

국어
수능특강

비문학 적용학습 과학, 기술 <EBS변형문제>

이 콘텐츠는 「콘텐츠산업 진흥법」에 따라 최초 제작일부터 5년간 보호됩니다.
본 콘텐츠를 무단 배포 시, 콘텐츠산업 진흥법에 의거하여 책임을 질 수 있습니다.

다음 글을 읽고, 물음에 답하십시오.

(가) 18세기에는 열의 실체가 칼로릭(caloric)이며 칼로릭은 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 흐르는 성질을 갖고 있는, 질량이 없는 입자들의 모임이라는 생각이 받아들여지고 있었다. 이를 칼로릭 이론이라 부르는데, 이에 따르면 찬 물체와 뜨거운 물체를 접촉시켜 놓았을 때 두 물체의 온도가 같아지는 것은 칼로릭이 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 이동하기 때문이라는 것이다. 이러한 상황에서 과학자들의 큰 관심사 중의 하나는 증기 기관과 같은 열기관의 열효율 문제였다.

(나) 열기관은 높은 온도의 ㉠ 열원에서 열을 흡수하고 낮은 온도의 대기과 같은 열기관 외부에 열을 방출하며 일을 하는 기관을 말하는데, 열효율은 열기관이 흡수한 열의 양 대비 한 일의 양으로 정의된다. 19세기 초에 카르노는 열기관의 열효율 문제를 칼로릭 이론에 ㉡ 기반을 두고 다루었다. 카르노는 물레방아와 같은 수력 기관에서 물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르면서 일을 할 때 물의 양과 한 일의 양의 비가 높이 차이에만 좌우되는 것에 주목하였다. 물이 높이 차에 의해 이동하는 것과 흡사하게 칼로릭도 고온에서 저온으로 이동하면서 일을 하게 되는데, 열기관의 열효율 역시 이러한 두 온도에만 의존한다는 것이었다.

(다) 한편 1840년대에 줄(Joule)은 일정량의 열을 얻기 위해 필요한 각종 에너지의 양을 측정하는 실험을 행하였다. 대표적인 것이 ㉢ 열의 일당량 실험이었다. 이 실험은 열기관을 대상으로 한 것이 아니라, 추를 낙하시켜 물속의 날개바퀴를 회전시키는 실험이었다. 열의 양은 칼로리(calorie)로 표시되는데, 그는 ㉣ 역학적 에너지인 일이 열로 바뀌는 과정의 정밀한 실험을 통해 1kcal의 열을 얻기 위해서 필요한 일의 양인 열의 일당량을 측정하였다. 줄은 이렇게 일과 열은 형태만 다를 뿐 서로 전환이 가능한 물리량이므로 ㉤ 등가성을 갖는다는 것을 입증하였으며, 열과 일이 상호 전환될 때 열과 일의 에너지를 합한 양은 일정하게 보존된다는 사실을 알아내었다. 이후 열과 일뿐만 아니라 화학 에너지, 전기 에너지 등이 등가성을 가지며 상호 전환될 때 에너지를 총량은 변하지 않는다는 에너지 보존 법칙이 입증되었다.

(라) 열과 일에 대한 이러한 이해는 카르노의 이론에 대한 과학자들의 재검토로 이어졌다. 특히 톰슨은 칼로릭 이론에 입각한 카르노의 열기관에 대한 설명이 줄의 에너지 보존 법칙에 위배된다고 지적하였다. 카르노의 이론에 의하면, 열기관은 높은 온도에서 흡수한 열 전부를 낮은 온도로 ㉥ 방출하면서 일을 한다. 이것은 줄이 입증한 열과 일의 등가성과 에너지 보존 법칙에 어긋나는 것이어서 열의 실체가 칼로릭이라는 생각은 더 이상 유지될 수 없게 되었다. 하지만 열효율에 관한 카르노의 이론은 클라우지우스의 증명으로 유지될 수 있었다. 그는 카르노의 이론이 유지되지 않는다면 열은 저온에서 고온으로 흐르는 현상이 생길 수도 있을 것이라는 가정에서 출발하여, 열기관의 열효율은 열기관이 고온에서 열을 흡수하고 저온에 방출할 때의 두 작동 온도에만 관계된다는 카르노의 이론을 증명하였다. (마) 클라우지우스는 자연계에서는 열이 고온에서 저온으로만 흐르고 그와 반대되는 현상은 일어나지 않는 것과 같이 경험적으로 알 수 있는 방향성이 있다는 점에 주목하였다. 또한 일이 열로 전환될 때와는 달리, 열기관에서 열 전부를 일로 전환할 수 없다는, 즉 열효율이 100%가 될 수 없다는 상호 전환 방향에 관한 비대칭성이 있다는 사실에 주목하였다. 이러한 방향성과 비대칭성에 대한 논의는 이를 설명할 수 있는 새로운 물리량인 엔트로피의 개념을 낳았다.

