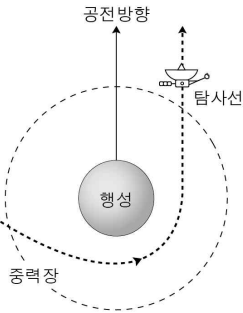


[39~42] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우주 탐사선이 지구에서 태양계 끝까지 날아가기 위해서는 일정 속도 이상에 이르러야 한다. 그러나 탐사선의 추진력만으로는 이러한 속도에 도달하기 어렵다. 추진력을 마음껏 얻을 수 있을 정도로 큰 추진체가 달린 탐사선을 만들 수 없기 때문이다. 대신에 탐사선을 다른 행성에 접근시키는 ‘스윙바이(Swing-by)’를 통해 속도를 얻는다. 스윙바이란, 말 그대로 탐사선이 행성에 잠깐 다가갔다 다시 멀어지는 것이다. 탐사선이 행성에 다가갔다 멀어지는 것만으로 어떻게 속도를 얻을 수 있는지 그 원리에 대해 알아보자.

스윙바이의 원리를 이해하기 위해서는 행성이 정지한 채로 있지 않고 태양 주위를 공전한다는 점을 떠올려야 한다. 그리고 뒤에서 바람이 불면 달리기 속도가 빨라지듯이 외부의 영향으로 물체의 속도가 변한다는 점도 기억해야 한다. 탐사선을 행성에 접근시켜 행성의 공전을 이용하는 스윙바이



는 그림과 같이 나타낼 수 있다. 탐사선이 **공전하는 행성**에 접근하여 중력의 영향권인 중력장에 진입할 때에는 행성의 공전 방향과 탐사선의 진입 방향이 서로 달라 탐사선의 속도 증가는 크지 않다. 그런데 탐사선이 곡선 궤도를 그리며 방향을 바꾸어 행성의 공전 방향에 가까워지면 탐사선의 속도는 크게 증가된다. 왜냐하면 탐사선이 행성에서 멀어지는 방향이 행성의 공전 방향에 가까울수록 스윙바이를 통한 속도 증가의 효과는 크기 때문이다.

탐사선의 속도 증가에 행성의 중력도 영향을 미친다고 생각할 수도 있다. 탐사선이 행성에 다가다 보면 행성이 끌어당기는 중력의 영향으로 탐사선의 속도가 증가하기 때문이다. 그러나 스윙바이를 마친 후 탐사선의 ‘속도의 크기’ 변화에 행성의 중력이 영향을 미치지 못하는 것이다. 왜냐하면 탐사선이 행성 중력의 영향권에서 벗어나면서 중력의 영향으로 얻은 만큼의 속도를 잃기 때문이다. 탐사선을 롤러코스터에 비유한다면 쉽게 이해할 수 있다. 롤러코스터는 높은 곳에서 낮은 곳으로 내려갈 때 속도가 증가하지만, 가장 낮은 지점을 지나 다시 위로 올라가면서 속도가 감소한다.

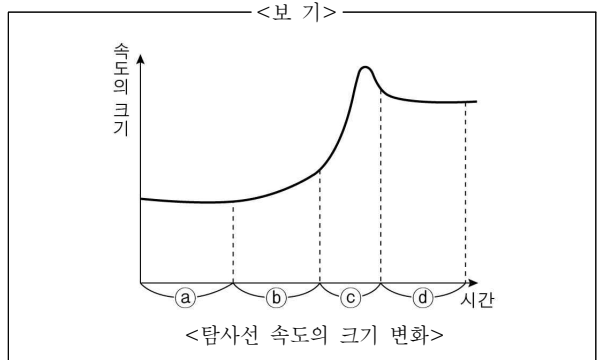
① 스윙바이는 행성의 공전 속도를 훔쳐오는 것이다. 그런데 운동량 보존 법칙에 따라 스윙바이를 통해 탐사선과 행성이 주고받은 운동량은 같다. 이 말은 탐사선의 속도가 빨라진 것처럼 행성의 속도는 느려졌다는 것을 의미한다. 서로 주고받은 운동량은 질량과 속도 변화량을 곱한 것이므로 행성에 비해 질량이 작은 탐사선은 속도가 크게 증가하지만, 질량이 매우 큰 행성은 속도가 거의 줄어들지 않는다. 실제로 지구와의 스윙바이를 통해 초속 8.9km의 속도를 얻은 ‘갈릴레오 호’로 인해 지구의 공전 속도는 1억 년 동안 1.2cm 쪼금 늦어지게 되었다.

39. 윗글을 읽고 답할 수 있는 질문이 아닌 것은?

- ① 탐사선이 스윙바이를 하는 까닭은?
- ② 스윙바이 동안에 행성의 중력이 변하는 이유는?
- ③ 스윙바이를 할 때 행성의 공전이 중요한 이유는?
- ④ 스윙바이를 통해 속도를 효과적으로 얻는 방법은?
- ⑤ 스윙바이 후 행성의 공전 속도 변화가 매우 작은 이유는?

40. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해할 때, 적절하지 않은 것은?

[3점]



- ① a에서 탐사선은 행성의 중력에 영향을 받지 않는다.
- ② b에서 탐사선은 행성에 점점 가까워진다.
- ③ 스윙바이로 속도가 빨라진 탐사선은 a에서 행성으로부터 멀어져 간다.
- ④ b에서 속도의 크기 변화는 c에서 속도의 크기 변화와 같다.
- ⑤ 탐사선은 b~c에서 방향을 바꾸어 행성의 공전 방향에 가까워진다.

41. <보기>는 스윙바이의 이해를 돕기 위한 사례이다. 윗글의 **공전하는 행성**과 가장 유사한 것은?

