

드 판 과학기술경제선별

복잡한 지문을

간결하게 해결하는 것이 승부처다.

Volume.1 문제편

그림달국어연구소 편저

〈문제편〉

- 공부 방법

1) 한 지문 당 8분 공부 시간을 배정하여, 풀니다.

‘획일적인’ 8분이 아니라, ‘총량제’ 8분입니다.

- 5지문이면, 40분 안에 다 푸는 것이 중요

2) 틀린 문제에 해설 보는 것은 ‘독’이다.

틀린 문제는 다시 풀니다. 2~3번까지 (안 된다면 1주 텀이상 두고, 다시 도전)

최종적으로 맞힌 문제에 한하여 해설을 봅니다.

- 수록 지문

1. 오일러의 정리

11. 플랑크톤

2. 허블 법칙

12. 흡착제

3. 태양 중심 우주론

13. 겹징

4. 빛이 없는 환경에서의 광합성

14. 전파

5. 알테르기

15. 시장 경제 체계에서의 장벽

6. 물의 온도의 평형

16. 애플

7. 무중력상태

17. 업전 효과

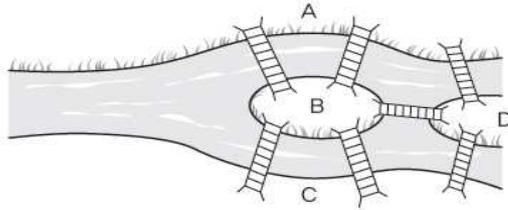
8. 중력 렌즈 현상

9. 액상 과당

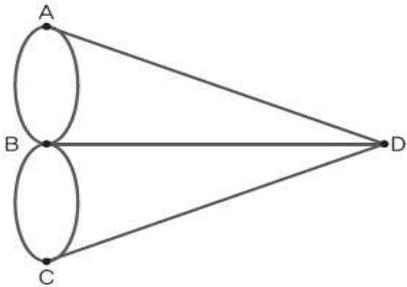
10. 카오스

(1~3) 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

옛날 프로이센의 수도였던 쾨니히스베르크에는 시가지 한복판으로 프레겔 강이 흐르고 있었는데, <그림 1>처럼 이 강에는 2개의 섬이 있고, 7개의 다리가 놓여 있었다. 어느 날 한 시민이 “이 모든 다리를 걸어서 빠짐없이 단 한 번씩만 건널 수는 없을까?”라는 문제를 내걸었는데, 시간이 지나도 아무도 해결하지 못했다.



<그림 1>



<그림 2>

그래서 사람들은 이 문제를 수학자인 오일러에게 문의 했다. 오일러는 프레겔 강으로 분할되는 쾨니히스베르크의 네 지역을 <그림 2>처럼 A, B, C, D라는 네 점으로 생각하고, 이 네 지역을 연결하는 다리들을 점 A, B, C, D를 연결하는 선으로 생각했다. 그러면 이것은 어떤 도형이 있을 때 이 도형의 한 점으로부터 출발하여 선을 따라서 진행하되, 도중에 건너뛰거나 지나간 선을 다시 지나는 일 없이 모든 선을 꼭 한 번씩만 지나서 도형을 완성하는 한붓그리기 문제로 바뀌게 된다.

선형 도형*에서 어떤 점에 모인 선의 수가 짝수일 때 그 점을 짝수점, 홀수일 때는 홀수점이라 한다. 오일러는 연구를 통해 홀수점의 개수가 0개일 때는 곡선 상의 어느 짝수점에서 출발해도 같은 점(출발점)에서 한붓그르기가 끝나며, 홀수점의 개수가 2개일 때는 한 홀수점에서 출발하여 다른 홀수점에서 한붓그르기가 끝나게 된다는 것을 증명했다. 즉 홀수점이 아예 없거나 홀수점이 2개일 때만 한붓그르기가 가능하다는 것을 밝혀냈는데, 이를 오일러의 정리라 한다. <그림 2>의 경우 A, B, C, D가 모두 홀수점이므로, 결국 쾨니히스베르크의 모든 다리를 걸어서 빠짐없이 단 한 번씩만 건널 수는 없다는 답이 나온다.

오일러의 정리는 수학사에서 중요한 업적으로 간주되고 있는데, <그림 2>처럼 형상이나 위치 관계에 초점을 맞추어

점과 선으로 변환한 발상 때문이다. 이러한 발상은 도형 상호간의 위치나 연결 방식 따위를 연속적으로 변형하여 그 도형의 공간의 성질을 연구하는 위상 수학의 출발점이 되었다. 우리가 실생활에서 많이 접하는 위상 수학의 사례로는 지하철 노선도가 있다. 노선도는 실제의 지리적인 위치나 거리 등을 무시하고 수평선과 수직선, 사선 등을 이용하여 노선을 표시하고 있지만, 그래도 사람들은 이를 통해 목적지가 몇 번째 역인지 어디서 환승하면 좋은지 등을 충분히 알 수 있다.



<그림 3>

<그림 2>나 지하철 노선도는 실제의 공간을 구부리고, 늘리고, 줄이는 등의 변형을 거쳤는데, 이것이 바로 위상 수학의 핵심인 ‘위상 변환’이다. 그런데 위상 변환에는 일정한 규칙이 있다. 구부리거나 늘리거나 줄이는 것은 얼마든지 허용되지만, 자르거나 이어 붙이거나 구멍을 뚫는 변형은 허용되지 않는다. <그림 3>과 같이 고무찰흙으로 되어 있는 머그잔은 자르거나 이어 붙이거나 구멍을 뚫지 않고 연속적으로 길이와 모양만 바꾸면 도넛 형태로 만들 수 있다. 즉 이것은 머그잔을 구성하는 모든 점과 도넛을 구성하는 모든 점을 일대일로 대응시키면서 머그잔이라는 도형을 구부리고 늘리는 위상 변환을 통해 구멍은 1개라는 불변성은 지키면서 머그잔 위의 점들과 도넛 위의 점들이 연속적 위치 관계를 바꾸지 않고 겹치게 한 것이다. 이렇게 공통되는 불변성을 유지하면서 위상 변환을 통해 같은 형태로 만들 수 있는 것을 ‘위상적 동형’이라 한다. 반면에 공으로 도넛을 만들려면 가운데 부분에 구멍을 뚫어야 하므로 공과 도넛은 위상적 동형이 될 수 없다.

* 선형 도형: 몇 개의 선과 그 끝점으로 이루어져 있고 전체가 연결되어 있는 도형.

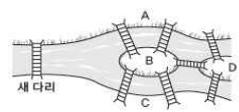
1. 윗글에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 한붓그르기의 개념과 성립 조건을 밝히고 있다.
- ② 위상 수학이 적용되는 실생활의 분야를 제시하고 있다.
- ③ 오일러의 정리에 대한 인식의 변화 과정을 서술하고 있다.
- ④ 구체적인 사례를 통해 위상 수학의 주요 개념을 설명하고 있다.
- ⑤ 오일러의 정리가 위상 수학의 발전에 미친 영향을 소개하고 있다.

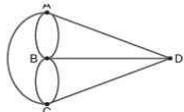
2. 윗글을 참고하여 <보기>의 (나)를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

< 보 기 >

선생님: (가)는 코니히스베르크의 프레겔 강 위에 새로운 다리 하나를 더 만든 것을 그림으로 그린 것이고, (나)는 (가)를 선형 도형으로 바꾼 것입니다.



(가)

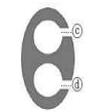


(나)

- ① 짝수점의 개수에 비해 홀수점의 개수가 더 많으므로 한붓그리기를 할 수 있겠군.
- ② 실제의 지리적 위치나 거리를 무시했으므로 한붓그리기를 할 수 없겠군.
- ③ A, B, C, D 어느 점에서 출발해도 출발점에서 한붓그리기가 끝나겠군.
- ④ 점의 총 개수에 변화가 없기 때문에 한붓그리기를 할 수 없겠군.
- ⑤ 홀수점이 2개가 되기 때문에 한붓그리기를 할 수 있겠군.

3. [A]를 참고하여 <보기>를 설명할 때 적절하지 않은 것은?

< 보 기 >

㉠	㉡	㉢	㉣	㉤
				

- ① ㉠은 위상 변환을 해도 ㉡처럼 만들 수는 없다.
- ② ㉡과 ㉣은 위상적 동형으로 볼 수 있다.
- ③ ㉢의 ㉠과 ㉡ 사이를 잘라 ㉠처럼 만드는 것도 위상 변환이다.
- ④ ㉣에서 ㉢과 ㉡ 부분을 이어 붙여도 ㉢과 위상적 동형이 될 수 없다.
- ⑤ ㉠, ㉢, ㉤ 사이에는 공통되는 불변성이 없다.

[4 ~ 6] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

1929년 미국의 천문학자 허블은 ‘외계 은하 성운들의 선속도와 거리 사이의 관계’라는 논문을 통해 은하가 지구에서 어떻게 멀어지는가를 다룬 허블 법칙을 발표했다. 이로 인해 아인슈타인을 비롯한 당대 최고의 과학자들은 우주가 정적이고 안정된 상태라는 자신들의 생각을 바꿔야 했다.

허블이 발견한 법칙은 의외로 단순하다. 지구를 기준으로 할 때 모든 은하가 지구로부터 멀어지고 있는데, 이때 가까이 있는 은하보다 멀리 있는 은하가 더 빨리 멀어진다는 것이다. 게다가 은하가 멀어지는 속도와 거리 사이에는 매우 단순한 비례 관계가 성립한다는 것을 밝혔다. 2배 멀리 있는 은하는 2배 빨리 멀어지고 3배 멀리 있는 은하는 3배 빨리 멀어진다는 것이다. 예를 들어 은하 A가 지구에서 멀어지는 속도를 v , A까지의 거리를 r 라고 하고, 은하 B, C는 지구에서 각각 $2r$, $3r$ 만큼 떨어져 있다고 하자. 허블이 관측한 바에 따르면 은하 B의 멀어지는 속도는 $2v$ 이고, 은하 C가 멀어지는 속도는 $3v$ 였다. 이 법칙으로 볼 때, 은하 A에서 관찰할 때도 다른 은하들이 멀어지는 양상이 지구에서 우주를 관측했을 때와 같이 거리에 비례하여 멀어질 것이라고 짐작할 수 있다.

허블이 발견한 것은 관측 가능한 모든 은하가 거리에 비례하는 속도로 멀어진다는 사실이다. 만약 은하들이 멀어지는 속도가 거리에 비례하지 않는다면 우리가 은하를 옮겨 다닐 때마다 외계 은하들의 운동에 대한 관측 결과는 제각기 달라질 것이다. 허블의 대발견은 그런 일이 일어나지 않는다는 것을 의미한다. 우주 어디에서 관측하든 모든 은하는 서로로부터 거리에 비례하여 멀어지는 것이다. 즉 우주는 일정한 비율로 끝없이 팽창하고 있는 것이다. 이러한 내용을 담은 것이 바로 허블 법칙이다.

허블 법칙에서 가장 중요한 것은 허블 상수 H 의 값이다. 이 값은 지구에서 일정한 거리만큼 떨어진 은하가 얼마나 빨리 멀어지는가를 나타내는 숫자이다. 이 상수 덕분에 우리는 은하가 멀어지는 속도를 가지고 은하와 지구 사이의 거리를 알 수 있고, 지구와 외계 은하 사이의 거리를 알면 그 은하의 ‘후퇴 속도*’를 계산할 수 있다. 말 그대로 우주 공간의 공간적 구조와 팽창하는 양상을 읽어 낼 수 있는 것이다. 허블이 관측한 허블 상수의 값은 $H=500\text{km/s/Mpc}$ *이다. 이 복잡한 단위가 의미하는 것은 1메가파섹(Mpc)의 거리에 떨어져 있는 은하는 초속 500km로 멀어진다는 사실이다.

허블 방정식은 $v=Hr$ 인데, 여기에는 은하까지의 거리 정보 — 은하가 처음 있었던 장소에서 그 지점까지 멀어지는데 걸리는 시간 — 만 담겨 있는 것이 아니라 우주의 역사와 운명에 대한 비밀도 감춰져 있다. 만약 우리가 시간을 거꾸로 돌릴 수 있다고 해 보자. 거꾸로 도는 우주 역사 다큐멘터리에서 허블 법칙이 준 깨달음은 무엇일까? 지구에서 r 만큼 떨어진 은하 A가 v 의 속도로 멀어지고 있으니까 r/v 의 시간(t)만큼 시간을 거꾸로 돌리면 은하 A는 지

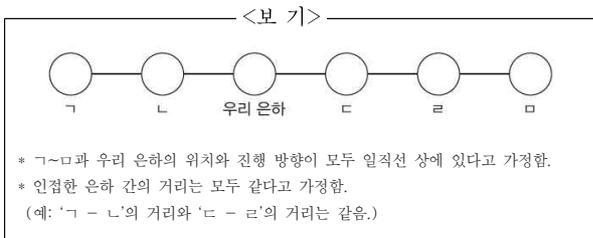
구 바로 옆에 와 있을 것이다. $2t$ 만큼 떨어진 은하 B도 시간 t 만큼 거꾸로 돌리면 지구 바로 옆에 와 있을 것이다. 이 사실은 $3t$ 만큼 떨어져 있는 은하 C도 마찬가지이다. 시간을 반대로 돌리면 과거의 어느 한 지점, 즉 시간 t 만큼 거꾸로 돌린 시점에는 모든 은하가 한 점에 밀집해 있었을 것이라고 예상할 수 있다. 이를 통해 우주의 모든 것, 삼라만상이 우주의 어느 한 점에 모이는 시점이 있었을 것이라고 추측해 볼 수 있다. 이것이 '대폭발'의 순간이다. 허블 방정식의 간단한 수식에 의해 우주 탄생의 순간에 대한 비밀이 풀리기 시작 했던 것이다.

* 후퇴 속도: 우리 은하계에 대하여 외부 은하들이 멀어져 가는 속도.
 * Mpc: 메가파섹. 거리의 단위인 파섹(pc)의 106배, 즉 100만 파섹으로 $1\text{Mpc}=30,857 \times 1015\text{km}$ 임. 우주 공간에서 천체 간의 거리를 나타내는 데 사용함.

4. 윗글의 제목으로 가장 적절한 것은?

- ① 우주관을 바꾸어 놓은 허블의 대발견
- ② 아인슈타인과 허블이 밝혀낸 우주의 미래
- ③ 허블에게 영감을 준 우주의 '대폭발' 이론
- ④ 우주 탄생의 비밀을 통해 얻어 낸 허블 상수
- ⑤ 시행착오의 반복을 통해 탄생하는 새로운 과학 이론

5. 윗글을 참고하여 <보기> 의 우리 은하와 다른 은하 (ㄱ~ㅁ)에 대해 설명한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① 우리 은하로부터 ㄱ과 ㅁ이 멀어지는 속도는 같다.
- ② 우리 은하로부터 ㄴ이 멀어지는 속도는 ㅁ이 멀어지는 속도의 1/3배이다.
- ③ 우리 은하로부터 ㄴ이 멀어지는 속도보다 ㄷ으로부터 ㅁ이 멀어지는 속도가 더 빠르다.
- ④ 시간을 거꾸로 돌린다고 가정할 때, ㄴ이 우리 은하 바로 옆의 한 지점에 도달하는 시간 이면 ㅁ은 ㄹ이 있었던 자리에 도달할 것이다.
- ⑤ 시간을 거꾸로 돌린다고 가정할 때, ㄷ이 우리 은하 바로 옆의 한 지점에 도달하는 시간 이면 ㄴ과 ㄹ도 우리 은하 바로 옆의 한 지점에 도달할 것이다.

6. [A]와 <보기>를 참고하여 학생들이 반응한 내용으로 적절하지 않은 것은?

< 보 기 >

지난 80년 동안 과학자들은 허블 상수의 정확한 값을 놓고 열띤 논쟁을 벌였다. 2006년 찬드라 엑스선 관측선으로 관측한 허블 상수는 약 77km/s/Mpc 이었는데, 2013년 플랑크 위성이 관측한 허블 상수는 약 68km/s/Mpc 근처라는 것이 확인되었다. 허블 상수의 역수를 구하면 우주의 나이를 추정할 수 있는데, 플랑크 위성이 관측한 허블 상수로 현대의 과학자들이 추정 한 우주의 나이는 약 138억 년이다.

* 역수: 어떤 수와 곱해서 1 이 되게 하는 수.

- ① 우현: 현대의 과학자들은 허블보다 우주 팽창 속도가 더 느리다고 생각하겠군.
- ② 영일: 허블이 우주의 나이를 계산했다면 허블은 현대의 과학자들보다 우주의 나이가 더 적다고 했겠군.
- ③ 현지: 현대의 과학자들은 허블 상수의 값에 대한 논쟁을 통해 우주 종말에 대한 해답을 찾으려고 하고 있군.
- ④ 진수: 현대의 과학자들은 허블이 관측한 것과는 다른 허블 상수의 값을 이용하여 우주의 나이를 계산하고 있군.
- ⑤ 은아: 시간을 거꾸로 돌린다고 가정할 때, 현대의 과학자들은 허블보다 모든 은하가 우주의 어느 한 점으로 모이는 시간이 더 오래 걸린다고 하겠군.

(7 ~ 9) 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

천구상의 모든 천체가 지구를 중심으로 일정한 규칙에 따라 운행한다는 지구 중심설(천동설)은 당시 사람들의 일상적인 경험이 반영된 것으로 고대인들에게는 자연스러운 것이었다. 이러한 생각은 피타고라스와 플라톤을 거치면서 더욱 확고해졌다. 하지만 순행, 역행 등과 같은 행성 운동의 불규칙성을 지구 중심설로 다 설명하기는 어려웠다.