1. 윗글을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?
 - ① 카르노는 수력 기관에서 물의 양과 한 일의 양의 비가 높이 차이에만 좌우되는 것에 주목하였다.
 - ② 줄은 1kcal의 열을 얻기 위해서 필요한 일의 양인 열의 일당량을 측정하였다.
 - ③ 카르노에 의해 에너지 보존 법칙이 입증되었다.
 - ④ 줄은 일과 열은 형태만 다를 뿐 서로 전환이 가능한 물리량이므로 등가성을 갖는다고 보았다.
 - ⑤ 클라우지우스는 카르노의 이론을 입증했다.

다음 글을 읽고, 물음에 답하시오.

(가) 빙하는 오랫동안 쌓인 눈이 얼음덩어리로 변하여 그 자체의 무게로 압력을 받아 이동하는 얼음층을 말한다. 쌓인 지 얼마 안 되는 눈은 빈 공간 즉 공극이 매우 많기 때문에 밀도가 물의 1/10도 안 될 정도로 작다. 눈송이의 섬세하고 뾰족한 부분은 서서히 증발하는데 이때 생긴 수증기는 주로 눈송이 사이의 빈 공간 즉 공극에 ㉠ 응결된다. 이로 인해 무거워진 눈은 밑으로 내려앉고 더 단단해지며 공극의 양도 감소한다. 일 년 넘게 보존된 눈의 밀도가 점차 증가하여 공기가 더 이상 침투할 수 없게 되면 빙하가 된다.

(나) 대규모의 빙하는 지구에서 기온이 낮은 지역인 고위도 지방에서 나타나며 소규모의 빙하는 중·저위도의 고산 지대에서도 발견된다. 빙하는 물리적 성질이 무척 다양하여 여러 종류로 구분된다. 먼저 형태에 따라 산악 빙하와 대륙 빙하로 나뉘는데, 산악 빙하는 알프스나 히말라야 등 세계적으로 높은 산맥들의 산 경사면에 접해 있는 길쭉한 형태의 빙하로 계곡 빙하, 피오르 빙하, 권곡 빙하 등이 이에 속한다. 대륙 빙하는 고위도의 그린란드와 남극과 같이 넓은 지역에 걸쳐 대규모로 형성된 빙하를 가리킨다. 또한 온도에 따라서는 빙하가 특정한 압력에서 얼음이 녹는 온도인 압력 융점에 도달해 있는 온빙하, 빙하의 온도가 압력 융점 미만으로 유지되는 극빙하가 있다.

(다) 빙하는 표면 위로 공급되는 눈의 양과 해빙에 의해 제거되는 눈과 얼음의 양에 따라 질량 수지가 달라진다. 빙하의 질량 수지는 겨울 동안 내린 눈의 양인 ‘누적량’에서 여름 동안에 제거되는 눈의 양인 ‘소모량’을 뺀 값으로 정의된다. 누적량과 소모량의 차이가 바로 빙하의 질량 수지인데 누적량이 소모량보다 크면, 즉 질량 수지가 양의 값을 보이면 빙하의 질량은 증가한다. 여름의 소모기가 지난 후 빙하를 보면, 빙하 표면에는 누적 지역과 소모 지역이 나타난다. 빙하의 상부에 나타나는 누적 지역은 겨울 동안에 내린 눈이 축적되어 빙하의 질량이 늘어난 부분이고, 누적 지역의 아래에 있는 소모 지역은 축적되어 있던 눈이 녹아 빙하의 질량이 손실된 부분이다. 이때 누적 지역과 소모 지역의 경계선을 평형선이라고 한다. 이 선은 기후에 민감하여 해마다 그 고도가 변화하는데, 덥고 건조한 해에는 올라가고 춥고 습한 해에는 내려간다.

(라) 빙하는 얼음덩어리 내부의 층들이 변형되면서 흐르는 ‘내부 포행’이나 빙하가 기반암 위로 미끄러져 흐르는 ‘바닥 미끄러짐’의 두 현상에 의해 고도가 낮은 지역으로 이동하게 된다. 산 경사면에 쌓인 눈과 얼음의 누적된 양이 ㉡ 임계 두께에 달하면 자체 무게와 중력을 견디지 못하고 흘러내리게 되는 것이다. 얼음덩어리가 고체임에도

불구하고 형태가 변형되며 흐르는 내부 포행이 발생하는 이유는 얼음 결정들이 위로부터 큰 힘을 받게 되면 결정면들이 같은 방향으로 배열하게 되는데 이때 얼음덩어리 내부의 변형이 쉬워지기 때문이다.

