

발문분석

표는 대륙의 이동을 알아보기 위해 어느 지괴의 암석에 기록된 지질 시대별 고지자기 북극과 진북 방향을 나타낸 것이다.

이 지괴에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지리상 북극의 위치는 변하지 않았다.)

고지자기 북극과 진북 방향

지괴의 남북 이동과 회전을 분석해야 한다.

지리상 북극의 위치는 변하지 않았다

고지자기 북극과 고지자기로 추정된 진북 방향의 변화는 실제 자북극의 이동이 아니라 지괴의 이동 및 회전에 의해 나타났다.

자료분석

지질 시대	쥐라기	전기 백악기	후기 백악기	팔레오기·네오기
고지자기 북극	+25°	+36°	+44°	+50°
진북 방향				

(←진북 방향 ←고지자기로 추정된 진북 방향)

표에서 왼쪽에 위치할수록 과거의 지질 시대이다.

아무런 언급이 없다면, 고지자기를 분석하는 자료에서의 상황은 모두 정자극기로 판단하는 것이 타당하다.

시간이 지남에 따라 고지자기 북극의 부호가 +인 상태에서 그 크기가 계속 증가(+25°→+36°→+44°→+50°)하고 있다. 따라서 지괴는 북반구에서 계속 고위도로 이동했음을 알 수 있다.

시간이 지남에 따라 고지자기로 추정된 진북 방향이 반시계 방향으로 회전하고 있다. 그런데 실제 지리상 북극의 위치는 변하지 않았으므로 지괴가 시계 방향으로 회전한 것이다.

보기분석

- ㄱ 팔레오기·네오기에 북반구에 위치하였다.
자료분석에 따라 맞는 보기이다.
- ㄴ 백악기 동안 고위도 방향으로 이동하였다.
자료분석에 따라 맞는 보기이다.
- ㄷ 쥐라기 이후 시계 방향으로 회전하였다.
자료분석에 따라 맞는 보기이다.

COMMENT

변형: 발문

원본 문항 발문의 (단, 진북의 위치는 변하지 않았다.)에서 '진북'을 '지리상 북극'으로 수정하였다. 현재 지구과학 I에서 '지리상 북극'은 하나의 지점이고, '진북'은 지리상 북극을 가리키는 방향을 의미하므로 둘을 구분해야 한다.

변형: 자료, 보기 ㄱ

원래 문제의 자료와 보기 ㄱ의 '제3기'를 '팔레오기·네오기'로 교체하였다. 교육과정이 개정되면서 신생대 제3기가 팔레오기와 네오기로 세분되었기 때문이다.

공부 방향

이전에 한 번도 출제되지 않은 유형이 수능에 출제되어 매우 낮은 정답률을 기록했던 문제이다. 고지자기 북극의 증감에 대한 해석은 상대적으로 쉬우나, 지괴의 회전을 해석하는 것이 까다로웠다. 결론적으로는 위의 해설처럼, '고지자기로 추정된 진북 방향의 회전 방향과 반대 방향으로 지괴가 회전하였다.'라고 암기해도 좋지만 공부할 때는 아래와 같이 회전의 과정을 나타내 보는 것이 좋다.

시기	쥐라기	전기 백악기	후기 백악기	팔레오기·네오기	~	현재
쥐라기 생성 암석		시계 방향으로 63° 회전			지괴	
전기 백악기 생성 암석			시계 방향으로 35° 회전			
후기 백악기 생성 암석				시계 방향으로 17° 회전		
팔레오기·네오기 생성 암석					-	

082

지구과학 I 2012학년도 6월 모의평가 8번

정답 ㄱ

발문분석

표는 용암 A와 B의 성질을 비교한 것이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

자료분석

성질 \ 용암	A	B
SiO ₂ 함량	52% 이하	66% 이상
점성	작다	크다
휘발 성분	적다	많다

SiO₂ 함량 기준이 교과서마다 조금씩 다르기는 하나, A는 현무암질 용암이고 B는 유문암질 용암이다.

현무암질 용암은 온도가 높고 점성이 작아 조용히 분출하여 경사가 완만한 순상 화산이나 용암 대지를 만든다. 이에 비해 온도가 낮은 유문암질 용암은 점성이 크고 휘발 성분이 많아 폭발적으로 분출하여 경사가 급한 종상 화산을 만든다. 또한 화산 활동의 후기에 산 정상부에 용암 돔을 만들기도 한다. (교과서 C p.32)

보기분석

- ㄱ. A는 B보다 온도가 높다.
자료분석에 따라 맞는 보기이다.
- ㄴ. A는 B보다 폭발적으로 분출한다.
자료분석에 따라 유문암질 용암인 B가 현무암질 용암인 A보다 폭발적으로 분출한다.
- ㄷ. A는 B보다 경사가 급한 화산체를 형성한다.
자료분석에 따라 유문암질 용암인 B가 현무암질 용암인 A보다 경사가 급한 화산체를 형성한다.

083

지구과학 II 2012학년도 9월 모의평가 6번

정답 나, 다

발문분석

표는 화성암 A와 B의 주요 화학 성분을 질량비(%)로 나타낸 것이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

화성암 A와 B의 주요 화학 성분

Fe, Ca, Mg의 질량비는 염기성암에서 크고, Si, Na, K의 질량비는 산성암에서 크다. 특히 SiO₂의 질량비에 따라 화성암을 염기성암/중성암/산성암으로 분류한다.

자료분석

화성암 \ 화학 성분	A	B
SiO ₂	(나)	(다)
(가)	12.62	18.33
Fe ₂ O ₃	0.32	9.10
MgO	0.01	3.47
CaO	0.52	8.55
Na ₂ O	3.31	3.43
K ₂ O	4.76	0.70

Fe₂O₃, MgO, CaO의 질량비는 A<B이고 K₂O의 질량비는 A>B이다. 따라서 SiO₂의 질량비는 A>B이고 (나)>(다)이다.

(Na₂O의 질량비는 A<B이긴 하지만 거의 차이가 없다. 이에 대해서는 COMMENT에서 다루겠다.)

지각의 8대 구성 원소는 O > Si > Al > Fe > Ca > Na > K > Mg이다. 이를 고려할 때 (가)에 들어갈 화합물은 알루미늄의 산화물인 Al₂O₃이다.

보기분석

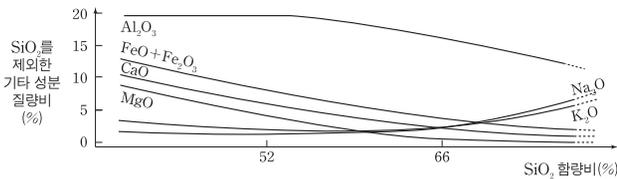
- ㄱ. (가)는 CO₂이다. (거짓)
자료분석에 따라 틀린 보기이다.
- ㄴ. (나)는 (다)보다 크다. (참)
자료분석에 따라 맞는 보기이다.
- ㄷ. 암석의 색은 A가 B보다 밝다. (참)
SiO₂의 함량은 A가 B보다 많으므로 화성암의 색은 A가 B보다 밝다.

COMMENT

Fe, Ca, Mg의 질량비는 염기성암에서 크고, Si, Na, K의 질량비는 산성암에서 크다. 따라서 다른 원소들의 질량비의 대소를 비교함으로써 SiO₂의 질량비의 대소를 추론할 수 있다.

표에 나타난 화합물들은 모두 산소를 제외한 지각 구성 8대 원소의 산화물들이다. 8대 원소가 지각에서 차지하는 비율은 약 98.5%이다. 이는 지각의 물질이 거의 대부분 이 8개 원소로 이루어져 있음을 의미한다. 따라서 Fe, Ca, Na, K, Mg의 산화물보다 함량비가 큰 (가)는 Si를 포함하고 있어야 한다. 이를 몰랐다 하더라도 암석 속에 CO₂가 들어 있다고는 생각하기 어려우므로 이를 거짓으로 판단하는 데는 무리가 없다.

우리가 알고 있는 지식과 반대로 이 자료에서 주어진 Na₂O의 비율은 근소하게 B가 A보다 크다. 아래 그림은 이전 교육 과정인 2009 개정 교육과정 지구과학II 교과서(Kh p.46)에 제시된 그래프이다. 그래프의 오른쪽으로 갈수록 SiO₂의 함량비가 큰 화성암의 화학 성분이다.



그래프에서 볼 수 있듯이 Na₂O와 K₂O의 함량비가 모든 구간에서 오른쪽으로 갈수록 증가하는 것은 아니다. 그래프의 왼쪽 부분에서는 SiO₂의 함량비가 커질수록 두 화합물의 함량비는 아주 조금 감소한다. 자료에서 Na₂O의 함량비가 우리가 알고 있는 것과 다르게 나타난 것은 이 때문이라고 보아야 한다. 다만 그 차이가 매우 작고, 다른 화합물들의 함량비로 (나)와 (다)의 대소를 판단하는 것이 충분히 가능하다.

이 문제에서 필자가 말하고 싶은 것은 다음과 같다.

“기본적으로 Fe, Ca, Mg의 질량비는 염기성암에서 크고, Si, Na, K의 질량비는 산성암에서 크다. 일부 자료에서 그 대소가 역전되는 상황이 제시될 수 있으나, 그 역전의 정도는 이 문제의 경우와 마찬가지로 매우 작을 것이다. 따라서 전체적인 경향에 부합하고 함량비의 차이가 큰 다른 원소들을 근거로 화성암의 화학 성분에 의한 분류를 적용해서 문제를 해결하면 된다.”