플라톤은 이 행성 운동의 불규칙성을 겹보기에 불과한 것으로 간주하고, 규칙적인 여러 개의 원운동이 합해져서 행성들의 운행이 불규칙하게 보이는 것이라고 설명했다. 이러한 주장의 바탕이 된 이론은 에우독소스의 동심 천구설이었다. 이것은 행성, 달, 태양의 불규칙한 운동을 지구를 중심으로 한 27개 천구의 회전 운동이 결합하여 나타나는 현상으로 설명한 것이었다. 그러나 이 이론도 천체의 복잡한 운동에 대한 설명으로는 충분하지 않았다. 이러한 배경 속에서 아리스타르코스는 지동설을 주장하기도 했으나 당시에 주류를 이루고 있던 천동설을 뒤집을 수는 없었다. 그런 가운데 기원전 2세기 무렵에 히파르코스가 주장한 주전원론 이심원 이론은 천동설을 더욱 공고하게 지탱시키는 역할을 했다. 히파르코스는 행성들이 지구를 도는 원운동의 중심을 지구가 아니라 지구에서 약간 떨어진 점인 '이심점'으로 가정했다. 그리고 이 이심점에서 같은 거리에 놓인 점들을 이은 이심원을 따라 행성들이 지구 주위를 공전한다고 보았다. 그리고 이 이심원 위의 어떤 점을 중심으로 도는 작은 원운동인 '주전원 운동'을 함께 생각했다. 이 두 개의 원운동으로 순행과 역행 등과 같은 행성 운동의 불규칙성을 잘 설명할 수 있었지만, 행성 운동의 속도 변화에 대해서는 여전히 충분한 설명을 할 수가 없었다. 하지만 2세기에 와서 프톨레마이오스가 앞 시대의 이론들을 수용하고 체계화하면서 천동설은 더욱 확고해졌다. 그는 원운동의 또 다른 중심점인 '대심'을 설정하고, 원운동을 하는 행성이 대심에 가까워지면 속도가 빨라지고 대심에서 멀어지면 속도가 느려진다는 설을 발표했다. 프톨레마이오스는 대심을 이심점으로부터 지구와 대칭되는 지점에 있는 것으로 보고, 행성들은 이 대심을 기준으로 등속 운동한다고 본 것이다. 그러면 당연히 지구에서 관측한 행성들의 운동은 부등속 운동으로 보이게 될 것이다. 이러한 그의 우주 모형은 당시로서는 매우 획기적인 것이었으며, 행성들이 모두 원운동을 한다는 전체하에서는 관측 결과와도 비교적 잘 맞는 이론이었다. 따라서 16세기 초까지 누구도 그의 모형을 의심하지 않았으며, 그의 우주관은 중세의 기독교적 세계관의 지지를 받으며 1400년 동안이나 확고하게 자리 잡았다.

하지만 프톨레마이오스의 천동설은 천체의 운동을 역학적으로 설명하기보다는 관측 결과를 설명하기 위해 여러 가지 가정을 짜 맞추는 것에 불과했기 때문에 관측 기술의 발달에 따라 새로운 관측 결과들이 속속 나타나면서 지구 중심설은 점차 흔들리게 되었다. 이때 발상의 전환을 시도한 사람이 코페르니쿠스였다. 그는 태양을 중심으로 지구와 행성들이 회전한다

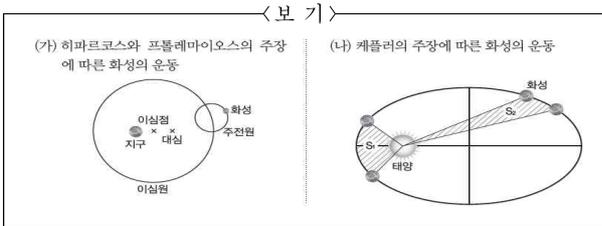
는 새로운 우주 모형을 제시했다. 하지만 당시에는 지구가 우주의 중심이라는 고정 관념이 강했기 때문에 그의 우주 모형은 쉽게 받아들여지지 않았다. 또한 코페르니쿠스의 태양 중심설은 지구 중심설보다 훨씬 단순한 방식으로 행성의 운동을 설명할 수 있었지만, 그 정확도는 지구 중심설보다 크게 나아지지도 않았다. ㉠이러한 결과가 나타난 것은 혁신적인 사고를 했던 코페르니쿠스도 천체 운동이 원운동이라는 생각에서 벗어나지 못했기 때문이었다.

이러한 생각을 바꾼 사람은 케플러였다. 코페르니쿠스의 열렬한 지지자였던 케플러는 당시 정밀한 맨눈 관측으로 유명했던 티코 브라헤와 함께 천체 운동의 연구에 매달렸다. 티코 브라헤가 죽고 난 후, 그가 16년 동안이나 관측하면서 남긴 자료를 그대로 물려받은 케플러는 행성 궤도의 연구에 더욱 몰두할 수 있었다. 그 역시 행성의 궤도가 수학적으로 완전한 원이라는 믿음 속에서 5년 동안이나 지루하고 끈질긴 계산들을 거듭했다. 하지만 그 결과들이 결국 티코 브라헤의 관측 결과와 일치하지 않게 되자 마침내 케플러는 자신의 생각을 수정하여 행성들의 궤도가 타원형이라는 새로운 결론에 도달하게 되었다. 타원 궤도를 가정할 경우 계산 결과가 티코 브라헤의 관측 결과와 정확하게 일치했던 것이다. ㉡이러한 결과로부터 태양이 타원의 한 초점에 있으며 행성은 태양 주위를 타원 궤도로 공전한다는 것을 알게 되었다. 그 후 케플러는 행성들이 태양으로부터 가장 멀리 있을 때 가장 천천히 움직이며 가장 가까이 있을 때 가장 빨리 움직인다는 것도 알게 되면서 행성과 태양을 연결한 선이 같은 시간 동안 휩쓸고 지나간 면적은 모두 같다는 것을 알아냈다. 그는 행성의 공전 주기의 제곱이 그 행성의 타원 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다는 것도 알게 되었다. 이로써 케플러는 코페르니쿠스로부터 시작된 태양 중심 우주론을 비로소 완성했다.

7. 윗글을 바탕으로 ‘과학 역사 신문 만들기’ 모둠 과제를 수행하려고 할 때, 모둠원들끼리 나눈 대화 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 에우독소스의 동심 천구설이 행성 운동의 불규칙성을 어떻게 설명할 수 있었는지 해설 기사를 넣으면 좋겠어.
- ② 히파르코스가 당시 사람들의 통념과 다른 태양 중심설을 내놓으면서 사람들의 이목을 끌게 된 사실을 다룬 기사를 넣으면 좋겠어.
- ③ 프톨레마이오스가 확립한 우주관이 왜 중세의 기독교적 세계관의 지지를 받을 수 있었는지 알 수 있는 특집 기사를 실으면 좋겠어.
- ④ 케플러가 천체 운동에 대한 연구를 하면서 티코 브라헤가 관측한 결과와 일치된 계산 결과를 얻기 위해 노력해 온 과정을 담은 기사를 실으면 좋겠어.
- ⑤ 천체 운동에 대해 케플러가 찾아낸 법칙들이 서양 과학의 역사에서 위대한 업적으로 평가받고 있는 이유를 설명한 전문가의 칼럼을 실으면 좋겠어.

8. <보기>는 학생이 윗글을 읽고 화성의 운동을 설명하기 위해 그린 그림이다. 이를 활용하여 발표한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① 히파르코스는 (가)에서처럼 화성이 대심에서 같은 거리에 있는 궤도를 따라 운동한다고 보았을 것입니다.
- ② 히파르코스는 (가)에서처럼 화성이 주전원 운동을 하며 지구 주위를 돌기 때문에 불규칙한 운동이 나타난다고 보았을 것입니다.
- ③ 프톨레마이오스는 (가)에서처럼 대심을 설정하여 지구에서 관측한 화성의 부등속 운동을 설명할 수 있다고 보았을 것입니다.
- ④ 케플러는 (나)에서처럼 화성이 운동하는 타원 궤도의 한 초점에 태양이 놓인다고 보았을 것입니다.
- ⑤ 케플러는 (나)에서처럼 S1과 S2가 만들어진 시간이 같다면 둘의 면적이 같다고 보았을 것입니다.

9. ㉠과 ㉡에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

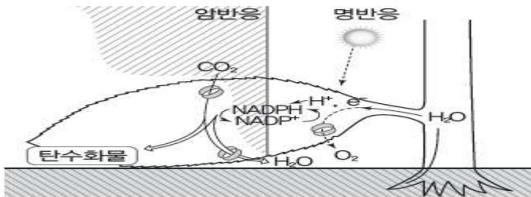
- ① ㉠은 ㉡과 달리 지구 중심설이 태양 중심설보다 천체의 운동을 설명하기 어려운 이유로 작용했겠군.
- ② ㉠은 ㉡과 달리 행성의 공전 궤도가 행성의 공전 주기에 영향을 준다는 것을 무시한 결과 옳겠군.
- ③ ㉡은 ㉠과 달리 망원경으로 천체를 관측할 수 있게 되면서 가능해진 것이었겠군.
- ④ ㉡은 ㉠과 달리 행성이 원운동을 한다는 기존의 생각을 수정하면서 얻게 된 결과였겠군.
- ⑤ ㉠과 ㉡은 모두 관측 결과보다 수학적 계산을 중시하는 분위기 속에서 얻게 된 결과였겠군.

[10 ~ 12] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

식물의 광합성 작용은 뿌리에서 흡수한 물과 잎의 기공에서 흡수한 이산화탄소를 재료로 빛 에너지를 이용하여 포도당과 같은 유기물과 산소를 만들어 내는 과정이다. 식물이 광합성 작용을 하기 위해서는 반드시 빛이 필요하다. 그런데 1949년에 벤슨은 '식물은 빛이 없는 곳에서도 광합성 작용을 할 수 있지 않을까?'라는 다소 엉뚱한 의문을 가지게 되었다. 이후 그는 몇 번의 실험을 통해 빛이 없는 환경에서도 광합성 작용이 일어날 수 있다는 사실을 발견했다.

광합성 작용에서 빛과 이산화탄소의 역할을 밝히기 위해 벤슨은 먼저 식물을 이산화탄소가 없는 상자에 넣고 빛을 비추는 실험을 했다. 실험 결과 이산화탄소가 없을 때는 식물에 아무리 빛을 공급해도 포도당이 합성되지 않았다. 그런데 빛을 충분히 흡수한 식물을 이번에는 이산화탄소만 있고 빛이 없는 암실로 옮겨 놓자 그의 예상대로 광합성 작용이 일어났다. 벤슨은 이 실험 결과를 토대로 식물이 광합성 작용을 할 때 빛과 이산화탄소가 동시에 필요한 것이 아니라, 먼저 빛을 이용하여 '어떤 물질'을 만들고 이 물질을 이용하여 광합성 작용을 한다는 가설을 세웠다.

그렇다면 광합성 작용에서 '어떤 물질'은 실제로 존재하며, 만일 존재한다면 그 정체는 무엇일까? 이러한 물음에 대한 해답을 찾기 위해 오초아를 비롯한 학자들은 여러 차례의 실험을 했다. 그 결과 광합성 과정에서 실제로 '어떤 물질'이 존재한다는 것을 밝혔다. 그들은 논문에서 식물의 잎에는 NADP+라는 물질이 존재하는데, 빛 에너지에 의해 물(H₂O)이 분해되는 과정에서 NADP+가 NADPH로 바뀐다고 설명했다. 그리고 NADPH가 광합성 작용의 열쇠인 '어떤 물질'이라고 주장했다.



오른쪽 그림과 같이 식물의 뿌리에서 흡수되어 잎으로 운반된 물(H₂O)은 엽록체에서 빛 에너지에 의해 수소 이온(H⁺)과 전자(e⁻)와 산소(O₂)로 분해된다. 이때 수소 이온과 전자는 식물의 잎에 있는 NADP⁺와 결합해서 NADPH가 되고, 산소는 기공을 통해 공기 중에 방출된다. 이와 같이 빛에 의해 NADPH가 만들어지는 광화학 반응을 명반응이라고 한다. 명반응은 광합성 작용에서 포도당과 같은 유기물을 합성하기 위한 예비 과정이라고 볼 수 있다. 기공에서 흡수한 이산화탄소(CO₂)가 식물의 세포에 있는 5탄당 물질*과 결합하면 6탄당 물질인 포도당(C₆H₁₂O₆)이 만들어지는데, 이처럼 식물 세포에서 이산화탄소를 흡수하여 포도당과 같은 탄수화물을 합성하는 열화학 반응을 암반응이라 한다. 암반응 과정이 진행되기 위해서는 수소 이온(H⁺)과 전자(e⁻)가 필요

한데, 이는 명반응에 의해 만들어진 NADPH로부터 공급된다. 즉 NADPH가 NADP⁺가 되면서 암반응에 필요한 수소 이온과 전자를 제공하는 것이다. 암반응 과정에서 NADPH가 NADP⁺가 되면, 이것은 다시 명반응을 통해 NADP⁺가 NADPH가 되는 과정을 반복하면서 식물체 내에서 NADPH와 NADP⁺가 균형을 이루게 된다. 결국 NADPH가 바로 벤슨이 말한 '어떤 물질'의 정체였던 것이다.

*5탄당 물질: 리보오스 등과 같이 5개의 탄소로 구성된 당.

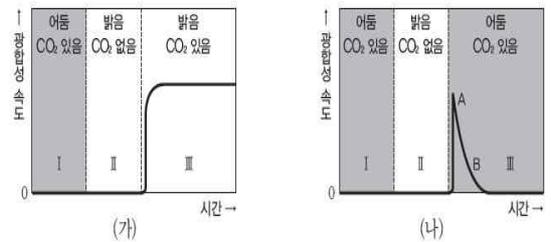
10. 뒷글에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 광합성 작용의 개념을 풀어서 설명하고 있다.
- ② 광합성 작용과 관련된 실험을 구체적으로 제시하고 있다.
- ③ 광합성 작용에 대한 학자들의 주장의 차이점을 비교하고 있다.
- ④ 광합성 작용이 일어나는 과정을 세부적으로 나누어 설명하고 있다.
- ⑤ 광합성 작용에 관한 가설을 소개하고 이를 뒷받침하는 주장을 제시하고 있다.

11. 뒷글을 바탕으로, <보기>의 실험에 대해 설명한 것으로 적절하지 않은 것은?

<보기>

벤슨의 실험을 토대로 식물의 광합성 작용에서 빛과 이산화탄소의 역할을 밝히기 위해 (가)와 (나)의 실험을 했다. 실험 결과 (가)와 (나)의 I, II에서는 광합성 작용이 일어나지 않았고, (가)-III에서는 광합성 작용이 지속적으로 일어났다. 이와 달리 (나)-III에서는 A부분에서 광합성 속도가 상승하다가 B부분에서는 광합성 속도가 급속도로 떨어졌다.



- ① (가)-I과 (나)-I은 모두 명반응과 암반응이 일어나지 않으므로 NADPH가 없는 상태이다.
- ② (가)-II와 (나)-II는 모두 명반응만 일어나 식물체 내의 NADP⁺가 NADPH보다 많아지게 된다.
- ③ (가)-III에서는 명반응과 암반응을 통해 NADP⁺와 NADPH가 균형을 이루어 광합성 속도가 일정하게 유지된다.
- ④ (나)-III의 A에서 광합성 속도가 상승한 이유는 (나)-II에서 만들어진 NADPH로 인해 암반응이 일어났기 때문이다.
- ⑤ (나)-III의 B에서 광합성 속도가 급속히 떨어진 이유는 명반응이 일어나지 못해 NADPH가 더 이상 공급되지 않기 때문이다.

12. <보기>는 어떤 실험에 대한 설명의 일부이다. 윗글을 참고할 때, 실험 결과를 추론한 것 중 가장 적절한 것은?

<보기>

식물의 광합성 과정에서 발생하는 산소가 이산화탄소와 물 중 어디에서 유래되었는지 알아보기 위해 동위 원소*인 16O와 18O를 이용하여 실험을 해 보았다. 클로렐라를 A군과 B군으로 나누고 A군에는 18O를 가진 이산화탄소(C18O2)와 16O를 가진 물(H216O)을, B군에는 16O를 가진 이산화탄소(C16O2)와 18O를 가진 물(H218O)을 주고 광합성 작용을 통해 방출되는 산소의 특성을 조사했다. 그 결과 A군과 B군에서 방출된 산소는 다음과 같았다.

* 동위 원소: 원자 번호는 같으나 질량수가 서로 다른 원소.

- ① A군과 B군의 클로렐라에서 16O2, 18O2가 모두 방출되었을 것이다.
- ② A군의 클로렐라에서는 16O2가 방출되었고, B군의 클로렐라에서는 18O2가 방출되었을 것이다.
- ③ A군의 클로렐라에서는 18O2가 방출되었고, B군의 클로렐라에서는 16O2가 방출되었을 것이다.
- ④ A군의 클로렐라에서는 18O2가 방출되었고, B군의 클로렐라에서는 16O2, 18O2가 모두 방출되었을 것이다.
- ⑤ A군의 클로렐라에서는 16O2, 18O2가 모두 방출되었고, B군의 클로렐라에서는 16O2가 방출되었을 것이다.

(13 ~ 15) 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

외부로부터 체내에 세균이나 바이러스 같은 항원이 침입하면 체내에서는 항체를 만들어 내어 그 항원을 제거하는 '면역 반응'이 일어나게 된다. 이러한 면역 반응은 생물체의 자기 보존을 위한 중요한 방어 체제 중 하나이지만, 때로는 이 방어 체제에 장애가 발생하여 우리 몸에 문제를 일으키기도 한다. 아토피 피부염과 같은 알레르기 질환이 그 대표적인 예이다. 이러한 알레르기 질환은 면역 반응에 어떠한 장애가 생겼을 때 발병되는 것일까?