<보기>
어떤 사람이 궁수가 탄 말을 출발시켰다. 시속 30km로 달리는 말 위에서 궁수가 말의 진행방향으로 시속 150km의 화살을 쏘아, 정면에 있는 과녁에 맞았다면 궁수에게 화살은 시속 150km로 날아가는 것으로 보인다. 그런데 옆에서 있는 사람에게는 그 화살이 시속 180km로 날아가는 것으로 관찰된다.

- ① 어떤 사람 ② 달리는 말 ③ 화살
- ④ 정면에 있는 과녁 ⑤ 옆에서 있는 사람

42. ㉠을 이해한 것으로 적절한 것은?

- ① 탐사선이 얻은 속도와 행성이 잃은 공전 속도가 같다.
- ② 탐사선이 얻은 속도가 행성이 잃은 공전 속도보다 작다.
- ③ 탐사선이 얻은 운동량이 행성이 잃은 운동량과 같다.
- ④ 탐사선이 얻은 운동량이 행성이 잃은 운동량보다 작다.
- ⑤ 탐사선이 잃은 운동량이 행성이 얻은 운동량보다 크다.

◆ 20 사관학교 1차 40~45번

[40 ~ 45] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

지상에서 우주 공간에 있는 미확인 인공위성을 관측하는 작업은 두 가지 방향으로 이루어진다. 하나는 인공위성의 위치를 정확히 파악하는 것이고, 다른 하나는 인공위성의 형상을 통해 인공위성의 기능이나 특성을 파악하는 것이다. 인공위성의 위치를 파악하는 데에는 SLR(Satellite LASER Ranging) 장비가 쓰이며, 인공위성의 형상을 파악하는 데에는 적응광학(Adaptive Optics) 장비가 쓰인다.

SLR 장비는 레이저를 이용하여 인공위성의 위치를 정확하게 알아낼 수 있는 장비로서 망원경, 초정밀 시계, 레이저 송수신부 등으로 구성된다. 위치를 측정하기 위해서는 먼저 망원경을 인공위성으로 향하게 한 다음, 레이저 송신부에서 레이저를 쏜다. 그 레이저가 인공위성에 반사되어 수신부로 돌아오면 초정밀 시계로 레이저의 왕복 시간을 측정함으로써 인공위성과의 거리를 계산한다. 거리는 속력에 시간을 곱한 것이므로, SLR 장비와 인공위성 간의 거리는 레이저의 속력 c (광속 상수)에 왕복 시간을 곱한 값을 2로 나누어 구한다. 예를 들어, 천구의 중앙을 지나는 인공위성에 반사되어 온 레이저의 왕복시간이 0.2초로 측정되었다면, SLR 장비와 인공위성의 거리는 $c \times 0.2\text{초} \times \frac{1}{2}$ 로 계산된다. 이렇게 구한 ‘거리’에 SLR 장비의 ‘위치 정보’와 망원경이 향하고 있는 ‘방향 정보’를 융합하여 인공위성의 위치를 구한다.

그런데 이렇게만 해서는 ㉠ 인공위성의 정확한 위치를 알 수 없다. 오차가 있는 것이다. 이 오차를 보정하기 위해서는 여러 가지 요소들이 고려되어야 하지만, 대기로 인한 오차를 생각해야 한다. 빛은 매질의 밀도에 따라 속력과 파장이 달라진다. ‘진공에서의 빛의 속력’을, ‘A 매질에서의 빛의 속력’으로 나눈 값을 ‘A 매질의 굴절률’이라고 한다. 매질의 밀도가 클수록 빛의 속력은 느려지며 파장의 길이는 짧아진다. 레이저는 지구의 대기를 지나면서 속력이 달라진다. 따라서 레이저의 왕복 시간만으로 계산된 거리는 대기로 인한 오차를 보정하는 수학적 모델인 대기 모델을 적용하여 수직적 오차를 보정해야 한다.

인공위성의 위치를 파악하기 위해 SLR 장비를 사용했다면, 고배율 망원경으로는 그 형상을 관측할 수 있다. 그런데 고배율 망원경으로도 인공위성의 형상을 자세히 파악하는 것은 쉽지 않다. 고배율 망원경에 맺힌 상이 흔들리기 때문이다. 그 주원인은 대류권에서 발생하는 난류이다. 대기층의 하부인 대류권에서는 서로 다른 특성을 지닌 공기들이 일정하지 않게 움직이면서 불규칙한 공기의 흐름인 난류가 만들어진다. 이 난류는 빛의 굴절에 영향을 준다. 난류를 통과하는 빛들은 방향과 속력이 제각각 달라진다.

파면은 특정한 시간에 파동의 위상이 같은 점을 연결한 가상의 면으로서, 빛의 진행 방향에 대해 수직이다. 파면이 평면인 빛을 평면파라 하고, 그 파면을 평면 파면이라 한다. 우주에서 지구로 오는 빛은 대기권을 통과하면서 굴절하게 되는데, 난류를 만나기 전의 빛의 파면은 여전히 평면에 ㉡ 가깝다. 그러나 대류권에서 난류를 만난 빛은 불규칙 굴절을 하여 그 방향이 제각각 달라진다. 그런데 파면은 빛의 진행 방향에 수직이므로, 이때의 빛의 파면은 평면이 아니게 된다. 이 빛을 왜곡파라 하고 그 파면을 왜곡 파면이라 한다. 이것이 ㉢ 별빛이 반짝이는 것처럼 보이는 이유이다.

