전 궤도면과 시선 방향이 이루는 각

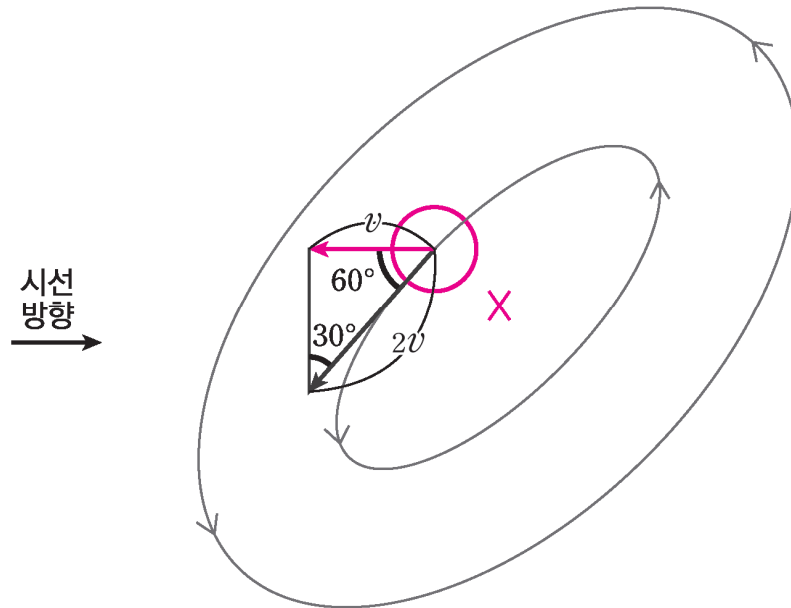
① 공전 궤도면과 시선 방향이 이루는 각이 달라지면 시선 속도가 변화한다. 2022년 10월 학력평가 20번

그림 (가)는 어느 외계 행성계에서 공통 질량 중심을 원 궤도로 공전하는 중심별의 모습을, (나)는 중심별의 시선 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. 이 외계 행성계에는 행성이 1개만 존재하고, 중심별의 공전 궤도면과 시선 방향이 이루는 각은 60° 이다.

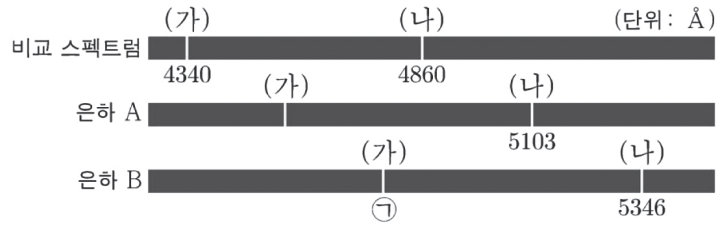


L. 중심별의 공전 속도는 $2v$ 이다. (O)

- 중심별과 시선 방향이 이루는 각이 60° 이기 때문에 관측되는 속도 즉, 시선 속도 v 는 $v = V \cos 60^\circ$ 즉, $\frac{1}{2}V$ 이다. 따라서 중심별의 공전 속도 V 는 $2v$ 이다.
- 이처럼 공전 궤도면이 시선 방향과 나란하지 않을 때는 시선 속도의 최댓값이 공전 속도와 동일하지 않음을 알 수 있다. (p.419 내용과 연계되어 나올 가능성이 매우 높다. 반드시 정리하도록 하자.)
- 시선 방향과 공전 궤도면이 이루는 각이 작을수록 시선 속도 변화가 크게 나타난다.



그림은 은하 A와 B의 관측 스펙트럼에서 방출선 (가)와 (나)가 각각 적색 편이된 것을 비교 스펙트럼과 함께 나타낸 것이다. 은하 A와 B는 동일한 시선 방향에 위치하고, 허블 법칙을 만족한다. (단, 빛의 속도는 $3 \times 10^5 \text{km/s}$ 이다.)



ㄴ. ㉠은 4826이다. (X)

- 은하 B는 (나)의 스펙트럼을 통해 후퇴 속도를 구하면 다음과 같다.

$$\frac{5346 - 4860}{4860} \times 3 \times 10^5 = 30000 \text{km/s}$$

따라서 은하 B는 30000km/s의 속도로 멀어지고 있으므로 (가)를 이용해

서도 같은 결과가 나와야 한다. 따라서 후퇴 속도 공식을 이용해 ㉠을 구해보면

$$\frac{\text{㉠} - 4340}{4340} \times 3 \times 10^5 = 30000 \text{km/s}, \text{㉠} = 4774 \text{이다.}$$

- 이때 선지에서 물어본 4826은 (나)의 파장 변화량 486을 (가)의 비교 스펙트럼 4340에 더한 값이다. 이처럼 서로 다른 기준 파장의 스펙트럼으로 비교할 때는 같은 은하라도 파장 변화량이 달라짐을 이해하자.