면역 반응은 크게 선천적으로 타고나는 '비특이적 면역 반응'과 후천적으로 획득되는 '특이적 면역 반응'으로 나눌 수 있다. 우리가 일반적으로 일컫는 면역 반응은 후자를 일컫는데, 알레르기 질환이 생기는 원인은 이와 관련이 있다. 특히 체내에서는 다양한 특이적 면역 반응이 일어나는데, 그중 면역 글로불린 E(IgE)에 의한 비정상적 면역 반응이 알레르기 질환의 원인으로 주목되고 있다.

우리 몸에 침입한 항원은 혈액, 조직액, 림프 등의 체액을 통해 몸의 다른 곳으로 이동하여 체내의 세포를 무력화하기도 한다. 이런 경우에 백혈구의 일종인 대식 세포*가 항원을 직접 분해하여 제거하게 되는데, 그럼에도 불구하고 항원이 지속적으로 체내에 침입하게 되면 체액성 면역 반응이 활성화된

다. 체액성 면역 반응은 대식 세포가 분해한 항원 조각을 세포 표면에 노출시켜 매달고 다니며 시작된다. 대식 세포가 항원 조각을 미경험 T 림프구에 제시하면, 이 미경험 T 림프구는 보조 T 림프구로 일부 분화한다. 활성화된 보조 T 림프구는 항원을 식별한 후 B 림프구와 결합하여 B 림프구에 항원의 침입을 알린다. 이렇게 활성화된 B 림프구는 항원의 종류를 기억하는 면역 세포인 기억 세포로 일부 분화하고, 대부분은 항체를 생성하는 세포인 형질 세포로 분화한다. 분화된 형질 세포는 항원에 대항할 항체를 다수 만들어 내는데, 이때 생산되는 항체 중 하나가 바로 면역 글로불린 E이다.

이렇게 만들어진 면역 글로불린 E는 비만 세포*에 달라붙게 된다. 비만 세포와 결합한 면역 글로불린 E가 항원을 만나게 되면 비만 세포 내에서 여러 가지 종류의 화학 물질이 분비되는 탈과립 현상이 일어나는데, 이때 분비되는 물질 중 대표적인 것이 바로 히스타민이다. 히스타민은 근육을 수축시키고 모세 혈관을 확장하며, 침샘, 췌장, 위 점막선 등 몸속에 존재하는 분비샘을 자극하여 점액이나 소화액 등의 분비를 촉진하는 물질로, 몸속의 면역계가 항원과 싸우는 것을 돕기 위해 혈관을 확장하고 몸속의 물질 흐름을 활발하게 하며 염증 반응에 관여한다. 히스타민이 분비되는 곳에서는 항원과 항체의 면역 반응이 격렬히 일어나며 항원이 제거된다.

만약 어떤 이유 때문에 면역 체계에 문제가 생겨서 외부에서 침입한 물질 중 꽃가루와 같이 신체에 별다른 영향을 미치지 않는 물질이 항원으로 인식되어 면역 글로불린 E가 과도하게 만들어지게 되면 어떤 일이 벌어질까? 면역 과정이 일어나지 않아도 되는 상황인데도 불구하고 비정상적으로 많이 만들어진 면역 글로불린 E는 다수의 비만 세포에 달라붙게 되고, 비만 세포와 결합한 면역 글로불린 E가 항원으로 잘못 인식한 물질을 만나면 탈과립 현상에 의해 다량의 히스타민이 분비된다. 이렇게 다량 분비된 히스타민이 염증 반응을 일으켜 ㉠알레르기 반응이 과도하게 일어난다. 알레르기 반응이 지속되면 알레르기 질환이 되는데, 피부에서 발병하면 아토피 피부염, 기관지 쪽에서 발병하면 알레르기성 천식, 코의 점막에서 발병하면 ㉡알레르기성 비염이 된다. 알레르기 질환은 면역계의 문제이기 때문에 약제로 증상을 완화하는 방법 외에는 근본적인 치료법이 나와 있지 않다. 그렇기 때문에 알레르기 반응이 일어나지 않게 하기 위해서는 알레르기를 일으키는 항원을 확인하여 최대한 회피하는 것이 바람직하다.

* 대식 세포: 혈액, 림프, 결합 조직에 있는 백혈구의 하나. 둥글고 큰 한 개의 핵을 지닌 세포로, 침입한 병원균이나 손상된 세포를 포식 하여 면역 기능 유지에 중요한 역할을 함.

* 비만 세포: 백혈구의 일종으로, 동물의 결합 조직 가운데 널리 분포하는 세포. 히스타민, 헤파린을 생산하여 혈액 응고 저지, 혈관의 투과성, 혈압 조절 따위의 기능이 있으며, 알레르기 반응에도 관여함.

13. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 항원의 종류를 기억하는 면역 세포는 B 림프구에서 분화된다.
- ② 항원 조각을 미경험 T 림프구에 제시하는 것은 비만 세포이다.
- ③ 체내로 들어온 항원은 체액을 통해 몸의 다른 곳으로 이동한다.
- ④ 생물체의 자기 보존을 위한 방어 체제 중에는 면역 반응이 있다.
- ⑤ 면역 글로불린 E에 의한 면역 반응은 특이적 면역 반응에 속한다.

14. <보기>의 a~e 를 통해 ㉠이 일어나는 과정을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

< 보 기 >

• 꽃가루를 항원으로 인식	a
• 꽃가루 항원의 식별	b
• 꽃가루 항원에 대한 항체 생성	c
• 꽃가루 항원과 항체의 만남	d
• 알레르기 반응의 발현	e

- ① a: 대식 세포가 꽃가루를 항원으로 인식하여 분해하고, 분해한 항원 조각을 세포 표면에 드러내 매달고 다닌다.
- ② b: 보조 T 림프구는 꽃가루 항원을 식별한 후, B 림프구와 결합하여 B 림프구에 꽃가루 항원의 침입을 알린다.
- ③ c: B 림프구에 의해 분화된 형질 세포가 비만 세포와 결합하여 꽃가루 항원에 대항할 면역 글로불린 E를 비정상적으로 많이 만들어 낸다.
- ④ d: 면역 글로불린 E가 비만 세포에 달라붙게 되고, 비만 세포와 결합한 면역 글로불린 E가 꽃가루 항원을 만나게 된다.
- ⑤ e: 탈과립 현상으로 인해 분비된 다량의 히스타민이 염증 반응을 일으켜 알레르기 반응이 과도하게 일어난다.

15. 윗글의 ㉠과 <보기>의 ㉡를 비교한 것으로 적절하지 않은 것은?

< 보 기 >

㉡류머티즘 관절염은 주로 관절을 싸고 있는 얇은 윤활막*에 염증이 생기는 질환으로, 대체로 항체가 우리 몸의 정상 세포인 윤활막을 공격하여 발병하는 것으로 보고 있다. 즉 류머티즘 관절염은 감염병과 같이 세균이나 바이러스 같은 항원이 관절에 침입하여 생기는 질환이 아니라, 비정상적인 특이적 면역 반응에 의해 생기는 질환으로 알려져 있다. 그리하여 질환의 증상을 누그러뜨리거나 멈추게 하는 것 외에는 아직 질환을 완전히 낫게 할 수 있는 치료제가 개발되어 있지 않다.

* 윤활막: 관절 주머니의 속을 싸고 있는 막으로, 윤활액을 분비함

- ① ㉠은 ㉡와 달리 신체에 별다른 영향을 미치지 않는 외부 물질에 대해 면역 반응이 일어남으로써 발병하는 것이겠군.
- ② ㉡는 ㉠과 달리 비정상적 면역 반응을 일으키는 항원을 회피하면 발병 확률을 낮출 수 있겠군.
- ③ ㉡는 ㉠과 달리 항체가 정상적인 세포를 항원으로 잘못 인식하는 것이 원인이라고 볼 수 있겠군.
- ④ ㉠과 ㉡는 모두 후천적으로 획득되는 면역 반응에 장애가 생겨 비롯되는 것이라고 할 수 있겠군.
- ⑤ ㉠과 ㉡는 모두 발병하면 현재로서는 증상을 완화하는 것 외에 약으로 질환을 완치하기 어렵겠군.

[16 ~ 18] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

열을 차단한 용기 내에 같은 양의 100℃의 물과 20℃의 물을 1기압의 상태에서 섞어 놓으면 60℃가 된다. 이처럼 온도가 다른 물을 섞었을 때 물의 온도가 평형을 이루는 현상을 18세기에는 어떻게 설명했을까? 18세기 화학자 블랙은 이러한 현상을 설명하기 위해 열을 차단한 용기에 뜨거운 물체와 찬 물체를 접촉시켜 놓으면 두 물체의 온도가 결국 같아진다는 사실에 주목했다. 그는 물 온도가 평형에 이르는 것은 높은 온도 쪽에서 낮은 온도 쪽으로 무언가가 옮겨가기 때문이라 생각했다. 블랙은 이때 옮겨가는 것이 물질이라고 보고, 이를 ‘칼로릭’이라 불렀다.

블랙의 칼로릭설이 발표되자 여러 학자가 주목했는데, 그 대표적인 학자로 화학자인 라부아지에를 들 수 있다. 라부아지에는 열에 대한 관심을 바탕으로 최초의 열량계를 고안했으며, 칼로릭설을 믿고 칼로릭을 산소, 질소, 수소 등과 함께 하나의 원소로 분류했다. 또한 물질의 상태 변화도 칼로릭과 관련지어 설명하며 칼로릭이 공급되면 얼음이 물이 되고 물이 수증기가 될 수 있다고 보았다. 그리하여 고체에서 액체가 되고, 액체에서 기체가 되는 현상은 칼로릭의 함량이 점차 늘어나며 일어난 변화라고 해석했다.

그러나 칼로릭설에 대해 의문을 품은 학자도 있었다. 그 대표적인 사람이 바로 물리학자 톰프슨이다. 톰프슨은 대포의 포신을 만들기 위해 낫쇠에 드릴로 구멍을 뚫는 동안 발생하는 엄청난 열에 주목했다. 그는 낫쇠에서 나오는 칼로릭 때문에 열이 발생하는 것이라면 언젠가는 열의 발생이 멎어야 한다고 생각했다. 칼로릭설에 따르면, 낫쇠에서 나올 수 있는 칼로릭에는 분명 한계가 있어야 하기 때문이었다. 그러나 열은 전혀 멎지 않고 오히려 더 많이 발생했던 것이다. 이러한 현상에 주목하며 그는 열이 어떤 물질이 아닐 것이라고 추정했다. 그러나 톰프슨은 열의 칼로릭설을 부정하는 결과를 얻으면서도 칼로릭설에 대해 완전히 부정하지는 못했다. 칼로릭설에 따르지 않고는 열평형*이나 물질의 상태 변화에 대해 명확하게 설명할 수 없었기 때문이다.

칼로릭설이 사실상 부정된 것은 물리학자 줄에 의해 열과 일 사이의 관계가 입증된 이후였다. 줄은 열과 일의 상호 변환에 대해 실험적으로 증명하고자 했다. 그의 실험 중 가장 의의가 있는 것은 ㉠열의 일당량 실험이었다. 이 실험은 후에 매달린 끈에 의해 돌아가는 날개바퀴를 물속에 넣고 물의 저항에 의한 물 온도의 상승을 측정했던 것인데, 줄은 이 장치를 통해 마찰로 생성된 열의 양은 일의 양에 비례한다는 사실을 확인해 냈다. 이를 통해 열과 일이 서로 연관되어 있으면서도 형태가 다른 에너지라는 그의 주장이 뒷받침되었다. 특히 열이 일의 변환으로 얻어진 것이라는 줄의 주장이 여러 학자의 지지를 받으면서 칼로릭설은 자연스럽게 설득력을 잃게 되었다. 그럼에도 불구하고 칼로릭설은 열의 정체가 무엇인지 제대로 알지 못했던 시대에 열에 대해 탐구하며 만들어 낸 결과물이라는 점에서 학문적 가치가 있다고 할 수 있다.

* 열평형: 서로 온도가 다른 물체를 접촉시켰을 경우에, 열이 흐르다가 같은 온도가 되었을 때 열의 흐름이 정지되는 상태.

16. 윗글의 내용과 일치하는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

- ㄱ. 블랙은 온도가 다른 물을 섞었을 때 물의 온도가 평형을 이루는 것을 칼로릭의 이동으로 설명했다.
- ㄴ. 라부아지에는 칼로릭을 하나의 원소로 간주하며, 물질의 상태 변화를 칼로릭 함량의 변화로 해석했다.
- ㄷ. 톰프슨은 열이 마찰에 의해 발생하여 한 곳에서 다른 곳으로 이동되는 물질임을 실험을 통해 증명했다.
- ㄹ. 줄은 열과 일이 서로 연관되어 있는 것으로 여기며, 열과 일은 형태가 다른 에너지라고 주장했다.

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

17. 윗글을 바탕으로 할 때, <보기>의 ㉠에 들어갈 말로 가장 적절한 것은?

< 보 기 >

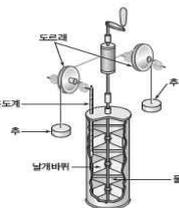
영국 화학자 데이비는 온도, 무게 등의 모든 조건이 동일한 얼음 두 덩어리를 준비하여 진공 상태에서 서로 마찰시켜 보았다. 열의 이동이 전혀 없었음에도 불구하고 얼음덩어리의 접촉면에 열이 발생하며 얼음덩어리가 녹기 시작했다. 데이비는 (㉠)는 점에서 칼로릭설에 문제가 있다고 결론을 내렸다.

- ① 얼음덩어리가 칼로릭을 잃어 녹기 시작했다
- ② 일이 열로 변환되지 못해 얼음덩어리가 녹았다
- ③ 칼로릭이 이동할 수 없는 조건임에도 열이 발생했다
- ④ 칼로릭이 얼음덩어리의 접촉면에서 모두 소진되었다
- ⑤ 얼음덩어리에서 나올 수 있는 칼로릭에는 한계가 없다

18. <보기>는 ㉠의 과정에 대해 설명한 것이다. 이에 대한 반응으로 가장 적절한 것은?

< 보 기 >

줄은 오른쪽과 같은 방식으로 실험 장치를 마련하여 대기 온도와 원통 속의 물 온도를 측정했다. 그리고 추를 낙하시켜 날개바퀴를 회전시켰다. 그런 다음 풀린 끈을 감을 때 날개바퀴의 축과 원통을 분리하여 날개바퀴의 축을 고정했다. 이것은 날개바퀴가 물과 마찰하여 의도하지 않은 에너지 변환이 일어나는 것을 막기 위함이었다. 그는 손잡이를 돌려 추를 감은 뒤, 다시 원통과 날개바퀴의 축을 연결시켜 추를 낙하시키고 다시 대기 온도와 원통 속의 물 온도를 측정하여 이전과 비교해 보았다. 줄은 이 과정을 몇 차례 반복했는데, 이를 통해 원통 속의 물 온도가 점차 상승함을 확인할 수 있었다.



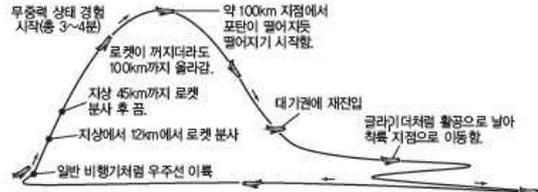
- ① 날개바퀴의 회전수에 따른 물의 질량 변화를 확인하기 위해 실험 과정을 되풀이한 것이군.
- ② 날개바퀴를 손잡이를 통해 돌리지 않고 추를 낙하시켜 돌린 것은 물의 저항을 줄이기 위해서이군.
- ③ 풀린 끈을 감는 과정에서 에너지의 변환이 잘 일어나도록 날개바퀴의 축과 원통을 분리한 것이군.
- ④ 물 온도가 상승하여 날개바퀴가 회전된 것임을 설명하기 위해 실험 전후의 물 온도를 비교한 것이군.
- ⑤ 동일 과정을 몇 차례 반복한 결과 원통 속의 물 온도가 상승한 것은 일이 열로 변환되었기 때문이군.

[19~ 21] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

지표면 위의 모든 물체는 중력의 영향을 받는다. 하지만 중력이 작용한다고 해서 모든 것이 다 아래로 떨어지는 것은 아니다. 지구 중력은 지표면 위의 사람을 잡아당기고 있지만 지표면이 사람을 위로 밀어 올리는 힘이 중력과 균형을 이루면서 사람은 땅속으로 떨어지지 않고 지표면 위에 안정적으로 있을 수 있다. 사람이 중력을 느낀다고 하는 것은 지구가 잡아당기는 힘을 느끼는 것이 아니라 중력과 균형을 이루는 힘, 즉 '중력에 대항하는 힘'을 느끼는 것으로, 만일 이 힘이 없다면 중력이 여전히 존재하고 있더라도 이른바 중력을 느끼지 못하는 상황이 된다. 무중력 상태란 바로 '중력이 없는 상태'가 아닌, '중력에 대항하는 힘'이 없어 중력이 마치 사라진 것같이 느껴지는 상태를 의미한다. 역설적으로 무중력 상태는 중력에 대항하는 힘이 없어 중력만이 작용하는 상태를 가리키는 셈이다.