인공위성에서 오는 빛은 대류권의 난류를 통과하며 왜곡파가 되므로, 망원경으로 관측된 인공위성의 상은 흔들리는 것으로 나타난다. 이를 보정하기 위해 적응광학 기술을 사용한다. 적응광학 장비는 망원경에 광선분배기, 파면 센서, 데이터처리기, 제어기, 형상가변반사경 등이 추가된다. 지상에 설치된 망원경에 대기권을 통과한 빛이 들어오면 그 빛은 형상가변반사경을 거쳐 광선분배기로 입사된다. 입사된 빛은 광선분배기에 의해 접안부와 파면 센서로 나뉘어 보내진다.

파면 센서는 들어온 빛의 파면이 왜곡된 정도를 측정한다. 파면 센서는 CCD*에 여러 개의 볼록 렌즈가 격자처럼 결합된 것으로서, 빛은 볼록 렌즈를 통과하면서 CCD에 볼록 렌즈의 수만큼 상으로 맺히게 된다. 들어온 빛이 평면파라면 CCD의 각 격자의 중심에 상이 맺히는데, 들어온 빛이 왜곡파라면 빛이 지나온

대기의 특성이 반영되어 각 격자의 중심이 아닌 곳에 상이 맺히게 된다. 이때 중심에서 벗어난 방향과 정도를 분석하여 왜곡된 파면의 뒤틀린 정도를 측정할 수 있다.

측정된 정보는 데이터 처리기를 거쳐 분석되고, 제어기는 분석된 정보를 전기적 신호로 변환하여 형상가변반사경으로 보낸다. 형상가변반사경은 휘어질 수 있는 거울의 뒤에 구동기가 빼곡하게 달려 있는 것으로서, 각 구동기는 제어기가 보낸 전기적 신호에 따라 거울의 뒷면을 밀거나 당김으로써 거울을 변형시키게 된다. 왜곡 파면은 이렇게 변형된 거울을 통해 보정되고, 우리 눈은 보정된 상을 볼 수 있게 되어 흔들림이 없어진다. 이러한 일련의 과정은 반복되기 때문에 인공위성의 형상을 보다 분명하게 파악할 수 있다.

*CCD: 전하결합소자. 카메라의 이미지 센서로 쓰인다.

40. 윗글을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 평면 파면은 왜곡 파면과 달리 빛의 진행 방향에 대해 수직이다.
- ② SLR 장비는 망원경, 초정밀 시계, 레이저 송수신부 등으로 구성된다.
- ③ 대류권의 난류는 빛의 속력과 파장에 영향을 미쳐 파면을 왜곡시킨다.
- ④ 지상에서 인공위성의 형상을 파악하기 위해서는 적응광학 장비가 쓰인다.
- ⑤ 인공위성의 위치를 정확하게 알아내기 위하여 SLR 장비는 대기 모델을 적용한다.

41. ㉠에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 대기의 굴절률이 1보다 작으므로 보정하기 전에 파악한 위치보다 더 멀리 있다.
- ② 대기의 굴절률이 1보다 크므로 보정하기 전에 파악한 위치보다 더 가까이 있다.
- ③ 대기에서의 레이저 속력은 진공에서보다 빠르므로 보정하기 전에 파악한 위치보다 더 가까이 있다.
- ④ 대기에서의 레이저 파장은 진공에서보다 길므로 보정하기 전에 파악한 위치보다 더 멀리 있다.
- ⑤ 대기에서의 레이저 파장은 진공에서보다 짧으므로 보정하기 전에 파악한 위치보다 더 멀리 있다.

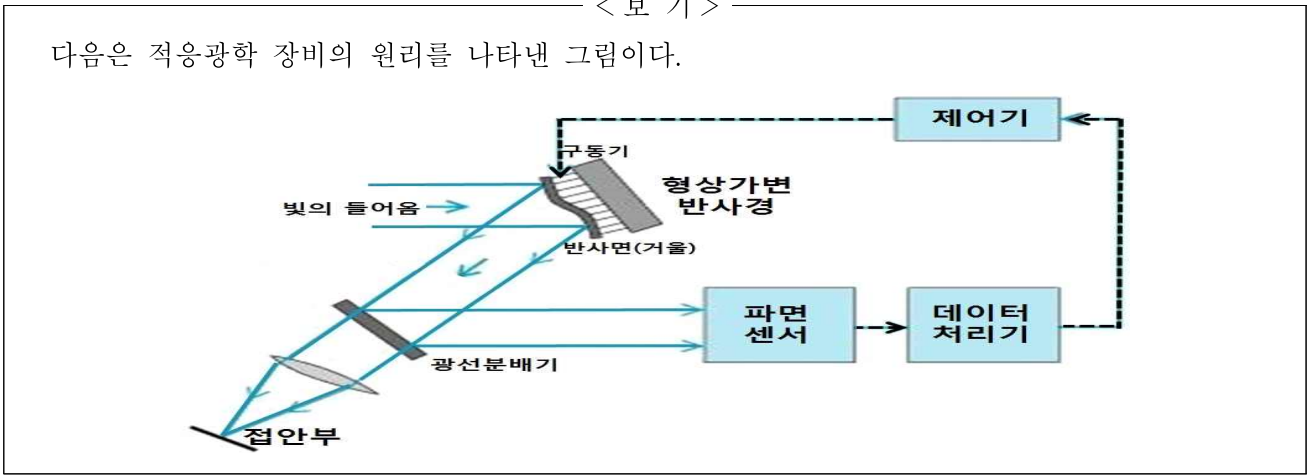
42. ㉡에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 관측자가 바람에 흔들리기 때문이다.
- ② 대류권의 공기들은 그 특성이 균질하기 때문이다.
- ③ 빛의 동일 위상을 연결한 선이 평면이기 때문이다.
- ④ 빛이 거쳐 온 난류의 굴절률이 제각기 다르기 때문이다.
- ⑤ 대기의 굴절률이 달라져도 빛의 파면이 변하지 않기 때문이다.