084

지구과학 I 2012학년도 대학수학능력시험 5번

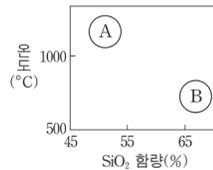
정답 ㄱ, ㄷ

발문분석

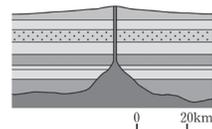
그림 (가)는 용암 A와 B의 특성을, (나)는 어느 화산체의 단면을 모식적으로 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

자료분석



(가)



(나)

(가)에서 A는 현무암질 용암의 특성이고, B는 유문암질 용암의 특성이다.

(나)는 순상 화산체의 단면이다.

현무암질 용암은 온도가 높고 점성이 작아 조용히 분출하여 경사가 완만한 순상 화산이나 용암 대지를 만든다. 이에 비해 온도가 낮은 유문암질 용암은 점성이 크고 휘발 성분이 많아 폭발적으로 분출하여 경사가 급한 중상 화산을 만든다. 또한 화산 활동의 후기에 산 정상부에 용암 돔을 만들기도 한다. (교과서 C p.32)

보기분석

ㄱ 유동성은 A가 B보다 크다.

자료분석에 따라 맞는 보기이다.

ㄴ 화산이 분출할 때 A가 B보다 격렬하게 분출한다.

자료분석에 따라 B가 A보다 격렬하게 분출한다.

ㄷ (나)를 형성하는 용암의 특성은 A에 가깝다.

순상 화산체의 단면인 (나)를 형성하는 용암의 특성은 현무암질 용암인 A에 가깝다.

202

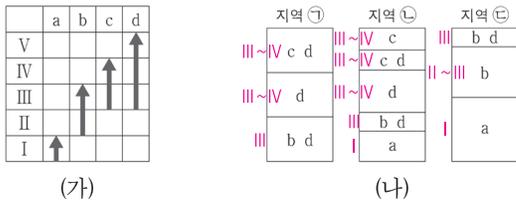
지구과학 II 2020학년도 6월 모의평가 4번
정답 L

발문분석

그림 (가)는 지질 시대 I~V에 생존했던 생물의 화석 a~d를, (나)는 세 지역 ㉠, ㉡, ㉢의 각 지층에서 산출되는 화석을 나타낸 것이다. I~V는 오래된 지질 시대 순이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지층은 역전되지 않았다.)

자료분석



(가)를 바탕으로 (나)의 지층들의 생성 시기를 쓰면 위와 같다.

보기분석

- 가장 오래된 지층은 지역 ㉠에 분포한다. (거짓)
가장 오래된 지층은 I 시대에 생성된 지층이 존재하는 ㉡ 또는 ㉢에 분포한다.
- 세 지역 모두 III 시대에 생성된 지층이 존재한다. (참)
세 지역 모두 b와 d가 동시에 산출되는 지층이 존재한다. (가)에서 b와 d가 동시에 생존했던 시대는 III 시대뿐이다.
- 지역 ㉢에서는 V 시대에 살았던 D가 산출된다. (거짓)
지역 ㉢에서 산출되는 d는 모두 III~IV 시대에 살았다.

COMMENT

현장에서 풀 때는 모든 지층의 생성 시기를 자료분석처럼 나타낼 필요는 없고, 보기에서 묻는 정보만 빠르게 찾아낼 수 있으면 된다. 이러한 유형을 풀 때는 생존 시기의 범위가 좁은 화석부터 판단해야 한다. 예를 들어 b와 d가 동시에 생존한 시기는 III 시대뿐이므로 지층의 생성 시기를 결정하기 편리하다.

보기에서 지역 ㉢에서 V 시대에 살았던 d가 산출되는지를 물었는데, V 시대는 가장 최근의 시대이므로 지역 ㉢의 최상층을 확인해보면 보기 거짓임을 빠르게 알 수 있다.

203

지구과학 II 2020학년도 6월 모의평가 14번
정답 G

발문분석

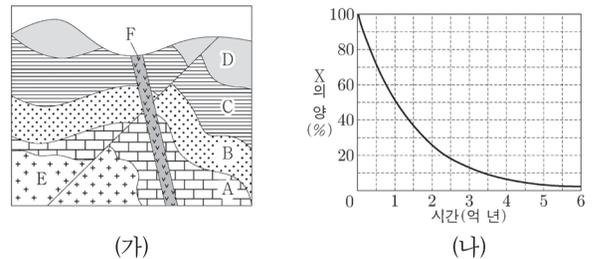
그림 (가)는 어느 지역의 지질 단면을, (나)는 방사성 원소 X의 붕괴 곡선을 나타낸 것이다. (가)의 화성암 E와 F에 포함된 방사성 원소 X의 양은 각각 처음 양의 $\frac{1}{4}$ 과 $\frac{1}{2}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

방사성 원소 X의 붕괴 곡선, 화성암 E와 F에 포함된 방사성 원소 X의 양은 각각 처음 양의 $\frac{1}{4}$ 과 $\frac{1}{2}$ 이다

방사성 원소 X의 붕괴 곡선에서 X의 반감기를 구하면 E와 F의 절대 연령을 구할 수 있고, 다른 암석들의 연령도 이 절대 연령을 기준으로 비교할 수 있으므로 지질 시대에 관한 보기가 나올 수 있다.

자료분석

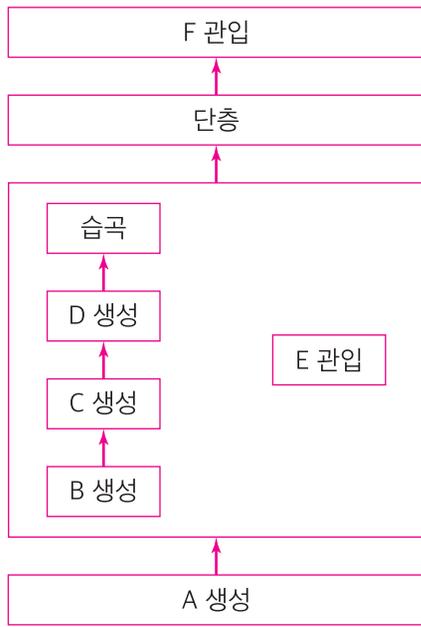


방사성 원소의 붕괴 곡선에서 방사성 원소의 양이 처음의 50%가 될 때의 시간이 반감기이다. X의 반감기는 1억 년이고, 따라서 E와 F의 절대 연령은 각각 2억 년, 1억 년이다. 2억 년 전과 1억 년 전은 모두 중생대에 해당한다.

A ~ D 층의 생성 순서는 A → B → C → D 이고, E가 A를 관입했으므로 E가 A보다 나중에 생성되었다.

A ~ D 모두 습곡 구조를 나타내므로 D의 생성 이후 습곡이 생성되었다.

단층선이 습곡 구조와 E를 지나가고 있으므로 단층이 습곡과 E보다 나중에 생성되었다. F는 단층선을 통과하고 있으므로 F의 관입이 단층 생성보다 나중이다. 따라서 전체의 순서를 나타내면 다음과 같다.



지구과학 II 2015학년도 6월 모의평가 2번[#184]과 마찬가지로 E가 관입할 때의 형태를 정확히 알 수 없기 때문에 E의 관입과 습곡 형성 중 무엇이 먼저인지를 확정할 수 없으므로 순서를 위와 같이 나타내었다.

보기분석

- 단층은 습곡 생성 이후에 만들어졌다. (참)
자료분석에 따라 맞는 보기이다.
- 암석 A는 신생대에 생성되었다. (거짓)
A의 생성 시기는 E 생성 이전이므로 중생대 또는 그 이전이다.
- 가장 최근에 생성된 암석은 D이다. (거짓)
자료분석에 따라 틀린 보기이다.

COMMENT

지질 단면도를 보고 습곡과 단층의 순서를 정해야 한다는 점에서 지구과학 II 2015학년도 6월 모의평가 2번[#184]과 유사하다. 단층선이 습곡을 지나간다면 단층이 나중에 생성된 것이다. 비슷한 논리로, F가 지질 단면도 상에서 단층선을 덮고 지나가고 있으므로 F가 단층보다 나중에 생성되었다.

204

[변형] 지구과학 II 2020학년도 9월 모의평가 1번

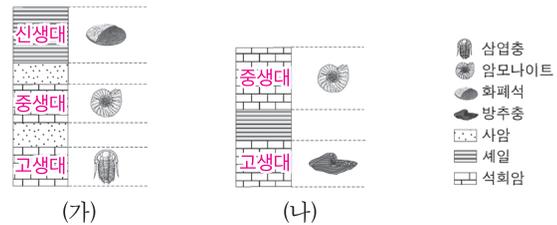
정답 나, c

발문분석

그림은 서로 다른 지역 (가)와 (나)의 지질 주상도와 각 지층에서 산출되는 화석을 나타낸 것이다.

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지층의 역전은 없었다.)

자료분석



인접한 지역이라는 조건이 없으므로 화석에 의한 대비만 가능하다. 표준 화석을 기준으로 지층들의 생성 시기를 표시하면 위와 같다. 두 지역에서 화석이 산출되는 지층은 모두 해성층이다.

보기분석

- 두 지역의 셰일은 동일한 시대에 퇴적되었다. (거짓)
(가)의 셰일은 신생대에, (나)의 셰일은 고생대 또는 중생대에 퇴적되었다.
- 가장 젊은 지층은 (가)에 나타난다. (참)
(가)에는 신생대 지층이 나타나고, (나)에는 중생대 지층까지만 나타나므로 가장 젊은 지층은 (가)에 나타난다.
- 화석이 산출되는 지층은 모두 해성층이다. (참)
자료분석에 따라 맞는 보기이다.