그렇다면 무중력 상태는 어떤 상황에서 만들어질까? 중력이 당기는 힘을 받으며 떨어지는 자유 낙하 상황을 생각해 보자. 이 상황에서는 낙하 상태가 그대로 유지되는 동안, 떨어지는 사람은 중력에 대항하는 힘을 받지 않기 때문에, 느낄 수 있는 '중력에 대항하는 힘'이 없는 상태, 즉 무중력 상태에 놓인다. 수천 미터 상공에서 스카이다이빙을 하거나 번지 점프를 하는 경우나, 놀이공원에서 자이로드롭을 타는 경우 이러한 상태를 경험할 수 있다. 단, 낙하 속도가 커질수록 낙하를 방해하는 공기 저항도 커지기 때문에 낙하하는 모든 구간에서 무중력 상태를 경험하지는 못한다.

포물선 모양의 궤적을 형성하면서 도약했다가 떨어지는 상황에서도 무중력 상태를 경험할 수 있다. 충분히 넓은 트램펄린 위에서, 지면에서 수직 방향이 아닌 일정 각도로 도약하는 경우를 생각해 보자. 뛰어오르는 순간부터 가장 높은 위치에 도달하는 순간까지는 중력 때문에 속도가 점점 줄어든다. 그러다 가장 높은 위치에 도달하는 순간부터는 아래로 떨어지는 속도가 점점 커진다. 모든 과정이 중력이 아래로 당기기 때문에 일어나는 움직임이다. 그런데 이 과정에서 사람이 위로 올라갈 때는 도약을 위한 힘이, 아래로 내려갈 때는 공기 저항이 각각 중력에 대항하는 힘으로 작용하게 되고 속도가 변화하는 정도도 크지만, 가장 높은 위치에 도달하기 전후의 짧은 시간 동안, 즉 사람이 수평 방향에 가깝게 움직이는 동안에는 중력에 대항하는 힘을 거의 느끼지 못하게 되며 속도의 변화 폭도 작다. 따라서 포물선 모양의 궤적을 형성하면서 뛰어오르는 사람은 가장 높은 위치를 전후하여 수평 방향에 가깝게 움직일 때 무중력 상태를 경험한다.



〈그림〉 준궤도 우주 비행

현재 인간의 기술로 무중력을 체험할 수 있는 장치들은 모두 이 원리를 이용한다. 우주선을 이용한 ㉠준궤도 우주 비행에서는 로켓의 추진력을 이용하여 고도 45km 상공까지 상승한 후 로켓의 추진력을 끈다. 이 상태에서 우주선은 관성에 의해 고도 100km 지점까지 포물선 모양의 궤적을 그리며 상승하다가 낙하한다. 이때 상승 과정에서는 우주선의 추진력과 관성이 중력에 대항하는 힘으로 작용하며, 하강 과정에서는 공기 저항이 중력에 대항하는 힘으로 작용한다. 그러나 포물선 궤적의 최고점에 해당하는 고도 100km 지점 부근에서는 우주선이 추진력과 관성의 영향을 받지 않으며 공기 저항도 거의 존재하지 않아, 우주선 내부의 사람들이 무중력 상태를 경험하게 된다.

별도의 추진력 없이 지구의 궤도를 도는 국제 우주 정거장(ISS) 안에서 무중력 상태가 유지될 수 있는 이유도 위와 유사한 원리로 설명할 수 있다. 초속 7.7km의 속도로 약 400km 상공의 궤도를 도는 ISS의 고도는 중력 때문에 1초에 약 4.3m씩 낮아진다. 만약 지구가 평평하다면 ISS는 결국 땅에 떨어져 부딪히게 될 것이다. 그런데 지구는 둥글기 때문에 ISS가 1초간 비행하는 동안 ISS 밑의 지구 표면도 ISS가 떨어진 거리와 거의 비슷하게 구부러진다. 따라서 ISS의 고도가 계속 낮아지더라도 ISS와 지구 표면 간의 거리는 거의 변하지 않는다. 즉 ISS는 중력에 의해 계속 하강하고 있지만 (㉡) ISS에 탑승한 우주인들은 무중력 상태를 경험하게 된다.

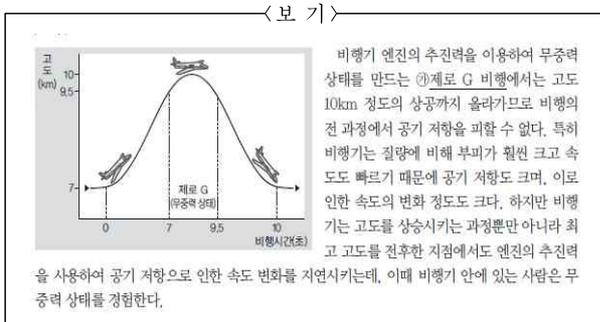
19. 윗글을 통해 알 수 있는 내용이 아닌 것은?

- ㉠ 자유 낙하 시 작용하는 공기 저항은 낙하의 속도에 반비례한다.
- ㉡ 사람이 중력을 느낀다는 것은 곧 중력에 대항하는 힘을 느끼는 것이다.
- ㉢ 국제 우주 정거장(ISS)이 움직이는 고도에는 공기 저항이 거의 존재하지 않는다.
- ㉣ 도약했다가 낙하하는 과정에서 수직 방향의 움직임은 중력에 대항하는 힘의 영향을 받는다.
- ㉤ 인위적으로 무중력을 체험하게 하는 장치들은 중력에 대항하는 힘을 제거하는 방식을 이용한다.

20. ㉠에 들어갈 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 지구의 중력과 크기는 같고 방향이 반대인 힘이 작용하기 때문에
- ② 지표면과 일정한 간격을 유지하면서 평행한 방향으로 움직이기 때문에
- ③ 지표면과 일정한 간격을 유지하기 위해 기계의 추진력을 이용하기 때문에
- ④ 중력과 공기 저항이 균형을 이루면서 서로를 상쇄하는 힘으로 작용하기 때문에
- ⑤ 지면과 수직 방향으로 움직이면서 중력이 당기는 힘만을 느끼는 상황이 되기 때문에

21. ㉠과 <보기>의 ㉡를 비교한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① ㉠의 우주선은 ㉡의 비행기와 달리 관성을 추진력의 일부로 사용하여 고도를 상승시킨다.
- ② ㉠의 우주선과 달리 ㉡의 비행기는 최고 고도에 도달한 상황에서도 공기 저항의 영향을 받는다.
- ③ ㉠과 ㉡ 모두 엔진의 추진력을 사용한 상황에서 무중력 상태가 만들어진다.
- ④ ㉠과 ㉡ 모두 최고 고도를 전후한 구간에서 속도의 변화가 크게 나타나지 않는다.
- ⑤ ㉠과 ㉡ 모두 포물선 모양의 궤적을 형성하면서 도약했다가 떨어지면서 무중력 상태가 만들어진다.

[22 ~ 24] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

뉴턴은 사과가 지구로 떨어지는 것은 지구와 사과 사이에 서로 잡아당기는 힘이 존재하기 때문이라고 설명했다. 하지만 아인슈타인은 지구가 만들어 놓은 시공간의 웅덩이 속으로 사과가 굴러떨어지는 것이라고 설명했다.

아인슈타인이 제안한 일반 상대성 이론에 따르면 질량을 가

진 물체 주위의 시공간은 질량의 영향으로 휘어져 있다. 그래서 그는 중력을, 두 물체 사이의 인력에 의해 작용하는 힘이라고 본 뉴턴의 생각과 달리 휘어진 시공간의 곡률 때문에 작용하는 힘이라고 보았다. 예를 들어 평평하고 얇은 고무판 위에 무거운 두 개의 공을 놓았다고 생각해 보자. 두 개의 공이 놓인 공간은 푹 꺼질 것이고, 결국 두 개의 공은 휘어진 공간에 의해 서로에게 이끌려 갈 것이다.

일반 상대성 이론에 따르면 질량에 의해 휘어진 시공간은 빛의 경로에도 영향을 미친다. 빛은 똑바로 진행하려고 하지만 휘어진 공간 때문에 휘어지게 된다는 것이다. 중력의 세기가 그리 크지 않은 경우에 뉴턴의 중력 이론과 아인슈타인의 중력 이론은 모두 정확하게 물체의 운동을 기술할 수 있다. 따라서 약한 중력장에서의 실험으로는 뉴턴의 이론과 아인슈타인의 이론 중 어느 이론이 우월한지를 가려낼 수 없다. 그러나 중력이 아주 큰 곳에서는 아인슈타인의 이론과 뉴턴의 이론은 서로 다른 결과를 나타낸다. 따라서 일반 상대성 이론이 옳다는 것을 증명하기 위해서는 중력이 강한 곳을 찾아내 실험을 해 보는 수밖에 없었다. 이러한 아인슈타인의 생각은 1919년 에딩턴의 관측에 의해 뒷받침되었다. 달이 태양을 완전히 가리는 개기 일식이 일어났을 때 태양에 가려져 보이지 않아야만 하는 별빛이 관측된 것이다. 이 관측으로 인해 빛이 중력에 의해 휘어질 수 있다고 생각한 최초의 이론인 아인슈타인의 일반 상대성 이론은 학계의 인정을 받게 되었다.

이렇게 아주 먼 별*에서 나온 빛이 그 사이에 있는 거대한 별이나 은하 등의 천체의 중력장에 의해 휘어지는 현상을 '중력 렌즈' 현상이라 부른다. 중력 렌즈 현상이 일어나면 별빛이 휘어지기 때문에 관측자의 눈에는 별이 실제 위치와 다른 곳에서 보이기도 하고, 별의 원래 밝기보다 훨씬 밝게 보이기도 한다. 이는 마치 볼록 렌즈가 빛을 굴절시킴으로써 빛을 왜곡되게 보이게 하거나 빛을 모아 줌으로써 빛을 더 밝게 보이도록 하는 것과 유사하다.

중력 렌즈 현상은 우주의 구조를 이해하는 데 중요한 역할을 하고 있다. 중력 렌즈 현상을 이용하면 중력 렌즈 현상을 겪은 별빛의 꺾임 정도에 따라 렌즈 역할을 한 천체의 질량을 측정할 수 있고, 우리 은하와 외부 은하에 있는 별이나 행성*을 찾을 수 있다. 만약 앞쪽의 렌즈 역할을 하는 별이 행성을 가지고 있다면 행성의 공전으로 인해 별의 중력장에 미세한 변화가 생기고 이로 인해 뒤쪽 별로부터 나온 빛이 굴절하는 정도에도 미세한 차이가 생기게 되어 결국 뒤쪽 별의 밝기 변화가 불규칙해진다. 이를 중력 렌즈 효과와 구별하여 ㉠미세 중력 렌즈 효과라 부른다. 행성의 질량이 클수록 행성의 중력은 더 커지고 불규칙한 정도도 더 커지므로 밝기 변화의 정도를 알면 행성의 질량도 어느 정도 추측이 가능하다. 이처럼 미세 중력 렌즈 효과를 이용하는 방법은 외계 행성을 찾는 여러 방법 가운데 하나로 활용되고 있다.

* 별: 태양처럼 스스로 빛을 내는 고온의 천체로 항성이라고도 함.
* 행성: 지구처럼 스스로 빛을 내지 못하며 중심 별의 주위를 도는 천체.

22. 윗글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 중력 렌즈 현상으로 인해 휘어진 별빛은 실제보다 더 어렵게 보인다.
- ② 아인슈타인 이전에도 빛이 중력에 의해 휘어질 수 있다는 이론이 존재했다.
- ③ 아인슈타인은 중력을 휘어진 시공간의 곡률 때문에 작용하는 힘이라고 보았다.
- ④ 아인슈타인의 상대성 이론은 에딩턴의 관측 이후에도 학계의 인정을 받지 못했다.
- ⑤ 중력의 세기가 작은 경우에는 뉴턴의 이론이 아인슈타인의 이론보다 우월함을 증명할 수 있다.

23. 윗글을 토대로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

< 보 기 >

왼쪽 그림은 중력 렌즈 현상을 보여 주는 것이다. B별이 C행성에 의해 완전히 가려지면서 평소라면 B별에 가려져 지구 상의 관측자에게 보이지 않았어야 할 A별이 관측자의 눈에 보이는 모습을 나타낸 것이다.

- ① A별의 빛이 꺾인 각도를 통해 C행성의 질량을 측정할 수 있을 것이다.
- ② B별은 A별의 빛을 휘게 할 만큼 강한 중력장을 형성했을 것이다.
- ③ B별이 C행성에 의해 완전히 가려지는 순간에 관측자의 눈에는 A별이 실제 위치와 다른 곳에서 보였을 것이다.
- ④ 뉴턴의 중력 이론으로는 B별이 C행성에 의해 완전히 가려지는 순간에 A별의 빛이 관측되는 현상을 설명하지 못할 것이다.
- ⑤ C행성이 움직여 B별이 C행성에 의해 완전히 가려지지 않게 되더라도 A별의 빛은 B별에 의해 휘어질 것이다.

24. <보기>는 외계 행성을 찾는 방법 중 하나이다. ㉠과 <보기>의 방법을 비교한 것으로 적절하지 않은 것은?

< 보 기 >

별 주위를 공전하는 무거운 행성이 있다면 별과 행성이 '공동 질량 중심'을 사이에 두고 모두 회전하기 때문에 별은 왼쪽 그림과 같이 회전하게 되고, 관측자에게는 별빛이 흔들리는 것으로 관측될 것이다. 그러나 별 주위를 공전하는 행성이 너무 가벼우면 별과 행성의 공동 질량 중심이 별 내부에 위치하게 되므로 별이 거의 제자리에서 회전하게 되고, 관측자에게는 별빛이 거의 흔들려 보이지 않는다. 따라서 중심 별빛이 흔들린다면 그 별 주위에 무거운 행성이 공전하고 있다고 추론할 수 있다.

- ㉠ ㉠과 <보기>의 방법은 모두 행성의 존재 여부를 직접 관측할 수 없는 상황에서 사용할 수 있는 방식이군.
- ㉡ ㉠은 <보기>의 방법과 달리 질량이 작은 행성보다 질량이 큰 행성의 존재 여부를 파악하는 것이 쉽겠군.
- ㉢ ㉠은 <보기>의 방법과 달리 행성의 존재 여부를 파악하려는 별이 아니라 그 뒤쪽 별의 빛을 분석해야 하는군.
- ㉣ ㉠은 <보기>의 방법과 달리 행성의 존재 여부를 파악해야 하는 별이 관측자와 어떤 별 사이에 위치할 때 이용 가능하겠군.
- ㉤ ㉠은 중력 렌즈 현상을 겪은 별빛의 밝기 변화를, <보기>의 방법은 별빛의 흔들림 여부를 확인하여 행성의 존재 여부를 파악하는군.

[25 ~ 27] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

최근에 사람들의 관심을 끄는 화학 용어로 '액상 과당'이 있다. 액상 과당은 옥수수 전분에서 추출한 포도당과 이를 효소를 이용해서 변환시킨 과당이 단당류의 형태로 섞여 있는데, 포도당의 성분을 변환시켜 과당이 많이 포함되게 만들면 설탕보다도 단맛의 정도를 높일 수 있어서 액상 과당은 다양한 식품에서 단맛을 내는 첨가물로 사용되고 있다.

액상 과당은 사탕수수를 주원료로 만든 정제당인 설탕과 그 구조가 다르다. 설탕은 포도당 한 분자와 과당 한 분자가 결합한 이당류이지만 액상 과당은 단당류이다. 그래서 액상 과당의 체내 섭취 후 대사 과정도 정제당과 다르다. 정제당은 체내에 섭취된 후 소장으로 이동하여 설탕의 분해 효소인 수크라아제에 의해 단당류인 포도당과 과당으로 분해된다. 분해된 포도당이 혈액으로 흡수되면 채장에서 인슐린이 분비되고, 인슐린은 포도당을 적절하게 포획하여 동물성 녹말이라고 불리는 글리코젠으로 바꾸어 간 혹은 근육에 저장해 둔다. 저장된 글리코젠은 에너지가 필요할 때 체내에서 급속히 분해되

어 몸의 다양한 기관으로 전달된다.

그러나 액상 과당은 포도당과 과당이 혼합된 단당류 형태이기 때문에 이당류인 설탕과 달리 추가적인 분해 과정을 거치지 않고 소장에서 흡수되어 간문맥을 통해 간으로 이동한다. 과당은 지방산 합성에 관여하는 작용을 하는데, 인슐린의 영향을 받지 않는 과정을 통해 간세포 내로 과당이 다량 들어오면 지방산 합성을 주관하는 효소들이 활성화되어 간에 중성지방이 생성되고 초저밀도 지단백질*이 늘어난다. 이러한 지방 성분이 혈액을 통해 이동하여 혈관 벽에 과다하게 쌓이면 질병이 발생할 수도 있다.

액상 과당은 비만과도 관련이 있다. 우리 몸은 내분비 호르몬을 통해 대사 항상성을 유지하는데, 호르몬의 불균형에 의한 항상성 교란은 비만을 일으키는 주된 원인 중 하나이다. 대사 항상성에 관여하는 대표적인 호르몬으로는 췌장에서 분비되는 인슐린, 지방 세포에서 분비되어 포만감을 느끼도록 하는 렙틴, 위에서 분비되어 공복감을 느끼도록 하는 그렐린 등이 있다. 우리가 음식을 섭취한 후 혈중 포도당 농도가 증가하면 인슐린과 렙틴의 수치는 증가하는 반면, 위에서 분비되는 그렐린의 수치는 줄어든다. 정상적인 경우라면 간으로 흡수된 포도당은 췌장의 인슐린 분비를 촉진하고, 지방 세포에서 분비된 식욕 억제 호르몬인 렙틴을 통해 포만감을 유도한다. 하지만 액상 과당에 포함된 과당은 포도당과 달리 인슐린을 분비시키는 능력이 없어 식후에도 렙틴 분비를 자극하지 못해 그렐린의 농도가 높게 유지된다. 그러면 상대적으로 식욕이 높게 유지되기 때문에 비만을 유발할 수 있는 것이다.