43. ㉢의 문맥적 의미가 쓰인 예로 가장 적절한 것은?

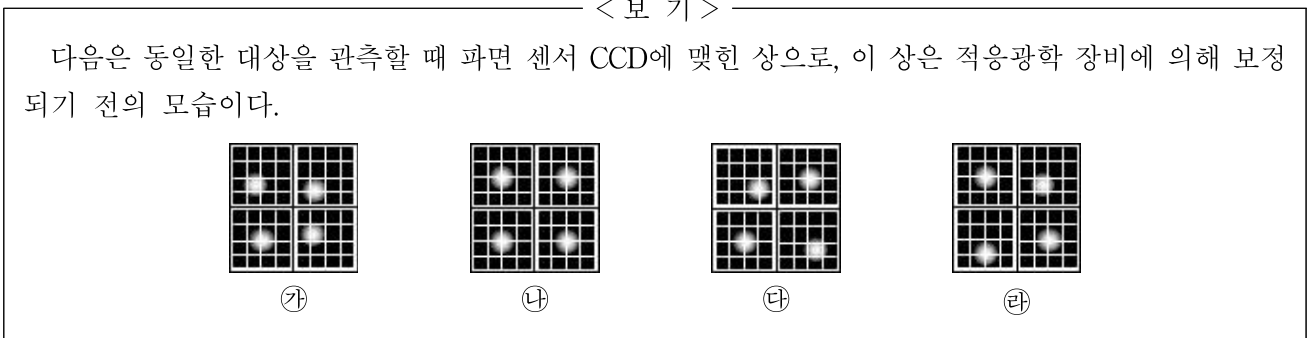
- ① 기차역과 버스터미널은 가깝다.
- ② 수형이와 만수는 가까운 친구이다.
- ③ 그 사람은 행동이 어린이에 가깝다.
- ④ 그들은 가까운 장래에 결혼할 예정이다.
- ⑤ 주말에 가까운 친척의 결혼식에 다녀왔다.

44. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① 형상가변반사경은 휘어질 수 있는 거울로 구성되어 있다.
- ② 광선분배기는 빛을 접안부와 파면 센서로 나누어 보내 준다.
- ③ 파면 센서는 여러 개의 볼록 렌즈와 CCD의 결합으로 구성되어 있다.
- ④ 데이터처리기에서는 파면 센서의 정보를 조합하여 보정된 상을 보낸다.
- ⑤ 제어기는 데이터처리기의 정보를 받아 구동기에 전기적 신호를 보낸다.

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



- ① ㉠ 상태가 지속된다면 파면의 변화가 없다고 할 수 있겠군.
- ② ㉠과 달리 ㉡는 평면파가 들어오고 있음을 보여 주겠군.
- ③ ㉡에서 ㉢로 달라진다면 빛의 파면이 바뀐 것이겠군.
- ④ ㉢는 ㉡에 비해 파면이 뒤틀린 정도가 심하겠군.
- ⑤ ㉢와 달리 ㉣는 왜곡파가 들어오고 있음을 보여 주겠군.

◆ 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/m³이다. 태양에서 가장 가까운 행성인 수성은 금성, 지구, 화성과 더불어 지구형 행성에 속하며, 딱딱한 암석질의 지각과 맨틀 아래 무거운 철 성분의 핵이 존재할 것으로 추측되거나 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 다이어나모 이론에 근거하면, 수성의 자기장은 핵의 일부가 액체 상태를 암시한다. 그러나 수성은 크기가 작아 철로만 이루어진 핵이 액체일 가능성은 희박하다. 만약 그랬더라도 오래전에 식어서 고체화되었을 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.

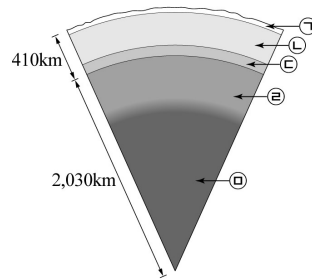
질량 M인 수성이 자전축으로부터 반지름 R만큼 떨어져 있는 한 점에 위치한 물체라고 가정할 경우의 관성모멘트는 MR²이다. 수성 전체의 관성모멘트 C를 MR²으로 나눈 값인 정규관성모멘트(C/MR²)는 수성의 밀도 분포를 알려 준다. 행성의 전체 크기에서 핵이 차지하는 비율이 클수록 정규관성모멘트가 커진다. 메신저에 의하면 수성의 정규관성모멘트는 0.353으로서 지구의 0.331보다 크다. 따라서 수성 핵의 반경은 전체의 80% 이상을 차지하며, 55%인 지구보다 비율이 더 크다.

행성은 공전 궤도의 이심률로 인하여 미세한 진동을 일으키는데, 이를 '경도침동'이라 하며 그 크기는 관성모멘트가 작을수록 커진다. 이는 훌쭉한 팽이가 외부의 작은 충격에도 넓은 팽이보다 크게 흔들리는 것과 같다. 조석고정 현상으로 지구에서는 달의 한쪽 면만 관찰할 수 있는 것으로 보통은 알려져 있으나, 실제로는 침동 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 경도침동을 만들어 낸다. 따라서 액체 핵이 존재할 경우 경도침동의 크기는 수성 전체의 관성모멘트 C가 아닌 외곽층 관성모멘트 C_m에 반비례한다. 현재까지 알

려진 수성의 경도침동 측정값은 외곽층의 값 C_m을 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_m)는 3,650kg/m³로 지구의 상부 맨틀(3,400kg/m³)보다 높다. 그러나 메신저의 엑스선 분광기는 수성의 화학 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(anticrost)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 경도침동의 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(ρ_m) 증가

(단, 수성의 질량 M 과 반지름 R 는 변화가 없다.)

