

◆ 15-6평 B형 25~26번

[25~26] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

별의 밝기는 별의 거리, 크기, 온도 등을 연구하는 데 중요한 정보를 제공한다. 별의 밝기는 등급으로 나타내며, 지구에서 관측되는 별의 밝기를 '겉보기 등급'이라고 한다. 고대의 천문학자 히파르코스는 맨눈으로 보이는 별의 밝기에 따라 가장 밝은 1등급부터 가장 어두운 6등급까지 6개의 등급으로 구분하였다. 이후 1856년에 포그슨은 1등급의 별이 6등급의 별보다 약 100배 밝고, 한 등급 간에는 밝기가 약 2.5배 차이가 나는 것을 알아내었다. 이러한 등급 체계는 망원경이나 관측 기술의 발달로 인해 개편되었다. 맨눈으로만 관측 가능했던 1~6등급 범위를 벗어나 그 값이 확장되었는데 6등급보다 더 어두운 별은 6보다 더 큰 수로, 1등급보다 더 밝은 별은 1보다 더 작은 수로 나타내었다.

별의 겉보기 밝기는 지구에 도달하는 별빛의 양에 의해 결정된다. 과학자들은 단위 시간 동안 단위 면적에 입사하는 빛 에너지의 총량을 '복사 플럭스'라고 정의하였는데 이 값이 클수록 별이 더 밝게 관측된다. 그러나 별의 복사 플럭스 값은 빛이 도달되는 거리의 제곱에 반비례하기 때문에 별과의 거리가 멀수록 그 별은 더 어둡게 보인다. 이처럼 겉보기 밝기는 거리에 따라 다르게 관측되기 때문에 별의 실제 밝기는 절대 등급으로 나타낸다. 예를 들어, '리겔'의 경우 겉보기 등급은 0.1 정도이지만, 절대 등급은 -6.8 정도에 해당한다.

절대 등급은 별이 지구로부터 10파섹\*(약 32.6광년)의 거리에 있다고 가정했을 때 그 별의 겉보기 등급으로 정의한다. 별의 실제 밝기는 별이 매초 방출하는 에너지의 총량인 광도가 클수록 밝아지게 된다. 광도는 별의 반지름의 제곱과 별의 표면 온도의 네제곱에 비례한다. 즉, 별의 실제 밝기는 별의 표면적이 클수록, 표면 온도가 높을수록 밝다.

과학자들은 별의 겉보기 등급에서 절대 등급을 뺀 값인 거리 지수를 이용하여 별까지의 거리를 판단하며, 이 값이 큰 별일수록 지구에서 별까지의 거리가 멀다. 어떤 별의 거리 지수가 0이면 지구와 그 별 사이의 거리가 10파섹임을 나타내고, 0보다 크면 10파섹보다 멀다는 것을 의미한다. 예를 들어 '북극성'의 겉보기 등급은 2.0 정도이고, 절대 등급은 -3.6 정도이므로 거리 지수는 5.6이다. 이 값이 0보다 크기 때문에 북극성은 10파섹보다 멀리 있으며, 실제로 지구에서 133파섹 떨어져 있다. 이처럼 별의 밝기와 관련된 정보를 통해 멀리 떨어져 있는 별에 대해 탐구할 수 있다.

\* 파섹: 거리의 단위로서 1파섹은  $3.086 \times 10^{13}$  km, 즉 약 3.26광년에 해당한다.

25. 윗글을 통해 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 별빛이 도달되는 거리가 3배가 되면 복사 플럭스 값은  $\frac{1}{9}$ 배가 되겠군.
- ② 망원경으로 관측한 별 중에 히파르코스의 등급 범위를 벗어난 것이 있겠군.
- ③ 겉보기 등급과 절대 등급이 같은 별은 지구에서 약 32.6광년 떨어져 있겠군.
- ④ 어떤 별과 지구 사이의 거리가 10파섹 미만이라면 그 별의 거리 지수는 0보다 작겠군.
- ⑤ 겉보기 등급이 -1인 별과 겉보기 등급이 1인 별의 밝기는 약 2.5배 차이가 나겠군.

26. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절한 것은?

[3점]

<보 기>

다음은 가상의 별 A, B에 대한 정보이다. 별 B의 반지름과 표면 온도는 각각 별 A의 반지름과 표면 온도를 1로 설정하여 계산한 값이다.

	겉보기 등급	절대 등급	거리 지수	반지름	표면 온도
A	2	-1	3	1	1
B	1	-6	7	0.1	10

- ① 별 A는 별 B보다 광도 값이 더 크다.
- ② 별 A는 '리겔'보다 실제 밝기가 더 밝은 별이다.
- ③ 별 B는 별 A보다 별의 실제 밝기가 약 100배 밝다.
- ④ 별 B는 지구에서 133파섹보다 더 가까운 거리에 있다.
- ⑤ 별 B는 지구에서 볼 때 '북극성'보다 더 어둡게 보인다.

[22~26] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

1987년 2월 마지막 주에 과학자들은 오랜만에 육안으로 별의 장렬한 죽음을 목격했다.

큰 별은 수명을 다하는 순간, 대폭발을 하며 태양보다 몇억 배의 찬란한 빛을 내면서 타 버린다. 그리고 그 잿더미 속에 중성자별이나 블랙홀이라는 강한 중력장을 만드는 실체를 남긴다는 것이 천체 물리학의 통설이다. 이렇게 폭발하는 순간, 너무 멀리 있어서 보이지 않았던 별이 갑자기 밝아짐으로써 마치 새로운 큰 별이 나타난 것처럼 보이게 된다. 이러한 까닭에 과학자들은 이런 별을 초신성(超新星)이라고 부르는데, 우리 선조들은 객성(客星), 즉 손님별이라 불렀다. 아마 불쑥 찾아온 손님을 연상했던 모양이다.

실제로 <조선왕조실록> 선조 37년(1604년) 10월 31일 조를 보면 객성을 발견한 당시의 생생한 기록이 있다. 즉 “초저녁에 객성이 미수 10도 거극(去極) 110도 자리에 있었는데 목성보다 작고 황적색 빛깔로 흔들리고 있었다. 이른 새벽녘에는 안개가 끼었다.”라고 하였으며, 그 뒤 약 1년 동안 관측된 이 객성의 모습이 상세히 기록되어 있다. 또한 증보문헌비고 에는 삼국사기 이래의 객성 관측 기록을 모아 정리하면서, 객성이란 돌연히 출현한 괴이한 별들을 이른다고 하였다. 여기에서 특이한 것은 항성(恒星)의 하나인 노인성(老人星)을 객성에 포함시켰다는 점이다. 아울러 이 점에 대하여 편찬자는 노인성이 우리 나라에서는 쉽게 관측되지 않기 때문이라고 부연하고 있다.

그러나 일찍이 고려 시대에는 ㉠ 노인성을 수성(壽星)으로 보았으며, 따라서 이별이 나타나면 장수한다는 믿음이 널리 퍼져 있었다. 고려사 에 의하면 의종 24년(1170년) 2월에 낭성(狼星)이 남극에 나타났는데, 이를 서해도 안찰사 박순가가 노인성으로 알고 역마를 달려 보고하게 했다. 의종은 이 노인성의 출현을 기꺼워하여 잔치를 거둬다가 그해 9월 정중부에 의해 왕위에서 쫓겨나고 말았다. 그후 낭성을 노인성으로 잘못 보고한 박순가에게는 그 자손까지 금고에 처해지는 별이 내려졌다.

이렇게 인간의 삶과 연관지어 파악되던 별들도 그 나름의 삶을 가지고 있다. 대부분의 별은 우주 공간에 퍼져 있는 수소가 중력에 의하여 뭉쳐지면서 탄생한다. 별의 중심부는 그 외부에서 가해지는 압력을 받아 수축하면서 내부 온도가 높아진다. 태양의 경우도 중력에 의한 압력 때문에 중심부의 온도는 수천만 도가 되어 ㉡ 핵융합 반응이 일어나게 된다. 핵융합 반응은 핵들이 서로 합쳐지는 과정을 말한다. 이 과정에서 많은 에너지가 방출되며, 이 에너지는 태양이 붉게 타는 원천이 되고 있다. 그러나 별이나 태양의 중심부에 있는 핵연료는 언젠가는 소진될 것이다. 그렇게 되면 별은 짓누르는 중력의 압력을 감당하지 못하여 수축할 수밖에 없다. 수축이 한계에 다다르게 되면 별의 중심부는 마치 억눌린 거대한 용수철처럼 그 위에 떨어지는 물질들을 튕겨내고, 그 때 생기는 거대한 충격파가 별을 폭발시켜 ㉢ 최후를 맞이한다.

22. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 객성은 갑자기 출현한다.
- ② 별이 폭발해도 그 실체는 남는다.
- ③ 별은 시간에 따라 그 형태가 달라질 수 있다.
- ④ 전통 사회에서는 별의 관측에 깊은 관심을 보였다.
- ⑤ 별에 부여하는 의미는 시대에 따라 변하지 않는다.

23. 윗글에서 ‘별이 탄생하는 과정’과 ‘객성이 되는 과정’을 설명한 내용으로 공통적인 것은?

- ① 충격과 발생
- ② 블랙홀 형성
- ③ 수소의 뭉쳐짐
- ④ 핵연료의 소진
- ⑤ 중력에 의한 수축

24. 윗글로 미루어 ㉠ 과 관련된 진술로 바른 것은? [0.8 점]

- ① 노인성은 블랙홀로 인해 생겨난다.
- ② 노인성은 태양과 같은 원리로 밝게 빛난다.
- ③ 의종은 노인성의 출현으로 왕위에서 쫓겨났다.
- ④ 우리 선조들은 노인성을 상서롭지 못한 별로 생각했다.
- ⑤ 노인성에 대한 최초의 관측 기록이 고려사 에 나타난다.

25. 밑줄 친 ㉡ 과 관계 없는 것은?

- ① 별의 크기를 변화시킨다.
- ② 압력이 매우 높은 상태에서 이루어진다.
- ③ 수소 핵들이 있어야 한다.
- ④ 별의 온도가 높아야 한다.
- ⑤ 에너지를 방출하여 별이 빛나게 한다.

26. ㉢ 과 바꾸어 쓰기에 적합하지 않은 것은?

- ① 일생(一生)을 마감한다.
- ② 미궁(迷宮)에 빠진다.
- ③ 종언(終焉)을 고한다.
- ④ 종지부(終止符)를 찍는다.
- ⑤ 대단원(大團圓)의 막을 내린다.

◆ 14 예비시험 A·B형 공통 25~28번

[25~28] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

태양은 지구의 생명체가 살아가는 데 필요한 빛과 열을 공급해 준다. 이런 막대한 에너지를 태양은 어떻게 계속 내놓을 수 있을까?

16세기 이전까지는 태양을 포함한 별들이 지구상의 물질을 이루는 네 가지 원소와 다른, 불변의 '제5 원소'로 이루어졌다고 생각했다. 하지만 밝기가 변하는 신성(新星)\*이 별 가운데 하나라는 사실이 알려지면서 별이 불변이라는 통념은 무너지게 되었다. 또한 태양의 흑점 활동이 관측되면서 태양 역시 불덩어리일지도 모른다고 생각하기 시작했다. ㉠ 그 후 섭씨 5,500도로 가열된 물체에서 노랗게 보이는 빛이 나오는 것을 알게 되면서 유사한 빛을 내는 태양의 온도도 비슷할 것이라고 추측하게 되었다.

19세기에는 에너지 보존 법칙이 확립되면서 ㉡ 새로운 에너지 공급이 없다면 태양의 온도가 점차 낮아져야 한다는 결론을 내렸다. 그렇다면 과거에는 태양의 온도가 훨씬 높았어야 했고, 지구의 바다가 펄펄 끓어야 했을 것이다. 하지만 실제로는 그렇지 않았다. 그래서 태양의 온도를 일정하게 유지해 주는 에너지원이 무엇인지에 대해 생각하게 되었다.

20세기 초에 방사능이 발견되면서 방사능 물질의 붕괴에서 나오는 핵분열 에너지가 태양의 에너지원으로 생각되었다. 그러나 태양빛의 스펙트럼을 분석한 결과 태양에는 우라늄 등의 방사능 물질 대신 수소와 헬륨이 있다는 것을 알게 되었다. 방사능 물질의 붕괴에서 나오는 핵분열 에너지가 태양의 에너지원은 아니었던 것이다.

㉢ 현재 태양의 에너지원은 수소 원자핵 네 개가 헬륨 원자핵 하나로 융합하는 과정의 질량 결손으로 인해 생기는 핵융합 에너지로 알려져 있다. 태양은 엄청난 양의 수소 기체가 중력에 의해 뭉쳐진 것으로, 그 중심으로 갈수록 밀도와 압력, 온도가 증가한다. 태양에서의 핵융합은 천만 도 이상의 온도를 ㉣ 유지하는 중심부에서만 일어난다. ㉤ 높은 온도에서만 원자핵들이 높은 운동 에너지를 가지게 되며, 그 결과로 원자핵들 사이의 반발력을 극복하고 융합되기에 충분히 가까운 거리로 근접할 수 있기 때문이다. 태양빛이 핵융합을 통해 나온다는 사실은 태양으로부터 온 중성미자가 관측됨으로써 더 확실해졌다.

중심부의 온도가 올라가 핵융합 에너지가 늘어나면 그 에너지로 인한 압력으로 수소를 밖으로 밀어내어 중심부의 밀도와 온도를 낮추게 된다. ㉥ 이렇게 온도가 낮아지면 방출되는 핵융합 에너지가 줄어들며, 그 결과 압력이 낮아져서 수소가 중심부로 들어오게 되어 중심부의 밀도와 온도를 다시 높인다. 이렇듯 태양 내부에서 중력과 핵융합 반응의 평형 상태가 ㉦ 유지되기 때문에 태양이 오랫동안 안정적으로 빛을 낼 수 있게 된다. 태양은 이미 50억 년간 빛을 냈고, 앞으로도 50억 년 이상 더 빛날 것이다.