COMMENT

변형: 발문

지층의 역전은 없었다는 조건을 추가하였다. 먼저 지질 주상도라는 용어 자체는 교과서(Y p.57)에서 언급되어 있다. 그러나 그 의미는 설명하고 있지 않다. 지질 주상도는 어떤 지역의 지층을 생성된 순서대로 밑에서부터 쌓아서 그린 것이므로, 지질 주상도에서 아래에 그려진 지층은 반드시 과거에 생성된 지층이다. 하지만 현재 지구과학 I에서 이와 같은 내용을 배우지 않기 때문에 문제를 풀기 위해서는 추가적인 정보를 줄 필요가 있다고 판단하여 추가하였다.

육성층, 해성층

어떤 화석이 해성층에서 산출되는지는 기본적으로 알고 있어야 한다. 삼엽충, 완족류, 필석, 방추충, 암모나이트, 화폐석 모두 해성층에서 산출되며, 육성층에서 산출되는 화석에는 고사리, 공룡 발자국 등이 있다.

01 기압과 날씨

213

[변형] 지구과학 I 2010학년도 6월 모의평가 10번

정답 ④

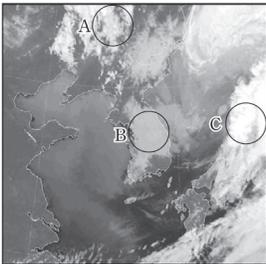
발문분석

다음은 기상위성 영상에 나타나는 구름의 특징에 대한 설명이고, 그림은 같은 시각에 다른 파장으로 관측한 기상위성 영상이다.

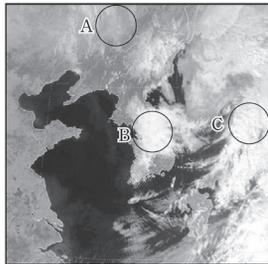
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것은? [3점]

자료분석

- 적외선 영상에서는 적란운이나 권운 등 구름 상부의 고도가 높을수록 밝게 보이며, 안개와 하층운은 어둡게 보인다.
- 가시광선 영상에서는 구름이 두꺼울수록 태양광의 반사가 커서 밝게 보인다.

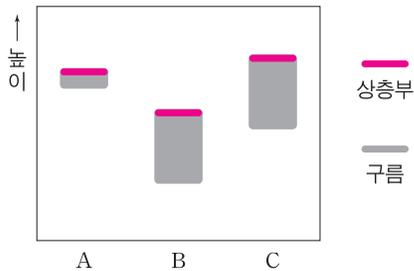


적외선 영상



가시광선 영상

각 지역 상공에서 가시광선 영상을 통해 구름의 두께를, 적외선 영상을 통해서 구름 상층부의 고도를 비교할 수 있다. A 지역은 B 지역과 C 지역에 비해 구름의 두께가 얇고, B 지역에 비해 구름 상층부의 고도가 높다. B 지역과 C 지역은 A 지역에 비해 구름의 두께가 두껍다는 공통점이 있으나, 적외선 영상을 통해 구름 상층부의 고도는 B 지역보다 C 지역에서 높다는 것을 알 수 있다. 이를 대략적으로 시각화하면 다음과 같다.



선지분석

- ① A 지역이 C 지역보다 구름의 두께가 두껍다.
가시광선 영상에서 C 지역이 A 지역보다 밝게 나타나므로, 구름의 두께는 C 지역이 A 지역보다 두껍다.
- ② A 지역과 B 지역에 있는 구름은 같은 종류이다.
A 지역의 구름은 B 지역의 구름에 비해 높은 고도에 위치하고, 두께도 얇으므로 같은 종류라고 볼 수 없다.
- ③ B 지역이 C 지역보다 구름 상부의 고도가 높다.
적외선 영상에서 구름은 B 지역보다 C 지역에서 밝게 나타나므로, 구름 상부의 고도는 B 지역이 C 지역보다 낮다.
- ④ C 지역은 적운형 구름에 덮여 있다.
C 지역의 구름은 비교적 두께가 두껍고 구름 상층부의 고도가 높으므로, 연직 방향으로 발달한 적운형 구름이다.
- ⑤ 적외선 영상은 가시광선 영상보다 관측 가능 시간이 짧다.
적외선 영상은 물체가 방출하는 적외선을 이용하여 시간에 관계 없이 관측이 가능한 반면, 가시광선 영상은 구름과 지표면에서 반사된 태양의 가시광선을 이용하므로 해당 지역이 태양광이 비칠 때만 관측이 가능하다.

COMMENT

변형: 자료

원본 문항의 가시광선 영상 설명은 '가시광선 영상에서는 구름 입자가 클수록, 그리고 구름 입자의 수가 많을수록 태양광의 반사가 커서 밝게 보인다.'였으나, 구름 입자의 크기와 수에 관한 내용은 현 교육과정에서 있지 않아 설명을 교체하였다.

변형: 선지 ①

원본 문항의 선지 ①은 'A 지역은 비가 내릴 가능성이 크다.'였으나, 현재 교육 과정에서 강수 가능성을 다루지 않기에 선지를 교체하였다.

변형: 선지 ⑤

원본 문항의 선지 ⑤는 '위성 영상 자료로는 중층운을 관찰할 수 없다.'였으나, 현재 교육 과정에서 구름의 종류를 자세히 다루지 않기에 선지를 교체하였다.

위성 영상 해석

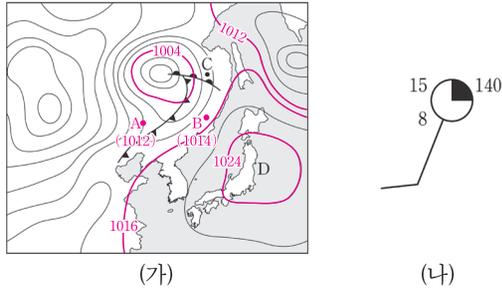
서술 범위는 조금씩 다르나, 6종 모든 교과서와 2021 연계 교재에 파장에 따른 위성 영상 해석이 소개되어 있다. 따라서 본 문항에서는 해당 내용을 설명해주었지만 설명이 없다고 하더라도 풀 수 있어야 한다.

발문분석

그림 (가)는 어느 날 우리나라 주변의 지상 일기도를 나타낸 것이고, (나)는 A, B, C 중 한 지점의 일기 기호이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 등압선 간격은 4hPa이다.) [3점]

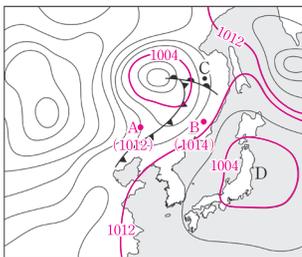
자료분석



(나)의 일기 기호를 통해 관측 지점에서 기압은 1014.0hPa, 기온은 15°C, 이슬점은 8°C이고, 풍속 5m/s의 남남서풍이 불고 있음을 알 수 있다. 기압은 A지점에서 1012hPa이고, C지점에서는 1012hPa보다 작으므로, (나)는 B지점의 일기 기호이다. 풍향도 남남서풍이므로 기압뿐 아니라 풍향을 고려해도 B지점의 일기 기호로 타당하다.

한편, 온대 저기압 부근의 등압선임을 고려하지 않는다면 D지역 부근 등압선의 기압은 위 그림처럼 되지만은 않는다. 아래 그림과 같이 D지역이 저기압일 수도 있다.

하지만, 온난 전선 후면 따뜻한 기단의 기원을 고려하면 D지역이 고기압인 것이 타당하므로 위 그림과 같은 기압 배치가 적절하다.



보기분석

ㄱ. A 지점을 지나는 등압선은 1012hPa이다.

A지점을 지나는 등압선은 1004hPa 등압선으로부터 두 칸 떨어져있고, 1012hPa 등압선과 이웃하므로 A지점을 지나는 등압선의 기압 또한 1012hPa이다.

ㄴ. (나)는 B 지점의 일기 기호이다.

자료분석에 따라 맞는 보기이다.

ㄷ. D 지역에 고기압이 위치한다.

자료분석을 보면 알 수 있듯 D지역의 기압은 1024hPa 이상으로 주변보다 기압이 높다. 우리나라 주변의 기압 배치를 고려할 때 D지역의 고기압은 북태평양 고기압일 가능성이 높다.

COMMENT

등압선의 기압을 대충 찍고 넘어가는 문항이 되지 않았으면 한다. D지역의 고기압/저기압 판단은 물론, 자료분석에 별색으로 표시된 등압선의 기압 수치를 혼자서 정확하게 파악할 수 있도록 일기도를 공부하길 바란다.

277

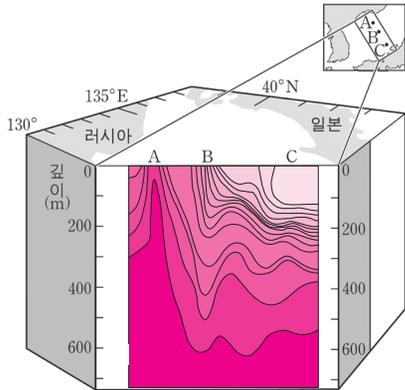
지구과학 II 2010학년도 9월 모의평가 12번

정답 ㄱ, ㄷ

발문분석

그림은 겨울철 동해의 해수 밀도를 연직 단면에 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

자료분석



밀도가 클수록 별색이 진하도록 표현하였다. 동일 해역에서 수심이 깊어질수록 밀도는 증가하는 경향을 보인다. 또한 동일 깊이에서 C에서 A로 갈수록 해수 밀도가 증가하는 경향을 보인다.

보기분석

- ㄱ A 해역의 표층수는 C 해역의 표층수보다 밀도가 크다.