(마) 내부 포행에 의해 얼음이 변형되는 빙하의 하부와는 달리, 빙하의 상부는 ㉢ 하중을 적게 받기 때문에 강도가 낮아 부서지기 쉽다. 따라서 경사가 급격히 변하는 지역을 빙하가 통과하게 되면 얼음의 표면은 장력 * 으로 갈라지게 되어 빙하 균열이 발생한다. 이때 얼음의 온도는 빙하의 움직임과 이동 속도를 결정하는 중요한 요인이 된다. 압력 융점에 도달해 있는 빙하의 경우에는 그 하단부가 녹아 물이 생기고 이때 생긴 물은 ㉣ 윤활제와 같은 역할을 하여 빙하가 기반암 위로 미끄러지게 한다. 빙하의 이런 미끄러짐은 빙하의 이동에서 90%를 차지한다. 일반적으로 빙하 이동에서 압력 융점에 도달해 있지 않은 빙하의 경우에는 하단부의 온도가 차가워 빙하가 기반암에 얼어붙어 있어서 미끄러짐보다는 내부 포행에 의해 이동하며 이동 속도가 상대적으로 느리다. 빙하는 이동 과정에서 주변 땅이나 암석들을 깎고, 침식 물질을 운반·㉤ 퇴적시키면서 다양한 지형을 형성한다.

(바) 빙하의 이동 속도를 측정해 보면, 겨울보다는 여름이 이동 속도가 더 빠르고, 빙하 중앙에 있는 얼음이 가장자리의 얼음보다 더 빨리 이동한다. 가장자리를 따라 속도가 감소하는 이유는 얼음이 계곡 측벽의 마찰력을 받기 때문이다. 한편 빙하가 이동할 때 빙하의 걸 ㉥ 윤곽은 크게 변화하지 않는다. 그 이유는 얼음이 누적 지역에서 소모 지역으로 이동할 때 누적 지역의 얼음이 소모 지역의 빙하에서 제거된 얼음의 빈자리를 대체하기 때문이다.

* 장력 : 물체 내의 임의의 면에 대하여 양쪽에서 끌어당기는 변형력.

2. 위 글의 내용으로 보아 ㉦의 구실을 하는 것으로 가장 적절한 것은?

- ① 썰매가 잘 미끄러지게 하는 빙판
- ② 이글루 바닥에 뿌린 물
- ③ 얼음벽을 통과한 태양 빛
- ④ 태양빛에 의해 융해되는 눈
- ⑤ 자동차 실린더와 피스톤에 작용하는 엔진 오일

다음 글을 읽고, 물음에 답하시오.

(가) 개나리는 봄에, 코스모스는 가을에 꽃을 피우는 것처럼 식물은 저마다 일정한 계절에 꽃을 피운다. 이것은 계절이 가지고 있는 환경적 요소, 즉 기온이라든가 빛이 지속되는 시간 등을 식물이 감지할 수 있다는 것을 의미한다. 그렇다면 식물이 환경 조건을 감지해서 꽃을 피우는 원리는 무엇일까 식물이 개화하는 데는 광주기성과 온도, 꽃 기관이 결정되는 메커니즘 등이 작용하게 된다.

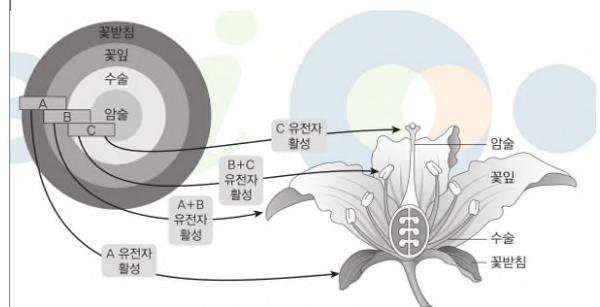
(나) 광주기성은 식물이 개화에 필요한 일 년 동안의 밤낮의 길이 변화, 즉 광주기를 감지하는 것을 말한다. 식물이 광주기성을 갖는 것은 피토크로뮴(phytochromium)이라는 색소 단백질을 가지고 있기 때문이다. 피토크로뮴은 빛의 파장을 흡수하는 종류에 따라 Pr형과 Pfr형의 두 가지로 나뉜다. Pr형이 낮, 즉 명기(광기)에 적색광을 흡수하게 되면 Pfr형으로 활성화되고, 활성화된 Pfr형이 빛이 없는 밤, 즉 암기에 원적색광을 흡수하게 되면 점차 안정화된 Pr형으로 전환된다. 식물 내에 존재하는 Pfr형의 비율은 밤낮의 길이에 따라 달라지는데 식물은 이 Pfr형의 존재 비율에 따라 개화할 시기를 감지하게 된다.