—<보 기>—

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

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

◆ 20 LEET 언어이해 25~27번

[25~27] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

1965년 제미니 4호 우주선은 지구 주위를 도는 궤도에서 최초의 우주 랑데부를 시도했다. 궤도에 진입하여 중력만으로 운동 중이던 우주선은 같은 궤도상 전방에 있는 타이탄 로켓과 랑데부하기 위해 접근하고자 했다. 조종사는 속력을 높이기 위해 우주선을 목표물에 향하게 하고 후방 노즐을 통하여 일시적으로 연료를 분사하였다. 하지만 이 후방 분사를 반복할수록 목표물과의 거리는 점점 더 멀어졌고 연료만 소모하자 랑데부 시도를 포기했다.

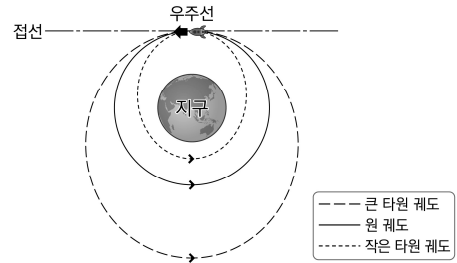
연료를 분사하면 우주선은 분사 방향의 반대쪽으로 추진력을 받는다. 이는 뉴턴의 제3법칙인 '두 물체가 서로에게 작용하는 힘은 항상 크기가 같고, 방향은 반대이다.'로 설명할 수 있다. 질량이 큰 바위를 밀면, 내가 바위를 미는 힘이 작용이고, 바위가 나를 반대 방향으로 미는 힘이 반작용이다. 똑같은 크기의 힘을 주고받았는데 내 몸만 움직이는 이유는 뉴턴의 제2법칙인 '같은 크기의 힘을 물체에 가했을 때, 물체의 질량과 가속도는 반비례한다.'로 설명할 수 있다. 연료를 연소해 기체를 분사하는 힘은 작용이고, 그 반대 방향으로 우주선에 작용하는 추진력은 반작용이다. 우주선에 비해 연료 기체의 질량은 작더라도 연료 기체를 고속 분사하면 우주선은 충분한 가속도를 얻는다.

지구 궤도를 도는 우주선은 우주에 자유롭게 떠 있는 것 같지만, 기체 분사에 의한 힘 외에 중력이 작용하고 있어서 그 영향을 고려해야 한다. 우주선은 지구의 중력을 받으며 원 또는 타원 궤도를 빠르게 돈다. 이때 궤도를 한 바퀴 도는 데 걸리는 시간인 주기는 궤도의 지름이 클수록 더 길다. 우주선은 속력과 관련된 운동 에너지(K)와 중력에 관련된 중력 위치 에너지(U)를 가진다.

$$K = \frac{1}{2}mv^2, U = -\frac{GMm}{r}$$

G : 만유인력 상수, M : 지구의 질량, m : 우주선의 질량,
 r : 지구중심과 우주선의 거리, v : 우주선의 속력.

운동 에너지는 우주선 속력의 제곱에 비례한다. 우주선의 중력 위치 에너지는 우주선이 지구에서 무한대 거리에 있으면 0으로 정의되고, 지구에 가까워지면 그 값은 작아지므로 음수이다. 즉, 우주선이 지구에 가까울수록 중력 위치 에너지는 작아지고, 멀수록 중력 위치 에너지는 커진다. 운동 에너지와 중력 위치 에너지의 합인 역학적 에너지(E)는 $E = K + U$ 로 표현된다. 지구의 중력만 작용할 때, 궤도 운동하는 우주선의 역학적 에너지는 크기가 일정하게 보존된다. 역학적 에너지가 보존될 때, 궤도 운동하는 우주선이 지구 중심에서 멀어지면 속력이 느려지고 가까워지면 속력이 빠르게 된다. 또한 원 궤도에서 작용하는 중력의 크기가 클수록 속력이 빨라진다. 우주선의 궤도는 연료 분사로 속력을 조절해 <그림>과 같이 바뀔 수 있다. 우주선이 운동하는 방향을 전방, 반대 방향을 후방이라 하자. <그림>의 원 궤도에 있는 우주선이 궤도의 접선 방향으로 후방 분사하여 운동 에너지를 증가시키면, 그만큼 역학적 에너지도 증가하여 우주선은 기존의 원 궤도보다 지구로부터 더 멀리 도달할 수 있는 <그림>의 큰 타원 궤도로 진입한다. 하지만 전방 분사하면, 운동 에너지가 감소하고 <그림>의 작은 타원 궤도로 진입하여 우주선은 기존보다 지구에 더 가까워진다.



<그림> 우주선의 궤도와 접선

목표물과 우주선이 같은 원 궤도에서 같은 방향으로 운동할 때, 목표물이 전방에 있는 경우, 우주선이 후방 분사를 하면 궤도의 접선 방향으로 우주선의 속력이 빨라져서 큰 타원 궤도로 진입하게 된다. 따라서 분사가 끝나면, 속력이 주기적으로 변화하고 목표물과의 거리가 더 멀어진다. 반대로, 목표물이 후방에 있는 경우 전방 분사를 하면 <그림>의 작은 타원 궤도로 진입한 우주선의 속력은 원 궤도에서보다 더 느려진 진입 속력과 더 빨라진 최대 속력 사이에서 변화한다. 이때 목표물과의 거리는 더 멀어진다.