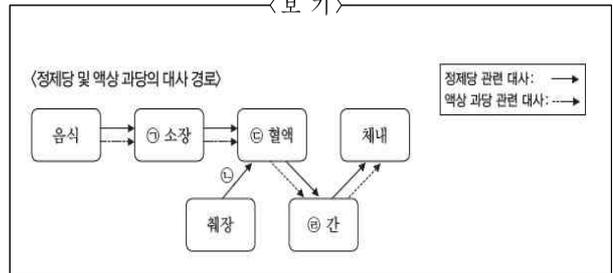
최근 들어 액상 과당의 섭취 증가에 따른 고지혈증, 심혈관계 질환의 위험성이 알려지면서 액상 과당이 인체에 미치는 영향에 대한 논의가 활발해지고 있다. 액상 과당은 혼합비를 조절하여 청량음료, 과일 음료, 쿠키, 빵 등 다양한 식품에 사용되고 있다. 그러므로 우리는 일상생활을 통해 적지 않은 양의 액상 과당을 먹을 수도 있는데, 액상 과당의 과도한 섭취는 건강에 해로운 만큼 액상 과당에 대한 경각심을 가질 필요가 있다.

* 초저밀도 지단백질: 간에서 합성되며, 중성 지방이 주성분이나 인지질, 콜레스테롤도 함유하여 동맥 경화에 영향을 줌.

25. 윗글을 통해 확인할 수 없는 것은?

- ① 액상 과당의 용도
- ② 액상 과당의 구성 성분
- ③ 액상 과당이 건강에 미치는 영향
- ④ 액상 과당이 에너지원으로 활용되는 과정
- ⑤ 액상 과당의 단맛의 정도를 높일 수 있는 방법

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



- ① 이당류인 정제당은 ㉠에서 분해되는 과정을 거친다.
- ② 액상 과당은 단당류이기 때문에 ㉠에서 분해 효소의 작용을 받지 않는다.
- ③ 췌장에서 분비되어 ㉡ 내의 포도당을 글리코젠으로 변환하는 ㉢은 인슐린이다.
- ④ 액상 과당은 ㉣에 동물성 녹말의 형태로 저장됨으로써 지방산 합성에 관여한다.
- ⑤ ㉣에 저장되어 있던 글리코젠은 필요시 체내에서 분해되어 몸의 여러 기관으로 전달된다.

27. 윗글을 읽은 학생이 <보기>에 대해 보일 수 있는 반응으로 적절하지 않은 것은?

<보기>

(가) 영희는 평소 청량음료와 빵을 좋아하여 많이 섭취하는데, 영희의 엄마는 밥을 먹기 전에 이런 음식을 먹으면 배가 불러 정량의 식사를 하지 못한다고 걱정한다. 하지만 영희는 청량음료와 빵을 먹어도 배가 부른 것을 잘 모르겠다고 하며 이런 음식을 식전에도 섭취했고, 배가 고파서 식사도 많이 한 결과 체중이 정상 체중보다 증가했다.

(나) 철수는 건강 검진 결과 고지혈증 판정을 받았다. 고지혈증은 필요 이상으로 많은 지방 성분이 혈관 벽에 쌓여 염증을 일으키는 질환이다. 철수는 평소 운동을 꾸준히 해왔던 터라 결과가 의아했지만 의사 선생님은 철수가 매일 운동 후에 마셨던 과일음료가 문제일 수도 있다고 이야기했다. 이후 철수는 과일음료의 섭취를 적절히 줄였고 그 결과 혈중 지방 성분이 정상 수치를 회복했다.

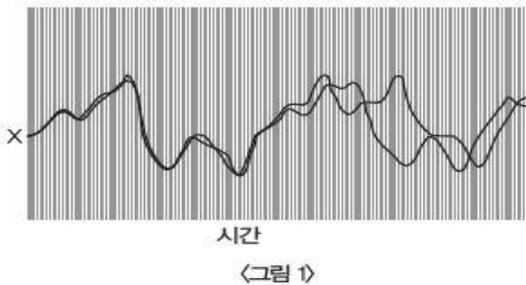
- ① (가)의 영희 엄마는 청량음료와 빵이 렙틴의 분비를 제대로 촉진하지 못한다는 점을 잘 모르고 있군.
- ② (가)의 영희는 청량음료와 빵을 먹은 후 그렐린의 농도가 낮게 유지되고 있기 때문에 배가 부르다는 것을 잘 느끼지 못하는군.
- ③ (가)의 영희의 체중이 정상 체중보다 증가한 것을 보니 영

회는 호르몬의 불균형에 의한 항상성 교란을 겪고 있겠군.

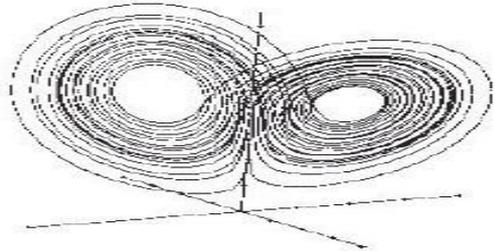
- ④ (나)의 의사 선생님은 철수가 마신 과실음료에 포함되어 있는 과당이 간세포 내로 다량 유입되었을 가능성을 지적하고 있군.
- ⑤ (나)의 철수는 운동 후 마시는 과실음료의 섭취를 조절하여 혈중 지방을 정상적으로 유지함으로써 고지혈증의 위험에서 벗어날 수 있었군.

[28 ~ 30] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

1960년대 미국에서는 인공위성과 컴퓨터 기술이 동시에 발전하면서 날씨를 예측하고 조정해서 통제할 수 있을 것이라는 기대가 팽배했다. 그런 기대감 속에서 기상학자 로렌즈는 다른 자연 현상에 비해 기상 현상의 예측이 힘든 이유를 생각하고 있었다. 그는 날씨가 세 가지 변수에만 영향을 받는다고 가정한 뒤 간단한 날씨 모델을 만들고, 컴퓨터를 이용해서 시간의 경과에 따라 대기 중에서 날씨가 어떻게 변화 하는가를 계산하기 시작했다. 어느 날 로렌즈는 소수점 아래 셋째 자리 이하를 무시할 수 있는 작은 값이라 생각하고 컴퓨터에 0.506127을 0.506으로 입력했다. 그런데 이 작은 차이는 <그림 1>에서와 같이 시간이 지나면서 전혀 다른 양상을 보였다. 이와 같이 입력할 때의 미세한 차이가 출력에서 큰 차이를 초래하는 현상을 ‘초기 조건의 민감성’이라고 하는데, 이런 현상은 체제가 조건이나 또는 매개 변수의 작은 변화에도 민감하기 때문에 예측이 불가능하다. 이런 운동들을 총칭해서 혼돈 또는 ‘카오스’라고 부른다.



초기 조건의 민감성이 나타나는 까닭은 초깃값을 조금만 다르게 대입해도 시간이 흐르면 전혀 다른 결과를 가져오는 비선형의 특성 때문이다. 비선형이란 무엇일까? 갈릴레이와 뉴턴 이후의 근대 과학에서 실험의 기본 원칙은 규칙성을 찾는 것이었고, 이때 마찰이나 공기 저항 등으로 인한 오차는 무시되었다. 그 결과 초기 조건이 약간 달라지면 그 결과도 약간만 달라져서 입력과 출력 간의 비례 관계가 형성 되었는데, 원인과 결과 사이에 비례 관계가 있어 예측이 가능한 운동을 ‘선형(linear)’이라고 한다. 이와 달리 비례 관계가 없어 초깃값을 조금만 다르게 대입해도 시간이 흐르면서 전혀 다른 결과를 가져오는 운동을 ‘비선형’이라고 한다. 과학 실험에서 무시되었던 요소들이 실제에는 존재하듯이, 자연이 보이는 모든 운동은 이러한 비선형을 포함한다고 할 수 있다.



<그림 2>

로렌즈는 자신이 발견한 복잡한 형태를 단순화하여 비선형 방정식을 만들었다. 이 비선형 방정식은 세 가지 변수에 의존하는데, 그는 <그림 2>와 같이 방정식의 세 변수를 각각 하나의 좌표축으로 한 3차원 공간에 시간의 흐름에 따라 증가하거나 감소하는 변수의 변화값을 그림으로 그렸다. <그림 2>에서 알 수 있듯이 로렌즈의 방정식은 3차원 공간 좌표 위에 빙빙 돌고 있는 고리 모양의 끌개*를 보여 주는데, 이는 복잡하지만 새로운 질서를 드러내고 있다. 프랙털(fractal)은 단순한 구조가 끊임없이 반복되면서 복잡한 전체 구조를 만드는 것인데, 대상을 아무리 확대해도 자기 유사성 구조로 일관되기 때문에 항상 동일한 복잡함을 가지고 있다. 끌개 역시 프랙털과 같은 매우 복잡한 기하학적인 구조를 보인다. 이 체계는 카오스가 무질서한 혼돈이 아니라, 무질서 속에 내재한 질서가 있다는 것을 보여 준다. 결국 카오스에서 비선형성의 불규칙성은 완전한 무질서가 아니라 불규칙한 패턴이 일정하게 규칙적으로 반복하여 나타나는 질서를 가지고 있다.

카오스 이론이 등장한 이후, 과학자들은 그동안 불규칙적이고 복잡하다고만 여겼던 신호들이 비선형 방정식에 의해 기술될 수 있는지 알아보는 연구들을 시도했다. 현재 카오스 이론은 수학적인 모델 탐구에 제한되어 있으며, 실제 세계에서는 기후 변화나 유체의 흐름과 같은 현상에 주로 적용되고 있다. 아직까지는 기대만큼 많은 영역에 적용되지 못하고 있으나, 외부로부터 끊임없이 에너지가 유입되어 불안정하고 예측 불가능한 것으로 보이는 열린계*에 대해서는 카오스 이론이 유용할 것으로 기대된다.

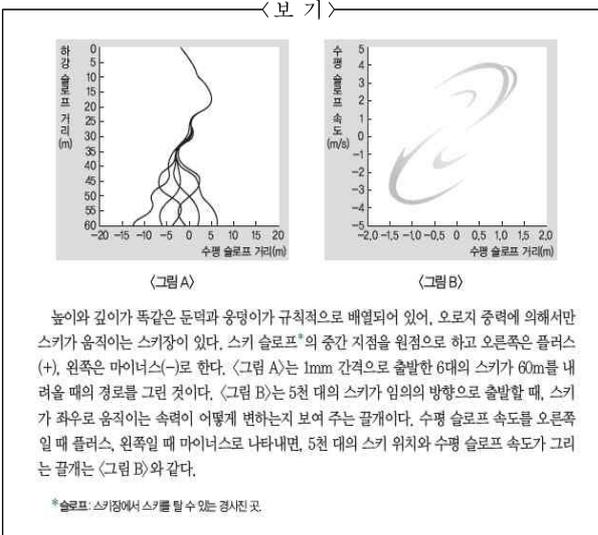
* 끌개: 주어진 운동 조건하에서 물체의 운동 궤적이 이플리듯이 같은 궤적에 도달하는 점이나 상태.

* 열린계: 주위와 에너지 및 물질 교환을 하는 계.

28. 밑줄의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 1960년대 미국에서는 과학 기술이 발전하면서 날씨를 통제할 수 있다고 생각했다.
- ② 로렌즈는 컴퓨터에 입력한 숫자의 작은 차이는 결과에 큰 영향을 미치지 않을 것이라 여겼다.
- ③ 근대 과학의 시기에 실험을 할 때는 마찰이나 공기 저항 등으로 인한 오차는 무시되었다.
- ④ 자연에서 나타나는 운동은 원인과 결과 사이에 비례 관계가 분명하게 존재하여 예측이 가능하다.
- ⑤ 프랙털 구조의 복잡함은 단순한 구조가 자기 유사성을 지니고 끊임없이 반복해서 만들어 낸 것이다.

29. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해할 때, 적절하지 않은 것은?



- ① <보기>의 1mm 간격은 초깃값의 미세한 차이라 할 수 있다.
- ② <그림 A>는 초기 조건의 민감성을 보이는 비선형 운동이라 할 수 있다.
- ③ <그림 A>에서 스키가 내려와 도착한 지점의 정확한 위치를 예측할 수 없다.
- ④ <그림 B>에서 5천 대 각각의 스키가 슬로프를 내려오는 정확한 경로를 분석할 수 있다.
- ⑤ <그림 B>는 스키 슬로프를 내려오는 운동에서 보이는 무질서 속에 내재한 질서라 할 수 있다.

30. 윗글을 참고하여 <보기>의 사례에 대해 반응한 내용으로 가장 적절한 것은?

< 보 기 >

신경 생리학자들은 뇌파를 대뇌의 복잡한 사고 과정에서 부수적으로 발생하는 매우 불규칙 하고 복잡한 ‘소음’이라고 간주해 왔다. 그런데 1985년 물리학자 바블로야츠는 사람의 수면 뇌파가 불규칙하고 복잡하게만 보이지만, 5~6개의 변수를 가지고 뇌파의 변화를 기술할 수 있다는 사실을 알아냈다. 그 후 5년간 미국과 유럽에서는 여러 상태에서 측정된 뇌파에 대한 분석 결과, 간질 환자의 뇌파는 겨우 2~3개의 변수로 기술될 수 있는 신호라는 사실이 밝혀졌다.

- ① 카오스 이론의 관점에서 본다면 뇌파의 변화는 비선형 방정식의 사례로 볼 수 있겠군.
- ② 카오스 이론은 기상 현상과 같은 대기 과학과 신경 생리학 사이의 차이점을 밝혀내는 역할을 했겠군.
- ③ 카오스 이론의 관점에서 본다면 사람의 상태에 따라 변하는 뇌파는 초기 조건의 민감성에 해당한다고 할 수 있겠군.
- ④ 카오스 이론의 관점에서 대뇌의 복잡한 사고 과정에서 발생하는 뇌파의 작은 값은 무시할 수도 있다고 볼 수 있겠군.
- ⑤ 카오스 이론은 변수의 초깃값이 조금만 달라져도 사람의 뇌파 상태가 불규칙해진다는 것을 알려 주는 근거가 되었겠군.

[31 ~ 33] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

일반적으로 플랑크톤은 봄과 가을에 번성하는데, 이는 자연적 현상으로 해양 생태계 전체를 유지하는 먹거리 확보 과정의 일부이다. 수중 생태계에 규소, 질소 등의 영양염이 집중되는 것을 ‘부영양화’라고 하는데, 식물성 플랑크톤의 영양분인 영양염이 풍부해지면 플랑크톤의 개체 수가 늘어나고, 플랑크톤을 먹고 자라는 어류 또한 풍부해진다. 이처럼 ‘부영양화’는 전반적으로 생물 자원을 증가시켜 좋은 어장을 형성시킨다는 점에서 긍정적인 현상이다. 그러나 연안 지역의 지나친 부영양화는 주변 생물에 나쁜 영향을 주는데, 플랑크톤 개체군 밀도가 일시적으로 급증하거나 집적되어 바닷물의 색깔이 붉은색으로 변하는 현상인 ‘유해 조류 대발생’이 그 대표적인 사례이다.

유해 조류 대발생의 원인은 매우 복잡해서 완전히 규명된 것은 아니지만, 유해 조류 대발생을 일으키는 플랑크톤이 증식하기 쉬운 환경 조건으로는 외해와 해수 교환이 적어 영양염이 집적되기 쉬운 폐쇄성 내만 해역, 식물성 플랑크톤의 광합성 활동에 필요한 충분한 일사량, 따뜻한 해수 등을 들 수 있다. 또한 플랑크톤의 성장을 자극하는 철, 망가니즈 등의 미량 원소가 녹아 있는 해역일수록 플랑크톤의 증식 가능성은 높아진다. 특히 세계적으로 연안 지역의 산업이 발전하면서 바다로 유입되는 오·폐수가 증가했는데, 강우로 인해 육상으로부터 유입된 오·폐수 속의 영양염은 유해 조류 대발생이 일어나는 빈도 증가의 중요한 원인으로 여겨지고 있다.

유해 조류 대발생 현상은 발생 빈도가 잦고 규모가 커지면 재해 수준의 피해를 유발한다. 유해 조류 대발생의 원인이 되는 플랑크톤이 지나치게 번성하면 다량의 플랑크톤 사체가 가라앉아 바닥에 쌓인다. 이 사체들을 박테리아가 분해하면서 많은 양의 용존 산소를 소비하면, 수중의 산소가 부족하거나 없는 상태가 된다. 결국 많은 해양 생물이 산소 부족으로 질식사하게 되고, 이들의 사체가 다시 부패되는 악순환이 계속되면서 바다는 죽음의 공간으로 변하게 된다.

그 외에도 식물성 플랑크톤이 분비하는 점액질은 해수의 점성도를 증가시켜 아가미를 막아서 어류를 질식사하게 한다. 또한 독성 물질을 생산하는 플랑크톤의 경우 어류의 신경을 마비시켜 죽이기도 하며, 독성이 있는 플랑크톤을 섭취한 어류를 먹은 사람의 경우 식중독을 일으킬 수도 있다. 특히 여름철에는 해수면과 심해 사이의 해수 교환을 막는 수온 약층*이 강하게 형성되어서, 유해 조류 대발생으로 인한 피해 상황을 더욱 심각하게 오랫동안 지속시킨다.