(다) 식물이 꽃을 피우기 위해서는 적절한 길이로 지속되는 암기(暗期)를 필요로 하는데, 이때 필요로 하는 최소한의 암기를 임계 암기라 한다. ㉠ 임계 암기는 종에 따라 다르지만 대부분 하루에 12시간 정도이다. 식물은 중간에 단절되지 않고 지속되는 밤의 길이가 임계 암기보다 짧을 때 꽃을 피우는 종류와 반대로 지속되는 밤의 길이가 임계 암기보다 길 때 꽃을 피우는 종류가 있다. 전자는 개나리와 장미와 같이 봄이나 여름에 꽃을 피우는 식물들로 장일 식물이라 하고, 후자는 국화나 코스모스와 같이 가을에 꽃을 피우는 식물들로 단일 식물이라 한다. 그런데 암기만으로는 밤낮의 길이가 비슷한 봄과 가을을 구별할 수 없기 때문에 식물은 그것을 구별할 수 있는 또 다른 방식으로 적응해 왔다. 그 하나는 광주기와 온도를 ㉡ 연계시키는 것인데, 가령 겨울 밀과 같은 종들은 일정한 저온 기간을 겪기 전에는 개화의 광주기 조건이 충족되어도 정상적으로 반응하지 않는다. 또 하나는 암기의 변화를 ㉢ 감지하는 것인데, 아래향과 같은 종들은 점점 길어지는 암기를 감지할 때 꽃을 피우고, 토끼풀과 같은 종들은 점점 짧아지는 암기를 감지할 때 꽃을 피운다.

(라) 이와 같이 광주기와 온도는 영양 성장 * 을 하던 식물이 꽃을 피우는 생식 성장 * 으로 전환하는 중요한 환경 요인이 된다. 식물의 개화는 꽃 분열

조직에서 꽃 기관이 만들어지면서 본격적으로 시작된다. 개화는 윤생체 * 형태를 띠고 진행되는데, 꽃 마디는 제일 바깥의 꽃받침부터 꽃잎, 수술, 암술의 4개 영역으로 나뉘어 만들어진다. 이같이 4개의 영역으로 나뉘어 꽃 기관이 생성되는 데에는 꽃 기관 ㉣ 전체성 결정 유전자들의 상호 작용이 결정적인 역할을 한다. 식물학자들은 실험 식물로 자주 이용되는 애기장대를 대상으로 한 돌연변이 연구에서 꽃 기관 전체성 결정 유전자 A, B, C가 있다는 것을 알아냈다.

(마) 식물학자들의 실험 결과를 바탕으로 유전자가 꽃 기관 생성을 어떻게 조절하는지에 대한 설명이 가능하게 되었는데, 그것이 바로 ABC 가설이다. 이 가설은 <그림>에서처럼 꽃 기관 전체성 결정 유전자가 꽃 분열 조직 윤생체의 인접한 2개의 영역에서 ㉤ 발현된다고 본 것이다. 즉 꽃받침은 A 유전자만 발현된 꽃 분열 조직에서, 꽃잎은 A와 B 유전자가 발현된 꽃 분열 조직에서, 수술은 B와 C 유전자가 발현된 분열 조직에서, 암술은 C 유전자만 발현된 분열 조직에서 발달하게 된다는 것이다. 그런데 A 유전자가 결여되면 A 유전자가 발현되어야 할 자리에 C 유전자가 대체되어 발현되고 반대로 C 유전자가 결여되면 그 자리에 A 유전자가 대체되어 발현되는 것으로 보았다. 그리고 B 유전자가 결여되었을 때는 그것을 다른 유전자가 대체하여 발현되지는 않는 것으로 보았다. ABC 가설에 따른 꽃 기관 결정의 메커니즘으로 A, B, C 유전자 중 특정 유전자가 결여되어 나타나는 돌연변이에 대해서도 설명할 수 있게 되었다.



- * 영양 성장 : 식물이 발아하여 잎과 줄기가 크는 생육 단계.
- * 생식 성장 : 꽃이 피고 종자를 맺는 등 식물의 생식 기관이 분화하고 발달하는 단계.
- * 윤생체 : 한 마디에 꽃이나 잎이 수레바퀴 모양으로 둘러싸는 형태.

3. 위 글을 읽은 학생이, 다음과 같은 상황이 벌어진 이유를 추리한 것으로 가장 적절한 것은?

도시의 고속도로변에 심어진 코스모스는 초겨울이 되도록 꽃을 피우지 못한다.

- ① 도로변의 토양이 산성화되어서
- ② 가을의 짧아진 일조 시간 때문에
- ③ 원적외선 흡수 피토크롬의 농도가 감소해서
- ④ 도로면 주변에 있는 가로등의 조도가 높아서
- ⑤ 도시의 공해로 인해 꽃의 개화가 방해를 받아서

다음 글을 읽고, 물음에 답하시오.

(가) 혼합물이란 순수한 물질 두 가지 이상이 일정 비율로 혼합되어 있는 것을 말한다. 화학에서 혼합물의 물성을 알고자 할 때는 그 혼합물을 구성하는 각 성분이 순수한 상태로 존재할 때 가지는 물성으로부터 출발하는 것이 기본적이다. 그렇지만 순수한 물질의 ㉠ 산술적인 평균이 항상 혼합물의 ㉡ 물성을 나타내지는 않는다. 가령 두 액체 A, B가 50%씩 섞여 있는 혼합 용액 1몰 *의 부피를 구한다고 하자. 대부분의 경우 혼합물의 1몰당의 부피는 두 성분 부피의 단순한 산술 평균이 되지 않는다. ㉢ 왜냐하면 물질이 순수한 상태로 존재할 때와 다른 성분과 섞이어 혼합물을 이루고 있을 때 그 물질의 성질이 달라지기 때문이다.