하층부터 각 지점의 표층까지 연직 방향으로 선을 그었을 때, 선을 통과하는 등밀도선의 개수는 A 해역보다 C 해역에서 많다. 그림의 최하층의 밀도는 A와 C가 같으므로 표층 해수의 밀도는 C 해역보다 A 해역에서 크다.
- ✗ B 해역은 표층과 수심 600m 간의 밀도 차가 A보다 작다.

표층부터 수심 600m까지 등밀도선은 A 해역보다 B 해역에서 조밀하므로, 밀도 차는 A 해역보다 B 해역에서 크다.
- ㄷ C 해역은 수심 약 100~300m 사이에 수온 약층이 형성된다.

C 해역의 수심 100~300m에서 등밀도선은 매우 조밀하게 분포하므로 밀도 약층이 발달했음을 알 수 있다. 밀도 약층은 수온 약층과 비슷한 수심에서 나타나므로, C 해역의 수심 100m~300m 사이에 수온 약층이 형성되었다고 판단할 수 있다.

COMMENT

A는 북한 한류, B는 동한 난류, C는 대마 난류의 영향을 받는 해역이다. A 해역이 B 해역과 C 해역에 비해 표층 밀도가 높게 나타나는 것은, 한류의 영향이 강하기 때문이라고 추론할 수 있다.

278

지구과학 I 2010학년도 대학수학능력시험 9번

정답 ㄱ, ㄷ

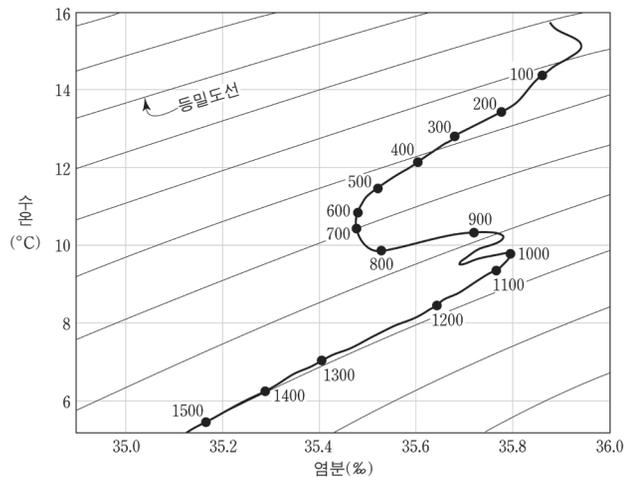
발문분석

그림은 북대서양 어느 지점에서 측정한 수온과 염분을 수심(m)에 따라 수온-염분도에 나타낸 것이다. 이 자료의 해수 특성을 100m 구간으로 나누어 비교한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은?

- # 100m 구간으로 나누어

수심 100m부터 수심 1500m까지, 100m 간격의 14개 구간을 비교해야한다.

자료분석



보기분석

- ㄱ 염분 변화가 가장 큰 구간은 1200~1300m 구간이다.

수온 - 염분도에서 가로 방향의 변화량은 1200~1300m 구간에서 가장 크다.
- ✗ 밀도 변화가 가장 큰 구간은 1400~1500m 구간이다.

수심에 따른 밀도 변화는 수온과 염분 변화가 등밀도선과 수직하게 나타날수록 크다. 1400~1500m 구간에서 수온과 염분 변화는 등밀도선과 거의 나란하게 나타나기에 밀도 변화는 0에 수렴한다. 밀도 변화는 700~800m 구간 또는 900~1000m에서 가장 클 것이다.
- ㄷ 수심이 깊어질수록 수온과 밀도가 모두 증가하는 구간이 있다.

수심이 깊어질수록 수온이 증가하는 구간은 800~900m 구간이 유일하다. 이때 등밀도선을 그려보면 밀도 또한 증가함을 확인할 수 있다.

II-2 대기과 해양의 상호 작용

보기분석

- A는 동태평양 적도 부근 해역이다. (거짓)
 자료분석에서 볼 수 있듯이 A는 서태평양 적도 부근 해역이다.
- a 시기에 표층 수온 편차가 음(-)의 값을 갖는 해역은 B이다. (참)
 a 시기는 라니냐 시기이다. 라니냐 시기에는 무역풍이 강화되어 따뜻한 해수가 서쪽으로 평년보다 많이 이동한다. 평년에 비해 동태평양 적도 부근 해역 (B)에는 따뜻한 해수가 적어지고 용승이 강화되어 수온이 낮아진다. (수온 편차가 음(-) 값을 갖는다.)
- B에서 수온약층의 깊이는 b 시기가 a 시기보다 깊다. (참)
 B는 동태평양 적도 부근 해역이다. 동태평양 적도 부근 해역에서 수온약층의 깊이는 표층 수온이 높고 용승이 약한 엘니뇨 시기(b)가 라니냐 시기 (a)보다 깊다.

375

지구과학 I 2020학년도 9월 모의평가 19번

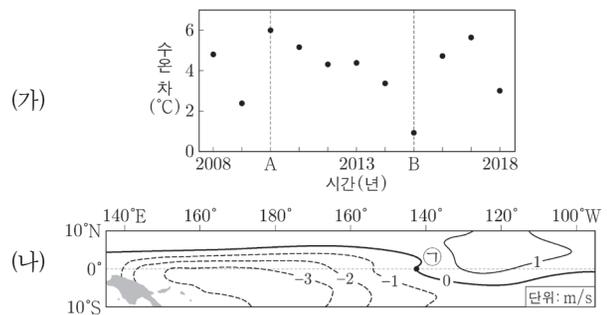
정답 ㄱ, ㄷ

발문분석

그림 (가)는 적도 부근 해역에서 서태평양과 동태평양의 겨울철 표층의 평균 수온 차(서태평양 수온-동태평양 수온)를, (나)는 (가)의 A와 B 중 한 시기에 관측한 적도 부근 태평양 해역의 동서 방향 풍속 편차(관측값-평년값)를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 엘니뇨 시기와 라니냐 시기 중 하나이다. 동쪽으로 향하는 바람을 양(+)으로 한다.

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른것은? [3점]

자료분석



먼저 수온 차이가 모든 시기에 0°C 보다 큼을 볼 수 있다. 이 기간에 서태평양의 수온이 동태평양의 수온보다 높았음을 알 수 있다.

A 시기에는 다른 연도들에 비해 수온 차이가 크고, B 시기에는 다른 연도들에 비해 수온 차이가 작다. 평균 수온 차의 정의가 (서태평양 수온 - 동태평양 수온)이기 때문에 수온 차이가 작다는 것은 서태평양 수온이 낮아졌고, 동태평양의 수온이 높아졌다는 것을 의미한다. 즉, 엘니뇨 시기를 의미한다.

수온 차이가 큰 A는 라니냐 시기, 작은 B는 엘니뇨 시기이다.

(나)를 보면 풍속 편차가 -인 것을 볼 수 있다. 이는 평상시보다 무역풍(동풍)이 강함을 의미한다. 동쪽으로 향하는 바람과 동풍을 헛갈리지 않도록 유의한다.

평상시보다 동풍이 강하므로 (나)는 라니냐 시기(A)에 관측한 자료이다.

보기분석

㉠ (나)는 A에 해당한다. (참)

자료분석에 따라 (나)는 A 라니냐에 해당한다.

✗ 상승 기류는 (나)의 ㉠해역에서 발생한다. (거짓)

'상승 기류' 편차를 물어보는 것일 경우

㉠ 지역의 서쪽에서는 동풍이, 동쪽에서는 서풍이 불기 때문에 하층 대기의 발산이 일어나고 있다. 따라서 하강기류가 발달한다.

편차가 아닌 관측값 자체를 물어보는 것일 경우

(나)는 라니냐 시기에 해당하므로 워커 순환이 강화되어 상승 기류는 평년의 서태평양 지역보다도 서쪽으로 이동했을 것이다. 따라서 ㉠ 지역에서 상승 기류가 일어나지 않는다.

㉡ 서태평양 적도 해역과 동태평양 적도 해역 사이의 해수면 높이 차는 A가 B보다 크다. (참)

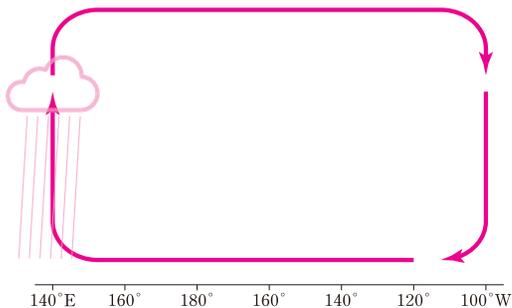
평상시에 무역풍에 의해 따뜻한 해수가 서쪽으로 이동한다. 이러한 해수에 의해 서태평양의 해수면이 동태평양의 해수면보다 높다. 라니냐 시기에는 이러한 높이가 커지고, 엘니뇨 시기에는 작아진다. 따라서 서태평양 적도 해역과 동태평양 적도 해역 사이의 해수면 높이차는 라니냐 시기(A)가 엘니뇨 시기(B)보다 크다.

COMMENT

그림 (가)

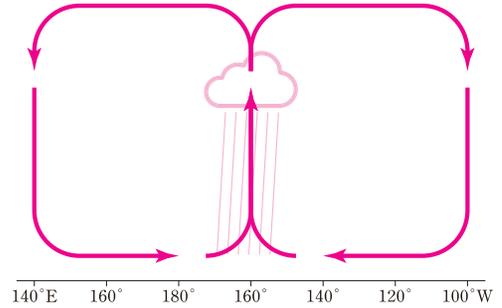
(가) 자료는 바로 지구과학 II 2019학년도 9월 모의평가 문제의 자료가 변형된 것이다. 서태평양과 동태평양이 각각 제시되어있던 것을 (서태평양 - 동태평양)으로 바꿔놓은 것이다. (나) 자료 역시 출제된 적이 있는 유형의 자료이다. 기출의 중요성을 알려주는 문제이다.