유해 조류 대발생은 과거에는 해안 지형에 따른 폐쇄성 해역의 문제였으나, 점차 지구 환경의 문제로 인식되고 있다. 호주는 동아시아 유조선의 평형수*가 유해 조류 대발생의 원인이 되는 플랑크톤을 운반 하여 자국의 양식업에 피해가 생겼다고 주장하며, 이에 대한 대책을 세워 줄 것을 요구하기도 했다. 또한 선진국을 중심으로 오염되지 않은 깨끗한 항구를

이용하고 싶어 하면서, 유해 조류 대발생은 해양 환경 보호와 국가 경제력 향상에 영향을 미치는 문제로 자리 잡게 되었다. 이 때문에 유해 조류 대발생의 피해가 심한 동아시아와 북유럽 연안은 유해 조류 대발생의 방지뿐만 아니라 장기적인 관점에서 연안 수질을 개선하기 위해 노력하고 있다. 이에 따라 유해 조류 대발생의 원인 및 피해 방지책과 관련된 연구 및 정보를 교류하는 국제적 프로그램이 증가하고 있다.

* 수온 약층: 수온이 급격하게 변화하는 층으로, 수심이 얇은 고온층과 수심이 깊은 저온층 사이에 분포함.

* 평형수: 선박 운항 때 무게 중심을 유지하기 위해 배 밑바닥이나 좌우에 설치된 탱크에 채워 넣는 바닷물. 화물을 선적하면 싣고 있던 바닷물을 내버리고, 화물을 내리면 다시 바닷물을 집어넣어 선박의 무게 중심을 잡음.

31. 밑글에서 해결할 수 있는 질문이 아닌 것은?

- ① 어떤 환경 조건에서 플랑크톤이 증식할 수 있을까?
- ② 플랑크톤이 해양 생태계에 미치는 긍정적 영향은 무엇일까?
- ③ 유해 조류 대발생이 여름철에 유독 심각하게 지속되는 이유는 무엇일까?
- ④ 플랑크톤 개체군의 밀도가 어느 정도 되어야 유해 조류 대발생이 일어날까?
- ⑤ 유해 조류 대발생의 원인과 피해 방지책에 대한 연구가 중요한 이유는 무엇일까?

32. [A]에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 유해 조류 대발생의 전개 과정을 해수에 따라 분류하고 있다.
- ② 유해 조류 대발생이 어류의 성장에 미치는 영향을 분석하고 있다.
- ③ 유해 조류 대발생의 원인이 되는 플랑크톤을 비유적으로 제시하고 있다.
- ④ 유해 조류 대발생으로 인한 해양 생태계의 변화를 지역별로 나열하고 있다.
- ⑤ 유해 조류 대발생이 해양 생태계에 미치는 영향을 단계적으로 설명하고 있다.

[A] 해하면서 많은 양의 용존 산소를 소비하면, 수중의 산소가 부족하거나 없는 상태가 된다. 결국 많은 해양 생물이 산소 부족으로 질식사하게 되고, 이들의 사체가 다시 부패되는 악순환이 계속되면서 바다는 죽음의 공간으로 변하게 된다.

33. 윗글과 관련하여 <보기>의 자료를 읽고 보인 반응으로 적절하지 않은 것은?

< 보 기 >

코클로디늄

1. 정의: 해양에서 유해 조류 대발생을 일으키는 와편모조류에 속하는 플라크톤

2. 특성

(1) 먹이 경쟁이 없는 면바다에서 발생하여 우리나라 연안 지역으로 이동함.
 (2) 독성이 없으나, 점액 물질을 생성함.
 (3) 우리나라 양식업에 큰 피해를 줌.
 (4) 식물성 플라크톤이면서 동시에 작은 세균이나 플라크톤을 잡아먹기도 함.

3. 개체 수의 변화 조건

(1) 증가하는 환경 조건: 표면 수온이 22℃를 넘고 1주일 이상 맑은 날씨가 유지될 경우 최대 로 성장하며, 1주일 강수량이 30mm 이하로 비가 적게 와야 함.
 (2) 감소하는 환경 조건: 우리나라 연안 지역에 부영양화가 심해지면, 어류에 무해한 규조류들과의 먹이 경쟁에서 밀려 개체 수가 감소함.

- ① 코클로디늄의 점액 물질은 어류를 질식사하게 만들겠군.
- ② 코클로디늄을 먹이로 삼은 어류를 먹은 사람은 식중독에 걸리겠군.
- ③ 코클로디늄은 영양염이 적으면 다른 식물성 플라크톤에 비해 증식에 유리하겠군.
- ④ 날씨가 맑고 표면 수온이 따뜻한 조건에서 코클로디늄은 활발히 광합성 활동을 하겠군.
- ⑤ 강우로 인해 연안 지역에 규소, 질소 등이 풍부해지면 코클로디늄이 먹이 경쟁에서 밀리겠군.

[34 ~ 36] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

물질의 상태는 기체상, 액체상, 고체상 등으로 나뉘는데, 이들 중 두 개의 상 사이에 두 상의 성질이 이행하는 극히 얇은 층의 경계면을 계면 또는 표면이라고 한다. 흡착(吸着)이란 두 상의 표면에서 한 상을 구성하고 있는 특정한 물질이 다른 상에 축적되는 현상을 말한다. 이때 축적이 일어나 표면의 농도가 증가하는 물질을 흡착제, 그 물질의 표면에 쌓이는 물질을 흡착질이라 한다. 만약 흡착하는 물질이 표면에만 쌓이지 않고 표면을 지나 물질 내로 고르게 분산되어 농도를 증가시키면 이것은 흡수(吸收)로 구분한다.

일반적으로 흡착제로는 고체 물질이 많이 사용된다. 고체 결정은 모든 원자가 규칙적으로 배열되어 있어서 내부 원자들이 동일한 에너지 상태를 나타내어 대칭 상태에서 원자에 미치는 힘은 모두 상쇄된다. 그러나 표면 원자는 위쪽에 원자가 없기 때문에 아래쪽과 위쪽에 작용하는 힘이 불균형 상태가 되어 표면에 위치한 원자는 내부 원자에 비해 비교적 높은 에너지 상태를 유지한다. 표면 원자는 내부 원자에 비해 에너지가 높아 다른 원자나 분자와 결합하여 안정하게 바뀌려는 성

질을 띤다. 이러한 안정화 과정에서 유체 속에 존재하는 흡착질과 고체 물질인 흡착제 표면이 물리적 혹은 화학적으로 결합하는 것이다.

흡착에는 물리 흡착과 화학 흡착이 있는데, 이 두 흡착은 흡착을 일으키는 원리가 다르기 때문에 흡착이 일어나는 온도나 흡착 속도, ①흡착층 등이 다르다. 흡착을 일으키는 힘은 분자 사이의 인력과 흡착제와 흡착질 사이의 화학 결합력 두 가지로 나눌 수 있다. 분자 사이에 인력이 작용하는 물리 흡착의 경우에는 전자가 이동하지 않으나, 화학 흡착은 표면 원자와 흡착한 분자 사이에 전자가 이동하면서 화학적 결합에 의해 흡착이 일어난다.

물리 흡착은 흡착이 일어나는 속도가 빠르고 평형이 이루어지는 데 걸리는 시간이 짧다. 또한 흡착한 분자 위에 추가로 흡착이 일어나므로 흡착층이 두꺼워지고, 흡착량이 많아 흡착 농도가 높다. 이와 달리 화학 흡착은 보통 물리 흡착이 일어나는 온도보다 훨씬 높은 온도에서 일어난다. 화학 흡착은 화학 결합을 형성하는 화학 반응이어서 활성화 과정을 거쳐 진행되는데, 일반적으로 화학 흡착은 흡착을 위해 활성화 에너지가 필요하므로 흡착 속도가 느리다. 또한 화학 흡착에서는 흡착하는 물질과 표면 원자 사이에 전자를 주고받아야 하기 때문에 흡착이 한 층으로 제한되는데, 이는 표면에 흡착한 물질과 그 위로 접근하는 물질이 동일하므로 서로 전자를 주고받지 못하기 때문이다.

흡착의 역반응으로 흡착된 분자가 표면에서 떨어져 나가는 현상은 탈착이라고 한다. 탈착은 표면의 온도가 높아지거나 기체의 압력이 낮아지면 표면의 흡착질 농도가 낮아지면서 나타난다. 흡착과 탈착은 기체 분자의 운동 에너지와 기체 분자와 표면 원자 사이의 흡착 세기의 상대적인 크기에 의해 결정된다. 기체 분자의 운동 에너지에 비해 흡착 세기가 약하면 탈착하고, 흡착 세기가 더 크면 기체 분자가 표면에 흡착한다. 흡착 특성을 이용하면 기체나 용액에 존재하는 소량의 성분을 표면에 고농도로 농축하거나 분리할 수 있으며, 표면의 성질을 변화시킬 수도 있다. 흡착과 탈착 현상은 옷장 속에 넣어 두어 습기를 제거하는 제습제, 미세 먼지를 흡착한 뒤 제거하는 공기 청정기 등에 응용되어 일상생활에서 특정 물질을 제거하는 데 주로 사용된다.

34. 윗글의 내용과 일치하지 않은 것은?

- ① 물질이 표면 내로 침투하면 흡수라 한다.
- ② 화학 흡착은 표면의 한 층에서만 일어난다.
- ③ 물리 흡착은 화학 흡착보다 고온에서 일어난다.
- ④ 물리 흡착과 화학 흡착은 흡착을 일으키는 원리가 다르다.
- ⑤ 물리 흡착은 표면에 흡착할 수 있는 농도가 화학 흡착보다 높다.

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

〈보 기〉

활성탄은 분자량이 작은 흡착질을 흡착했다가 더 큰 분자량의 흡착질과 접촉하면 먼저 흡착했던 흡착질을 탈착하고 더 큰 분자량의 흡착질을 흡착하는 선택성을 지닌다. 활성탄은 주로 유해 가스 및 악취를 제거할 때 흡착제로 많이 사용된다. 활성탄을 이용한 흡착 방법에는 기체와 작용하는 기상 흡착과 액체와 작용하는 액상 흡착이 있는데, 기상 흡착의 경우 물리 흡착이 많고, 액상 흡착의 경우 화학 흡착이 주로 일어난다.

- ① 활성탄의 표면에는 유해 가스가 축적되었을 것이다.
- ② 액상 흡착은 기상 흡착보다 흡착 속도가 느릴 것이다.
- ③ 기상 흡착과 액상 흡착은 흡착질의 상이 다를 것이다.
- ④ 분자량이 큰 흡착질이 작은 것보다 흡착에 유리할 것이다.
- ⑤ 기상 흡착은 액상 흡착과 달리 활성화 에너지가 필요할 것이다.

36. ⓐ에 대한 설명으로 적절한 것끼리 바르게 묶은 것은?

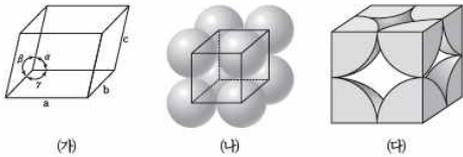
〈보 기〉

ㄱ. 흡착을 일으키는 원동력에 따라 ⓐ의 두께가 달라진다.
 ㄴ. ⓐ는 흡착량이 많을수록 물질 내로 분산되어 두께가 얇아진다.
 ㄷ. 화학 흡착에서는 표면에 흡착이 한번 이루어지면 더 이상 ⓐ가 생기지 않는다.
 ㄹ. 물리 흡착에서는 흡착이 이루어진 표면에서 다시 전자를 주고받는 ⓐ가 생긴다.

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

[37~39] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

결정이란 입자를 구성하는 원자나 이온 등이 3차원의 규칙적인 배열을 갖는 것을 의미한다. 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 대부분의 금속은 결정 구조를 갖는데, 이러한 결정의 구조에 따라 동일한 원소로 이루어진 물질이라 하더라도 물질의 물리적, 화학적, 광학적 성질이 달라진다. 예를 들어 철은 어떤 결정을 갖느냐에 따라 녹는점이 600℃ 이상 차이가 난다. 반면 결정과 달리 물질을 구성하는 요소들이 불규칙하게 임의로 배열되어 있는 경우를 무정형 구조라고 하는데, 유리나 같은 물질이 대표적인 예이다.



결정의 특징은 가장 작은 기본 단위 구조가 있어 이것이 반복적으로 일정하게 배열이 된다는 것이다. 따라서 결정 구조를 정확히 이해하기 위해서는 반복되는 단위 구조를 알아야 한다. 단위 구조는 결정을 이루고 있는 가장 작은 단위이며, 그 일반적인 기하학적 모양은 그림 (가)에 나타난 바와 같다. 그림에서 각 축의 길이 a, b, c와 각도 α , β , γ 를 격자 상수라 한다.

결정 구조 전체는 이 단위 구조의 3차원적인 반복이기 때문에 대칭성과 반복성을 갖는다. 그리고 단위 구조의 격자 상수는 결정 구조를 설명하기 위해 필수적인 것이다. 즉 각 축의 길이와 각도에 따라 14가지의 단위 구조로 나눌 수 있으며, 이를 통해 3차원에서 나타나는 모든 결정 구조를 표시할 수 있다. 이 때 각 축의 길이 a, b, c가 서로 같고 각도 α , β , γ 모두 90도인 결정들을 정육면 입방 정계라 하는데, 대부분의 금속은 이러한 정육면 입방 정계의 결정으로 이루어져 있다. 정육면 입방 정계는 단순 입방, 체심 입방, 면심 입방의 세 가지가 있다. 그림 (나)와 같이 단순 입방 구조는 정육면체의 각 꼭짓점에 원자들이 위치하는 것으로서 단위 구조는 그림 (다)와 같이 나타낼 수 있다. 이러한 구조에 따라 한 원자에 맞닿아 있는 다른 원자들의 개수인 배위수가 달라지게 된다. 한편 단순 입방 구조의 중앙에 1개의 원자를 위치시키면 체심 입방 구조가 되고, 단순 입방 구조의 각 면에 원자를 하나씩 추가로 위치시키면 면심 입방 구조가 된다. 텅스텐, 크로뮴과 같은 금속은 체심 입방 구조를 가지며, 구리, 금, 납과 같은 금속은 면심 입방 구조로 결정을 이룬다.

금속 결정은 격자의 구조에 따라 기본 단위 구조 안에 들어 있는 원자의 수도 달라지며, 기본 단위 구조의 전체 부피 중에 원자가 차지하고 있는 부피와 원자가 없는 빈 공간의 비도 달라진다. 기본 단위 구조 안에 있는 원자의 수는 꼭짓점에 있는 것은 1/8개, 면에 있는 것은 1/2개, 중심에 있는 것은 1개로 계산한다. 단순 입방 구조의 경우 단위 구조의 전체 부피 중 원자가 차지하고 있는 부피는 52%이다. 그리고 단순 입방 구조의 배위수는 6인 반면, 체심 입방 구조의 배위수는 8이다.

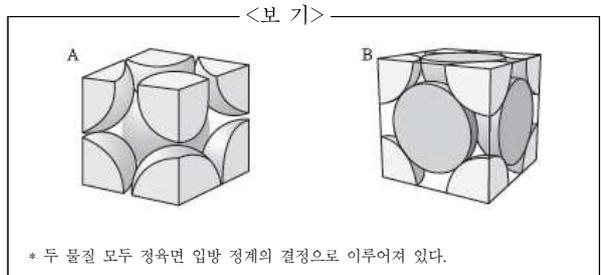
37. 윗글에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 대상을 분류해 가며 내용을 전개하고 있다.
- ② 용어의 개념을 정의하며 내용을 서술하고 있다.
- ③ 시각 자료를 활용하여 독자의 이해를 돕고 있다.
- ④ 대상이 변화하는 과정을 단계적으로 설명하고 있다.
- ⑤ 구체적인 사례를 활용하여 내용을 뒷받침하고 있다.

38. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 결정 구조는 대칭성과 반복성을 갖는다.
- ② 유리는 결정 구조를 갖지 않는 물질이다.
- ③ 결정 구조는 정형 구조와 무정형 구조로 나눌 수 있다.
- ④ 격자 상수에 따라 14가지의 단위 구조로 나눌 수 있다.
- ⑤ 동일한 원소로 이루어져어도 결정 구조에 따라 물질의 성질이 달라진다.

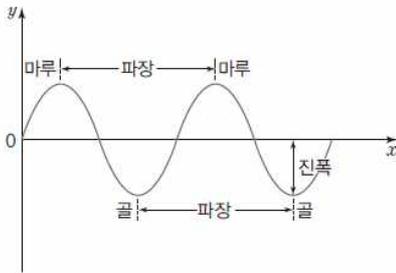
39. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 학생들의 반응으로 적절하지 않은 것은?



- ① A의 배위수는 단순 입방 구조보다 2개 많겠군.
- ② 단위 구조의 격자 상수 중 α , β , γ 는 A와 B가 동일하겠군.
- ③ 텅스텐과 크로뮴은 A, 구리와 금은 B의 결정 구조를 갖겠군.
- ④ A 안에는 2개의 원자가, B 안에는 3개의 원자가 있는 셈이군.
- ⑤ 단위 구조 안에서 원자가 차지하는 부피는 A, B 모두 52%가 넘겠군.

[40~42] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리 눈에는 보이지 않지만 이 세상은 전파로 가득 차 있다. 휴대 전화, 라디오, 텔레비전 등 다양한 전자 통신 기기들이 전파를 보내고 있기 때문이다. 전파는 가시광선과 마찬가지로 전기와 자기의 진동 이 전달되는 전자기파의 일종으로, 주파수가 3킬로헤르츠(kHz)에서 3테라헤르츠(THz)의 범위에 있는 전자기파이다. 전자기파가 1초 동안 진동하는 횟수를 주파수라고 하며, 1초에 1회 진동하면 1헤르츠(Hz) 라고 한다. 전파는 주파수에 따라 일반적으로 9종의 범위(대)로 나뉜다.