(나) 혼합물의 물성을 보다 쉽게 이해하기 위해서 과학자들은 이상 용액의 개념을 사용한다. 이상 용액이란 용액을 구성하는 분자의 크기가 모두 같고 분자들 간에 서로 영향을 미치는 상호 작용의 크기, 즉 ㉣ 인력이나 반발력의 크기가 변하지 않는 용액으로, 혼합되기 이전의 순수한 물질로 이루어진 용액은 이상 용액의 특성을 갖는다. 이러한 특성을 가진 혼합물 또한 이상 용액이라고 가정한다. ㉤ 그러나 이상 용액이 아닌 혼합물에서는 구성 성분의 분자의 크기가 거의 같은 경우라도 분자들 간의 상호 작용이 순수한 상태로 있을 때와 다르다. 위에서 언급한 A, B의 경우를 생각해 보자. 성분 A와 B가 순수한 상태로 있을 때의 분자 간 상호 작용을 각각 A-A와 B-B라고 했을 때, 두 성분을 혼합하면 A 성분과 B 성분끼리의 각각의 인력은 혼합 전과 변함이 없지만 서로 다른 성분 간의 상호 작용인 A-B가 발생하게 된다. ㉥ 이러한 상호 작용은 분자들이 움직일 수 있는 반경이나 분자의 운동 에너지 등을 순수한 물질로 구성되어 있을 때와 달라지게 만들고, 이것이 혼합물의 부피와 같은 물성에 영향을 주게 된다. ㉦ 따라서 A와 A 간의 인력과 B와 B 간의 인력보다 A와 B 간의 인력이 더 클 때 A 1리터와 B 1리터를 혼합하면 그 부피는 2리터보다 작아진다. 즉 ㉧ 두 성분 분자 간 인력이 순수한 상태로 있을 때보다 강해져 분자 간의 간격이 좁아지므로 전체 분자들이 차지하는 공

간, 즉 부피가 감소하는 것이다. 이와 반대로 두 성분을 혼합하면 부피가 늘어나는 경우도 존재하는데 이것은 섞어 놓았을 때 반발력이 증가하는 경우이며 반발력에 의해 분자들 간의 간격이 커져 부피가 증가하는 것이다. 즉 한 성분의 부분 부피가 순수한 상태보다 커진다고 말할 수 있다. 순수한 상태보다 커지든 작아지든 간에, 부분 부피는 혼합물 성분의 종류와 혼합되는 비율에 따라 다르다. 만일 혼합물이 이상 용액을 이룬다면 부분 부피는 순수 상태의 부피와 동일하게 된다

(다) 이러한 액체 혼합물에서의 분자 간 상호 작용은 혼합물의 기체상의 압력에도 영향을 미친다. ㉨ 가령 병 안에 액체 상태인 성분 A와 B의 혼합물이 있고, 그 위에 기체 상태인 성분 A와 B의 혼합물이 평형을 이루고 있다고 해 보자. 액체 혼합물에서의 분자 간 상호 작용은 기체상인 A와 B의 혼합물의 압력을 결정하게 되므로 용액이 이상 용액이라면 기체상에서의 성분 A의 부분 압력은 액체상의 몰 분율 *에 비례하는 값을 갖게 된다. 즉 A와 B의 혼합물에서 액체상의 A의 몰 분율이 0.3이고 액체상의 B의 몰 분율이 0.7이라면, 기체상의 전체 압력이 1기압일 때 성분 A의 부분 압력은 0.3기압이 되고 성분 B의 부분 압력은 0.7기압이 된다. 이렇게 액체상의 몰 분율에 정비례하여 기체상의 압력, 즉 증기압이 결정된다는 것을 라울의 법칙이라 부른다. 이상 용액의 경우 라울의 법칙을 충실히 따르지만, 이상 용액이 아닌 비이상 용액은 라울

의 법칙을 따르지 않는다. 가령, 액체상에서 A와 B 간의 상호 인력이 A와 A 간의 상호 인력보다 강한 경우에는 A는 액체상에서의 강한 상호 작용 때문에 순수하게 A로만 이루어진 액체에서보다 액체 상태에서의 상호 작용을 극복하고 기체상으로 변

[A] 화하기 힘들기 때문에 라울의 법칙에서 예측한 부분압보다 작은 압력을 나타내게 되고 이때 라울의 법칙으로부터 음의 편향을 보인다고 말한다. 또한 A와 A 간의 인력과 A와 B 간의 인력이 이와 반대로 될 때에는 라울의 법칙으로부터 양의 ㉩ 편향을 보이게 된다.