\* 신성: 갑자기 환히 빛났다가 얼마 후 다시 희미해지는 별.

25. 위 글을 읽으면서 다음과 같이 내용을 정리하였다고 할 때, 적절하지 않은 것은?

질문 1. 태양빛의 근원은 무엇일까?  
 ○ 제5 원소설: 신성 관찰로 인정됨. ....①  
 ○ 불덩어리설: 흑점의 관찰로 제안됨. ....②

질문 2. 태양이 계속 식어 왔다면 과거에는 어땠을까?  
 ○ 수천 년 전 아주 뜨거움: 과거 지구의 기후와 부합하지 않음. ....③

질문 3. 태양의 에너지는 어디에서 나올까?  
 ○ 핵분열 에너지설: 스펙트럼 분석 결과 부정됨. ....④  
 ○ 핵융합 에너지설: 태양 중성미자의 관측으로 인정됨. ....⑤

26. ㉠~㉦이 참이라고 판단하는 데 필요한 사실로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠: 뜨거운 물체는 온도에 따라 주로 내는 빛의 색이 다르다.
- ② ㉡: 열을 내는 물체는 에너지 공급이 없을 때 온도가 내려간다.
- ③ ㉢: 물체의 질량은 다른 에너지로 변환이 가능하다.
- ④ ㉣: 융합 전까지 원자핵들 사이에는 반발력이 존재한다.
- ⑤ ㉤: 온도가 일정하면 기체의 압력은 부피에 반비례한다.

27. 위 글의 내용에 비추어 볼 때, <보기>의 '핵융합 장치'에 대한 이해로 적절한 것은? [3점]

<보 기>

태양의 원리를 적용한 대체 에너지 기술은 수소 원자핵을 초고온 상태로 만들어 수소 원자핵들이 빠른 속도로 자주 충돌할 수 있도록 밀도를 높여 주면 가능하다. 이를 실현하기 위해서는 수소 원자핵을 초고온 상태로 지속시킬 수 있는 '핵융합 장치'를 만드는 것이 가장 중요하다.

- ① 밀도가 높으면 온도가 낮아도 원자핵들이 핵융합을 할 수 있겠군.
- ② 지구에서 구하기 쉬운 방사능 물질을 이용하는 것이 바람직하겠군.
- ③ 초고온 상태를 유지하려면 태양 중력과 유사한 기능을 하는 힘이 필요하겠군.
- ④ 태양 표면과 같은 환경을 마련해 주려면 엄청난 양의 수소를 핵분열시켜야겠군.
- ⑤ 지속적으로 에너지를 얻기 위해서는 중력과 핵융합 반응의 평형 상태를 깨뜨리는 것이 관건이겠군.

28. ㉣, ㉤와 관련하여 <보기>의 사례가 될 수 없는 것은?

<보 기>

국어의 어휘 중에는 '유지하다-유지되다'처럼 명사인 '유지'가 '하다'와 결합하면 타동사, '되다'와 결합하면 자동사가 되어 구별되는 용법으로 쓰이는 예가 많다.

- ① 관통(貫通)                      ② 보존(保存)                      ③ 완공(完工)
- ④ 발열(發熱)                      ⑤ 개편(改編)

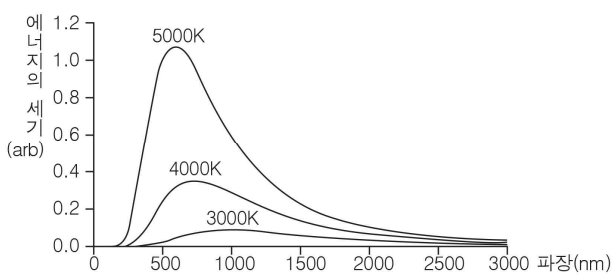
[23~25] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리가 물체 표면의 색을 인지하는 것은 광원에서 방출하는 빛이 물체 표면에서 반사되어 우리 눈이 그것을 감지한 결과이다. 예를 들어 낮에 거리에서 꽃을 보는 것은 꽃의 표면에서 반사된 빛을 보는 것이다. 만약 태양과 같은 광원이 없다면 우리는 물체들의 색을 전혀 인지할 수 없는 것일까?

용암이 흘러가는 모습을 보면 매우 뜨거운 물체는 햇빛이 없는 어두운 밤에도 빛을 낸다는 사실을 확인할 수 있다. 이 빛은 용암에서 방출하는 전자기파 파장의 길이와 관련이 있다. 뜨거운 용암은 매우 큰 열에너지를 가지고 있는데, 열에너지란 본질적으로 원자들의 움직임이다. 이 원자들 속에 있는 전자들이 전자기파를 발생시켜 우리가 밤에도 용암을 볼 수 있게 하는 것이다.

이렇듯 물체가 전자기파를 방출하는 현상을 열복사라고 하며, 모든 물체는 열복사를 통해 전자기파를 방출한다. 물체는 온도가 높을수록 파장이 짧은 전자기파를 더 많이 방출하는데, 우리가 빛으로 볼 수 있는 파장의 길이는 380~750 nm 사이인 가시광선 영역에 해당한다. 사람의 피부는 온도가 낮아 파장이 긴 적외선 영역이 많이 나오기 때문에 밤에 피부가 빛나는 것을 볼 수 없는 것이다. 이처럼 물체는 자신의 온도에 따라 독특한 파장의 전자기파를 표면에서 방출한다.

물체의 온도에 따라 방출하는 파장과 파장에 따른 에너지의 세기와의 관계는 흑체복사 곡선에서도 확인할 수



있다. 흑체란 외부의 빛을 완벽하게 흡수하여 반사되는 빛이 없는 이상적인 물체로, 이 물체가 빛을 방출하기 위해서는 반드시 열에너지가 필요하다. 일정한 온도에 따라 흑체가 복사하는 파장의 분포를 나타낸 것을 흑체복사 곡선이라고 한다. 이 곡선을 그린 그래프의 가로축은 파장, 세로축은 파장에 따라 방출하는 에너지의 세기, 그래프의 넓이는 흑체에서 복사하는 에너지의 양을 나타낸다. 흑체복사 곡선은 흑체를 구성하는 물질의 성질이나 크기와는 상관없이, 흑체의 온도에만 영향을 받는다. 그래프를 보면 온도가 높을수록 그래프의 면적은 넓어지고, 에너지 세기의 최고점이 높아지면서 파장이 짧은 쪽으로 이동하는 것을 확인할 수 있다. 흑체에서 방출하는 빛의 색이 온도에 따라 다른 것은 온도에 따라 에너지 세기가 가장 높은 지점의 파장이 다르기 때문이다.

흑체복사 곡선을 이용해서 우리는 별의 온도를 추정할 수 있다. 태양의 파장 분포는 흑체복사 곡선에서 5,000 K\*의 파장 분포와 매우 흡사하므로 태양의 표면 온도는 약 5,000 K이라 할 수 있다. 그런데 ㉠ 어떤 별들은 태양보다 파장이 더 짧은 영역에 해당하는 하얀색~파란색을 띤다. ㉡ 우리는 이런 별들의 표면 온도를 5,000 K보다 높다고 추정할 수 있다.

\*K(켈빈): 절대 온도의 단위.

23. 윗글을 읽고 해결할 수 있는 질문이 아닌 것은?

- ① 우리가 빛이 없는 밤에도 용암을 볼 수 있는 이유는 무엇일까?
- ② 원자의 종류에 따라 전자기파의 파장은 어떻게 달라질까?
- ③ 적외선과 가시광선 중 파장이 더 긴 것은 무엇일까?
- ④ 왜 깜깜한 밤에는 들판에 있는 꽃을 볼 수 없을까?
- ⑤ 얼음같이 차가운 물체도 전자기파를 방출할까?

24. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

< 보기 >

석탄은 외부의 빛을 거의 모두 흡수해 버리기 때문에 검은 색으로 보인다. 빛이 전혀 들어오지 않는 지하에서 우리는 석탄을 볼 수 없지만, 석탄을 달구면 어느 순간부터 우리가 볼 수 있는 빛을 방출하기 시작한다. 이때 석탄에서 방출하는 빛의 색은 약 900 K 이상에서 빨간색, 약 1,300 K 이상에서 주황색, 약 2,300 K 이상이 되면 노란색으로 달라진다.

- ① 광원이 없다면 달궈지지 않은 석탄은 우리 눈에 보이지 않겠군.
- ② 석탄의 크기나 양을 달리해서 달궈도 온도가 같으면 석탄은 같은 색으로 빛나겠군.
- ③ 달궈진 석탄을 볼 수 있는 것은 가시광선 영역에 해당하는 파장의 빛이 나오기 때문이군.
- ④ 석탄에서 방출하는 빛의 색이 빨간색에서 노란색으로 변할수록 석탄이 방출하는 파장의 분포 곡선에서 그래프의 면적은 넓어지겠군.
- ⑤ 석탄에서 방출하는 빛의 색이 빨간색에서 주황색으로 변할수록 석탄이 방출하는 파장의 분포 곡선에서 최고점은 오른쪽으로 이동하겠군.

25. ㉠을 바탕으로 ㉡을 판단하기 위해 필요한 사실로 가장 적절한 것은?

- ① 온도가 높을수록 흑체에서 복사하는 에너지의 양은 많아진다.
- ② 온도가 높을수록 모든 파장의 영역에서 에너지의 세기가 커진다.
- ③ 온도가 높을수록 흑체복사 곡선에서 최고점에 해당하는 파장의 길이가 짧아진다.
- ④ 태양보다 온도가 높은 별들은 태양에 비해 파장이 긴 전자기파도 더 많이 방출한다.
- ⑤ 물체의 온도가 높아지는 정도와 흑체에서 방출하는 에너지의 세기는 반드시 비례하지는 않는다.

◆ 11년 10월 고3 28~30번

[28 ~ 30] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

1965년 미국 벨 전화 회사의 연구원인 펜지어스와 윌슨은 안테나를 이용하여 장거리 무선 통신 및 우주 전파 신호를 탐사하던 중 일정한 세기의 전파 잡음이 항상 잡힌다는 것을 발견했다. 이들은 이 잡음이 우주로부터 하늘의 모든 방향에 걸쳐 거의 동일한 세기로 지구로 날아오는 신호라는 것을 알아냈지만 정체가 무엇인지는 알지 못했다. 비슷한 시기에 다른 과학자들은 대폭발로 생성된 우주가 팽창하면서 식어 갔다면 현재 우주에 남아 있어야 할 어떤 빛이 있을 것으로 예측하고 이 빛을 찾고 있었다.

대폭발 우주론에서는 우주가 약 137억 년 전 밀도와 온도가 매우 높은 상태의 대폭발로부터 시작하였다고 본다. 대폭발 초기 3분 동안 광자, 전자, 양성자(수소 원자핵) 및 헬륨 원자핵이 만들어졌다. 양(+)의 전하를 가지고 있는 양성자 및 헬륨 원자핵은 음(-)의 전하를 가지고 있는 전자와 결합하여 수소 원자와 헬륨 원자를 만들려고 하지만 온도가 높은 상태에서는 전자가 매우 빠른 속도로 움직이기 때문에 원자핵에 쉽게 붙들리지 않는다. 따라서 우주 탄생 초기에는 전자가 양성자에 붙들리지 않은 채 자유롭게 우주 공간을 움직여 다닐 수 있었다.

이와 같이 양성자로부터 완전히 독립적으로 움직이는 전자를 자유 전자라고 하는데, 대폭발 초기에 빛은 자유 전자에 의해 물질 속에 갇혀 물질 밖으로 빠져나올 수 없었다. 빛이 빠져나올 수 없었기 때문에 이 당시의 우주는 속을 들여다볼 수 없는 매우 불투명한 상태였다. 그 이후로 우주가 계속 팽창했고 우주 탄생 후 약 40만 년이 지나자 자유 전자들의 간격이 벌어져 빛이 그 틈새로 빠져나가게 되어 우주가 점점 투명해지기 시작했다. 또 이때 우주의 온도가 3,000K\* 아래로 내려가 자유 전자가 양성자 및 헬륨 원자핵에 붙들려 결합되면서 수소 원자와 헬륨 원자가 만들어졌다. 빛의 경로를 가로막던 자유 전자라는 장애물이 갑자기 사라져 버리자 빛은 물질과 분리되어 아무 막힘없이 우주 공간 속으로 퍼지기 시작하였다. 이때가 우주가 완전히 투명해진 시점이며 이때를 '재결합 시기'라고 한다.

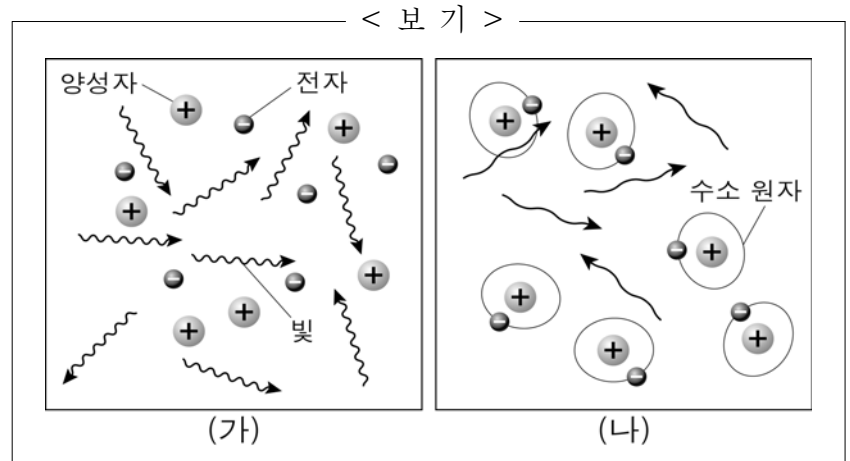
이 시기에 자유 전자에 가로막혀 있던 수많은 빛이 자유로운 항해를 시작하여 우주 전체로 균일하게 퍼져 나가게 되었는데, 이것을 '우주 배경 복사\*'라고 한다. 우주 배경 복사는 만들어질 당시의 온도가 3,000K였다가 지구로 날아오는 동안 ㉠ 우주의 팽창과 함께 계속 식어서 현재 2.7K까지 내려갔다. 즉, 아주 뜨거웠던 대폭발 우주의 흔적이 오늘날 매우 차가워진 우주 배경 복사로 남아 있는 것이며, 재결합 당시보다 약 1,100배 낮은 온도인 바로 이 신호가 펜지어스와 윌슨에 의해 전파 잡음으로 확인된 것이다. 은하가 형성되기 훨씬 전에 만들어져 하늘의 모든 방향에서 지구로 날아오고 있는 우주 배경 복사의 존재는 대폭발 우주론에 대한 강력한 증거가 되고 있다.