우리 주변에서 사용하고 있는 수많은 통신 기기는 이 전파에 정보를 실어 신호를 주고받는다. 그렇다면 전파는 어떻게 정보를 보내는 것일까? 전파가 정보를 보내기 위해서는 '변조'라는 기술이 필요하다. 일반적으로 정보를 지닌 신호를 운반하는 구실을 하는 고주파를 반송파라 하는데, 변조는 반송파의 진폭, 주파수, 위상 등에 변화를 주어 전파에 정보를 담는 기술이다. 변조에는 AM 방식, FM 방식, PM 방식 등 다양한 방식이 있다. 이 중에서 파동의 높이인 진폭을 변형하는 AM 방식이나, 주파수를 변형하는 FM 방식은 주로 라디오 방송에 쓰인다. 예를 들어 디지털 정보인 1과 0을 반송파에 담아 보낸다고 할 때, AM 방식에서는 진폭에 변화를 주기 때문에 1과 0의 진폭이 서로 다르게 나타난다. 반면 FM 방식에서는 주파수에 변화를 주기 때문에 1과 0의 주파수가 서로 다르게 나타난다. 한편 주기 운동에 있어서 파동의 위치를 나타내 주는 것이 위상인데, 이 위상을 바꾸어 주는 변조 방식을 PM 방식이라고 한다. 가령 디지털 정보인 1과 0을 PM 방식으로 변조하여 보내면 1과 0은 마루와 골의 위치가 서로 다르게 나타난다. 이 방식은 주로 디지털 방송이나 휴대 전화 통신 등에서 사용된다. 특히 이 방식은 진폭과 파장은 바뀌지 않고 위상만 바뀌기 때문에 송신하는 쪽의 규칙을 수신하는 쪽이 공유하고 있으면 처음의 파형으로 복원하기가 상대적으로 쉽다.

그렇다면 전자기파 중에서 특히 전파가 통신에 많이 쓰이는 이유는 무엇일까? 전자기파 중에서 주파수가 높은 X선이나 가시광선은 대기 중에 있는 먼지나 물방울에 의해 산란이 쉽게 일어나기 때문에 감쇠*가 잘 된다. 하지만 상대적으로 주파수가 낮은 전파는 X선이나 가시광선에 비해 대기 중에서 산란이 잘 일어나지 않기 때문에 통신에 사용하기가 좋은 것이다. 그러나 전파도 주파수의 범위가 넓기 때문에 통신 기술에서는 주파수에 따른 성질의 차이를 이용하여 용도에 따라 전파를 나누어 사용한다. 예를 들어 가장 주파수가 낮은 초장파(3~30kHz)나 장파(30~300kHz)는 대기 중에서 산란이 잘 일어나지 않고 1,000km

이상 멀리 전달될 수 있기 때문에 표준 시간을 널리 알리는 전파로 쓰인다. 중파 (300kHz~3MHz)는 약 100km 상공에 있는 전리층에서 반사되는 성질을 가지고 있기 때문에 멀리 떨어진 지상에 다다를 수 있다. 따라서 하늘이나 바다 등 넓은 지역 사이의 통신에 적합하여 항공 무선 통신이나 어업 무선 통신에 주로 쓰이며, AM 라디오 방송이나 해외용 방송에도 이용된다.

이처럼 주파수가 낮은 전파들은 멀리까지 통신을 할 수 있다는 장점이 있지만 보낼 수 있는 정보량이 적다는 단점이 있다. 예를 들어 1비트(bit)의 데이터를 보내는 데 마루와 골이 3개가 필요하다고 하자. 1kHz의 초장파는 1초 동안 1,000개의 마루와 골을 만들어 내기 때문에 매 초당 333bit의 데이터밖에 보낼 수 없다. 그러나 100MHz의 초단파를 쓰면 1초에 마루와 골을 1억 개나 만들 수 있으므로 매 초당 약 3,300만 bit를 보낼 수 있다. 그래서 단시간에 많은 정보를 보내야 하는 모바일 통신이나 디지털 텔레비전 방송에서는 300MHz에서 3,000MHz에 이르는 극초단파를 이용한다.

대신 극초단파는 멀리까지 도달하지 못한다는 단점이 있다. 주파수가 높은 전파일수록 직진성이 강해서 빌딩 등의 장애물에 쉽게 ◎막히기 때문이다. 그래서 극초단파를 이용하는 모바일 통신에서는 이러한 약점을 극복하기 위해 다수의 무선 기지국과 교환기, 그리고 교환기를 유선으로 연결하는 중계기를 설치하여 릴레이 형식으로 정보를 보내게 된다. 그래서 통신사들은 극초단파 중에서도 가능하면 낮은 주파수대를 할당받기를 원한다. 주파수가 낮을수록 직진성이 줄어들고 산이나 고층 건물을 돌아 가는 회절*이 커져 기지국을 많이 세우지 않고도 통신의 질을 높일 수 있기 때문이다. 이른바 '황금 대역'의 열쇠는 바로 이 주파수에 있는 것이다. 휴대 전화에는 ㉠ 700 ~ 900MHz대, ㉡ 1.5GHz대, ㉢ 1.7GHz대, ㉣ 1.9~2GHz대 등의 주파수대가 할당되어 있다.

* 데라: 10의 12제곱 배(1조 배) 를 나타내는 접두사.
* 감쇠: 힘이나 세력 따위가 줄어서 약하여짐.
* 회절: 파동의 전파가 장애물 때문에 일부가 차단되었을 때 장애물의 그림자 부분에서까지도 파동이 전파하는 현상.

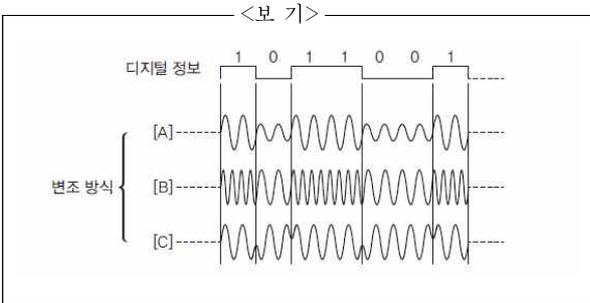
40. 밑줄의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 전파의 용도를 결정하는 데 주파수가 중요한 역할을 한다.
- ② 중파는 항공 무선 통신이나 어업 무선 통신 등에 활용된다.
- ③ 전파는 주파수 범위대에 따라 1초 동안 진동하는 횟수가 일정하지 않다.
- ④ X선이나 가시광선은 전파에 비해 대기 중에서 산란과 감쇠 현상이 크게 나타난다.
- ⑤ PM 방식은 송신자가 변조하기 전의 파형으로 수신자가 복원하는 것이 불가능하다.

41. ㉠~㉣에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠~㉣ 중에서는 ㉠이 '황금 대역'에 해당한다고 볼 수 있겠군.
- ② 동일한 시간에 더 많은 정보를 보내는 데는 ㉠이 ㉣에 비해 더 유리하겠군.
- ③ 전파의 직진성은 ㉣보다 ㉢에서 더 크게 나타나겠군.
- ④ 고층 빌딩이 많은 도심의 같은 조건에서는 ㉢이 ㉣보다 통신의 질이 떨어지겠군.
- ⑤ 방해물이 많은 도심에서 ㉠의 기지국 한 개는 ㉢의 기지국 한 개에 비해 더 넓은 범위를 담당할 수 있겠군.

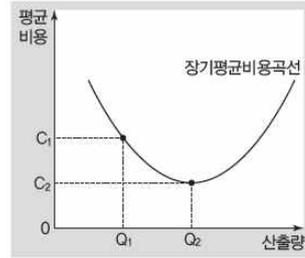
42. 윗글을 참고하여 <보기> 의 [A]~[C]에 대해 설명한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① [A]는 주어진 디지털 정보에 따라 파동의 높이에 변형을 주어 정보를 보내고 있다.
- ② [B]는 주어진 디지털 정보에 따라 파동의 주파수에 변화를 주어 정보를 보내고 있다.
- ③ [C]는 주어진 디지털 정보에 따라 마루와 골의 위상이 서로 다르게 나타나고 있다.
- ④ [C]는 [A]보다 주파수를 쉽게 바꿀 수 있으므로 방송이나 통신 등에 주로 사용할 수 있다.
- ⑤ [A]와 [B]는 주로 라디오 방송에 많이 이용되고 있는 변조 방식이다

[43~45] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

현대 시장 경제 체제에서 기업들은 다른 기업들과의 경쟁에서 살아남기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 소비자들의 입장에서 기업들이 서로 경쟁하면 더 큰 혜택을 제공받을 수도 있기 때문에 반가운 일이지만, 경쟁 당사자인 기업들은 경쟁이 심화될수록 경영 환경이 더욱 불확실해지기 때문에 반가운 일일 수 없다. 이러한 상황에서 기업들은 경쟁에서 이기기 위해 다양한 노력을 전개하기도 하지만, 때로는 경쟁 자체를 ㉠회피하기 위한 노력을 전개하기도 한다. 그 대표적인 방법이 진입 장벽을 활용하는 것이다.



진입 장벽이란 특정 산업에 새로 진출하려는 기업들의 진입을 어렵게 만드는 장벽이다. 높은 진입 장벽은 해당 산업에 이미 진출해 있는 기업들의 수익성을 높게 해 주고 위험성을 낮게 해 준다. 왜냐하면 진입 장벽이 높아 모든 잠재적 진입자를 저지할 수 있는 수준이라면 해당 산업은 순수 독점 기업만이 활동하는 시장으로 형성되고, 진입 장벽이 이보다는 낮아 몇 개의 기업이 활동할 수 있는 수준이라면 해당 산업은 과점 시장의 구조를 보일 것이기 때문이다.

진입 장벽의 형성 요인으로는 다음과 같은 것들이 있다. 먼저 규모의 경제를 들 수 있다. 이는 기업의 입장에서 산출량이 증가함에 따라 드는 비용의 평균을 나타내는 '장기평균비용곡선'을 바탕으로 설명할 수 있다. 왼쪽의 장기평균비용곡선을 보면 산출량이 Q1일 때에는 C1만큼의 평균 비용이 든다. 그러나 산출량을 늘림에 따라 점차 평균 비용이 감소하며, Q2에서는 가장 낮은 평균 비용인 C2의 값을 가진다. 이와 같이 기업이 상품을 산출하기 시작한 시점부터 산출량이 늘어남에 따라 평균 비용이 낮아져서, 그 비용이 가장 낮아지는 Q2점까지를 규모의 경제가 존재한다고 말한다. 즉 생산량 [A]이 증가함에 따라 평균 비용이 감소하는 것을 규모의 경제라고 하는 것이다. 특정 산업에 이미 진출해 있는 기업의 경우, 제품을 대량으로 생산할 수 있는 설비 등을 갖추고 있기 때문에 규모의 경제를 실현하는 것이 가능하다. 하지만 신규로 진입하려는 기업은 기존 기업과 경쟁에서 이길 수 있을 만큼 큰 규모로 해당 산업에 들어오는 것이 어렵고, 진입을 했다 하더라도 초기 투자 비용을 회수하기 위해서는 어느 정도 높은 가격으로 상품을 판매해야 하기 때문에, 기존 기업과의 가격 경쟁에서 불리하다. 이러한 규모의 경제는 한 산업에 몇 개의 기업이 활동할 수 있는지를 결정하는 중요 요소이다. 왜냐하면 규모의 경제가 유발되어 평균 비용이 최소가 되는 생산 수준에 따라 해당 산업 분야에서 활동할 수 있는 기업의 적정한 수가 결정되기 때문이다.

진입 장벽을 형성하는 또 다른 요인으로 경쟁 우위를 들 수 있다. 이는 기존 기업은 가지고 있지만 신규 진출 기업은 가지지 못한 여러 가지 요소가 결합되어 형성된다. 즉 기존 기업이 독자적인 생산 기술을 보유하고, 유리한 원자재 공급선을 ㉡확보하고 있으며, 유리한 입지 조건과 정부 보조 등으로 원가 상의 우위를 점하고 있는 경우에 신규 진출 기업은 경쟁상 불리한 위치에 놓이게 되어 진입 장벽에 부딪히게 된다. 최근에는 특히 특정 제품을 제조하는 데 있어 특허 등과 같은 지식 재산권을 확보하고 있는 지의 여부가 경쟁 우위로 작용하여 진입 장벽의 역할을 할 때가 많다. 지식 재산권은 발명가를 경쟁자로부터 보호하거나 경쟁자가 개발 비용이나 노고를 분담하지 않고서 해당

발명품을 사용하지 못하도록 막아 준다. 따라서 기업들은 기술 혁신을 통해 특허 등과 같은 지식 재산권을 취득하고 이를 통해 이익을 얻기 위해 많은 노력을 기울인다.

때로는 정부가 진입 장벽을 만들어 주기도 한다. 이는 정부가 사업 허가의 제한이나 규제를 통해 새로운 기업이 특정 산업에 진출하는 것을 제약하거나 원천적으로 봉쇄하는 경우이다. 정부는 고도의 기술이 필요하거나 막대한 자금이 소요되고 사회 전체적인 측면에서 소수의 기업에 당분간 경쟁보다는 이윤을 보장해 주어야 할 필요가 있을 때 이러한 정책을 이용한다.

43. 윗글에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 진입 장벽이 소비에 미치는 영향을 분석하고 있다.
- ② 진입 장벽의 개념과 형성 요인에 대해 설명하고 있다.
- ③ 진입 장벽으로 인한 문제점과 해결 방안을 제시하고 있다.
- ④ 진입 장벽을 허물기 위한 전략의 필요성을 강조하고 있다.
- ⑤ 진입 장벽을 통한 기업의 이익 추구에 대해 비판하고 있다.

44. [A] 를 읽고 보인 반응으로 적절하지 않은 것은?

- ① 진입 장벽은 시장 구조의 양상을 결정하는 요인으로 작용하기도 하는군.
- ② 규모의 경제는 장기평균비용곡선에서 산출량이 증가함에 따라 평균 비용이 감소하는 구간까지 존재하는군.
- ③ 특정 산업에 이미 진출해 있는 기업은 신규로 진입하려는 기업보다 규모의 경제를 실현 하는 데 유리하겠군.
- ④ 규모의 경제 관점에서 보면 특정 산업에서 신규로 진입한 기업은 기존 기업보다 낮은 가격으로 상품을 판매하겠군.
- ⑤ 한 산업에서 활동할 수 있는 적절한 기업의 수를 알려면 해당 산업의 기업들의 평균 비용이 최소가 되는 생산 수준을 알아야 하겠군.

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

<보 기>

(가) 반도체 산업은 첨단 기술을 바탕으로 독자적인 생산 기술이 필요한 분야이다. 이 분야에 진출해 있는 기업들은 오랜 시간 축적한 경험을 통해 원가 절감 방법을 알고 있으며, 공장의 입지 및 세제 등의 측면에서 정부의 지원을 받고 있다.

(나) 현재 많은 국가에서 특정 지역의 유선 방송이나 라디오 방송 사업에 대해 소수의 회사에만 면허를 주어 사업을 수행할 수 있는 기회를 제공하고 있다. 우리나라의 경우에도 운송업, 방송 송출 사업 등은 정부의 인허가를 받은 사업자만이 사업을 할 수 있다.

(다) 최근에 A사는 ○○폰 등 자사의 제품에 적용할 수 있는 두루마리 형태의 플렉시블 디스플레이 관련 특허를 출원했다. 플렉시블 디스플레이는 얇고 휘어지며 깨지지도 않는 디스플레이이다. 스마트폰에 플렉시블 디스플레이를 적용함으로써, A사의 스마트폰은 디자인의 다양화, 내구성 향상, 다양한 기능의 탑재 등이 가능하게 되었다.

- ① (가)에서 반도체 산업에 이미 진출해 있는 기업들은 신규로 진입하려는 기업에 비해 경쟁 우위를 점하고 있다고 볼 수 있다.
- ② (나)의 운송업, 방송 송출 사업 등에 대해 정부는 사회적 측면에서 당분간 경쟁보다는 이윤을 보장해 주어야 할 필요가 있다고 판단하고 있을 가능성이 크다.
- ③ (다)에서 A사는 특허 출원을 통해 기술 혁신으로 인한 경쟁 우위를 확보할 수 있음을 알 수 있다.
- ④ (가)와 (나)를 통해 정부의 개입이 관련 산업에서 신규로 진입하려는 기업들에 진입 장벽으로 작용할 수 있음을 알 수 있다.
- ⑤ (가)와 (다)를 통해 기업들은 특정 산업에서 첨단 기술을 개발하여 진입 장벽을 형성하고 이를 유지하기 위해 정부에 지원을 요구하고 있음을 알 수 있다.

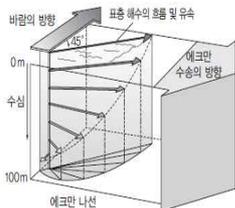
[46~48] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

바닷물의 흐름인 해류는 심층 해류와 표층 해류로 구분할 수 있다. 심층 해류는 수온이 낮거나 염분이 높아서 밀도가 높아진 해수가 침강하여 형성되는 것으로, 주로 극지방에서 형성된다. 극지방에서는 해수가 얼 때, 순수한 물만 얼고 물속의 염분은 얼지 않기 때문에 극지방의 해수는 염도가 높아져 밀도가 커진다. 이것이 바다 밑으로 가라앉은 후에 다른 곳으로 천천히 흘러가게 되면 심층 해류를 형성한다. 극지방에서 형성된 심층 해류는 온도가 낮기 때문에 용존 산소를 많이 함유하고 있어서 심해의 생물에게 산소를 공급해 준다.