(라) 어떤 성분의 몰수 변화량에 따른 혼합물의 전체 부피의 증가량을 어떤 성분의 부분 몰 부피라 하는데 물 100mL에 알코올 10mL를 섞으면 혼합물의 부피는 110mL가 되지는 않지만 100mL보다는 크다. 이 경우 알코올 10mL가 가해졌을 때 물에 알코올이 들어옴에 따라 물과 혼합물의 전체 부피는 물만 존재했을 때보다 증가하였으므로 알코올의 부분 몰 부피는 양의 값을 갖는다. 그러나 어떤 특별한 경우에는 한 성분의 부분 부피가 0보다도 작은 음의 값을 가질 수도 있다. 부분 몰 부피가 음의 값을 갖는다는 것은 주어진 부피의 순수 액체에 어떤 성분을 가했을 때, 그 혼합물의 전체 부피가 성분을 가하기 전의 순수 액체보다 감소한다는 것이다. 가령 어떤 순

수한 물질 100mL에 A라는 성분 2mL를 가하면 최종 부피가 98mL가 되는 일이 일어나게 된다. 이때 A 성분의 부분 몰 부피는 0보다 작은 음의 값을 갖게 되는 것이다. 어떻게 이런 일이 일어날 수 있는 것일까 그것은 기존 물질의 분자와 첨가되는 성분의 분자 사이의 인력의 강도 때문이다. 위에서 ㉔ 언급한 예는 물의 분자와 A 성분의 분자 사이의 친화력이 매우 강하고, 그 인력의 강도가 같은 성분끼리의 친화력보다 엄청나게 큰 경우이다. 일정량의 순수한 물에 이러한 A를 첨가하게 되면 순수한 물에서의 물 분자 사이의 거리보다 소량 첨가한 A에 의해 전체적인 분자들의 간격이 좁혀지게 되어 혼합물의 부피가 줄어들게 되는 것이다. 이러한 일들은 액체나 기체가 상온·상압에서보다는 고온·고압하에 존재할 때 주로 발생하게 된다. 이처럼 이상 용액과는 다른 용액 혼합물이 나타내는 성질을 비이상성이라 하며, 비이상성에 대한 이해는 혼합물의 물성을 이해하는 데 기본적이고 중요한 개념이 된다.

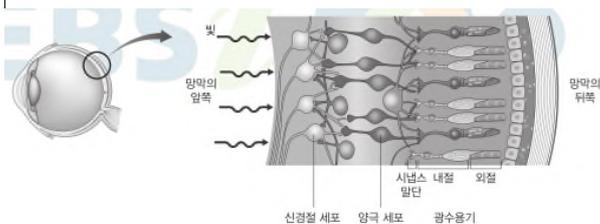
- * 몰 : 원자, 분자, 이온 등과 같은 입자 6.02×10^{23} 개.
- * 몰 분율 : 혼합물에서 어떤 성분의 몰수를 각 성분 몰수의 합으로 나눈 값.

4. ㉔~㉔의 사전적 의미로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉔ 나누어 도출됨.
- ② ㉔ 물질이 가지고 있는 성질.
- ③ ㉔ 공간적으로 떨어진 물체끼리 서로 끌어당기는 힘.
- ④ ㉔ 한쪽으로 치우침.
- ⑤ ㉔ 어떤 문제에 대해 말함.

다음 글을 읽고, 물음에 답하십시오.

(가) 우리가 사물을 시각적으로 인식할 수 있는 것은 눈으로 들어온 빛에 망막의 신경 조직층이 반응하기 때문이다. 망막의 신경 조직층은 안쪽 층인 신경절 세포, 중간층인 양극 세포, 바깥층인 광수용기로 이루어지는데, 광수용기는 막대 세포와 원뿔 세포로 구분된다.



(나) 광수용기인 막대 세포와 원뿔 세포는 빛으로부터 자극을 받으면 전기 신호를 발생시키는데, 망막의 가장 뒤쪽인 외절로부터 내절, 시냅스 말단 순으로 구성된다. 외절은 평평한 원반이 여러 겹 쌓여 있는 구조로, 막대 세포에서는 막대 모양, 원뿔 세포에서는 원뿔 모양으로 생겨 빛의 자극을 감지한다. 외절에서 빛의 자극을 감지할 수 있는 이유는 빛을 받으면 화학적 변형을 일으켜 활성화되는 광색소가 박혀 있기 때문이다. 빛에 의해 광색소가 활성화되면 시각적 인식을 위한 신호 활동 과정이 시작된다.