정상시와 라니냐 시기의 워커 순환



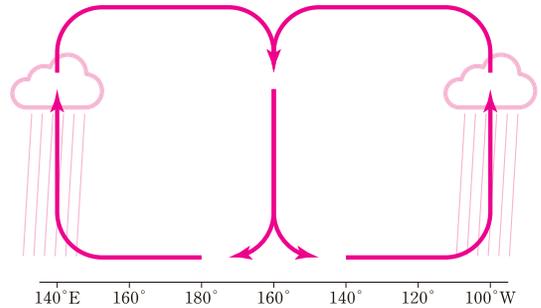
위 그림은 정상시의 워커 순환이다. 정상시 무역풍으로 인해 열대 서태평양은 공기가 따뜻한 해수로부터 열과 수증기를 공급받아 상승하여 강수대가 형성되고, 상대적으로 온도가 낮은 동태평양은 공기가 하강한다. 이로 인해 열대 태평양 지역에서는 동서 방향의 거대한 순환이 형성되는데, 이를 워커 순환이라고 한다.(E 2021 St.p.121)

엘니뇨 시기의 워커 순환



엘니뇨가 발생하면 열대 동태평양의 표층 수온이 상승하고 서태평양의 따뜻한 해수가 동쪽으로 이동한다. 이로 인해 워커 순환에서 공기가 상승하는 지역과 강수대가 동쪽으로 이동하고, 태평양 전체의 기압 분포가 변한다. 따라서 동태평양에서는 기압이 낮아져 평상시보다 강수량이 많아지고, 서태평양은 기압이 높아져 평상시보다 강수량이 적은 건조한 날씨가 나타난다.

CP 라니냐 시기의 워커 순환



교과서나 연계 교재에서 배우는 엘니뇨와 라니냐는 EP이다. EP는 Eastern Pacific의 약자로, 동태평양에서 수온 편차가 가장 큰 엘니뇨와 라니냐를 말한다.

그러나 본 문항과 같이 하강 기류가 100°W가 아닌 중앙태평양에 치우친 곳에서 나타날 수 있다. 이는 라니냐가 CP로도 나타날 수 있기 때문이다. CP는 Central Pacific의 약자로, 중앙태평양에서 수온 편차가 가장 큰 엘니뇨와 라니냐를 말한다.

본 문항의 라니냐는 EP인지 CP인지 판단하기 어려울 수 있다. 그러나 확실한 건 하강 기류가 동태평양에 치우치지 않아도 라니냐임을 판단할 수 있어야 한다는 것이다.

또한 자료에서 CP로 나타나더라도, 보기 판단 시에는 EP 라니냐와 같이 취급하고 정오 판단을 해야 한다. 다행히 본 문항에서는 CP 라니냐로 취급하더라도 보기 정오가 갈리지 않았다.

CP 라니냐는 교육 과정에 없는 내용이고, EP와 CP의 구분을 요하는 문항이 나오는 것은 아니므로, 헛갈린다면 넘어가도 좋다.

한편, 엘니뇨는 EP와 CP 엘니뇨 모두 160°W 부근에서 상승 기류가 발생하기에 따로 학습하지 않아도 된다.

03 기후 변화 외적 요인

378

지구과학 I 2010학년도 9월 모의평가 19번

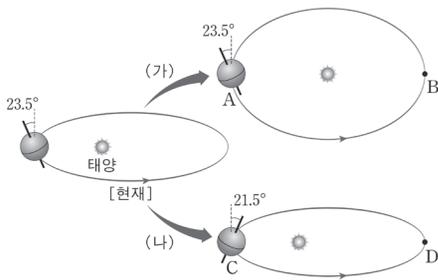
정답 나, 다

발문분석

그림은 기후 변동을 유발할 수 있는 지구 운동의 변화를 나타낸 모식도이다. (가)는 공전 궤도 모양이 변한 경우를, (나)는 자전축의 방향과 기울기가 변한 경우를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 **[보기]**에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

자료분석



(가)의 경우 현재보다 이심률이 작아졌다.

(나)의 경우 자전축 경사 방향이 현재와 반대가 되었으며 자전축 경사각이 감소하였다.

보기분석

ㄱ 우리나라가 여름인 위치는 B와 D이다. (거짓)

공전 궤도 그림에서 북반구가 태양 쪽으로 기울어져 있을 때 북반구는 여름철이다. 그러므로 우리나라가 여름인 위치는 B와 C이다.

ㄴ (가)의 경우 북반구는 연교차가 증가한다. (참)

(가)의 경우 이심률이 작아져 현재보다 원일점 거리는 가까워지고, 근일점 거리는 멀어진다. 북반구는 지구가 원일점에 위치할 때 여름, 근일점에 위치할 때 겨울이므로 북반구의 연교차는 현재보다 증가한다.

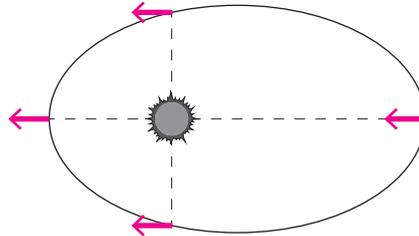
ㄷ (나)의 경우 우리나라에서 겨울철 태양의 남중 고도가 높아진다. (참)

태양의 남중 고도는 지구 자전축 경사각에 따라 변화한다. 우리나라에서 겨울철 태양의 남중 고도는 현재보다 (나)의 경우에서 높다. 자세한 사항은 COMMENT 참고.

COMMENT

자전축 경사 방향을 다룰 때 팁

아래 그림처럼 북극이 향한 방향을 평면에 화살표로 나타내주면 헷갈리지 않는다. 그림의 예시는 현재의 경사 방향이다.



자전축 경사각을 다룰 때 팁

자전축 경사각의 변화는 보통 많아봐야 2~3가지이므로, 극단적으로 상황을 치환하면 이해하기 쉽다.

현재 각도인 23.5°를 45°로 치환하고, 현재보다 작은 21.5°를 0°로 치환하며, 현재보다 큰 24.5°를 90°로 치환하면 된다. 또한 우리나라 등 북반구 관찰자는 북극의 관찰자로 치환하고, 남반구 관찰자는 남극의 관찰자로 치환하면 된다.

아래 그림은 각 경사각을 치환하고, 북반구 관찰자를 북극의 관찰자로 치환했을 때 북반구 여름이다.

실제 자전축 경사각	치환한 자전축 경사각	치환한 남중 고도	실제 남중 고도
21.5°	0°	0°	65.5°
23.5°	45°	45°	66.5°
24.5°	90°	90°	68.5°

천구의 좌표계 단원이 지구과학 II로 올라가면서 정량적인 계산은 어려울 것이니, 경사각과 관찰자 치환 등 직관적인 방법을 통해서라도 정성적인 대소비교를 할 수 있어야 한다.

해설지 풀이가 간결하여 헷갈릴 때는 언제든지 본 코멘트로 돌아와서 스킬을 확실히 습득하도록 한다.

399

지구과학 I 2011학년도 대학수학능력시험 19번

정답 ㄱ, ㄷ

발문분석

그림은 우리나라 주변 해역의 등수심선을 나타낸 것이다.
빙하기가 도래하여 해수면이 현재보다 200m 하강하는 경우에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은? (단, 해수면 변화 이외의 조건은 현재와 동일하다.) [3점]

자료분석



해수면이 현재보다 200m 하강하게 되면 별색으로 칠해진 부분 전체가 육지가 된다.

보기분석

- ㄱ 태평양의 해수가 동해로 유입되기 어려워질 것이다. (참)
해수면이 200m 하강하게 되면, 자료분석의 그림처럼 동해는 고립되어 태평양의 해수가 동해로 유입되기 어려워지게 된다.
- ✗ 한반도 동해안의 대륙붕은 현재보다 더 넓게 발달할 것이다. (거짓)
대륙붕은 수심이 매우 얇은 바다로(교과서 Kh p.40), 대륙 주위에 분포하는 완만한 경사의 해저를 말한다. 대륙붕의 깊이는 약 200m 정도이다.(국립해양조사원)
- 정의에 따르면 현재 수심이 200~400m인 지역이 대륙붕이 될 것이다. 따라서 현재 동해에서 수심 0~200m인 지역의 면적과 수심 200~400m인 지역의 면적을 비교하면 된다. 현재 수심 0m와 200m의 등수심선 간격은 수심 200~1000m의 등수심선 간격과 큰 차이를 보이지 않는다. 따라서 현재 수심 200~400m인 지역의 면적은 현재 수심 0~200m인 지역의 면적보다 좁다.
- ㄷ 황해의 해저면이 해수면 위로 노출될 것이다. (참)
자료분석의 그림에 따라 황해의 해저면은 모두 해수면 위로 노출된다.

400

지구과학 II 2012학년도 6월 모의평가 9번

정답 ㄴ, ㄷ

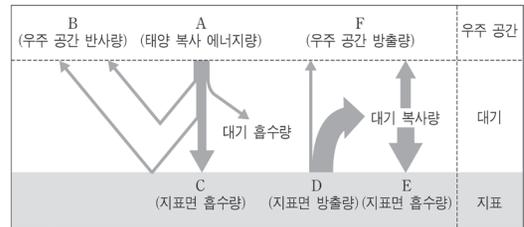
발문분석

그림은 복사 평형을 이루고 있는 지구의 열수지 관계를 나타낸 모식도이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은?

복사 평형을 이루고 있는 지구

지구와 우주는 복사 평형과 열 평형을 동시에 이루고 있다. 그러나, 지구의 대기와 지표는 열 평형을 이루고 있지만, 복사 평형을 이루고 있지는 않다. 지표에서 대기로 이동하는 열 에너지 중 일부는 증발, 대류, 전도 등을 통해 이동한다. 복사 평형과 열 평형은 동의어가 아님을 유의한다.