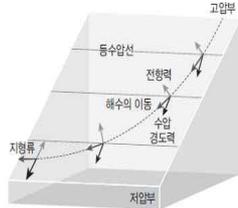
표층 해류는 주로 해수면 위로 부는 바람의 마찰력에 의해 움직인다. 그러나 바람이 부는 방향을 따라 그대로 이동하는 것은 아니다. 이것은 에크만에 의해 밝혀진 것으로, 그는 북극해를 항해하던 중 빙산이 바람 부는 방향을 따라 이동하는 것이 아니라

바람이 불어 가는 방향에 대해 오른쪽으로 편향되어 이동하고 있다는 사실을 발견하게 된다. 이를 연구한 결과 그는 표층 해류의 움직임에 관한 이론을 정립할 수 있었다.

<그림 1>을 통해 그의 이론을 이해해 보자. 해수면 위에 바람이 지속적으로 불면 바람의 영향을 받아 표층 해수가 가장 먼저 움직이게 된다. 그런데 북반구에서는 움직이는 방향의 오른쪽 직각 방향으로 전향력*이 작용하고 이 전향력은 움직이는 힘에 비례한다. 그렇기 때문에 표층 해수는 풍향과 전향력의 합력 방향인, 풍향의 오른쪽 45°만큼 휘게 된다. 표층 해수의 점성에 의한 마찰력으로 인해 표층의 바로 아래에 있는 해수층도 함께 흐르는데, 이때도 역시 전향력의 영향을 받게 되므로 표층 해수가 흐르는 방향의 오른쪽 45°만큼 휘게 되고, 유속은 표층 해수보다 더 느려진다. 같은 일이 다음 층, 그 다음 층에서도 반복되어 <그림 1>과 같이 점점 줄어드는 나선 모양으로 해수의 흐름이 펼쳐지고, 어떤 깊이에 도달하면 물은 표층 해수와는 반대 방향으로 흐른다. 이 깊이를 마찰 심도라고 부르며, 중위도 지방에서는 수심 100~200m 정도가 이에 해당한다. 이때 표층부터 마찰 심도까지의 평균적인 해수의 흐름을 '에크만 수송'이라 한다.



(그림 1) 에크만 나선과 수송



(그림 2) 지형류 발생 원리

에크만의 이론은 '지형류'의 흐름을 설명하는 데도 유용하다. 바람이 한 방향으로만 꾸준히 불게 되면 에크만 수송도 한 방향으로만 일어나기 때문에 해수가 한 곳으로 모이게 된다. 해수가 모이는 곳의 수위가 높아지면 이곳으로부터 수위가 낮은 저압부로 해수가 이동하게 되는데, 이 때 해수를 이동하게 하는 힘을 수압 경도력이라 하고, 수압 경도력은 수위 차가 클수록 더 크다. <그림 2>에서와 같이 북반구에서 고압부의 해수가 저압부의 방향으로 움직이기 시작하면 해수 진행 방향의 오른쪽 직각 방향으로 전향력이 작용하므로 해수는 오른쪽으로 편향되어 흐른다. 오른쪽으로 편향되어 흐르는 해수에 또다시 전향력이 작용하기 때문에 해수는 흐를수록 더 편향되고, 결국 <그림 2>와 같은 궤적을 보이며 흐르게 된다. 이 때 해수에 작용하는 전향력의 방향은, 해수가 점점 오른쪽으로 편향되어 흘러가므로 이에 따라 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향에서 수압 경도력의 반대 방향으로 바뀌어 간다. 그리하여 전향력은 결국 수압 경도력과 힘의 평형 상태에 도달하게 되고, 이때의 해수의 흐름을 '지형류'라고 한다. 쿠로시오 해류, 멕시코 만류 등과 같이 지속적으로 흐르는 표층 해류의 대부분이 이에 속한다.

이 외에도 표층 해수의 일부가 이동하면 다른 곳의 해수가 이를 보충하기 위해 흘러오는데, 이러한 해류를 보류라고 한다. 보류에는 용승류와 침강류가 있다. 표층 해수가 바람 등의 원인에 의해 다른 곳으로 흘러가면, 이를 보충하기 위해 바다 깊은 곳의 해수가 해수면까지 올라오는데, 이를 용승류라고 한다. 반대

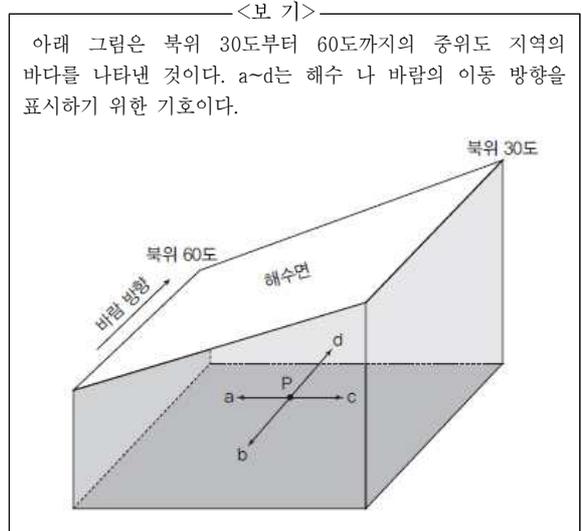
로 차가운 해수가 해안가로 밀려오면 해안선 근처에서 침강하거나, 바람 등의 원인에 의해 한 곳에 해수가 쌓이게 되면 해수가 침강하는데, 이를 침강류라 한다. 침강류는 용승류에 비해 잘 일어나지 않으며, 깊은 곳까지 영향을 미치지 못하는 것이 대부분이다.

* 전향력: 물체를 던지면 지구의 자전으로 인해 지구 상의 관측자에게는 물체를 던진 방향에 대해 북반구에서는 오른쪽으로, 남반구에서는 왼쪽으로 힘이 작용하는 것처럼 운동하게 되는데, 이때의 가상적인 힘을 전향력이라 함.

46. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 수압 경도력은 수위 차가 클수록 더 커진다.
- ② 마찰 심도에서는 표층 해류와 반대 방향으로 해류가 흐른다.
- ③ 표층 해류에 작용하는 전향력은 해류가 빠를수록 더 커진다.
- ④ 극지방 해수는 용존 산소를 많이 함유하고 있기 때문에 밀도가 크다.
- ⑤ 해수면 위로 부는 바람은 표층 해류의 움직임에 영향을 주는 주된 요인이다.

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



- ① 수심 200m보다 깊은 지점에서는 해수가 바람의 영향을 받지 않을 것이다.
- ② 북위 30도와 북위 60도의 수압 차이에 의해 수압 경도력이 발생할 것이다.
- ③ 북위 30도의 수위가 높은 것은 바람에 의한 에크만 수송으로 인한 것이다.
- ④ 북위 30도에서 60도 쪽으로 흘러가는 해수는 a 방향으로 흘러가다가 점점 우측으로 편향되어 d 방향으로 진행할 것이다.
- ⑤ 북위 30도에서 60도 쪽으로 해수가 흘러가는 동안 해수에 작용하는 수압 경도력과 전향력은 각각 a 방향, d 방향으로 일정하게 유지될 것이다.

48. 윗글을 바탕으로 <보기> 의 현상으로부터 추론한 내용으로 적절한 것끼리 묶은 것은?

<보 기>

다음은 모두 북반구에서 일어나는 현상으로, 화살표는 지속적으로 부는 바람의 방향을 나타낸다.

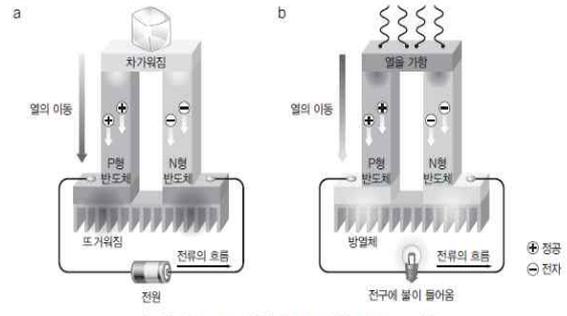
(가) 연안에서 부는 바람 (나) 바다 위에서 부는 바람

	(가)		(나)	
	표층 해수의 흐름	용승 혹은 침강 여부	표층 해수의 흐름	용승 혹은 침강 여부
①	육지 방향	연안에서 침강	중심으로 수렴	중심에서 용승
②	육지 방향	연안에서 용승	바깥으로 발산	중심에서 용승
③	먼 바다 방향	연안에서 용승	중심으로 수렴	중심에서 침강
④	먼 바다 방향	연안에서 침강	바깥으로 발산	중심에서 침강
⑤	먼 바다 방향	연안에서 용승	바깥으로 발산	중심에서 용승

[49~52] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

열전 효과는 전기 에너지가 열에너지로, 열에너지가 전기 에너지로 직접 변환되는 현상을 통칭하는 것으로, 펠티에 효과와 제베크 효과 등이 있다. 펠티에 효과는 프랑스의 펠티에가 발견한 것으로, 접합된 서로 다른 두 금속에 전류를 흘려주면 한쪽은 뜨거워지고, 다른 한쪽은 차가워지는 현상이다. 제베크 효과는 독일의 제베크에 의해 발견된 것으로, 서로 다른 두 금속의 양쪽 끝을 붙인 뒤 한쪽을 가열하면 온도 차가 생기면서 전류가 흐르는 현상이다.

이처럼 전류를 흐르게 함으로써 온도를 조절하거나 온도 차를 통해 전류를 흐르게 하는 열전 효과는 매우 오래전에 발견되었지만, 실제 산업 기술로 활용되지 못하고 있다가 1950년대 들어서면서 반도체 재료의 발견과 더불어 산업에 적용되기 시작했다. 현재는 반도체 물질을 기반으로 한 다양한 열전 소자가 개발되어 다양한 분야에 널리 이용되고 있다.



<그림> 열전 소자를 이용한 펠티에 효과(a)와 제베크 효과(b)

<그림>은 서로 다른 두 금속 대신 열전 효율이 좋은 반도체를 이용하여 만든 열전 소자의 구조도이다. <그림>의 a와 같이 열전 소자에 전류를 흘려보내면 N형 반도체에 있는 전자(-)는 전류의 양극(+) 방향으로, P형 반도체에 있는 정공(+)*은 음극(-) 방향으로 이동하게 된다. 그런데 전자나 정공이 이동할 때는 에너지가 필요하다. 그래서 N형 반도체와 P형 반도체가 접합된 윗부분에서 열을 흡수한 다음 아래쪽으로 이동하고, 아래쪽으로 이동한 뒤에는 그 열을 방출하게 된다. 그러면 N형 반도체와 P형 반도체가 접합된 윗부분은 열을 뺏겨 차갑게 되고, 아랫부분은 전자와 정공이 방출한 열로 인해 뜨거워진다. 전류의 세기를 더 크게 하면 온도 차도 더 커지고, 전류의 방향을 바꾸면 차가워지는 부분과 뜨거워지는 부분이 바뀐다. 이것은 접합된 서로 다른 두 금속에 전류를 흘려주면 한쪽은 뜨거워지고, 다른 한쪽은 차가워지는 펠티에 효과를 이용한 것이다. 또한 a와 같은 열전 소자를 여러 개 연결한다면 열을 방출할 수 있는 접합부가 더 많아지므로 같은 전류로 더 많은 열을 낼 수 있게 된다. 한편 <그림>의 b와 같이 열전 소자의 한쪽에 열을 가해 다른 쪽과 온도 차를 만들면 고온부에 있는 전자 및 정공은 저온부에 있는 것보다 높은 에너지를 가지게 되고, 전자와 정공은 온도가 낮은 저온부로 이동하게 된다. 그러면 전자의 이동과 반대 방향으로 전류가 흐르는데, 이때 발생하는 전류는 온도 차가 클수록 크다. 이것은 서로 다른 금속을 연결한 후 접합부를 가열하면 전류가 발생하는 제베크 효과를 이용한 것이다.

이처럼 열전 효과는 전기를 이용하여 열을 제어할 수도 있고, 열에 의해 전류를 형성시킬 수도 있기 때문에 전기와 열을 이용하는 다양한 기술에 활용된다. 예를 들어 ㉠열전 효과를 활용한 냉각 방식은 기존 냉각 방식의 문제점을 극복할 수 있다. 기존 냉장고의 냉각 방식은 액체 상태의 냉매가 증발기를 통해 기체가 되면서 주위로부터 열을 빼앗아 냉장고 내부의 온도를 낮추고, 반대로 기체 상태의 냉매가 압축기를 통해 다시 액체로 바뀌면서 냉장고 밖으로 열을 방출하는 원리를 이용한다. 그래서 증발기나 압축기, 그것들을 가동하기 위한 모터가 필요했고, 냉장고 뒤에는 열을 방출하기 위한 파이프가 달려 있어야 했다. 그러나 열전 소자의 냉각부를 냉장고 내부로, 발열부를 냉장고 외부로 설치한 냉장고는 전류를 흘려주는 것만으로도 냉장고 내부의 온도를 낮출 수 있다.

열전 효과는 소형화와 소음 저감 기술을 증시하는 최근의 디자인 추세에도 잘 맞아 앞으로도 더 많은 제품들로 확대 적용될 전망이다. 또한 열전 소자를 이용하면 버려지는 열에너지를 이용하여 전기 에너지를 생산할 수 있어 에너지 회수 기술*의 새

로운 소재로 활용될 가능성이 무궁무진하다. 현재까지 개발된 열전 소자는 전기를 열로, 열을 전기로 변환시키는 효율이 낮아 많은 양의 에너지를 생산하는 데는 무리가 있지만 앞으로 고효율 열전 소자의 개발이 이루어지면 기존 에너지 생산 방식을 획기적으로 변화시킬 수 있을 만큼의 과급력을 가진 기술로 성장할 것이다.

* 정공: 전자와 같은 움직임을 보이는, (+) 전하를 가진 가상 입자로, P형 반도체에서 전류를 운반하는 것을 말함.

* 에너지 회수 기술: 주변에서 버려지는 에너지를 수확하여 사용할 수 있는 에너지로 변환하고 이용하는 기술을 말함.

49. 윗글에서 다루어지지 않은 내용은?

- ① 열전 효과의 개념
- ② 열전 효과의 종류
- ③ 열전 효과의 활용 사례
- ④ 열전 소자의 효율 결정 방식
- ⑤ 현재 쓰이는 열전 소자의 한계점

50. ㉠에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① ㉠을 활용한 냉장고는 기존 냉장고보다 소형화하기가 어렵겠군.
- ② ㉠을 활용한 냉장고는 기존 냉장고와 달리 밖으로 방출되는 열이 발생하지 않겠군.
- ③ ㉠의 현재 수준으로도 기존 냉장고만큼의 대용량 냉장고를 만들기가 어렵지 않겠군.
- ④ ㉠을 활용한 냉장고는 기존 냉장고보다 각종 기계 장치로 인한 소음을 줄이기 어렵겠군.
- ⑤ ㉠을 활용하면 전류의 방향을 바꾸는 것만으로도 냉장고를 온장고로 바꿔 쓸 수 있겠군.

51. 윗글을 토대로 <보기>에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

<보 기>

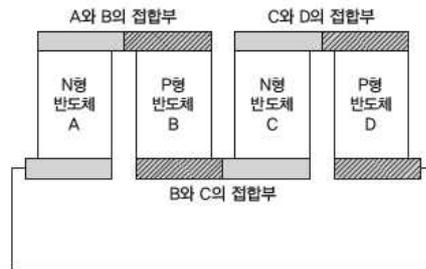
(가) A사는 배기가스가 방출되는 자동차 머플러 쪽에 열전 소자를 장착하여, 배기가스의 폐열을 전기로 바꿔 엔진 구동용 보조 전기나 시트 냉난방에 활용하는 기술을 개발했다.

(나) B사는 섬유형 열전 소자를 개발했다. 이것은 체온과 외부 기온의 온도 차를 이용하여 전기 에너지를 생산하는 방식으로, 팔에 두를 수 있는 가로세로 각 10cm의 밴드로 제작하면 웬만한 반도체 칩을 구동할 수 있는 약 40mW의 전력을 생산한다.

- ① (가)와 (나)는 모두 버려지는 에너지를 회수하는 기술이겠군.
- ② (가)는 펠티에 효과, (나)는 제베크 효과를 활용한 기술이겠군.
- ③ (가)의 기술을 활용하면 자동차가 더 빨리 달릴수록 생산할 수 있는 전력이 더 커지겠군.
- ④ (나)는 여름보다 겨울에 더 많은 전력을 생산할 수 있어 겨울에 더 효과적인 기술이겠군.
- ⑤ (나)의 섬유형 열전 소자의 면적을 넓히면 체열을 더 많이 받을 수 있어 생산할 수 있는 전력이 더 커지겠군.

52. <보기>는 어떤 열전 소자의 구조도이다. 윗글을 참고하여 <보기>에 대해 추론한 내용으로 적절하지 않은 것은?

<보 기>



단, A와 C는 N형 반도체, B와 D는 P형 반도체이고, 열전소 아래 연결된 선은 전류가 흐를 수 있는 도선이다.

- ① 도선에 전류를 시계 방향으로 흘려주면, 위쪽은 차가워지고 아래쪽은 뜨거워질 것이다.
- ② 도선에 전류를 시계 방향으로 흘려주면 B, D의 정공은 아래쪽에서 위쪽으로 이동해 갈 것이다.
- ③ A와 B, C와 D의 접합부를 가열하면 전류는 시계 방향(A → B → C → D)으로 흐를 것이다.
- ④ A와 B, C와 D의 접합부를 가열하면 A, C의 위쪽의 전자는 아래쪽의 전자보다 더 높은 에너지를 가지게 될 것이다.
- ⑤ A, B만을 접합한 열전 소자 하나보다 <보기>와 같이 두 개의 열전 소자를 연결한 형태가 도선에 같은 전류를 흘려주더라도 더 많은 열을 방출할 것이다.