\* K : 절대 온도(켈빈 온도)의 단위. 0K는 -273.15℃.  
\* 복사(輻射) : 물체로부터 열이나 전자기파가 사방으로 방출됨.

28. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 우주 배경 복사가 만들어질 당시에는 은하가 형성되지 않았다.
- ② 수소 원자와 헬륨 원자는 우주에서 제일 먼저 만들어진 원자이다.
- ③ 펜지어스와 윌슨은 우주 대폭발로 남겨진 어떤 빛을 찾고 있었다.
- ④ 우주가 탄생하고 약 40만 년이 지나서 빛과 물질이 분리되기 시작했다.
- ⑤ 우주 배경 복사는 하늘의 모든 방향에서 거의 동일한 세기로 날아오고 있다.

29. 위 글을 바탕으로 <보기>에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① (가)는 (나)보다 온도가 높다.
- ② (가)는 (나)에 비해 불투명하다.
- ③ (나)는 (가)에 비해 밀도가 낮다.
- ④ (나)는 (가)보다 전자의 움직임이 빠르다.
- ⑤ (나)는 (가)에 비해 빛의 움직임이 자유롭다.

30. ㉠의 현상과 가장 유사한 것은?

- ① 끓는 물을 차가운 유리컵에 부으면 유리컵이 깨진다.
- ② 입을 오므리고 입김을 세게 불면 찬바람이 되어 나온다.
- ③ 찌그러진 탁구공을 따뜻한 물에 넣으면 탁구공이 퍼진다.
- ④ 여름철 낮에 지열에 의해 팽창됐던 타이어가 밤이 되면 수축한다.
- ⑤ 전깃줄이 더운 여름에는 아래로 처지고, 추운 겨울에는 팽팽해진다.

[33~35] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

지구 주위를 돌고 있는 수많은 인공위성에는 지표를 세밀히 관측할 수 있는 다양한 영상 센서가 탑재되어 있다. 1960년대 초반부터 주로 군사적 목적으로 개발되기 시작한 위성 영상 센서는 근래에는 지구 환경의 이해를 위한 과학적 목적으로도 광범위하게 사용되고 있다. 원격탐사학은 이러한 센서 시스템을 통하여 비접촉 방식으로 물체에 대한 정보를 취득하고 분석하는 학문이다. 이를 바르게 이해하기 위해서는 원격탐사에 사용되는 에너지와 물체 간의 복잡한 상호 작용을 살펴보아야 한다.

태양으로부터 방출된 복사 에너지는 전자기파의 형태로 우주 공간을 빛의 속도로 진행한 후 지구 대기를 통과하여 지표면에서 반사된 다음 다시 대기를 거쳐 위성 센서에 도달하는 방식으로 측정된다. 물체에 입사하는 에너지와 반사되는 에너지의 비를 반사율이라 하는데, 원격탐사는 파장에 따른 반사율인 분광 반사율을 이용하여 물체의 성질을 알아낸다.

물체는 다양한 파장의 복사 에너지를 방출하는데, 그중 에너지가 최대인 파장을 '최대 에너지 파장'이라 한다. 표면의 절대 온도가 약 6,000K인 태양의 최대 에너지 파장은  $0.48\mu\text{m}$ 이다. 이에 맞추어 초기의 위성 영상은 가시광선( $0.4\sim 0.7\mu\text{m}$ )만을 이용했는데, 근래에는 기술의 발달로 사람의 눈으로는 볼 수 없는 근적외선, 중적외선, 열적외선 등 다양한 파장 대역을 이용할 수 있게 되어 원격탐사의 유용성이 더욱 커졌다.

예를 들어 우리 눈에는 천연 잔디와 인공 잔디가 똑같이 녹색으로 보이지만, 근적외선( $0.7\sim 1.2\mu\text{m}$ )을 사용하면 두 물체는 확연히 구별된다. 녹색의 잎은 이 대역에서 약 50%의 강한 반사를 일으켜 위성 영상에서 밝게 보이는 반면, 인공 잔디는 약 5%만을 반사하여 어둡게 보이기 때문이다.

중적외선( $1.2\sim 3.0\mu\text{m}$ )은 잎의 수분 함량에 대한 민감도가 가시광선보다 뛰어나 작물의 생육 상태와 관련된 중요한 정보를 얻는데 사용된다. 또한 중적외선은 광물이나 암석의 고유한 분광 반사 특성을 이용한 자원 탐사에도 활용된다. 도자기의 원료인 고령토는  $2.17, 2.21, 2.32, 2.58\mu\text{m}$ 의 중적외선을 흡수하는데, 어떤 물체의 분광 반사율이 이와 같은 특성을 가진다면 이는 고령토로 판단할 수 있다.

지구에서 방출되는 지구 복사 에너지가 집중되어 있는 열적외선( $3\sim 14\mu\text{m}$ )은 지표면의 온도 분포에 대한 정보를 제공한다. 물체가 방출하는 복사 에너지의 최대 에너지 파장은 물체의 절대 온도에 반비례하므로, 산불(온도 약 800K, 최대 에너지 파장  $3.62\mu\text{m}$ ) 감시나 지표면의 토양, 물, 암석 등(온도 약 300K, 최대 에너지 파장  $9.67\mu\text{m}$ )의 온도 감지에는 열적외선 센서가 유용하다.

여기서 전자기파는 지표에 도달하기 전과 반사된 후에 각각 대기 입자에 의해 산란·흡수된다는 점에 유의해야 한다. 대기 중에 먼지, 안개, 구름이 없는 청명한 날에도 산소나 질소 입자와 같이 입사파의 파장보다 월등히 작은 유효 지름을 가지는 대기 입자에 의하여 산란이 발생한다. 이를 레일리 산란이라 하는데, 그 강도는 파장의 4제곱에 반비례한다. 예를 들어 파장이  $0.32\mu\text{m}$ 인 자외선은 파장이  $0.64\mu\text{m}$ 인 적색광에 비하여 약 16배 강한 산란을 보인다. 레일리 산란은 대기의 조성과 밀도를 알려 주는 중



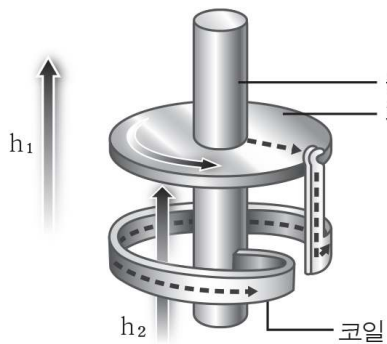
◆ 13년 4월 고3 A형 23~25번

[23~25] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리는 지구가 만들어 낸 커다란 자기장 속에서 살고 있다. 만약 금성처럼 지구에 자기장이 생성되지 않았다면 태양으로부터 쏟아지는 전기성을 띤 입자들을 막지 못했을 것이며, 그 결과 전기 입자들이 지닌 높은 에너지로 인해 대기층이 손상되어 생명체의 생존이 불가능했을 것이다. 이렇게 중요한 역할을 하는 지구의 자기장은 어떻게 만들어진 것일까?

과거의 과학자들은 지구 내부에 고체로 된 영구자석이 들어 있어서 지구 자기장을 형성한다고 추측했다. 이를 영구자화설이라고 한다. 하지만 지구 내부의 온도는 물질이 자성\*을 유지할 수 있는 온도, 즉 '큐리온도'보다 높기 때문에 이 가설은 설득력을 잃게 되었다.

그 이후에 과학자들은 지구의 외핵을 이루는 물질이 액체 상태로 존재한다는 사실과 그 물질들의 대부분은 전기 전도도가 높은 철과 니켈이라는 점에 주목하였다. 그들은, 외핵을 구성하는 물질들은 유동적인 액체 상태이므로 지구의 자전 운동에 의해 외핵 내부를 순환할 것이고, 이러한 전기 전도도가 높은 물질의 유동적인 순환은 전류 생성의 조건이 될 수 있다고 생각했다. 이와 같은 가정과, 전류가 생성되면 그 주변에 자기장이 형성된다는 사실을 바탕으로 과학자들은 지구 내부에 지구 자기장을 형성하는 시스템이 존재할 것이라고 추측했다. 다만 전기 전도도가 높은 물질의 순환만으로는 전류가 생성될 수 없으므로 전자기유도현상\*을 근거로 지구 외부로부터의 자기장이 지구 자기장 형성에 영향을 미쳤을 것이라고 전제하였다.



<그림>

이와 같은 지구 자기장 형성 원리를 증명하기 위해 고안된 장치를 다이나모라고 한다. ㉠ 다이나모는 <그림>과 같이 중심축과 전기 전도도가 높은 물질로 구성된 회전판, 전류를 계속 순환시키기 위해 중심축과 회전판을 연결한 코일 등으로 구성된다. 우선 중심축을 돌리면

회전판이 함께 움직이게 된다. 이후 <그림>의  $h_1$ 과 같이 중심축과 평행한 방향으로 1차적인 자기장을 형성시켜 주면 전자기유도현상에 의해 회전판에서 전류가 발생하게 된다. 이렇게 형성된 전류는 코일을 따라 흐르면서 코일 주변에 <그림>과 같이 2차적인 자기장( $h_2$ )을 형성하게 된다. 이후 중심축이 계속 돈다면 1차적인 자기장이 없다 하더라도 2차적인 자기장에 의해 전류가 사라지지 않게 되고, 또한 전류가 코일을 따라 계속 순환되기 때문에 2차적인 자기장도 유지될 수 있는 것이다.

이와 같은 원리를 적용하여 지구 자기장의 형성을 설명하고 있는 것이 다이나모 이론이다. 이 이론에 의하면 지구 자기장은 전기 전도도가 높은 물질의 순환과 외부로부터 주어진 1차적인 자기장의 영향에 의해 형성되었다고 할 수 있다.

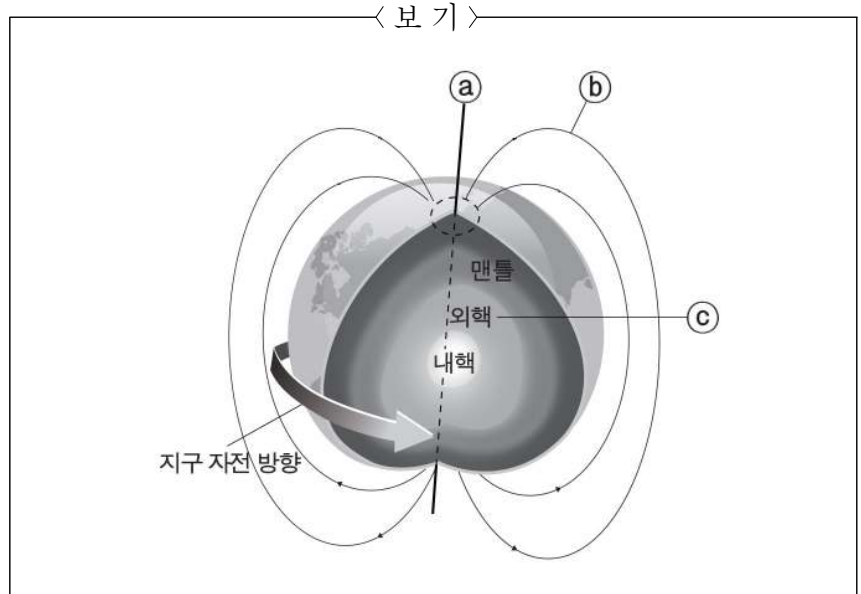
\* 자성: 자석이 갖는 작용이나 성질.

\* 전자기유도현상: 자기장 속에서 도체를 움직이거나, 도체의 주변에서 자기장을 변화시키면 전류가 생성되는 현상.

23. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 지구 외핵을 이루는 주요 물질은 철과 니켈이다.
- ② 큐리온도보다 높아지면 물질의 자성이 유지될 수 없다.
- ③ 전자기유도현상은 지구 자기장의 존재에 의해 증명되었다.
- ④ 과거의 과학자들은 지구 내부에 자석이 존재한다고 생각했다.
- ⑤ 지구 자기장은 지구로 들어오는 전기성을 띤 입자를 막아준다.

※ <보기>는 지구의 단면과 지구 내부로부터 형성된 자기장을 나타낸 것이다. 24번과 25번의 두 물음에 답하시오.



24. ㉠의 구성 요소를 <보기>의 ㉠~㉢와 대응시켜 바르게 짝지은 것은?

	㉠	㉡	㉢
①	중심축	2차적인 자기장	회전판
②	회전판	1차적인 자기장	코일
③	중심축	1차적인 자기장	회전판
④	회전판	2차적인 자기장	코일
⑤	코일	2차적인 자기장	중심축

25. <보기>와 관련지어 윗글을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

- ① ㉠을 중심으로 한 지구의 자전은 ㉡가 유지되는 것에 영향을 미치지 않겠다.
- ② ㉠을 중심으로 한 지구의 자전으로 인해 ㉢를 구성하는 물질들이 순환하는 것이겠군.
- ③ ㉡가 형성되었다라도 지구 외부로부터의 자기장에 계속 영향을 받지 않는다면 ㉢에서 발생한 전류는 유지될 수 없겠군.
- ④ ㉢를 구성하는 물질들의 전기 전도도가 높은 것은 ㉠을 형성하는 조건이 되었겠군.
- ⑤ ㉢를 구성하는 물질들이 순환하고 있더라도 지구 외부로부터의 자기장이 없었다면 ㉢에는 전류가 발생할 수 없었겠군.