2 은하 사이의 거리

표는 우리은하에서 관측한 외부 은하 A와 B의 흡수선 파장과 거리를 나타낸 것이다. A에서 관측한 B의 후퇴 속도는 17300km/s이고, 세 은하는 허블 법칙을 만족한다. (단, 빛의 속도는 $3 \times 10^5 \text{km/s}$ 이고, 이 흡수선의 고유 파장은 400nm이다.)

은하	흡수선 파장(nm)	거리(Mpc)
A	404.6	50
B	423	(가)

ㄱ. (가)는 250이다. (O)

- 은하 A는 우리은하로부터 50Mpc 거리에 위치한다. 이때 흡수선의 파장 변화량은 4.6만큼 나타난다. 은하 B는 파장 변화량이 23만큼 나타나는데, 이는 은하 A보다 5배만큼 큰 값이다. 모든 은하는 허블 법칙을 만족하므로 거리와 파장 변화량은 비례해야 한다. 따라서 B의 거리 또한 5배 큰 250Mpc이다.
- 위와 같은 풀이는 시간 낭비를 줄일 수 있는 풀이 방법이다. 정석적인 풀이 방식은 흡수선의 파장으로부터 은하의 후퇴 속도를 구하고 후퇴 속도와 거리는 비례한다는 방식으로 풀이를 하는 것이다. 허블 법칙을 만족한다는 것은 후퇴 속도, 파장 변화량, 은하까지의 거리가 비례한다는 것과 같은 의미이므로 위 문제는 굳이 계산할 필요가 없는 것이다. 반드시 숙지하도록 하자.

다음은 우리은하와 외부 은하 A, B에 대한 설명이다. 세 은하는 일직선상에 위치하며, 허블 법칙을 만족한다.
(단, 허블 상수는 70km/s/Mpc 이고, 빛의 속도는 $3 \times 10^5\text{km/s}$ 이다.)

- 우리은하에서 A까지의 거리는 20Mpc 이다.
- B에서 우리은하를 관측하면, 우리은하는 2800km/s 의 속도로 멀어진다.
- A에서 B를 관측하면, B의 스펙트럼에서 500nm 의 기준 파장을 갖는 흡수선이 507nm 로 관측된다.

㉔. A와 B는 동일한 시선 방향에 위치한다. (X)

- 동일한 시선 방향에 위치함을 알기 위해서는 은하 사이의 관계를 파악해야 한다.

은하 A와 우리은하 사이의 거리는 20Mpc 이다.

은하 B의 후퇴 속도가 2800km/s 이고 허블 상수는 70km/s/Mpc 이므로

은하 B의 거리는 $\frac{2800\text{km/s}}{70\text{km/s/Mpc}} = 40\text{Mpc}$ 이다. 은하 A에서 은하 B를 관측할 때 파장을 알려주었으므로

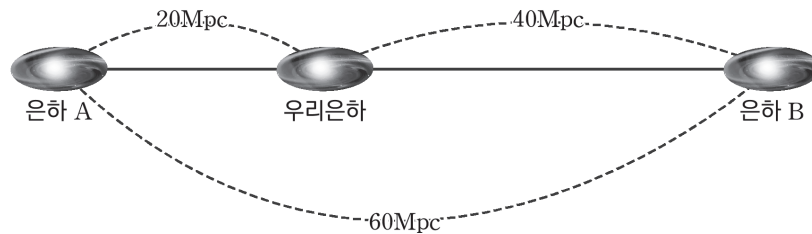
후퇴 속도를 계산하면 $3 \times 10^5 \times \frac{7}{500} = 4200, 4200\text{km/s}$ 다.

따라서 허블 상수를 이용해 A와 B 은하 사이의 거리를 구하면 $\frac{4200\text{km/s}}{70\text{km/s/Mpc}} = 60\text{Mpc}$ 이다.

세 은하는 일직선상에 위치하므로 구한 거리를 이용해 은하의 위치를 나타내면 아래와 같다.

A와 B는 우리은하를 기준으로 서로 반대 방향에 위치한다.

- 이처럼 발문에서 세 은하는 일직선상에 위치한다고 했으나 자료에서 은하들 사이의 그림은 주어지지 않았으므로 그림을 그려 은하 사이의 관계를 파악할 준비를 해야 한다.



표는 은하 A ~ D에서 서로 관측하였을 때 스펙트럼에서 기준 파장이 600nm인 흡수선의 파장을 나타낸 것이다. 은하 A ~ D는 같은 평면상에 위치하며 허블 법칙을 만족한다. (단, 광속은 $3 \times 10^5 \text{ km/s}$ 이고, 허블 상수는 70 km/s/Mpc 이다.)