랑데부에 성공하려면 우주선을 우리의 직관과 반대로 조종해야 한다. 우주선과 목표물이 같은 원 궤도에서 같은 운동 방향일 때 목표물이 전방에 있다고 하자. 이때 우주선이 일시적으로 전방 분사하면 속력이 느려지고, 기존보다 더 작은 타원 궤도로 진입해서 목표물보다 더 빠른 속력으로 운동할 수 있다. 하지만 궤도가 달라서, 진입한 타원 궤도의 주기가 기존 원 궤도의 주기보다 더 짧다는 것을 이용하여 한 주기 혹은 여러 주기 후 같은 위치에서 만나도록 속력을 조절한다. 목표물보다 낮은 위치에서 충분히 가까워지면, 우주선이 접근하여 랑데부한다.

25. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 뉴턴의 제3법칙은 우주선 추진의 원리 중 하나이다.
- ② 원 궤도의 지름이 클수록 우주선의 속력이 더 빨라진다.
- ③ 타원 궤도 운동 중인 우주선은 역학적 에너지가 보존된다.
- ④ 우주선이 분사하는 연료 기체는 우주선보다 가속도가 크다.
- ⑤ 원 궤도에 있는 우주선이 속력을 늦추면 회전 주기가 짧아진다.

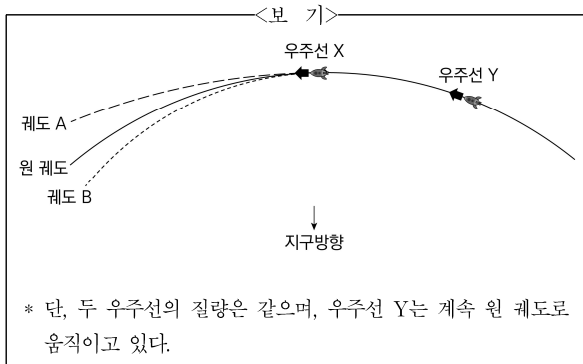
26. 윗글을 바탕으로 추론할 때, <보기>에서 적절한 것만을 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. 제미니 4호가 원 궤도상에서 후방 분사를 한 경우라면, 후방 분사 이후의 궤도는 지구로부터 더 멀어질 수 있다.
 ㄴ. 타원 궤도에 있는 우주선의 운동 에너지 크기와 중력 위치 에너지 크기는 일정하게 유지된다.
 ㄷ. 원 궤도에 있는 우주선이 궤도의 접선 방향으로 분사로 역학적 에너지를 증가시키면, 진입한 궤도에서 우주선의 최대 중력 위치 에너지는 커진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

27. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해할 때, 적절하지 않은 것은?



- ① 전방 분사한 우주선 X가 진입한 궤도에서 가지는 최대 운동 에너지는 우주선 Y보다 더 크다.
 ② 우주선 X는 궤도 A에서의 최소 중력 위치 에너지가 궤도 B에서의 최소 중력 위치 에너지보다 크다.
 ③ 후방 분사한 이후의 우주선 X의 중력 위치 에너지의 최솟값은 우주선 Y의 중력 위치 에너지와 같다.
 ④ 우주선 X가 궤도 A로 진입한 경우, 지구를 한 바퀴 도는 동안 우주선 Y와 같은 운동 에너지를 가지는 궤도상의 지점은 하나이다.
 ⑤ 우주선 X와 우주선 Y의 가능한 거리 중 최댓값은 우주선 X가 궤도 B로 진입한 경우가 궤도 A로 진입한 경우보다 작다.

◆ 19년 3월 고3 16~21번

[16~21] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

전통적으로 동아시아에서 역법은 연월일시의 시간 규범을 제시하는 일뿐만 아니라 태양, 달 그리고 다섯 행성의 위치 변화를 통해 하늘의 뜻을 이해하는 것이었다. 역법의 ㉔ 운용과 역사의 발행은 나라를 다스리는 중요한 통치 행위였기 때문에 동아시아에서는 국가 기구를 설치하여 역법을 다루었고 그곳의 관리에게만 연구가 허락되었다. 『서경(書經)』에서 말한 ‘하늘을 관찰하여 백성에게 시간을 내려준다.’라는 뜻의 관상수시(觀象授時)는 유교 문화권에서 역법을 어떻게 바라보았는가를 잘 드러낸다. 관상수시는 하늘의 명을 받은 천자에게만 허락된 일이므로 고려 시대에는 중국의 역을 거의 그대로 따라야 했다. 고려 초에 도입된 선명력은 정확성이 부족하여 고려 말에는 정확성이 높아진 수시력을 도입했다. 수시력은 계산식이 복잡해 익히기가 어려웠기 때문에 일식과 월식, 곧 교식을 후보*할 때는 여전히 선명력이 사용되었다. 이 상황은 조선 건국 직후에도 지속되었다.

세종은 즉위 초부터 수시력에 대한 이해를 높이려고 애썼고 마침내 수시력에 ㉕ 통달했다고 자부했다. 그럼에도 세종 12년, 교식 후보에 오차가 생기자 세종은 그 해결책으로 ㉖ 조선만의 교식 후보 방법을 찾고자 했다. 세종은 중국의 역법을 수용하되 이것을 조선에 맞게 운용하는 방법을 택함으로써 중국과의 관계를 고려하면서도 시간 규범을 스스로 수립하고자 한 것이다. 수시력으로 교식을 후보할 때에는 입성을 사용했는데, 이때의 입성은 모두 중국을 기준으로 한 것이었다. 입성이란 천체의 위치를 계산하는 데 필요한 관측값 등을 실어 놓은 계산표이다. 세종은 한양을 기준으로 한 입성을 제작하려 했다. 그래서 입성 제작에 필요한 낮과 밤의 길이인 주야각을 후보하기 위해 한양의 위도 등을 알아내도록 명했다. 이러한 일련의 연구 성과를 담은 것이 세종 26년에 편찬된 『칠정산 내편』이다. ‘칠정’이란 태양, 달, 다섯 행성의 운동을 가리키고, ‘산’이란 계산했다는 뜻이다. 『칠정산 내편』은 중국 역법에 기반을 두었지만 교식과 천체 관측에 필요한 값들을 한양의 기준으로 계산할 수 있게 되었다는 점에서 독자적인 역법이라 할 수 있다.