◆ 13 LEET 언어이해 19~21번

[19~21] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

수성은 태양계에서 가장 작은 행성으로 반지름이 2,440km이며 밀도는 지구보다 약간 작은 5,430kg/m<sup>3</sup>이다. 태양에서 가장 가까운 행성인 수성은 금성, 지구, 화성과 더불어 지구형 행성에 속하며, 딱딱한 암석질의 지각과 맨틀 아래 무거운 철 성분의 핵이 존재할 것으로 추측되나 좀 더 정확한 정보를 알기 위해서는 탐사선을 이용한 조사가 필수적이다. 그러나 강한 태양열과 중력 때문에 접근이 어려워 현재까지 단 두 기의 탐사선만 보내졌다.

미국의 매리너 10호는 1974년 최초로 수성에 근접해 지나가면서 수성에 자기장이 있음을 감지하였다. 비록 그 세기는 지구 자기장의 1%밖에 되지 않았지만 지구형 행성 중에서 지구를 제외하고는 유일하게 자기장이 있음을 밝힌 것이었다. 지구 자기장이 전도성 액체인 외핵의 대류와 자전 효과로 생성된다는 다이내모 이론에 근거하면, 수성의 자기장은 핵의 일부가 액체 상태임을 암시한다. 그러나 수성은 크기가 작아 철로만 이루어진 핵이 액체일 가능성은 희박하다. 만약 그랬더라도 오래전에 식어서 고체화 되었을 것이다. 따라서 지질학자들은 철 성분의 고체 핵을 철-황-규소 화합물로 이루어진 액체 핵이 감싸고 있다고 추측하였다. 하지만 감지된 자기장이 핵의 고체화 이후에도 암석 속에 자석처럼 남아 있는 잔류자기일 가능성도 있었다.

2004년 발사된 두 번째 탐사선 메신저는 2011년 3월 수성을 공전하는 타원 궤도에 진입한 후 중력, 자기장 및 지형 고도 등을 정밀하게 측정하였다. 중력 자료에서 얻을 수 있는 수성의 관성모멘트는 수성의 내부 구조를 들여다보는 데 중요한 열쇠가 된다. 관성모멘트란 물체가 자신의 회전을 유지하려는 정도를 나타낸다. 물체가 회전축으로부터 멀리 떨어질수록 관성모멘트가 커지는데, 이는 질량이 같을 경우 넓적한 팽이가 훌쭉한 팽이보다 오래 도는 것과 같다.

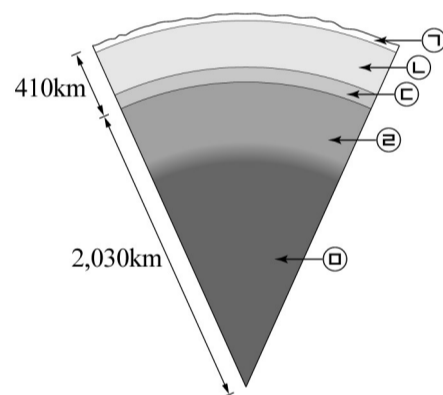
질량 M인 수성이 자전축으로부터 반지름 R만큼 떨어져 있는 한 점에 위치한 물체라고 가정한 경우의 관성모멘트는 MR<sup>2</sup>이다. 수성 전체의 관성모멘트 C를 MR<sup>2</sup>으로 나눈 값인 정규관성모멘트(C/MR<sup>2</sup>)는 수성의 밀도 분포를 알려 준다. 행성의 전체 크기에서 핵이 차지하는 비율이 클수록 정규관성모멘트가 커진다. 메신저에 의하면 수성의 정규관성모멘트는 0.353으로서 지구의 0.331보다 크다. 따라서 수성 핵의 반경은 전체의 80% 이상을 차지하며, 55%인 지구보다 비율이 더 크다.

행성은 공전 궤도의 이심률로 인하여 미세한 진동을 일으키는데, 이를 '경도칭동'이라 하며 그 크기는 관성모멘트가 작을수록 커진다. 이는 훌쭉한 팽이가 외부의 작은 충격에도 넓적한 팽이보다 크게 흔들리는 것과 같다. 조석고정 현상으로 지구에서는 달의 한쪽 면만 관찰할 수 있는 것으로 보통은 알려져 있으나, 실제로는 칭동 현상 때문에 달 표면의 59%를 볼 수 있다. 만약 수성이 삶은 달걀처럼 고체라면 수성 전체가 진동하겠지만, 액체 핵이 있다면 그 위에 놓인 지각과 맨틀로 이루어진 '외곽층'만이 날달걀의 껍질처럼 미끄러지면서 경도칭동을 만들어 낸다. 따라서 액체 핵이 존재할 경우 경도칭동의 크기는 수성 전체의 관성모멘트 C가 아닌 외곽층 관성모멘트 C<sub>m</sub>에 반비례한다. 현재까지 알

려진 수성의 경도칭동 측정값은 외곽층의 값 C<sub>m</sub>을 관성모멘트로 사용한 이론값과 일치하고 있어, 액체 핵의 존재 가설을 강력히 뒷받침하고 있다.

과학자들은 메신저에서 얻어진 정보를 이용하여 수성의 모델을 제시하였다. 이에 따르면 핵의 반경은 2,030km이고 외곽층의 두께는 410km이다. 지형의 높낮이는 9.8km로서 다른 지구형 행성에 비해 작는데, 이는 지각의 평균 두께가 50km인 것을 고려할 때 맨틀의 두께가 360km로 비교적 얇아서 맨틀 대류에 의한 조산 운동이 활발하지 않기 때문으로 해석된다. 외곽층의 밀도(ρ<sub>m</sub>)는 3,650kg/m<sup>3</sup>로 지구의 상부 맨틀(3,400kg/m<sup>3</sup>)보다 높다. 그러나 메신저의 엑스선 분광기는 수성의 화산 분출물에 무거운 철이 거의 없음을 밝혀냈는데 이는 매우 이례적인 결과이다. 왜냐하면 이는 맨틀에도 철의 양이 적다는 것이고, 그렇다면 외곽층의 높은 밀도를 설명할 길이 없기 때문이다. 이를 보완하기 위해 과학자들은 하부 맨틀에 밀도가 높은 황화철로 이루어진 반지각(anticrust)이 존재하며 그 두께는 지각보다 더 두꺼울 것이라는 새로운 가설을 제기하고 있다.

19. 수성의 내부 구조를 나타내는 아래 그림에서 ㉠~㉤에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



- ① ㉠의 표면은 지구에 비해 높낮이가 작다.
- ② ㉠, ㉡의 밀도는 지구의 상부 맨틀보다 높다.
- ③ ㉢의 존재는 메신저의 탐사로 새롭게 제기되었다.
- ④ ㉢, ㉤은 황 성분을 포함하고 있다.
- ⑤ ㉢, ㉤, ㉥은 철 성분을 포함하고 있다.

20. 위 글에서 수성에 액체 상태의 핵이 존재한다는 가설을 지지하지 않는 것은?

- ① 자기장의 존재
- ② 전도성 핵의 존재
- ③ 철-황-규소 층의 존재
- ④ 암석 속 잔류자기의 존재
- ⑤ 현재 알려진 경도칭동의 측정값

21. <가정>에 따라 수성의 모델을 바르게 수정한 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<가 정>

2019년 수성에 도착한 베피콜롬보 탐사선의 새로운 관측을 통해 현재의 측정값이 다음과 같이 변화된다.

- 수성 전체의 정규관성모멘트( $C/MR^2$ ) 증가
- 외곽층의 관성모멘트( $C_m$ ) 감소
- 외곽층의 밀도( $\rho_m$ ) 증가

(단, 수성의 질량  $M$ 과 반지름  $R$ 는 변화가 없다.)

<보 기>

ㄱ. 핵이 더 클 것이다.  
ㄴ. 경도칭동이 더 작을 것이다.  
ㄷ. 반지각이 더 두꺼울 것이다.

- ① ㄱ                    ② ㄴ                    ③ ㄱ, ㄷ  
④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[11~13] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

운석은 소행성 혹은 다른 행성 등에서 떨어져 나온 물체가 지구 표면에 떨어진 것으로 우주에 관한 주요 정보원이다. 1984년 미국의 탐사대가 남극 지역에서 발견하여 ALH84001(이하 ALH)이라고 명명한 주먹 크기의 운석도 그것의 한 예이다. 여러 해에 걸친 분석 끝에 1996년 NASA는 ㉠ ALH가 화성에서 기원하였으며, 그 속에서 초기 생명의 흔적으로 추정할 수 있는 미세 구조물이 발견되었다는 발표를 하였다.

이 운석이 화성에서 왔다는 증거는 ALH에서 발견된 ㉡ 산소 동위 원소들 간의 구성비였다. 이 구성비는 지구의 암석에서 측정되는 것과는 달랐지만, 화성에서 온 운석으로 알려진 스닉스(SNCs)에서 측정된 것과는 일치했다.

성분 분석 결과에 의하면 스닉스는 화산 활동에서 만들어진 화산암으로, 산소 동위 원소 구성비가 지구의 것과 다르기 때문에 지구의 물질은 아니다. 소행성은 형성 초기에 급속히 냉각되어 화산 활동이 불가능하기 때문에, 지구에 화산암 운석을 보낼 수 있는 천체는 표면이 고체인 금성, 화성, 달 정도다. 그런데 방사성 동위 원소로 측정된 결과 스닉스는 약 10억 년 전에 형성된 것으로 밝혀졌다. 지질학적 분석 결과 그 시기까지 달에는 화산 활동이 없었기 때문에 화산암이 생성될 수가 없었다. 금성과 화성에는 화산 폭발이 있었지만 계산 결과 어떤 화산 폭발도 이들 행성의 중력권 밖으로 파편을 날려 보낼 만큼 강력하지는 않았다. 커다란 운석의 행성 충돌만이 행성의 파편을 우주로 날려 보낼 수 있을 것이다. 그러나 금성은 농밀한 대기와 큰 중력으로 인해 파편 이탈이 쉽지 않으므로 화성이 유력한 후보로 남게 된다. 그런데 스닉스에서 발견된 모(母)행성 대기의 기체 일부가 바이킹 화성 탐사선이 분석한 화성의 대기과 구성 성분이 일치했다. 따라서 스닉스는 화성에서 왔을 것이며, ALH 역시 화성에서 기원했을 것이다. ALH에서 발견된 ㉢ 이황화철(FeS<sub>2</sub>)도 화성의 운석에서 흔히 발견되는 성분이다.

ALH의 기원이 밝혀진 이후 이 운석에 대한 본격적인 분석이 시작되었다. 먼저 루비듐(Rb)과 스트론튬(Sr)을 이용한 방사성 연대 측정을 통해 ALH의 나이가 화성과 비슷한 45억 년임이 판명되었다. ALH가 화성을 언제 떠났는지는 우주 복사선 효과를 통해 알 수 있었다. 운석이 우주 공간에 머물 때는 태양과 은하로부터 오는 복사선의 영향으로 새로운 동위 원소인 ㉣ 헬륨3, 네온21 등이 생성되는데, 그들의 생성률과 구성비를 측정하면 운석이 우주 공간에 머문 기간을 추정할 수 있다. ALH는 1,600만 년을 우주 공간에서 떠돌았다. ALH가 지구에 떨어진 시점은 ALH에 포함된 또 다른 동위 원소인 탄소14를 사용해 계산하였다. 측정 결과 ALH는 13,000년 전에 남극에 떨어진 것으로 밝혀졌다.

ALH의 표면에는 갈라진 틈이 있었고, 이 안에서 20 $\mu$ m~250 $\mu$ m 크기의 둥근 ㉤ 탄산염 알갱이들이 발견되었다. 탄산염은 물에 의해 생성되거나 생물체의 활동으로부터 만들어질 수 있다. 어느 쪽이든 생명의 존재를 시사한다. 이 탄산염이 혹시 지구로부터 유입되었을 가능성이 있어 연대 측정을 해 본 결과 36억 년 전에 형성된 것이었다. 생물체가 분해될 때 생성되는 탄소 화합물인 '여러고리방향족탄화수소(PAH)'도 검출되었다. PAH 역시 외부 오염 가능성이 제기되었는데, ALH에서 PAH의 분포를 조사한 결과 안쪽으로 갈수록 농도가 증가하였다. 이것으로 외부 오염 가능성을

배제할 수 있었다. 탄산염 안에서 발견된 ㉥ 자철석 결정도 박테리아 내부에서 만들어지는 자철석 입자들이 모여 생성된 것과 그 형태가 흡사했다. 생물체의 존재에 대한 증거는 전자 현미경 분석에서 나왔다. 지구의 박테리아와 형태가 비슷하지만 크기는 매우 작은 25nm~100nm 정도의 미세 구조물들이 탄산염 알갱이에 붙어 있는 것을 확인한 것이다. 연구진은 이상의 분석을 종합해 볼 때, ㉦ 이것을 36억 년 전 화성에 살았던 미생물이 화석화한 것으로 추정할 수 있다는 결론을 내렸다.

11. 위 글에서 추측할 수 있는 연구와 그 결과에 대한 해석이 바르게 연결되지 않은 것은?