자료분석



우주 기준 열수지

방출: A
흡수: B + F

대기 기준 열수지

방출: 대기 복사량
흡수: 대기 흡수량 + D의 일부

지표 기준 열수지

방출: D
흡수: C + E

보기분석

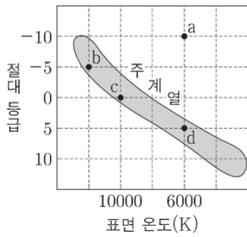
- ✗ A는 C와 같다. (거짓)
C는 A에서 B와 대기 흡수량을 제외한 수치로, A보다 작다.
- ㄴ D에서 복사 에너지의 대부분은 적외선으로 방출된다. (참)
태양 복사 에너지는 주로 가시광선의 형태이고, 지구 복사 에너지는 주로 적외선의 형태이다.(교과서 V p.127) 지표 복사는 지구 복사의 일종이며, 마찬가지로 적외선의 형태이다.
- ㄷ 온실 기체가 증가하면 E가 증가한다. (참)
적외 복사의 일부는 대기를 통과하여 방출하지만, 일부는 온실 기체에 흡수되어 모든 방향으로 재방출된다.(교과서 Y p.138) 온실 기체가 증가하면 모든 방향으로 재방출되는 대기 복사량이 증가하며, E도 당연히 증가한다.

발문분석

그림은 같은 성단의 별 a~d를 H-R도에 나타낸 것이다.

a~d에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 동일한 성단의 별들은 같은 시기에 생성되었다.) [3점]

자료분석



c의 표면 온도는 10000K이므로 색지수는 0이고 분광형은 A0이다.

a, b, c, d의 절대 등급 차이가 모두 5의 배수이므로 광도의 비를 정량적으로 계산해야 할 것이다.

H-R도에 주계열이 표시되어 있으므로, 별의 진화와 관련된 내용도 물을 것이라고 예상할 수 있다. b, c, d는 주계열성이다. a는 주계열보다 위쪽에 위치하는데, a~d의 나이가 모두 같으므로 a는 주계열 이후 단계의 별이다. 그리고 a의 절대 등급이 -10으로 매우 작으므로 a는 초거성에 해당한다.(태양의 절대 등급이 약 4.8이므로, a의 광도는 태양 광도의 10^6 배 이상이다. 거성의 광도가 이 정도까지 커질 수는 없다.)

보기분석

ㄱ 반지름은 a가 d의 1000배이다.

a가 d보다 절대 등급이 15 작으므로 광도는 a가 d의 $10^{15/5} = 10^6$ 배이고, 표면 온도는 a와 d가 같다. $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ (L은 별의 광도, R은 별의 반지름, σ 는 슈테판-볼츠만 상수, T는 별의 표면 온도)에서 $R \propto \sqrt{\frac{L}{T^4}}$ 이므로 반지름은 a가 d의 $\sqrt{10^6} = 1000$ 배이다.

✗ 중심 온도가 가장 높은 별은 b이다.

b, c, d는 주계열성이므로 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어난다. a는 초거성이므로 헬륨보다 무거운 원소의 핵융합 반응이 일어난다. 따라서 a~d 중 중심 온도가 가장 높은 별은 a이다.

ㄷ 수소 흡수선이 가장 강한 별은 c이다.

표면 온도가 10000K인 별에서 수소 흡수선이 가장 강하다. 따라서 a~d 중 수소 흡수선이 가장 강한 별은 c이다.

COMMENT

변형: 발문

(단, 동일한 성단의 별들은 같은 시기에 생성되었다.)라는 조건이 문제를 푸는 데 필요하므로 이를 추가하였다.

보기 ㄴ

2019학년도 수능 당시 이 문제는 보기 ㄴ으로 인해 문제의 실제 난이도에 비해 꽤 낮은 정답률을 기록했다. '중심 온도'와 '표면 온도'를 구분하지 않고 b의 표면 온도가 가장 높다는 이유로 ㄴ이 참이라고 판단한 수험생들이 많았다. H-R 도에 주계열이 표시된 경우 별의 진화에 대한 내용까지 묻겠다는 것이므로, 별의 일생에서 중심부에 어떤 변화가 일어나는지를 떠올려서 '주계열성보다 초거성의 중심 온도가 높다'라는 생각이 자연스럽게 들어야 한다.

보기 ㄷ

수소 흡수선의 세기를 물었는데, '10000K = 분광형 A0=색지수 0=수소 흡수선 세기 최대'는 기본적으로 알고 있어야 한다.

발문분석

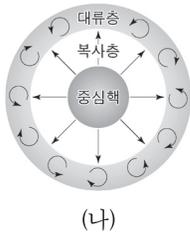
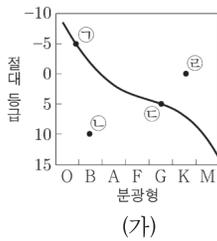
그림 (가)는 별 ㉠~㉡의 분광형과 절대 등급을 H-R도에 나타낸 것이고, (나)는 중심핵에서 수소 핵융합 반응을 하는 어느 별의 내부 구조를 나타낸 것이다.

별 ㉠~㉡에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은? (단, 표면에서의 중력 가속도는 별의 질량에 비례하고 반지름의 제곱에 반비례한다.)

중심핵에서 수소 핵융합 반응을 하는 어느 별

중심핵에서 수소 핵융합 반응을 하는 별은 주계열성이다.

자료분석



(가)의 H-R도에 주계열이 표시되었으므로 별의 진화와 관련된 내용을 물을 것이다. ㉠과 ㉡은 주계열 단계에 있으므로 주계열성, ㉢은 H-R도의 왼쪽 하단에 있으므로 백색 왜성, ㉣은 H-R도의 오른쪽 상단에 있으므로 원시별 또는 적색 거성이다.

(나)와 같은 내부 구조를 갖는 주계열성은 질량이 태양 질량의 약 2배(또는 1.5배)보다 작다.

보기분석

㉠ 질량이 가장 큰 별은 ㉠이다.

i) 주계열성인 ㉠과 ㉡을 비교했을 때, 표면 온도가 ㉠이 더 높으므로 질량은 ㉠>㉡이다.

ii) 현재 원시별 또는 적색 거성인 ㉡은 주계열성일 때보다 광도가 큰데, 현재 ㉡의 광도가 ㉠보다 작으므로 주계열성일 때의 ㉡의 광도도 ㉠보다 작다. 따라서 질량은 ㉠>㉡이다.

iii) ㉢은 현재 백색 왜성인데, 백색 왜성의 질량이 태양 질량의 약 1.44배를 초과하면 Ia형 초신성 폭발을 한다.(교과서 V p.196) 따라서 ㉢의 질량은 태양 질량의 약 1.44배보다 작다. 그런데 ㉠의 광도는 태양의 약 10⁴배이고(태양의 절대 등급은 약 4.8), 주계열성의 광도는 (질량)^{2.3}~(질량)⁴에 비례하므로 ㉠의 질량은 적어도 태양의 10배 이상이다. 따라서 질량은 ㉠>㉡이다.(COMMENT 참고)

i)~iii)에 의해 질량이 가장 큰 별은 ㉠이다.

✗ 표면에서의 중력 가속도는 ㉡이 ㉢보다 크다.

㉢과 ㉡의 분광형은 각각 B(10000~28000K), K(3500~5000K)이다. 따라서 표면 온도는 ㉢이 ㉡의 최소 2배 이상이다. 한편 ㉢과 ㉡의 절대등급은 각각 약 10, 0이므로 광도는 ㉡이 ㉢의 약 10000배이다. 반지름은 $\sqrt{\frac{L}{T^4}}$ (L은 별의 광도, T는 별의 표면 온도)에 비례하므로 ㉡의 반지름은 ㉢의 최소 400배 이상이다. 별의 표면에서의 중력 가속도는 별의 질량에 비례하고 별의 반지름의 제곱에 반비례하므로, 만약 표면에서의 중력 가속도가 ㉡이 ㉢보다 크다면 질량은 ㉡이 ㉢의 400²배 이상일 것이다. 백색 왜성으로 진화하는 별의 최소 질량이 0.08M_☉(M_☉은 태양의 질량)이므로 따라서 ㉢의 질량은 최소 0.08M_☉이다. 그런데 대규모의 성간 분자 구름에서 별이 태어날 때 100M_☉ 정도가 질량의 한계로 알려져 있으므로, ㉡의 질량이 ㉢의 400²배 이상일 수 없다. 따라서 표면에서의 중력 가속도는 ㉡이 ㉢보다 작다.

㉡ (나)와 같은 내부 구조를 갖는 별은 ㉡이다.

㉡의 분광형은 G로, 태양과 비슷한 질량의 주계열성이다 (태양의 분광형은 G2). 따라서 별 ㉠~㉡ 중 (나)와 같은 내부 구조를 갖는 별은 ㉡이다.

III-1 별과 외계 행성계

COMMENT

변형: 발문

표면에서의 중력 가속도를 비교하기 위해 (단, 표면에서의 중력 가속도는 별의 질량에 비례하고 반지름의 제곱에 반비례한다.)라는 조건을 추가하였다.