『칠정산 내편』의 효용성을 살피기 위해 세종은 정묘년(1447년) 8월에 일어날 교식을 미리 후보하여 『칠정산 내편 정묘년 교식 가령』을 편찬하게 했다. 그런데 이 후보에 오차가 발생하자 후보의 방법과 내용을 꾸준히 ㉗ 정비했다. 이 성과를 담은 책이 바로 세조 4년에 편찬된 『교식 후보법 가령』이다. 이 책은 정묘년(1447년) 8월의 교식을 새로운 계산식으로 다시 후보한 것이다. 두 가령의 교식 후보 원리는 동일하지만 계산식을 약간 달리했기 때문에 교식 후보 시각은 서로 달랐다. 두 가령의 교식 후보 시각은 현대 천문학의 계산과 조금의 오차는 있지만 당시 유럽의 천문학과 비교하더라도 그 방법론이 매우 정교하여 조선 역법의 뛰어난 수준을 보여 주는 것이다.

지구는 태양과의 거리가 가장 가까운 근일점에서 공전 속도가 가장 빠르다. 그러므로 ㉘ 북반구에서 관측한 태양은 동지 즈음에 가장 빠르게 운행하는 것으로 보이고, 하지 즈음에 가장 느리게 운행하는 것으로 보인다. 그래서 『칠정산 내편』은 근일점과 동지가 일치한다고 보았다. 즉 동지와 하지에서 태양의 실제 위치가 평균 속도로 운행한 태양의 위치와 일치한다고 설정한 것이다. 그리고 동지부터 하지 사이를 영, 하지부터 동지 사이를 축이라 했다. ‘영축차’는 태양의 실제 위치에서 평균 위치를 뺀 값이다. 그러므로 영에서의 값인 ‘영차’는 양

의 값이고, 축에서의 값인 ‘축차’는 음의 값이다. 달 역시 지구와 가까울수록 빠르게 움직인다. ㉙ 그래서 달이 지구와 가장 가까이 위치할 때인 근지점에서 ‘지질차’의 값을 0으로 간주했다. ‘지질차’란 달의 실제 위치에서 평균 위치를 뺀 값인데, 근지점부터 달이 지구와 가장 멀리 떨어져 있는 원지점까지는 달의 실제 위치가 평균 위치보다 앞선다. 그리고 원지점부터 근지점까지는 그 반대이다. ㉚ 달의 실제 위치가 평균 위치보다 앞서면 ‘질차’, 뒤처지면 ‘지차’라 했다.

달이 태양과 지구 사이에 놓여 태양을 가릴 때를 삭(朔), 지구가 태양과 달 사이에 놓여 달을 가릴 때를 망(望)이라 한다. 정삭과 정망은 지구와 달이 태양과 정확히 일직선 위에 놓이게 될 때의 시각이다. 『칠정산 내편 정묘년 교식 가령』과 『교식 후보법 가령』 모두 정삭, 정망은 태양과 달의 평균 위치로 계산된 경삭과 경망에 실제 태양과 달의 빠르고 느린 정도를 가하거나 감하여 구했다. 이를 가감차 방식이라 한다. 가감차 값은 영축차에서 지질차를 뺀 값을 속도항 값으로 나누어 구했다. 즉 가감차 값이 양일 때에는 그 값을 경삭, 경망에 더하는 가차로 삼았고, 음일 때에는 그 값을 경삭, 경망에서 빼는 감차로 삼았다. 앞에서 언급한 두 가령 모두 영축차에서 지질차를 뺀 값에는 거의 차이가 없다. 하지만 『칠정산 내편 정묘년 교식 가령』은 속도항 값으로 달의 이동 속도를 활용했지만, 『교식 후보법 가령』은 달의 이동 속도에서 태양의 이동 속도를 뺀 값을 활용했다. ㉛ 이는 태양이 달에 비해 느린 속도로 달과 같은 방향으로 이동하는 것처럼 보이는 현상을 고려한 것이다.

『칠정산 내편』 등을 통한 역법의 확립으로 조선은 유교적 이념을 만족스럽게 ㉜ 실현할 수 있는 체계를 갖추었다는 자부심을 가질 수 있게 되었다. 『칠정산 내편』이 편찬된 지 200여년 뒤, 일본을 왕래하던 조선 통신사 사신 박안기는 조선의 역법을 일본에 전하게 된다. 이를 바탕으로 일본에서도 독자적인 역법 『정향력』이 완성되었다. 동아시아 천문학은 시대와 장소에 따라 서로 다르게 전개되었지만 『칠정산 내편』, 『정향력』 등은 자국의 고유한 역법을 ㉝ 확립하고자 했던 열망의 소산이라고 할 수 있다.

* 후보: 천체의 운동을 관측함.

16. 윗글에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 관상수시의 개념을 소개하고 고려와 조선이 그것을 어떻게 변용하여 역법 제작에 응용했는지 설명하고 있다.
- ② 조선의 역법 발달 과정을 언급하고 동서양 문명에서 공통적으로 나타난 천문과 역법의 의미를 보여 주고 있다.
- ③ 역법에 대한 유교적 관점을 드러내고 조선이 역법 확립을 위해 노력한 바와 그것이 끼친 영향을 보여 주고 있다.
- ④ 조선에서 교식 후보 방법이 발달했던 이유를 제시하고 교식 후보가 중국 천문학 발전에 끼친 영향을 설명하고 있다.
- ⑤ 조선 역법의 우수성을 부각하고 당대에 관측한 값들이 현대적 관점에서 얼마나 정확한 것인지 단계적으로 검증하고 있다.