	연구	결과 해석
①	달에 대한 지질학적 분석	스닉스가 달에서 오지 않았다.
②	금성의 중력과 대기 밀도 측정	스닉스가 금성에서 오지 않았다.
③	스닉스의 암석 성분 분석	스닉스가 소행성에서 오지 않았다.
④	스닉스에 포함된 산소 동위 원소 구성비 분석	스닉스가 지구의 것이 아니다.
⑤	스닉스의 형성 연대 측정	스닉스가 우주에서 10억 년 동안 떠돌았다.

12. ALH에서 발견된 ㉠~㉥ 중, ㉠과 관계가 없는 것은?

- ① ㉠      ② ㉡      ③ ㉢      ④ ㉤      ⑤ ㉥

13. <보기>의 '㉧~㉬'이 모두 사실이라고 할 때, ㉬에 대한 반박의 증거로 활용하기에 적절한 것만을 고른 것은?

<보 기>

㉧. ALH를 제외한 화성에서 온 다른 운석에서는 탄산염 알갱이가 발견되지 않는다.

㉨. 생명 현상과 무관한 화학 물질 혼합물에서도 50nm 정도의 미세 구조물이 생길 수 있다.

㉩. 우주 복사선은 DNA나 단백질과 같은 분자를 파괴하여 생명 현상을 불가능하게 만든다.

㉪. PAH는 지구뿐 아니라 우주에 널리 분포하고 있으며, 물리적으로 생성된 탄소질 운석에서도 발견된다.

- ① ㉧, ㉨      ② ㉧, ㉩      ③ ㉨, ㉩  
 ④ ㉨, ㉪      ⑤ ㉩, ㉪

◆ 03년 3월 고3 28~32번

[ 28~32 ] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

(가) 중국의 주흥사(周興嗣)가 왕의 명에 따라 하룻밤 동안 천 글자로 지었다는 ㉠이야기가 전해지는 『천자문(千字文)』은 하늘 천(天), 땅 지(地), 검을 현(玄), 누를 황(黃) 네 글자로 시작된다. 여기서 저자는 대낮의 하늘이 푸르다는 사실보다 밤하늘이 검다는 사실에 주목하고 있는 듯하다. 밤하늘은 왜 어두운가? 여기에는 무언가 우주의 깊은 신비가 도사리고 있을 것이다.

(나) 밤하늘이 왜 어두운지 알기 위해서는 우선 우주의 나이와 별의 평균 수명을 따져 봐야 한다. 우주 도처에서 별들이 빛을 내기 시작한 때부터 현재까지  $t$ 라는 시간이 흘렀다고 하자. 그리고 별의 평균 수명을  $T$ 라고 표시해 보자. 그렇다면 빛의 속도  $c$ 에 우주의 나이  $t$ 를 곱한 값  $ct$ 는 우주 탄생 이후 빛이 움직인 거리가 된다. 만약  $t < T$ 라면, 즉 아직까지 죽은 별이 하나도 없다면  $ct$ 보다 가까운 거리에 있는 별들에서 나온 빛은 모두 관측자에게 도달할 수 있다. 그러나  $ct$ 보다 먼 곳에서 출발한 빛은 이 관측자에게 아직 도착하지 않은 셈이다. 그러므로 반지름이  $ct$ 인 구(球) 내부에 있는 별들만이 밤하늘에 보이는 것이다.

(다) 만약  $t > T$ , 즉 우주의 나이가 별의 평균 수명보다 긴 경우라면 관측자로부터 거리  $cT$ 인 구 내부에 있는 별들은 대부분 더 이상 빛을 낼 수 없는 암체(暗體)로 변해 버렸을 것이다. 그러므로 지금 관측자에게 도달한 빛을 발하고 있는 별은  $cT$ 와  $ct$  사이에 있는 제한된 공간의 별일 따름이다. 그리고  $cT$ 와  $ct$  사이에서 출발한 빛이 우리에게 도착한 순간에 이 지역에도 죽은 별이 생길 수도 있다. 따라서, 우주의 나이가 별의 평균 수명보다 길든 짧든, 유한한 부피 내부에 있는 별들만이 우리의 하늘을 밝혀 줄 수 있다는 결론에 이르게 된다. 그러므로 밤하늘의 밝기 역시 유한하게 될 것이고, 왜 밤하늘이 어두운지 설명할 수 있게 된다.

(라) 한편 별과 별 사이에 존재하는 성간 물질도 밤하늘의 밝기에 영향을 준다. 우리는 안개 낀 날에 가로등을 보면 가로등 빛이 뿌옇게 흩어지는 것을 볼 수 있다. 또한, 어두운 밤길에 전등을 비추면 전등에서 나온 빛이 진행하다가 안개 입자나 공기 중의 먼지에 의해 산란되어 나타난 결과이다. 우주에서도 이와 유사한 일이 벌어진다. 별과 별 사이에는 수소 기체나 먼지들이 있다. 이러한 성간 물질들에 의해 먼 별에서 출발한 빛은 지구로 오는 도중 산란되어 점차 그 빛의 양이 줄어들게 된다. 이처럼 멀리서 오는 별빛은 지구에 도달하지 못하거나 희미해지기 때문에 밤하늘은 어둡게 보이는 것이다.

(마) 만약 무수히 많은 별들이 사라지지 않은 채 우주에 끝없이 흩어져 있고 별과 별 사이가 텅 빈 공간이라면 밤하늘도 이처럼 어둡지는 않을 것이다. 그러나 별들은 지금도 하나 둘씩 사라지고 있으며 우주의 공간에는 여러 물질들이 존재하고 있기에 밤하늘은 어두울 수밖에 없는 것이다. 이렇게 본다면 '天玄'이라는 두 글자 속에는 우주의 근본 원리에 대한 과학철학적 통찰이 깃들여 있는 것은 아닐까? 시인이 밤하늘을 바라보며 별들이 속삭이는 이야기에 귀를 기울이듯이, 과학자들도 밤하늘의 어둠을 보면서 우주의 신비를 찾는다. 당연한 듯 보이는 사실에서 의미심장한 자연의 모습을 엿볼 수 있는 것이 과학자의 권리요 즐거움이다.

28. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 성간 물질의 존재 여부는 밤하늘의 밝기에 영향을 미친다.
- ② 과거에 출발한 별빛을 지금 모두 관측할 수 있는 것은 아니다.
- ③ 과학자들도 아직까지 밤하늘이 어둡게 보이는 이유를 밝혀 내지 못하고 있다.
- ④ 안개 낀 날에 가로등 빛이 뿌옇게 흩어지는 것은 빛의 산란 현상 때문이다.
- ⑤ 우리가 현재 관측하고 있는 별빛은 이미 사라진 별에서 나온 것일 수도 있다.

29. (가)~(마)에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① (가) : 독자의 관심을 끌 만한 이야기를 들어 논의를 시작하고 있다.
- ② (나) : 권위 있는 견해를 인용하여 설득력 있게 논지를 전개하고 있다.
- ③ (다) : (나)와 상반된 경우를 가정하고 이에 대해 상세하게 설명하고 있다.
- ④ (라) : 일상적인 경험을 통해 전문적인 내용에 대한 독자의 이해를 돕고 있다.
- ⑤ (마) : 서두에 나왔던 내용을 다시 언급하면서 필자의 견해를 덧붙이고 있다.

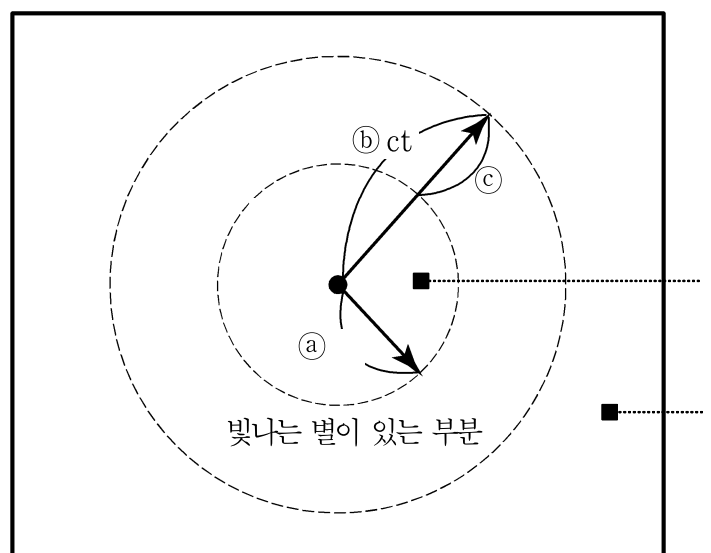
30. 윗글에 나타난 필자의 관점을 통해 볼 때, 과학자가 지녀야 할 요건은?

- ① 생생한 경험과 폭넓은 독서를 해야 한다.
- ② 독특한 개성과 풍부한 감수성을 지녀야 한다.
- ③ 많은 것을 수집하고 분석하는 태도를 길러야 한다.
- ④ 일상적인 현상에 대해서도 늘 의문을 제기해야 한다.
- ⑤ 과학자의 사회적 책임에 대한 명확한 인식이 있어야 한다.

31. ㉠의 문맥적 의미와 가장 가까운 것은? [1.8점]

- ① 이 바위에 얽혀 있는 한 맺힌 여인의 이야기를 들었다.
- ② 둘이서 한동안 수군수군 이야기를 하더니 이제는 조용해졌다.
- ③ 가만히 있지만 말고 이제는 네 생각을 자세히 이야기해 보라.
- ④ 기분이 울적할 때는 친구들과 이야기하는 것이 도움이 된다.
- ⑤ 성선설을 옹호하는 사람들은 인간의 본성이 착하다고 이야기한다.

32. 다음은 (다)를 그림으로 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 적절한 것은?



- ① a는 빛의 속도에 우주의 나이를 곱한 값이다.
- ② b는 우주 탄생 이후 별빛이 움직인 거리이다.
- ③ c는 빛의 속도에 별의 평균 수명을 곱한 값이다.
- ④ d 부분에 있는 별에서 나온 빛은 아직 관측자에게 도달하지 않았다.
- ⑤ e 부분에 있는 별은 이미 죽은 것이다.

◆ 05 예비평가 52~55번

[52~55] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

(가) 20세기 초반 천문학자 허블은 윌슨 산의 망원경을 통해 먼 은하들을 관측하다가 놀라운 사실을 발견하였다. 은하들이 발하는 빛의 파장이 스펙트럼에서 본래 있어야 할 위치보다 붉은색 쪽으로 치우치는 ‘적색편이(赤色偏移)’ 현상이 나타난 것이다. 즉, 은하들이 발하는 빛의 파장이 본래의 파장값보다도 큰 값으로 지구상에서 관측된 것인데, 이는 은하들이 지구에서 점점 멀어져 가고 있음을 알려 주는 증거였다.

(나) 흥미로운 것은 지구와 관측 은하 사이의 거리가 적색편이의 비율과 서로 비례 관계를 가진다는 사실이었다. 여기에 ㉠을 결합시키면, 은하가 지구로부터 멀어지는 속도는 지구와 은하 사이의 거리에 비례한다는 결론을 내릴 수 있다.

(다) 가까운 은하보다 먼 은하의 후퇴 속도가 더 빠르다는 사실을 어떻게 이해할 수 있을까? 일정한 간격으로 정렬한 사람들이 있는데, 사이가 좁아지는 순간이 없이 간격을 1m만큼 더 벌린다고 해 보자. 간단히 생각하면 어느 한 사람을 기준으로 삼아서 다음 사람부터 동시에 1m씩 이동하면 해결될 것처럼 보인다. 그러나 사실은 그렇지 않다. 기준이 되는 사람에게서 첫 번째 사람은 1m 이동하면 되지만 두 번째 사람은 2m, 세 번째 사람은 3m를 물러서야 한다. 같은 방식으로 N 번째 사람이라면 Nm만큼 물러서야 할 것이다. 그런데 사람들의 사이가 좁아지지 않아야 하므로, 기준으로

부터 먼 사람은 가까운 사람보다 빨리 움직여야 하는 것이다.

(라) 허블은 이러한 연구를 통해 은하가 우리로부터 점점 멀어지고 있으며 우주가 팽창하고 있음을 알 수 있었다.

㉠ 그의 발견 이전에 많은 천문학자들은 우주는 움직이지 않는 존재라고 생각하여 정적(靜的)인 우주의 모습을 기술하려고 애썼다. 정적인 우주관이 당시의 지배적인 우주관이었기 때문이다. 그러나 은하들의 움직임을 배제하고 우주를 엮어 놓으면 중력에 의해 은하들이 모여들기 때문에 그 정적인 모습은 바로 붕괴된다. 하지만 허블이 우주가 정적일 필요가 없다는 사실을 밝히면서 이 문제는 해결되었다.

(마) 팽창우주에서 재미있는 점은 시간을 거슬러 올라간다고 가정하면 어떤 은하에서 보더라도 주위의 다른 은하들이 그 은하를 향하여 접근하게 될 것이라는 사실이다. 팽창할 때 먼 은하가 더 빠른 속도로 멀어져 갔던 것처럼 이 경우에는 먼 은하일수록 더 빨리 우리에게 접근해 올 것이다. 그리고 어느 시점에 이르면 모든 은하가 한 곳에 모이게 되는 ‘태초’의 순간이 된다. 우주의 모든 물질이 모여 있었으니 태초의 우주는 엄청나게 밀도가 높고 뜨거웠을 것이다. 그 상태에서 대폭발을 일으켜 오늘날의 우주가 되었다는 것이 현대 우주론의 정설이다.

52. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은? [1점]

- ① 가까운 은하보다 먼 은하의 후퇴 속도가 빠르다.
- ② 과거에는 은하들이 지금보다 서로 가까이 있었을 것이다.
- ③ 중력만 작용하는 은하들로는 정적인 우주를 만들 수 없다.
- ④ 먼 은하보다 가까운 은하에서 오는 빛의 파장값 변화가 크다.
- ⑤ 적색편이 현상은 은하들이 지구에서 점점 멀어진다는 것을 알려 준다.

53. ㉠을 참조할 때, <보기>의 ‘아인슈타인’에 대해서 보일 수 있는 반응으로 가장 적절한 것은?