(다) 빛에 의해 광수용기가 활성화되는 과정은 어두울 때와 밝을 때로 나누어 살펴볼 수 있다. 어두울 때 빛의 자극을 전기 신호로 바꾸는 과정은 광수용기가 탈분극되는 방식으로 이루어진다. 광수용기의 내부에는 cGMP라는 물질이 있는데 cGMP는 어두울 때 농도가 높아진다. 농도가 높아진 cGMP는 광수용기의 외절 세포막에 있는 Na^+ 통로를 활성화시킨다. Na^+ 통로가 활성화되면 Na^+ 이 내부로 유입되는데 이 과정을 '탈분극'이라고 부른다. 탈분극이 이루어지면 시냅스 말단의 Ca^{2+} 통로가 활성화된다. Ca^{2+} 통로가 활성화되면 Ca^{2+} 이 시냅스 말단으로 유입되면서 신경 전달 물질의 분비가 촉진된다. 시냅스 말단은 양극 세포와 연결되어 있는데 시냅스 말단에서 분비된 신경 전달 물질은 양극 세포를 활성화시킨다. 양극 세포는 활성화되면 억제 작용을 한다. 즉 양극 세포는 신경절 세포와 접하고 있어 활성화될수록 신경절 세포를 억제하게 되는 것이다. 억제된 신경절 세포는 뇌까지 연결되는 시신경을 비활성화시키게 되고, 이에 따라 우리는 어둠 속에서 사물이 잘 보이지 않는다고 느끼게 된다.

(라) 밝을 때 빛의 자극을 전기 신호로 바꾸는 과정은 광수용기가 과분극되는 방식으로 이루어진다. cGMP는 밝을 때 농도가 낮아진다. 농도가 낮아진 cGMP는 외절 세포막에 있는 Na^+ 통로를 비활성화시킨다. Na^+ 통로가 비활성화되면 Na^+ 의 유입은 멈추고 K^+ 이 유출되게 되는데 이 과정을 '과분극'이라고 부른다. 과분극이 이루어지면 시냅스 말단의 Ca^{2+} 통로는 비활성화되고, Ca^{2+} 통로가 비활성화되면 신경 전달 물질의 분비가 감소된다. 신경 전달 물질이 감소하면 양극 세포가 비활성화되어 억제 작용을 하지 못한다. 즉 양극 세포가 비활성화될수록 신경절 세포의 작용을 억제하지 못하게 되는 것이다. 그렇게 되면 억제되지 않은 신경절 세포에서 발생하는 전기 신호의 양이 많아지고, 그에 따라 시신경이 활성화되어 우리는 밝을 때 사물이 잘 보인다고 느끼게 된다.

(마) 망막에는 막대 세포가 원뿔 세포보다 30배 이상 많이 분포한다. 원뿔 세포가 망막의 중앙에 집중되어 있는

것과 달리 막대 세포는 원뿔 세포가 밀집된 주변부에 넓게 분포한다. 막대 세포는 파장에 따른 반응 정도는 다르지만 종류가 하나이기 때문에 색상의 차이를 감지하는 것이 아니라 세기의 차이를 감지한다. 따라서 회색의 명도만을 제공한다. 하지만 원뿔 세포보다 훨씬 민감하기 때문에 어둠 속의 희미한 빛에도 반응한다. 막대 세포는 빛이 강할수록 반응 빈도가 증가하게 된다. 반면 원뿔 세포는 밝은 곳에서 선명한 시각을 제공하며, 빛의 다양한 색상의 차이를 구별할 수 있게 한다. 원뿔 세포의 광세포가 빛의 파장에 따라서 선택적으로 반응하기 때문이다.

(바) 원뿔 세포는 광색소의 종류에 따라 빨강 원뿔 세포, 초록 원뿔 세포, 파랑 원뿔 세포로 구분된다. 빨강 원뿔 세포는 460~680nm 파장의 빛에, 초록 원뿔 세포는 440~650nm 파장의 빛에, 파랑 원뿔 세포는 380~530nm 파장의 빛에 반응한다. 우리가 다양한 색상을 인식할 수 있는 것은 세 가지 종류의 원뿔 세포 반응 비율이 각기 상이하기 때문이다. ㉠ 파란색으로 감지되는 사물은 빨간색이나 초록색 파장을 흡수하고 파란색 파장은 반사한다. 반사된 파란색 파장은 파랑 원뿔 세포의 광색소에 의해 흡수될 수 있는데 그렇게 되면 파랑 원뿔 세포가 활성화되어 파란색이 감지된다. 이와 달리 빨강과 초록 원뿔 세포가 각각 최고 83%로 활성화되고 파랑 원뿔 세포가 활성화되지 않으면 노란색이 감지된다. 빨강, 파랑, 초록 원뿔 세포의 활성화에 따른 효과는 각각의 분리된 경로를 통해 뇌에 전달되는데, 뇌의 1차 시각 피질에서는 이러한 정보를 통합하고 처리하여 색상을 인식하며 배경과 비교함으로써 사물을 인식하게 되는 것이다.

5. 윗글을 통해 알 수 있는 내용으로 가장 적절하지 않은 것은?