17. 윗글을 통해 알 수 있는 사실이 아닌 것은?

- ① 조선은 역법을 통해 천자를 부정하고 독자적 정치 이념을 실현하고자 했다.
- ② 조선은 교식 후보 이외에 여러 행성들의 운동도 역법에 담으려고 노력했다.
- ③ 전통적으로 동아시아에서는 국가의 주도와 통제 아래 역법 연구가 수행되었다.
- ④ 전통적으로 동아시아는 천체의 변화를 이해하여 하늘의 뜻을 알고자 역법을 마련했다.
- ⑤ 조선은 역법의 확립을 통해 유교적 이념의 실현을 위한 체계를 수립했다는 자부심을 가질 수 있었다.

18. 윗글과 <보기>를 관련지어 추리한 내용으로 적절하지 않은 것은?

— < 보 기 > —

(가) 이전에는 선명력을 썼기 때문에 오차가 꽤 많았으나, 신(臣) 정초가 수시력법을 연구하여 밝혀낸 뒤로는 역서 만드는 법이 어느 정도 바로잡혔다. 그러나 이번(세종 12년) 일식의 시작과 끝 시각이 모두 차이가 있었으니 이는 정밀하게 살피지 못한 까닭이다.
— 『세종실록』 권49

(나) (세종께서) “이 일의 요체는 북극출지의 고하(한양의 위도)를 정하는 데 있느니 먼저 간의를 만들어 올림이 좋겠다.”하시므로, ... (중략) ... 먼저 나무로 모양을 만들어 북극출지 38도소를 정하니, 『원사(元史)』의 측정값과 부합하였으므로 마침내 구리를 녹여 부어 간의를 만들었다.
— 『세종실록』 권77

(다) 수시력과 통개의 체계에 근거하여 같은 점과 차이점을 가려서 정밀한 것을 가려 뽑고 거기에 몇 가지 항목을 더하여 한 권의 책으로 만들게 하고, 『칠정산 내편』이라고 했다. ... (중략) ... 수시력이나 통개법의 주야각은 각기 근거한 곳에서 추정한 것이므로 우리나라와는 다르다.
— 이순지, 『사여전도통개』 발문(세종 26년)

- ① (가): 세종 즉위 전까지 조선에서 선명력을 사용해 교식을 후보할 때 오차가 컸겠군.
- ② (가): 세종 12년의 교식 후보의 오차 원인을 밝히기 위해 『칠정산 내편 정묘년 교식 가령』을 편찬한 것이군.
- ③ (나): 교식 후보의 정확성을 높이기 위해 조선에서 천체 관측 기구가 제작되었겠군.
- ④ (다): 『칠정산 내편』 편찬에 기반이 되었던 중국의 역법으로는 수시력을 들 수 있겠군.
- ⑤ (다): 세종과 이순지 모두 중국의 주야각 입성이 우리나라의 주야각 입성과 다르다고 생각했겠군.

19. <보기>를 참고하여 윗글을 이해한 내용으로 적절한 것은?

[3점]

— < 보 기 > —

정묘년(1447년) 8월은 하지를 지나 동지로 가는 시점으로, 경삭이 일어날 때 달은 원지점에서 근지점으로 이동하고 있었다. 『칠정산 내편 정묘년 교식 가령』과 『교식 후보법 가령』의 후보법에 의하면 경삭이 일어날 때 태양의 실제 위치와 평균 위치의 차는 약 2.39였고, 달의 실제 위치와 평균 위치의 차는 약 4.99였다.

- ① 정묘년 8월 경삭 때 달의 실제 위치가 평균 위치보다 앞서 있었을 것이다.
- ② 정묘년 8월 경삭 후보에서 가감차 값은 『칠정산 내편 정묘년 교식 가령』이 『교식 후보법 가령』보다 더 컸을 것이다.
- ③ 정묘년 8월 경삭 후보에서 두 가령 모두 경삭에 가감차 값을 더하는 가차로 삼았을 것이다.
- ④ 정묘년 8월 경삭 후보에서 두 가령 모두 가감차 계산에 영차를 사용했을 것이다.
- ⑤ 정묘년 8월 경삭 때 지구가 태양과 달 사이에 있었을 것이다.

20. ㉠~㉣에 대한 이해로 가장 적절한 것은?

- ① ㉠: 조선에서 일어나는 교식을 정확히 후보하기 위해 수시력을 연구하는 방법을 찾고자 했다.
- ② ㉡: 낮의 길이와 공전 속도가 비례하는 것으로 보인다.
- ③ ㉢: 근지점에서 달의 실제 위치와 평균 위치가 일치한다고 간주했다.
- ④ ㉣: ‘지차’는 음의 값을, ‘지차’는 양의 값을 가진다고 보았다.
- ⑤ ㉤: 『교식 후보법 가령』의 속도항 값이 음의 값을 가진 것을 고려한 것이다.

21. ㉠~㉣의 사전적 의미가 바르지 않은 것은?

- ① ㉠: 무엇을 움직이게 하거나 부리어 씬.
- ② ㉡: 예리한 관찰력으로 사물을 꿰뚫어 봄.
- ③ ㉢: 흐트러진 체계를 정리하여 제대로 갖추.
- ④ ㉣: 꿈, 기대 따위를 실제로 이룸.
- ⑤ ㉤: 체계나 견해, 조직 따위가 굳게 씬. 또는 그렇게 함.

- 출전: 한영호 외 2인 공저. "세종의 역법 제정과 '칠정산'"

- 정답: 16. ③ 17. ① 18. ② 19. ③ 20. ③ 21. ②