—<보 기>—

아인슈타인은 자신의 중력장 방정식이 동적인 우주를 설명함에도 불구하고, 정적인 우주관에 따르기 위해 ‘우주론적 항’이라는 상수를 도입하여 방정식을 수정하였다. 5년 뒤 프리드먼이 우주론적 항을 제거하면서 아인슈타인의 원래 방정식이 맞다고 지적했지만, 아인슈타인은 받아들이지 않았다. 이후 허블의 연구는 아인슈타인의 원래 방정식이 옳았다는 것을 입증해 주었다.

- ① 중력장 방정식을 만들어 동적인 우주의 타당성을 주장할 만큼 그는 앞서 가는 과학자였군.
- ② 정적인 우주관에 대해 반발하여 프리드먼의 비판을 수용하지 못한 것은 그의 커다란 실수야.
- ③ 방정식의 수정을 통해 동적인 우주관까지 수용하려 한 것은 그의 개방적인 태도를 보여 주는군.
- ④ 자신의 올바른 방정식을 수정할 만큼 그도 당시의 지배적

우주관에 영향을 받을 수밖에 없었구나.

- ⑤ 당시의 지배적 우주관을 바꾸기 위해 그가 자신의 방정식을 수정했던 것은 다소 성급한 행동이었어.

※ 위 글의 내용을 수업 시간에 발표하기 위해 <보기>와 같이 자료를 수집하였다. 위 글과 <보기>를 바탕으로 54번, 55번 두 물음에 답하시오.

<보 기>

시작 : 학우들의 흥미를 끌 만한 자료  
 → 월슨 산의 망원경 사진 ..... ㉠

전개  
 (가) : '적색편이'의 개념 설명  
 → 은하들이 발하는 빛의 파장을 스펙트럼 위에 표시한 사진 ..... ㉡

(나) : '적색편이, 속도, 거리'의 관계 설명  
 → 이들의 관계를 나타내는 그래프

(다) : 거리와 속도의 관계 설명  
 → 거리가 멀수록 속도가 빠름을 보여 주는 삽화 ..... ㉢

(라) : 정적인 우주와 중력의 관계 설명  
 → 은하들이 서로 점차 가까워지는 모습을 담은 플래시 동영상 ..... ㉣

(마) : 동적인 우주와 시간의 관계 설명  
 → 은하의 모습과 지구의 공전 궤도를 그린 그림 ..... ㉤

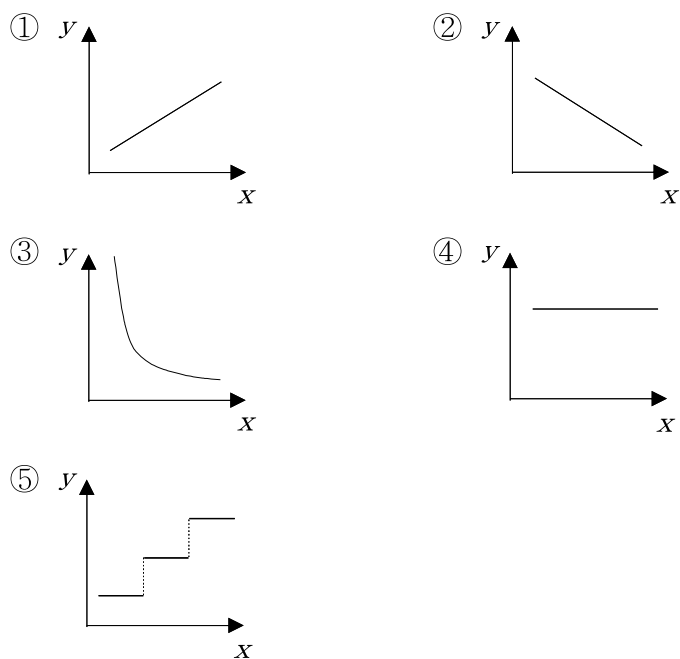
정리 : 글 내용에 관한 간단한 문제

54. <보기>의 ㉠~㉤ 중, 발표를 위한 자료로서 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠      ② ㉡      ③ ㉢      ④ ㉣      ⑤ ㉤

55. <보기>의 밑줄 친 부분에 해당하는 그래프를 그려 보았다. 위 글의 ㉢에 들어갈 내용과 일치하는 것은?

( $x$ : 적색편이의 비율,  $y$ : 멀어지는 은하의 속도)



맥동 변광성의 한 종류인 세페이드 변광성은 밝기 변화의 주기와 실제 밝기 사이에 일정한 비례 관계가 성립한다. ① 밝기가 변화하는 주기가 긴 별은 실제 밝기가 밝고, 주기가 짧은 별은 실제 밝기가 어두운 것이다. 따라서 밝기가 변화하는 주기가 같은 두 개의 세페이드 변광성이 있다면 이 두 별의 실제 밝기는 같은 것이다. 실제 밝기가 같은 두 세페이드 변광성 중 어느 하나가 더 어둡게 보인다면 그 별은 관측자로부터 더 멀리 있는 것이다. 빛의 밝기는 별까지의 거리의 제곱에 반비례하므로, 밝기 변화의 주기가 같으나 4분의 1만큼 더 어둡게 보이는 세페이드 변광성이라면 두 배 더 멀리 있는 것이다. 연구자들은 이러한 방법을 활용하여 별까지의 거리를 측정하는 결과를 축적해 왔다. 그 결과를 활용하면 멀리 있는 은하일수록 더 빠르게 멀어지고 있다는 사실을 확인할 수 있다.

◆ 12년 3월 고3 36~39번

[36~39] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

20세기 초 미국의 천문학자인 슬라이퍼는 외부 은하의 별빛 스펙트럼을 연구하던 중 ‘적색 편이’ 현상을 발견하였다. 적색 편이란 외부 은하에서 온 별빛의 흡수선들이 적색 쪽으로 치우치는 것을 일컫는다. 흡수선은 별빛의 스펙트럼에 나타나는 검은색 선을 가리킨다. 이 선은 별빛이 별의 대기를 통과하는 동안 대기 중의 원소에 특정 파장의 별빛이 흡수되어 나타나는 것이다. 그렇기 때문에 흡수선의 유형이 같다면 그 별의 대기에 동일한 원소가 있는 것이다.

외부 은하에서 온 별빛의 스펙트럼에 적색 편이 현상이 나타나는 이유는 무엇일까? 가시광선 내의 별빛 스펙트럼은 짧은 파장의 빛일수록 청색, 긴 파장의 빛일수록 적색을 띤다. 그리고 멀어져 가는 빛은 파장이 길어진다. 따라서 별이 지구의 관측 위치로부터 멀어지면 그 별로부터 오는 빛의 파장이 길어지기 때문에 별빛 스펙트럼 내의 흡수선도 적색 쪽으로 치우치게 되는 것이다.

슬라이퍼가 발견한 이 현상은 은하들이 지구로부터 점점 멀어지고 있다는 증거였다. 이후 허블은 슬라이퍼의 발견을 확인하기 위해 24개의 은하에 대해 연구하였다. 허블은 멀리 있는 은하일수록 적색 편이가 더 크게 나타나는 것을 바탕으로, 멀리 있는 은하가 더 빠른 속도로 멀어지고 있다는 사실을 확인하였다. 또한 모든 은하가 서로 멀어지고 있음도 밝혀 우주가 팽창하고 있다는 것을 입증하였다.

우주의 팽창은 별까지의 거리 측정을 통해서도 입증될 수 있다. 거리 측정에는 맥동 변광성이 많이 활용된다. 맥동 변광성은 별의 내부 구조가 불안정하여 팽창과 수축이 주기적으로 일어나는 별을 가리킨다. 별은 팽창하면 밝아지고, 수축하면 어두워지므로 맥동 변광성의 밝기는 주기적으로 ㉠ 증감하게 된다.

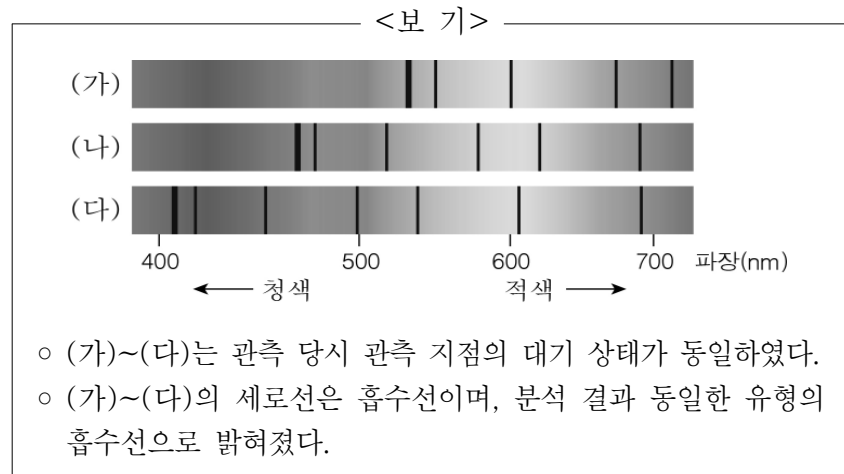
36. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 빛의 밝기는 별까지의 거리의 제곱에 반비례한다.
- ② 별빛 스펙트럼은 짧은 파장의 빛일수록 청색을 띤다.
- ③ 허블은 모든 은하가 서로 멀어지고 있는 것을 밝혔다.
- ④ 슬라이퍼는 우주 팽창의 원인을 밝히는 과정에서 적색 편이 현상을 발견했다.
- ⑤ 별까지의 거리를 측정하는 방법을 활용하면 우주 팽창을 입증할 수 있다.

37. ㉠은 대립되는 두 한자가 결합되어 만들어진 말이다. 이와 같은 구조로 이루어진 단어가 아닌 것은? [1점]

- ① 강건(剛健)      ② 등락(騰落)      ③ 시비(是非)
- ④ 장단(長短)      ⑤ 호오(好惡)

38. <보기>는 세 개의 별에서 온 별빛의 스펙트럼이다. 위 글을 바탕으로 (가)~(다)에 대해 설명한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① (가)는 (나)보다 먼 별에서 온 빛의 스펙트럼이다.
- ② (나)는 (다)보다 더 빠른 속도로 멀어지고 있는 별로부터 온 빛의 스펙트럼이다.
- ③ (가)의 별빛이 (다)의 별빛보다 파장이 짧다.
- ④ (가), (나), (다)의 별빛이 온 각 별의 대기에는 동일한 원소가 존재한다.
- ⑤ 시간이 경과하면 (가), (나), (다)의 흡수선은 현재보다 더 오른쪽으로 치우치게 될 것이다.

39. ㉠에서 추리한 내용으로 적절한 것은?

- ① 세페이드 변광성은 별의 온도 변화와 관계없이 밝기 변화가 일정하다.
- ② 세페이드 변광성은 다른 변광성과의 거리에 따라 실제 밝기가 달라진다.
- ③ 세페이드 변광성은 별의 팽창과 수축 정도에 따라 실제 밝기가 달라진다.
- ④ 세페이드 변광성은 별의 내부 구조가 안정되어 있어 밝기 변화가 일정하다.
- ⑤ 세페이드 변광성은 실제 밝기가 같으면 거리에 따라 보이는 밝기도 동일하다.

◆ 17 LEET 언어이해 18~20번

[18~20] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우주의 크기는 인류의 오랜 관심사였다. 천문학자들은 이를 알아 내기 위하여 먼 별들의 거리를 측정하려고 하였다. 18세기 후반에 허셜은 별의 '고유 밝기'가 같다고 가정한 뒤, 지구에서 관측되는 '겉보기 밝기'가 거리의 제곱에 비례하여 어두워진다는 사실을 이용하여 별들의 거리를 대략적으로 측정하였다. 그 결과 별들이 우주 공간에 균질하게 분포하는 것이 아니라, 전체적으로 납작한 원반 모양이지만 가운데가 위아래로 볼록한 형태를 이루며 모여 있음을 알게 되었다. 이 경우, 원반의 내부에 위치한 지구에서 사방을 바라본다면 원반의 납작한 면과 나란한 방향으로는 별이 많이 관찰되고 납작한 면과 수직인 방향으로는 별이 적게 관찰될 것인데, 이는 밤하늘에 보이는 '은하수'의 특징과 일치한다. 이에 착안하여 천문학자들은 지구가 포함된 천체들의 집합을 '은하'라고 부르게 되었다. 별들이 모여 있음을 알게 된 이후에는 그 너머가 빈 공간인지 아니면 또 다른 천체가 존재하는 공간인지 의문을 갖게 되었으며, '성운'에 대한 관심도 커졌다.

성운은 망원경으로 보았을 때, 뚜렷한 작은 점으로 보이는 별과는 다르게 얼룩처럼 번져 보인다. 성운이 우리 은하 내에 존재하는 먼지와 기체들이고 별과 그 주위의 행성이 생성되는 초기 모습인지, 아니면 우리 은하처럼 수많은 별들이 모인 또 다른 은하인지는 오랜 논쟁거리였다. 앞의 가설을 주장한 학자들은 성운이 은하의 납작한 면 바깥에서는 많이 관찰되지만 정작 그 면 안에서는 거의 관찰되지 않는다는 사실을 근거로 내세웠다. 그들에 따르면, 성운이란 별이 형성되는 초기의 모습이므로 이미 별들의 형성이 완료되어 많은 별들이 존재하는 은하의 납작한 면 안에서는 성운이 거의 관찰되지 않는다. 반면에 이들과 반대되는 가설을 주장한 학자들은 원반 모양의 우리 은하를 멀리서 비스듬한 방향으로 보면 타원형이 되는데, 많은 성운들도 타원 모양을 띠고 있으므로 우리 은하처럼 독립적인 은하일 것이라고 생각하였다. 그들에 따르면, 성운이 우주 전체에 고루 퍼져 있음에도 우리 은하의 납작한 면 안에서 거의 관찰되지 않는 이유는 납작한 면 안의 수많은 별과 먼지, 기체들에 의해 약한 성운의 빛이 가려졌기 때문이다.