(단위 : nm)

은하	A	B	C	D
A	/	606	608	604
B	606	/	610	610
C	608	610	/	①

ㄷ. D에서 거리가 가장 먼 은하는 B이다. (O)

- 위 자료에는 서로 다른 은하를 관측했을 때의 적색 편이가 나타난 파장이 나타나 있다. 모든 은하는 허블 법칙을 만족하므로 파장 변화량은 은하 사이의 거리와 비례한다. 따라서 각 은하의 파장 변화량을 나타낸 후 은하 사이의 관계를 파악하기 위해 그림을 그리면 오른쪽 그림과 같다.
따라서 D에서 거리가 가장 먼 은하는 B이다.
- 이처럼 은하 사이의 거리가 파장 변화량과 비례함을 이용해서 문제를 풀 수 있음을 이해하자.
만약 정석적인 풀이 방법대로 각 은하의 거리를 모두 구했다면 시간이 오래 걸릴 것이다.
- 은하 A, B, C 사이의 관계는 피타고라스 정리의 특수비 3:4:5이라는 사실까지 알아가자.

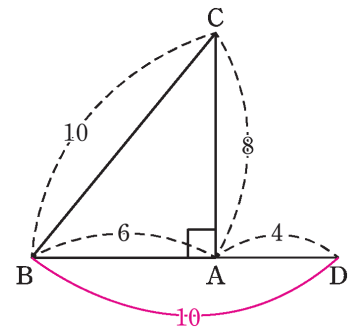
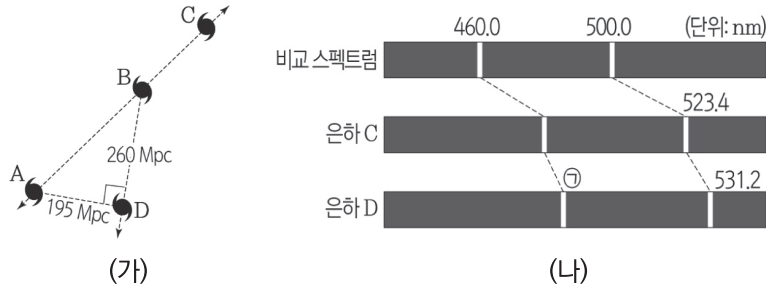


그림 (가)는 은하 A~D의 상대적인 위치를, (나)는 B에서 관측한 C와 D의 스펙트럼에서 방출선이 각각 적색 편이된 것을 비교 스펙트럼과 함께 나타낸 것이다. A~D는 동일 평면상에 위치하고, 허블 법칙을 만족한다. (단, 광속은 $3 \times 10^5 \text{ km/s}$ 이다.)



ㄷ. A에서 C까지의 거리는 520Mpc이다. (O)

- A와 C 사이의 거리를 알기 위해 A와 B 사이의 관계부터 파악하자.
은하 A, B, D의 관계는 3:4:5 피타고라스 정리의 특수비이다.
따라서 은하 A와 B 사이의 거리는 325Mpc이다.
은하 B와 C 사이의 거리는 (나)를 이용해야 한다.

비교 스펙트럼 500nm를 이용해 후퇴 속도를 구하면 다음과 같다.

B에서 바라본 C와 D의 파장 변화량은 23.4 : 31.2이다.

따라서 파장 변화량은 거리에 비례하므로

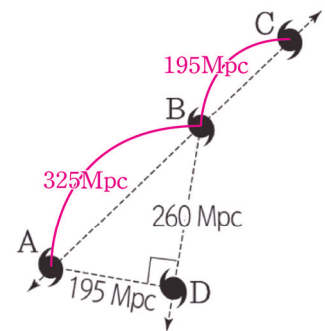
$$23.4 : 31.2 = X : 260 \text{이다.}$$

이를 이용해 B와 C 사이의 거리를 구하면 $X = 195 \text{ Mpc}$ 이다.

따라서 A와 C 사이의 거리는 $325 \text{ Mpc} + 195 \text{ Mpc} = 520 \text{ Mpc}$ 이다.

- 이처럼 허블 법칙을 만족하여 값이 비례함을 반드시 이용해야 하는 문제가 있음을 알아두자. 만약, 계산을 이용해 문제를 해결하려 했으면 오랜 시간이 걸렸을 것이다.

또한, 위 자료와 같이 은하들 사이의 거리가 나와있다면 특수비가 존재하는지 여부를 먼저 파악하도록 하자.



추가로 물어볼 수 있는 선지 해설

- 허블 법칙을 통해 멀리 있는 은하일수록 더 빨리 멀어지고 적색편이 값이 크게 나타난다는 것을 알아냈다.
- 예를 들어 은하의 후퇴 속도가 3000 km/s 이고, 600 nm 인 기준 파장과 700 nm 인 기준 파장이 있다면 600 nm 인 기준 파장은 606 nm 로 관측, 700 nm 인 기준 파장은 707 nm 로 관측된다.
따라서 한 은하를 바라볼 때 기준 파장이 다르다면 파장 변화량은 다르게 나타나야 한다.
- 허블 법칙과 후퇴 속도 공식을 이용해 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

$$\text{후퇴 속도} \propto \text{파장 변화량 (기준 파장이 동일할 때)} \propto \text{은하까지의 거리} \propto \text{적색편이량} \left(\frac{\text{파장 변화량} (\Delta\lambda)}{\text{원래 파장} (\lambda)} \right)$$