보기 ㄱ

㉠과 ㉡의 질량 비교에 관해서, 많은 학생들이 '백색 왜성인 ㉠은 주계열성일 때보다 표면 온도가 높는데, 현재 ㉡의 표면 온도가 ㉠보다 낮으므로 주계열성일 때의 ㉡의 표면 온도도 ㉠보다 낮다. 따라서 질량은 ㉠>㉡이다.'라고 풀었을 것이다. 그러나 백색 왜성은 시간이 지나면 점점 표면 온도가 낮아져서 흑색 왜성이 되기 때문에, ㉡이 현재 ㉠보다 온도가 낮다고 해서 ㉡이 과거 주계열성이었을 때 현재 ㉠보다 질량이 작은 별이었다고 말할 수 없다. 따라서 교육 과정 내의 개념을 이용하여 질량이 ㉠>㉡임을 보이려면 백색 왜성의 질량의 최댓값과 주계열성의 질량-광도 관계를 이용해야 한다.

보기 ㄴ 정성적 풀이

'별의 표면에서의 중력 가속도'라는 생소한 개념을 물어보았다. 정량적인 풀이는 보기분석에서의 풀이이다. 분광형과 등급 차이를 통해 구한 두 별의 반지름 차이가 너무 크므로 일반적으로 만들어질 수 있는 별의 질량 범위 내에서는 이 반지름 비를 역전할 수 없다는 것을 보이면 된다. 그런데 시험장에서 시간이 남지 않는 이상 이렇게 다 계산해 볼 수는 없을 것이다.

정성적으로는 '백색 왜성은 별의 중심핵에서 정역학 평형이 붕괴하여 수축한 상태이므로, 표면에서 매우 강한 중력이 작용할 것이다. 그런데 적색 거성은 주계열성의 주변부가 엄청나게 팽창한 상태이므로, 표면에서 백색 왜성과 같은 중력이 작용하지는 않을 것이다. 따라서 표면에서의 중력 가속도는 적색 거성보다 백색 왜성이 크다.'라고 판단해도 좋다.

발문분석

다음은 특이 은하 (가)와 (나)의 스펙트럼과 특징을 나타낸 것이다. (가)와 (나) 중 하나는 퀘이사이고 다른 하나는 세이퍼트 은하이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

자료분석

(가)	(나)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 별처럼 점 모양으로 관측된다. ○ 수소 방출선의 적색 편이량이 매우 크다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 은하의 형태를 알아볼 수 있다. ○ 수소 방출선의 폭이 일반 은하보다 매우 넓다.

퀘이사는 우리 은하로부터의 거리가 매우 멀어 적색 편이량이 매우 크고, 별처럼 점 모양으로 관측된다. 따라서 (가)가 퀘이사이다.

세이퍼트 은하는 주로 나선 은하의 형태이며, 은하의 별들이 매우 빠른 속도로 움직여 방출선의 폭이 일반 은하보다 매우 넓다. 따라서 (나)가 세이퍼트 은하이다.

보기분석

㉠ (가)는 퀘이사이다.

자료분석에 따라 맞는 보기이다.

㉡ (나)는 우리 은하로부터 멀어지고 있다.

(나)의 스펙트럼에서는 수소 방출선의 적색 편이가 나타나므로 우리 은하로부터 멀어지고 있다.

✕ 우리 은하로부터의 거리는 (가)보다 (나)가 멀다.

수소 방출선의 적색 편이량은 (가)가 (나)보다 크므로 우리 은하로부터의 거리는 (가)가 (나)보다 멀다.

COMMENT

자료

문제에서 세이퍼트 은하에 대해 '은하의 형태를 알아볼 수 있다.'라는 특징을 제시한 것은 세이퍼트 은하가 대부분 나선 은하의 형태로 관측되기 때문이다.

퀘이사는 태양계 정도의 작은 공간에서 보통 은하의 수백 배 정도의 에너지가 나오며, 대부분 초기 우주에서 생성되었다는 특징이 있다. 퀘이사와 세이퍼트 은하 모두 중심부에 거대한 블랙홀이 있을 것으로 추정되며, 은하 전체의 광도에 대한 중심부의 광도가 둘 다 매우 높지만 퀘이사가 더 높게 관측된다(교과서 V p.187).

폭이 넓은 방출선이 나타나는 은하의 종류에 관해 교과서와 연계 교재(E 2021 Sw)의 입장이 다르다.

먼저, 교과서(C p.185)에서는 세이퍼트 은하뿐만 아니라 퀘이사, 전파 은하에서도 폭이 넓은 방출선이 나타날 수 있다고 서술되어 있다. 반면 연계 교재(E 2021 Sw p.107) 4번의 보기 ㉡에서는 전파 은하와 세이퍼트 은하 중 스펙트럼상에서 넓은 방출선을 보이는 은하는 세이퍼트 은하라고 단정하고 있다.

교육 과정 외

교육 과정에서 소개되는 퀘이사, 세이퍼트 은하, 전파 은하의 분류는 굉장히 단편적인 것이다. 퀘이사는 교과서 서술대로 폭이 넓은 방출선이 나타날 수 있다. 그러나 전파 은하는 그중 폭이 넓은 방출선이 나타나는 것이 있고 아닌 것이 있으며 어느 쪽이라고 단정하기가 어렵다. 또, 세이퍼트 은하 중에서도 좁은 방출선이 나타나는 종류(Seyfert type II)가 있다.

결론

세이퍼트 은하와 전파 은하를 비교하였을 때 넓은 방출선이 나타날 가능성은 세이퍼트 은하가 크다는 것이 연계 교재의 출제 의도로 보인다. 그러나 교과서의 서술이나 실제 관측 결과를 고려할 때, 해당 보기와 같은 단정적인 진술은 수능에 출제되기 어렵다.

493

지구과학 II 2018학년도 9월 모의평가 18번

정답 L

발문분석

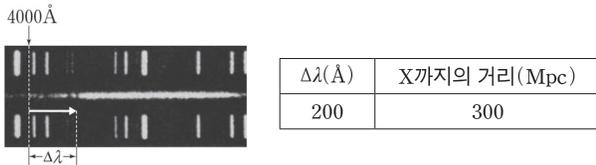
그림은 외부 은하 X의 스펙트럼을 비교 선 스펙트럼과 함께 나타낸 것이고, 표는 파장이 4000\AA (λ_0)인 흡수선의 적색 편이가 일어난 양($\Delta\lambda$)과 X까지의 거리를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛의 속도는 $3 \times 10^5 \text{ km/s}$ 이다.)

파장이 4000\AA (λ_0)인 흡수선의 적색 편이가 일어난 양($\Delta\lambda$) λ_0 와 $\Delta\lambda$, 빛의 속도가 주어지면 X의 후퇴 속도를 구할 수 있다.

X까지의 거리
X의 후퇴 속도와 X까지의 거리를 알면 허블 상수를 구할 수 있다.

자료분석



후퇴 속도 $v = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$ (c 는 빛의 속도)이므로 X의 후퇴 속도는 $3 \times 10^5 \times \frac{200}{4000} = 1.5 \times 10^4$ (km/s)이다.

보기분석

~~X~~ 멀리 있는 외부 은하일수록 $\Delta\lambda$ 는 작아진다. (거짓)
 $v = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = H \times r$ 이므로 멀리 있는 외부 은하일수록, r 이 커질수록 $\Delta\lambda$ 는 커진다.

X의 후퇴 속도는 15000 km/s 이다. (참)
자료분석에 따라 맞는 보기이다.

~~X~~ X를 이용하여 구한 허블 상수는 75 km/s/Mpc 이다. (거짓)
 $v = H \times r$ (H 는 허블 상수, r 는 은하까지의 거리)이므로 X를 이용하여 구한 허블 상수는 $\frac{1500}{300} = 50 \text{ (km/s/Mpc)}$ 이다.

COMMENT

$v = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$ 와 $v = H \times r$ 두 식을 이해하고 있는 상태에서, 문제에서 주어진 정보에 맞게 적절한 식을 이용해 특정 물리량을 구해야 한다. 참고로 1\AA 은 $10^{-10} \text{ m} = 0.1 \text{ nm}$ 이고, 옹스트롬(Angström)이라고 읽는다.

494

[변형] 지구과학 II 2018학년도 대학수학능력시험 19번

정답 L, D

발문분석

그림은 지구에서 관측한 두 은하 A, B에 대한 시선 방향을 나타낸 것이다. A의 후퇴 속도는 700 km/s , B의 후퇴 속도는 1400 km/s 이고, A와 B 사이의 거리는 $10\sqrt{5} \text{ Mpc}$ 이다. 우리 우주는 평탄한 우주이고, A, B와 우리 은하는 허블 법칙을 만족한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은?

A의 후퇴 속도는 700 km/s , B의 후퇴 속도는 1400 km/s

A, B와 우리 은하는 허블 법칙을 만족한다. 즉, 후퇴 속도 $v = H \times r$ (H 는 허블 상수, r 는 은하까지의 거리)이므로 우리 은하에서 B까지의 거리는 A까지의 거리의 2배이다.

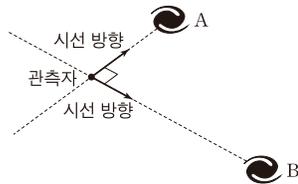
A와 B 사이의 거리는 $10\sqrt{5} \text{ Mpc}$

우리 은하에서 A와 B까지의 거리 비를 계산할 수 있으므로, A와 B 사이의 거리와 그림을 활용하여 우리 은하에서 A와 B까지의 실제 거리를 구할 수 있다. 따라서 허블 상수의 값도 계산 가능하다. 또 A와 B에서 서로 관측했을 때의 후퇴 속도도 물어볼 수 있다.

A, B와 우리 은하는 허블 법칙을 만족한다.

은하의 후퇴 속도는 관측자에서 은하까지의 거리에 비례한다.

자료분석



우리 은하에서 A까지의 거리와 B까지의 거리를 각각 r_A , r_B 라고 하면 $r_B = 2r_A$ 이고, A에 대한 시선 방향과 B에 대한 시선 방향이 이루는 각이 직각이므로 A와 B 사이의 거리는 $\sqrt{r_A^2 + r_B^2} = \sqrt{5} r_A = 10\sqrt{5} \text{ Mpc}$ 이다.