두 가설 중 어느 것이 맞는지 지구와 성운 사이의 거리를 측정하면 알 수 있다. 이 거리를 측정하는 방법은 밝기가 변하는 별인 변광성의 연구로부터 나왔다. 주기적으로 밝기가 변하는 변광성 중에는 쌍성이 있는데, 밝기가 다른 두 별이 서로의 주위를 도는 쌍성은 지구에서 볼 때 두 별이 서로를 가리지 않는 시기, 밝은 별이 어두운 별 뒤로 가는 시기, 어두운 별이 밝은 별 뒤로 가는 시기마다 각각 관측되는 밝기에 차이가 생긴다. 이 경우에 별의 밝기는 시간에 따라 대칭적으로 변화한다. 한편, 또 다른 특성을 지닌 변광성도 존재하는데, 이 변광성의 밝기는 시간에 따라 비대칭적으로 변화한다. 이와 같은 비대칭적 밝기 변화는 두 별이 서로를 가리는 경우와 다른 것으로, 별의 중력과 복사압 사이의 불균형으로 인하여 별이 팽창과 수축을 반복할 때 방출되는 에너지가 주기적으로 변화하며 발생한다. 이러한 변광성을 세페이드 변광성이라고 부른다.

1910년대에 마젤란 성운에서 25개의 세페이드 변광성이 발견되었다. 이들은 최대 밝기가 밝을수록 밝기의 변화 주기가 더 길고, 둘 사이에는 수학적 관계가 있음이 알려졌다. 이러한 관계가 모든 세페이드 변광성에 대해 유효하다면, 하나의 세페이드 변광성의 거리를 알 때 다른 세페이드 변광성의 거리는 그 밝기 변화 주기로부터 고유 밝기를 밝혀내어 이를 겉보기 밝기와 비교함으로써 알 수 있다. 이를 바탕으로 ㉠ 어떤 성운에 속한 변광성을 찾아 거리를 알아냄으로써 그 성운의 거리도 알 수 있게 되었는데, 1920년대에 허셜은 안드로메다 성운에 속한 세페이드 변광성을 찾아내어 그 거리를 계산한 결과 지구와 안드로메다 성운 사이의 거리가 우리 은하 지름의 열 배에 이른다고 밝혔다. 이로부터 성운이 우리 은하 바깥에 존재하는 독립된 은하임이 분명해지고, 우주의 범위가 우리 은하 밖으로 확장되었다.

18. 윗글에서 알 수 있는 사실로 적절하지 않은 것은?

- ① 성운은 우주 전체에 고루 퍼져 분포한다.
- ② 안드로메다 성운은 별 주위에 행성이 생성되는 초기의 모습이다.
- ③ 밤하늘을 관찰할 때 은하수 안보다 밖에서 성운이 더 많이 관찰된다.
- ④ 밤하늘에 은하수가 관찰되는 이유는 우리 은하가 원반 모양이기 때문이다.
- ⑤ 타원 모양의 성운은 성운이 독립된 은하라는 가설을 뒷받침하는 증거이다.

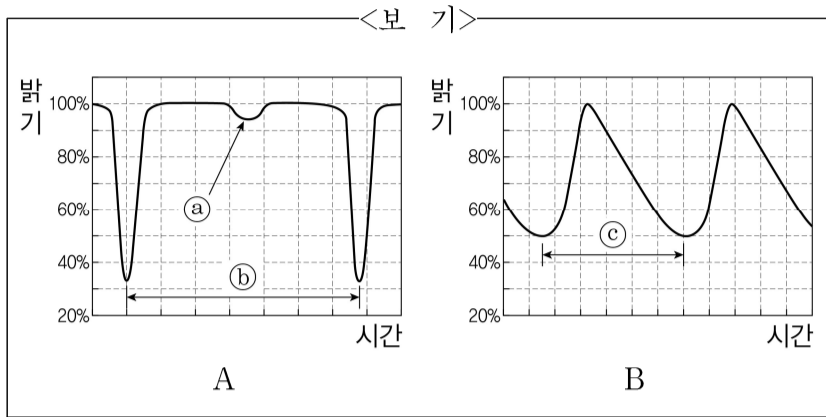
19. ㉠과 같이 우리 은하 밖의 어떤 성운과 지구 사이의 거리를 알아 내는 데 이용되는 사실만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

—<보 기>—

㉡. 성운의 모양이 원반 형태이다.  
 ㉢. 별의 겉보기 밝기는 거리가 멀수록 어둡다.  
 ㉣. 밝기가 시간에 따라 대칭적으로 변하는 변광성이 성운 안에 존재한다.

- ① ㉡
- ② ㉢
- ③ ㉣
- ④ ㉡, ㉢
- ⑤ ㉢, ㉣

20. 두 변광성 A와 B의 시간에 따른 밝기 변화를 관측하여 <보기>와 같은 결과를 얻었다. 이에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?



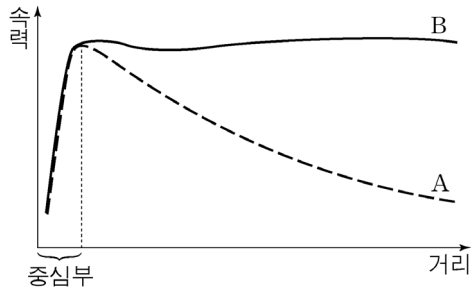
- ① A는 세페이드 변광성이다.
- ② B는 크기와 밝기가 비슷한 두 별로 이루어져 있다.
- ③ a는 밝은 별이 어두운 별을 가리고 있는 시기이다.
- ④ b를 측정하여 A의 거리를 알 수 있다.
- ⑤ c를 알아야만 B의 최대 겉보기 밝기를 알 수 있다.

◆ 16-6평 B형 25~26번

[25~26] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우주를 구성하는 전체 물질의 질량 중 약 85%는 눈에 보이지 않는 ㉠ 암흑 물질이 차지하고 있지만, 암흑 물질은 어떤 망원경으로도 관측되지 않으므로 그 존재가 오랫동안 알려지지 않았다. 1933년 츠비키는 머리털자리 은하단의 질량을 추정하다가 암흑 물질의 개념을 생각해 내었다. 그는 은하들의 속력으로부터 추정한 은하단의 질량이 은하들의 밝기로부터 추정한 은하단의 질량보다 훨씬 크다는 것을 확인하고 은하단 내부에 '실증된 질량'이 있다고 결론지었다.

1970년대에 루빈은 더 정확한 관측 결과를 바탕으로 이 '실증된 질량'의 실재를 확증하였다. 나선 은하에서 별과 같은 보통의 물질들은 중심부에 집중되어 공전한다. 중력 법칙을 써서 나선 은하에서 공전하는 별의 속력을 계산하면, 중심부에서는 은하의 중심으로부터 거리가 멀어질수록 속력이 증가함을 알 수 있다. 그런데 중심부 밖에서는 중심으로부터 멀어질수록 중심 쪽으로 별을 당기는 중력이 줄어들기 때문에 <그림>의 곡선 A에서처럼 거리가 멀어질수록 별의 속력이 줄어드는 것으로 나온다. 그렇지만 실제 관측 결과, 나선 은하 중심부 밖에서 공전하는 별의 속력은 <그림>의 곡선



B에서처럼 중심으로부터의 거리와 무관하게 거의 일정하다. 이것은 은하 중심에서 멀리 떨어진 별일수록 은하 중심 쪽으로 그 별을 당기는 물질이 그 별의 공전 궤도 안쪽에 많아져서 거리가 멀어질수록 줄어드는 중력을 보충해 주기 때문으로 보인다. 이로부터 루빈은 별의 공전 궤도 안쪽에 퍼져 있는 추가적인 중력의 원천, 곧 암흑 물질이 존재한다는 것을 추정하였다. 그 후 암흑 물질의 양이 보통의 물질보다 월등히 많다는 것도 확인되었다.

이후 2006년에 암흑 물질의 중요한 성질이 탄환 은하단의 관측을 바탕으로 밝혀졌다. 탄환 은하단은 두 개의 은하단이 충돌하여 형성되었다. 두 은하단이 충돌할 때 각각의 은하단에 퍼져 있던 고온의 가스는 서로 부딪쳐 탄환 은하단의 중앙에 모인다. 반면 각각의 은하단 안에서 은하들은 서로 멀리 떨어져 있어서 은하단이 충돌할 때 은하들끼리는 좀처럼 충돌하지 않고 서로 엇갈려 지나간다. 이때 각각의 은하단에 퍼져 있던 암흑 물질도 두 은하단의 은하들과 함께 엇갈려 이동한 것으로 확인된다. 이로써 암흑 물질은 가스나 별과 같은 보통의 물질뿐 아니라 다른 암흑 물질과도 거의 부딪치지 않는다는 것이 밝혀졌다.

25. ㉠에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 은하단 내부에 퍼져 있는 가스와 거의 충돌하지 않는다.
- ② 우주에서 눈에 보이는 물질의 질량보다 더 큰 질량을 차지한다.
- ③ 보통의 물질을 관측하는 데 사용되는 망원경으로 관측할 수 없다.
- ④ 은하 안에 퍼져 있으면서 그 은하 안의 별을 은하 중심 쪽으로 당긴다.
- ⑤ 은하들의 밝기로부터 추정한 은하단의 질량을 은하들의 속력으로부터 추정한 질량보다 더 크게 만든다.

26. <그림>의 곡선 B에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 나선 은하를 관측한 결과를 근거로 그린 곡선이다.
- ② '실증된 질량'의 존재를 확인해 줄 정보를 포함하고 있다.
- ③ 중심부 밖의 경우, 별의 공전 속력에 영향을 미치는 중력이 A에서보다 더 큼을 보여 준다.
- ④ 중심부의 경우, 거리와 별의 공전 속력이 비례하는 것을 통해 암흑 물질이 중심부에 집중되어 있음을 보여 준다.
- ⑤ 중심부 밖의 경우, 은하의 중심에서 멀리 떨어져 있는 별일수록 그 별을 은하 중심으로 당기는 암흑 물질이 더 많음을 보여 준다.

## ◆ 06 MDEET 언어추론 38~40번

[38~40] 다음을 읽고 물음에 답하십시오.

20세기 초 허블은 은하들의 스펙트럼을 분석한 결과, 에너지가 낮은 긴 파장 쪽으로 분광선들이 이동되는 적색 이동 현상을 발견하였다. 이로부터 그는 먼 은하일수록 더 빨리 멀어져 가고 있다는 결론을 얻었다. 아인슈타인의 일반 상대성 이론과 더불어 이 결과는 우주 진화를 설명하는 표준 대폭발 이론의 형성에 중요한 영감을 주었다.

표준 대폭발 이론에서는 은하들 사이의 거리가 멀어지는 현상을 은하들의 고유한 운동 때문이라기보다는 우주 공간 자체가 팽창하기 때문이라고 설명한다. 또한 이 이론에 따르면 초기의 ‘뜨거운 대폭발’ 이후 우주의 팽창에 따른 냉각 과정에서 별과 은하 등의 재료가 되는 정상적인 물질이 모두 생성되었고, 현재 관측되는 절대 온도 2.7도의 우주 배경 복사(宇宙背景輻射)를 만드는 빛이 방출되었다고 한다.

그러나 표준 대폭발 이론에도 몇 가지 약점이 있다. 예를 들면 우주 배경 복사가 관측 방향에 관계없이 아주 작은 오차 범위 내에서 같은 값을 보이는 등방성(等方性)을 설명하지는 못한다. 정보가 두 지점 사이를 이동하는 가장 빠른 속도가 빛의 속이므로, 한 지점으로부터 빛이 도달할 수 있는 최대 거리인 ‘지평선 거리’보다 먼 지점과의 접촉은 불가능하게 된다. 그런데 우주에서 반대 방향에 있는 두 영역은 방출될 당시 서로 지평선 너머에 있어 어떤 상호 작용도 불가능했음에도 불구하고 우주 배경 복사의 온도는 거의 일치한다.

표준 대폭발 이론은 또한 우주의 평균 밀도가 우주의 팽창을 언제가는 멈추게 할 정도의 중력을 만들어 내는 밀도인 임계 밀도(臨界密度)에 가까운 이유도 설명하지 못한다. 우주의 모양과 운명은 모든 것을 서로 멀어지게 하는 우주의 팽창과 중력과의 차이에 따라 결정된다. 그러므로 우주는 평균 밀도가 임계 밀도와 같으면 가까스로 팽창을 계속하는 평탄 우주가 되고, 임계 밀도보다 작으면 영원히 팽창을 계속하는 열린 우주가 되며, 임계 밀도보다 크면 어느 시점에 팽창을 멈추고 수축하게 되는 닫힌 우주가 된다.

표준 대폭발 이론의 이런 문제점은 급팽창 이론이 제시되면서 해결되었다. 1980년대 구스는 우주가 탄생하고  $10^{-35}$ 초가 지나 극히 짧은 시간 동안  $10^{50}$ 배 정도로 급격히 팽창했다는 이론을 제시하였다. 이에 따르면 우주의 모든 영역들은 탄생 직후에는 지평선 거리 안에 가까이 있어서 상호 정보 교환으로 같은 온도가 되는 시간적 여유가 있었으며, 이후 공간의 급팽창으로 지평선 거리를 넘어섰다는 것이다. 또한 이렇게 우주가 엄청난 크기로 급팽창했다면, 우주는 부분적으로 거의 평평하게 보이게 되어 우주의 평균 밀도는 임계 밀도 값을 갖게 된다는 것이다.

그런데 실제 관측 결과, 우주의 운명을 결정하는 데에 중요한 요소인 우주의 질량이 우주의 평균 밀도에 관한 이론적인 예측치에 크게 미치지 못한다는 사실이 드러났다. 우주에서 관측되는 천체들을 포함한 정상적인 물질의 질량은 임계 밀도에 도달하기 위해 필요한 질량의 수 퍼센트에도 미치지 못한다는 것이다. 이는 대부분의 질량이 눈에 보이지 않는 암흑 물질로 이루어져 있음을 의미하는데, 중성미자, 약간의 질량을 가진 가상적인 입자 등이 그 후보로 거론되나 아직 확인된 것은 없다.

암흑 물질의 실체에 대한 논란이 계속되던 중인 1998년에 수십

억 광년 떨어진 은하에 있는 초신성의 관측으로부터 우주의 팽창 속도가 한때 생각되었던 것만큼 느리지 않고 오히려 가속되고 있다는 사실이 발견되었다. 팽창이 가속되고 있다는 것은 미지의 에너지가 별도로 있어 서로를 끊임없이 밀어내지 않는 한 설명하기가 어렵다. 결국 암흑 에너지라 불리는 이 에너지가 우주 밀도의 70여 퍼센트를, 암흑 물질은 20여 퍼센트를 차지하고 있는 것으로 추측되고 있다.

현재까지의 우주에 대한 이해가 옳다면, 미래에 우리가 볼 수 있는 밤하늘에는 어떤 변화가 일어나게 될 것인가? 최근에 미국의 한 연구팀은 암흑 에너지에 의해 지배되는 우주의 변화를 컴퓨터 시뮬레이션으로 예측한 바 있다. 이에 따르면, 우주 나이가 지금의 두 배가 되면 우리 은하는 강한 인력에 끌려 이웃 은하인 안드로메다 은하 등과 합쳐져 밤하늘에 보이는 별의 수가 약 두 배가 된다. 그렇지만 먼 은하들은 점점 더 멀어져서 우리 시야에서 사라질 것이고 결과적으로 관측자는 자신을 둘러싼 우주의 일부만 볼 수 있게 되어, 우리 은하단은 거대한 우주 공간의 작은 ‘섬 우주’로 남게 될지도 모른다.

38. 위 글로 미루어 볼 때 옳바르지 않은 진술은?

- ① 암흑 에너지와 암흑 물질은 서로 반대되는 힘으로 우주 팽창에 작용한다.
- ② 우주의 모양과 운명은 임계 밀도의 변화를 측정함으로써 예측할 수 있다.
- ③ 우주의 미래에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 초기값에는 우주 평균 밀도가 포함된다.
- ④ 급팽창 이론은 우주 전체의 암흑 물질 밀도를 추정할 수 있는 근거를 제시하였다.
- ⑤ 평탄 우주는 표준 대폭발 이론을 지지하지는 않지만 급팽창 이론과는 양립 가능하다.

39. <보기>는 전체 우주에서 암흑 에너지에 의해 일어나는 변화를 추론한 것이다. 타당한 것을 모두 고르면?

—<보 기>—

- ㄱ. 우주 배경 복사의 관측 온도가 가속적으로 감소한다.
- ㄴ. 우주 평균 밀도가 임계 밀도를 넘어 가속적으로 증가한다.
- ㄷ. 우주 안의 정상적인 물질의 총질량이 가속적으로 증가한다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

40. <보기>는 우주 배경 복사가 발견된 상황을 기술한 것이다. [가]와 <보기>를 함께 고려할 때 올바른 진술은?

—<보 기>—

1960년대 중반, 벨 연구소의 펜지아스와 윌슨은 극초단파 안테나를 이용하여 무선 통신에 방해가 되는 전파 잡음의 발생원을 찾아내기 위한 연구를 수행하였다. 그 결과 이 잡음이 안테나의 지향 방향과 관계가 없음을 발견하였다. 안테나를 태양 방향이나 은하수 방향으로 맞추었을 때에도 잡음의 강도는 변하지 않았는데, 이는 잡음을 일으키는 전파 신호가 태양이나 은하수에서 방출된 것이 아님을 시사하는 것이었다. 이 전파 신호는 곧 표준 대폭발 이론을 연구하고 있던 디키 등에 의해 표준 대폭발 이론이 예측하였던 극초단파 복사임이 알려졌다. 이것은 말하자면 우주 초기에 일어났던 대폭발의 잔열이었던 것이다.

- ① 우주 배경 복사가 등방적이라는 사실은 표준 대폭발 이론으로 예측된 것이었으나, 극초단파 복사가 우주 배경 복사로 받아들여진 것은 급팽창 이론이 등방성을 설명한 이후의 일이다.
- ② 우주 배경 복사는 펜지아스와 윌슨이 발견할 당시에 등방적이라는 사실까지는 알려지지 않았지만, 후에 그 등방성이 밝혀짐에 따라 표준 대폭발 이론의 지지 증거에서 반대 증거로 역전되었다.
- ③ 표준 대폭발 이론을 입증하는 증거로 등장한 우주 배경 복사가 표준 대폭발 이론의 미해결 문제로 바뀌었던 것은, 후에 이 복사가 지평선 거리를 넘어서 상호 작용하고 있다는 사실이 추가로 발견되었기 때문이다.
- ④ 디키 등은 극초단파 복사가 전 우주에 골고루 퍼져 있는 대폭발의 잔열이므로 지평선 거리와 무관하게 등방성이 관측된다고 하였으나, 구스는 지평선 거리 너머의 등방성을 부인함으로써 급팽창 이론을 제시하였다.
- ⑤ 극초단파 복사는 등방성 때문에 우주 배경 복사로 확인되어 표준 대폭발 이론의 증거로 간주되었으나, 표준 대폭발 이론은 우주 배경 복사가 전 우주에서 왜 등방적인지는 설명할 수 없었기 때문에 불완전한 이론이 되었다.

◆ 11 PEET(예비) 언어추론 7~9번

[7~9] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

1930년대에 암흑 물질의 존재가 예견되었는데, 이것은 나선 은하에서 나선 팔의 균일한 회전 속도를 설명하기 위해서였다. 뉴턴 역학에 따르면 은하 중심을 축으로 회전하는 별의 속도는 회전 운동 궤도 안에 존재하는 전체 질량과 별의 궤도 반경에 의해 결정된다. 은하 질량의 대부분을 차지한다고 알려진 별은 대부분 은하 중심에 모여 있다. 따라서 중심을 벗어난 영역에서는 반경에 상관없이 궤도 내의 전체 질량은 일정하다고 볼 수 있으므로 태양 주위를 도는 행성들처럼 궤도 반경이 클수록 별의 회전 속도는 줄어들어야 한다. 그러나 관측 결과 궤도 반경이 커져도 별의 속도는 거의 변하지 않았다. 이 현상을 설명하려면 은하 내부에 질량은 가지면서 보이지는 않는 미지의 암흑 물질이 있어야 한다.

암흑 물질은 최근 두 은하단의 충돌을 관측하는 과정에서 그 존재가 확인되었고, 그 실체에 대해서는 최근 입자 물리학에 의해 설명이 가능해졌다. 암흑 물질은 질량을 가져야 하고 중력에 의한 상호 작용을 제외하고는 빛과 상호 작용을 하지 않거나 하더라도 미약하게 하는 성질이 있어야 하므로, 입자 물리학에서 제안된 중성미자, 워프, 액시온 등이 그 후보가 될 수 있다. 이 입자들의 질량은 다르지만 우주 공간에 존재하는 밀도가 암흑 물질의 질량 밀도를 설명할 수만 있으면 된다.

중성미자는 중성자가 양성자와 전자로 붕괴하는 과정에서 생기는 입자로 양성자, 전자보다 매우 가벼우며 그 질량은 아직 알려져 있지 않다. 중성미자는 현재의 우주 공간에서 빛의 속도에 가깝게 운동하는데 우주 생성 초기에는 더 빠르게 움직였다. 중성미자가 암흑 물질을 설명할 수 있을 정도의 질량을 가지는 경우, 우주의 구조 형성에 대한 가상 실험에 의하면 은하를 만들 수 있는 씨앗이 되는 구조가 잘 만들어지지 않는다. 암흑 물질을 설명하는 입자는 우주 구조 형성 단계에서 느리게 움직여, 은하의 형성을 방해하지 않고 오히려 중력 구심점에 모여 은하 형성을 도울 수 있어야 한다. 그러나 빠르게 움직이는 중성미자는 양자 요동에 의해 형성되는 초기 우주의 중력 구심점을 흐트러 은하의 형성을 방해한다.

입자 물리학의 최신 이론에서 예측되는 워프는 약한 상호 작용을 하는 무거운 입자로서, 더 이상 가벼운 입자로 붕괴하지 않으며 쌍으로만 생성·소멸된다. 워프는 우주 초기의 높은 온도에서 다른 입자들과 열평형 상태를 이루어 쉽게 생성·소멸되지만, 우주가 팽창하면서 온도가 내려가면 다른 입자로부터 워프를 만들어 낼 에너지가 부족해져 소멸만 일어나다가 밀도가 더 낮아지면 소멸도 할 수 없어 그 개수가 보존된다. 양성자의 수십 배 정도의 질량을 가지는 것으로 예측되는 워프는 암흑 물질을 설명할 수 있어 이를 ‘워프의 기적’이라 부른다. 워프는 우주가 식으면서 느리게 움직이며 양자 요동으로 만들어진 씨앗에 모여들어 은하의 형성을 돕는다. 워프는 은하 주변보다 은하 중심에 상대적으로 많이 모여 있고, 지구 근처에서는 평균적으로 물 컵 정도의 공간에 한 개 정도 존재할 것으로 추정된다. 많은 워프가 우리 몸과 지구를 관통하면서 양성자, 전자 등 일반 물질과 약한 상호 작용을 하지만 우리는 그 존재를 못 느낀다.

액시온은 또 다른 암흑 물질 후보다. 액시온이 존재한다면 매우 가벼운 입자로 빛과 미약하게 상호 작용을 하며 그 질량은 전

자 질량의 수십억 분의 일보다 작다. 따라서 암흑 물질의 질량 밀도를 설명하려면 물 컵 정도의 공간에  $10^{16}$ 개 이상의 액시온이 있어야 한다. 우주 초기의 높은 온도에서 자유롭던 쿼크가 온도가 낮아지면서 양성자, 중성자가 되는데 이 상전이 과정에서 거의 정지 상태의 액시온이 많이 생성된다. 이러한 액시온의 생성 과정은 열평형 상태가 아니므로 액시온은 가벼운 입자임에도 불구하고 우주 구조 형성 시기에 매우 느리게 움직여 양자 요동으로 만들어진 씨앗에 모이게 되어 은하 생성을 도울 수 있다.

암흑 물질의 실체를 파악하기 위한 실험이 활발하게 진행되고 있다. 워프는 직접 또는 간접적인 방법을 이용하여 검출할 수 있다. 직접 검출 방법은 워프와 원자핵의 상호 작용을 이용해 결정 검출기로 워프를 찾는 것이다. 간접 검출 방법은 질량 밀도가 높은 은하 중심이나 태양에서 워프가 소멸되면서 워프의 질량이 빛이나 일반 물질의 에너지로 변환되는 특성을 이용하는 것이다. 반(反)입자 우주선이 특정한 에너지 스펙트럼에서 초과 검출되면 워프의 존재를 간접적으로 확인할 수 있다. 가속기에서도 양성자를 충돌시켜 워프의 생성이 가능하다. 한편 액시온은 강한 자기장에서 빛으로 바뀌는 특성이 있다. 이런 특성을 이용해 바뀐 빛을 증폭하여 액시온을 검출하기 위한 실험이 진행되고 있다.

7. 위 글에 비추어 볼 때 암흑 물질을 설명하기 위한 입자의 필요 조건은?

- ① 빛과의 미약한 상호 작용
- ② 은하 전체에서의 균일한 분포
- ③ 더 가벼운 입자로 붕괴할 가능성
- ④ 은하 형성을 도울 수 있는 느린 속도
- ⑤ 결정 검출기나 증폭기에 의해 검출될 가능성

8. 위 글로부터 추론한 것으로 옳지 않은 것은?

- ① 우주 초기에는 워프의 생성과 소멸이 활발하였으므로 그 개수가 지금보다 많았다.
- ② 액시온이 암흑 물질의 후보가 되기 위해서는 쿼크가 양성자, 중성자가 되는 상전이 과정이 중요하다.
- ③ 중성미자는 별의 주요 구성 성분인 양성자와 전자에 비해 상당히 가볍기 때문에 암흑 물질의 질량 밀도를 설명할 수 없다.
- ④ 은하 중심을 벗어난 영역에서 별과 별 사이에 암흑 물질이 지금보다 더 많다면 바깥 궤도를 돌고 있는 별의 속도는 더 빨라질 것이다.
- ⑤ 양성자 질량의 수십 배 정도의 에너지를 가지고 은하 중심으로부터 온 반양성자 우주선이 많이 검출될 경우, 워프가 소멸한 결과로 해석할 수 있을 것이다.

9. 다음을 암흑 물질에 관한 위 글의 설명과 대비할 때, ㉠~㉤에 대응하는 것으로 적절하지 않은 것은?

뉴턴의 역학이 확립되었을 때 알려진 ㉠ 태양계의 행성들은 수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성, 천왕성이었다. 관측된 ㉡ 천왕성의 궤도가 이론상 예측된 것과 일치하지 않는다는 사실이 알려졌고, 이를 설명하기 위해 ㉢ 천왕성 바깥쪽을 도는 새로운 행성의 존재를 도입하였다. 이 ㉣ 외행성의 위치를 뉴턴 역학을 이용해 예측할 수 있었는데, 성능이 개선된 망원경으로 관찰하여 예측한 장소에서 ㉤ 해왕성의 존재를 확인하였다.

- ① ㉠ - 은하
- ② ㉡ - 회전 운동하는 별의 속도
- ③ ㉢ - 암흑 물질
- ④ ㉣ - 워프의 질량
- ⑤ ㉤ - 액시온의 존재