따라서 $r_A = 10 \text{ Mpc}$, $r_B = 20 \text{ Mpc}$ 이다.

보기분석

✗ A에서 관측하면 B는 2100km/s로 후퇴한다.

은하의 후퇴 속도는 관측자에서 은하까지의 거리에 비례한다. A와 B 사이의 거리가 $\sqrt{5}r_A$ 이므로 A에서 관측한 B의 후퇴 속도는 우리 은하에서 관측한 A의 후퇴 속도의 $\sqrt{5}$ 배이다. 따라서 A에서 관측하면 B는 $700\sqrt{5}$ (km/s)로 후퇴한다.

㉠ B에서 관측하면 우리 은하는 1400km/s로 후퇴한다.

은하의 후퇴 속도는 관측자에서 은하까지의 거리에 비례하므로, B에서 관측한 우리 은하의 후퇴 속도는 우리 은하에서 관측한 B의 후퇴 속도와 같다. 따라서 B에서 관측하면 우리 은하는 1400km/s로 후퇴한다.

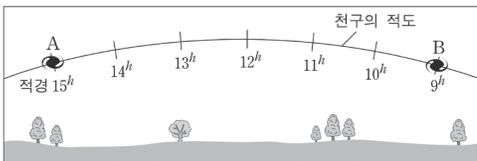
㉡ B에서 측정한 허블 상수의 값은 70km/s/Mpc이다.

$v = H \times r$ 이므로 L 을 이용하면 B에서 측정한 허블 상수의 값은 $\frac{1400}{20} = 70$ (km/s/Mpc)이다.

COMMENT

변형: 발문, 자료

원래 문제의 그림은 지구에서 관측한 두 은하 A와 B의 천구상 위치를 나타낸 것이었다(아래 그림 참조). A와 B의 적경 차이를 보고 A에 대한 시선 방향과 B에 대한 시선 방향이 이루는 각이 직각임을 추론하여 해결하는 문제였는데, 천구와 좌표계 개념이 개정 교육과정 지구과학 I에서 없어짐에 따라 해당 그림을 사용할 수 없었다. 따라서 시선 방향이 이루는 각에 대한 정보를 그림으로 직접 알려주는 것으로 문항을 변형하였다.



신유형

외부 은하들에서 서로를 관측했을 때의 후퇴 속도를 묻는 기출 문제들과 다르게, 은하들이 한 직선상에 있지 않다. 피타고라스 정리를 이용하여 외부 은하들 사이의 거리를 구해야 한다는 점에서 계산의 양은 많을 수 있으나, 허블 법칙에 대한 이해(은하의 후퇴 속도는 관측자에서 은하까지의 거리에 비례한다)를 이용한다는 점에서 문제를 푸는 기본적인 원리는 동일하다. 이전에 보지 못했던 유형이 등장해도 기본적인 원리를 적용할 수 있는 방향으로 문제를 풀어 나가면 답이 보일 것이다.

495

지구과학 II 2019학년도 9월 모의평가 17번

정답 ㄱ

발문분석

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.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛의 속도는 3×10^8 km/s이다.) [3점]

방출선 (가)와 (나)가 각각 적색 편이된 것을 비교 스펙트럼과 함께 나타낸 것

비교 스펙트럼에서의 기준 파장과 관측된 스펙트럼에서의 적색 편이된 파장, 빛의 속도가 주어진다면 은하의 후퇴 속도를 구할 수 있다.

은하 A와 B는 동일한 시선 방향에 위치하고

은하 A와 B 사이 거리가 다른 거리(우리 은하와 A 사이 거리, 우리 은하와 B 사이 거리)의 몇 배인지 구할 수 있으므로, A와 B에서 서로를 관측했을 때의 후퇴 속도와 적색 편이를 구할 수 있다.

허블 법칙을 만족한다

은하의 후퇴 속도는 관측자에서 은하까지의 거리에 비례한다.

자료분석

비교 스펙트럼	(가) 4340	(나) 4860	(단위: Å)
은하 A	(가)	(나) 5103	
은하 B	(가) 5103	(나) 5346	

후퇴 속도 $v = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ (λ 는 방출선의 고유 파장, $\Delta\lambda$ 는 파장 변화량, c 는 빛의 속도)이다. 방출선 (나)의 파장이 비교 스펙트럼, 은하 A, 은하 B에서 모두 나타나 있으므로 이를 이용해 계산하면 은하 A의 후퇴 속도 $v_A = 3 \times 10^5 \times \frac{5103 - 4860}{4860} = 1.5 \times 10^4$ (km/s)이고, 은하 B의 후퇴 속도 $v_B = 3 \times 10^5 \times \frac{5346 - 4860}{4860} = 3 \times 10^4$ (km/s)이다.

후퇴 속도 $v = H \times r$ (H 는 허블 상수, r 는 은하까지의 거리)이므로 관측자에서 은하까지의 거리는 후퇴 속도에 비례한다. 우리 은하에서 은하 A, B까지의 거리를 각각 r_A, r_B 라고 할 때, $v_B = 2v_A$ 이므로 $r_B = 2r_A$ 이다.

발문분석

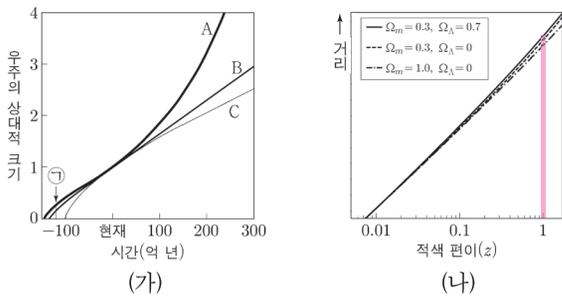
그림 (가)는 물질과 암흑 에너지의 함량이 서로 다른 우주 모형 A, B, C에서 시간에 따른 우주의 상대적 크기를, (나)는 이들 모형에서 적색 편이(z)와 거리 사이의 관계를 나타낸 것이다. Ω_m 과 Ω_Λ 는 각각 현재 우주의 물질 밀도와 암흑 에너지 밀도를 임계 밀도로 나눈 값이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 |보기|에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

물질과 암흑 에너지의 함량이 서로 다른 우주 모형 A, B, C에서 시간에 따른 우주의 상대적 크기

우주의 곡률 및 가속 팽창의 유무를 단서로 A, B, C의 Ω_m 과 Ω_Λ 값을 찾아야 할 것이다.

자료분석



(가)에서 세 우주 모형 중 가속 팽창이 나타나는, 즉 아래로 볼록인 구간이 나타나는 우주 모형은 A이다. 가속 팽창하는 A는 암흑 에너지를 포함하므로 $\Omega_m=0.3$, $\Omega_\Lambda=0.7$ 인 우주에 해당한다.

B와 C는 각각 $\Omega_m=0.3$, $\Omega_\Lambda=0$ 인 열린 우주와 $\Omega_m=1.0$, $\Omega_\Lambda=0$ 인 평탄한 우주 중 하나에 해당한다. 암흑 에너지를 고려하지 않을 때 평탄한 우주가 열린 우주보다 우주의 밀도가 커서 팽창 속도가 더 빠르게 감소하므로, B는 $\Omega_m=0.3$, $\Omega_\Lambda=0$ 인 우주, C는 $\Omega_m=1.0$, $\Omega_\Lambda=0$ 인 우주에 해당한다.

보기분석

㉠ A는 $\Omega_m=0.3$, $\Omega_\Lambda=0.7$ 인 우주에 해당한다. 자료분석에 따라 맞는 보기이다.

㉡ A에서 ㉠ 시기에 우주 공간의 팽창 속도는 감소한다. (가)의 ㉠ 시기 근처에서 모형 A의 그래프는 위로 볼록이다. 따라서 A에서 ㉠ 시기에 우주 공간의 팽창 속도는 감소한다.

㉢ z 인 천체에서 방출된 빛이 지구에 도달하는 데 걸리는 시간은 B의 경우가 C의 경우보다 짧다.

(나)의 그래프에서 $z=1$ 에 대응하는 점을 비교해 보면 B에서가 C에서보다 거리가 멀다. 빛의 속력은 일정하므로, $z=1$ 인 천체에서 방출된 빛이 지구까지 도달하는 데 걸리는 시간은 B의 경우가 C의 경우보다 길다.

COMMENT

변형: 발문, 자료

원본 문항의 발문은 '적색 편이(z)와 거리 지수 사이의 관계', 그림 (나)의 세로축은 '거리 지수'의 값이었다. 현 교육 과정에서 거리 지수 개념을 다루지 않으므로, 발문과 자료를 교체하였다.

볼록성

시간에 따른 우주의 크기 그래프에서 곡선의 볼록성을 보고 우주의 팽창 속도의 증감을 판단하는 것은 2016학년도 수능 8번[#503]에서도 출제된 보기이다. 아래로 볼록한 구간이 존재하는 A가 가속 팽창 우주이므로 암흑 에너지가 존재한다는 것을 판단할 수 있어야 한다.

보기 ㉡

해당 보기는 가속 팽창 우주에 대한 오개념을 저격한 보기로 생각된다. 가속 팽창 우주라고 해도 모든 시점에서 팽창 속도가 증가하는 것은 아닌데, 실제로 우주의 팽창은 급팽창 이후에 조금씩 줄어들다가 수십 억 년 전부터 암흑 에너지의 역할이 중요해지면서 다시 빨라지기 시작하였다(교과서 C p.196). 우주 탄생 초기에는 그래프에서 위로 볼록인 구간이 나타남을 확인할 수 있다.