- ① 어두울 때 Na⁺은 많이 유입되겠군.
- ② 밝아지면 cGMP의 농도가 낮아지겠군.
- ③ Na⁺의 통로가 활성화되면 Na⁺이 유입되겠군.
- ④ Ca²⁺가 유입되면 양극 세포가 비활성화되겠군.
- ⑤ 광수용기의 탈분극이 일어나면 신경절 세포가 억제되겠군.

다음 글을 읽고, 물음에 답하시오.

(가) 디지털 통신 시스템은 송신기, 채널, 수신기로 구성되며, 전송할 데이터를 빠르고 정확하게 전달하기 위해 부호화 과정을 거쳐 전송한다. 영상, 문자 등인 데이터는 기호 집합에 있는 기호들의 조합이다. 예를 들어 기호 집합 { a, b, c, d, e, f }에서 기호들을 조합한 add, cab, beef 등이 데이터이다. 정보량은 어떤 기호가 발생했다는 것을 알았을 때 얻는 정보의 크기이다. 어떤 기호 집합에서 특정 기호의 발생 확률이 높으면 그 기호의 정보량은 적고, 발생 확률이 낮으면 그 기호의 정보량은 많다. 기호 집합의 평균 정보량 * 을 기호 집합의 엔트로피라고 하는데 모든 기호들이 동일한 발생 확률을 가질 때 그 기호 집합의 엔트로피는 최댓값을 갖는다.

(나) 송신기에서는 소스 부호화, 채널 부호화, 선 부호화를 거쳐 기호를 부호로 변환한다. 소스 부호화는 데이터를 압축하기 위해 기호를 0과 1로 이루어진 부호로 변환하는 과정이다. 어떤 기호가 110과 같은 부호로 변환되었을 때 0 또는 1을 비트라고 하며 이 부호의 비트 수는 3이다. 이때 기호 집합의 엔트로피는 기호 집합에 있는 기호를 부호로 표현하는 데 필요한 평균 비트 수의 최솟값이다. 전송된 부호를 수신기에서 원래의 기호로 ㉡ 복원하려면 부호들의 평균 비트 수가 기호 집합의 엔트로피보다 크거나 같아야 한다. 기호 집합을 엔트로피에 최대한 가까운 평균 비트 수를 갖는 부호들로 변환하는 것을 엔트로피 부호화라 한다. 그중 하나인 ‘허프만 부호화’에서는 발생 확률이 높은 기호에는 비트 수가 적은 부호를, 발생 확률이 낮은 기호에는 비트 수가 많은 부호를 ㉢ 할당한다.

(다) ㉣ 채널 부호화는 오류를 검출하고 ㉤ 정정하기 위하여 부호에 ㉥ 잉여 정보를 추가하는 과정이다. 송신기에서 부호를 전송하면 채널의 잡음으로 인해 오류가 발생하는데 이 문제를 해결하기 위해 잉여 정보를 덧붙여 전송한다. 채널 부호화 중 하나인 ‘삼중 반복 부호화’는 0과 1을 각각 000과 111로 부호화한다. 이때 수신기에서는 수신한 부호에 0이 과반수인 경우에는 0으로 판단하고, 1이 과반수인 경우에는 1로 판단한다. 즉 수신기에서 수신된 부호가 000, 001, 010, 100 중 하나라면 0으로 판단하고, 그 이외에는 1로 판단한다. 이렇게 하면 000을 전송했을 때 하나의 비트에서 오류가 생겨 001을 수신해도 0으로 판단하므로 오류는 정정된다. 채널 부호화를 하기 전 부호의 비트 수를, 채널 부호화를 한 후 부호의 비트 수로 나눈 것을 부호율이라 한다. 삼중 반복 부호화의 부호율은 약 0.33이다.

(라) 채널 부호화를 거친 부호들을 채널을 통해 ㉦ 전송하려면 부호들을 전기 신호로 변환해야 한다. 0 또는 1에 해당하는 전기 신호의 전압을 결정하는 과정이 선 부호화이다. 전압의 결정 방법은 선 부호화 방식에 따라 다르

다. 선 부호화 중 하나인 ‘차동 부호화’는 부호의 비트가 0이면 전압을 유지하고 1이면 전압을 변화시킨다. ㉠ 차동 부호화를 시작할 때는 기준 신호가 필요하다. 예를 들어 차동 부호화 직전의 기준 신호가 양(+)의 전압이라면 부호 0110은 ‘양, 음, 양, 양’의 전압을 갖는 전기 신호로 변환된다. 수신기에서는 송신기와 동일한 기준 신호를 사용하여, 전압의 변화가 있으면 1로 판단하고 변화가 없으면 0으로 판단한다.

[교재 변형]

6. 윗글을 바탕으로, 3가지 기호로 이루어진 기호 집합에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 기호들의 발생 확률이 모두 1/3인 경우, 평균 정보량이 최댓값이다.
- ② 기호들의 발생 확률이 각각 1/6, 1/2, 1/3인 경우의 기호를 부호화하는 데 필요한 평균 비트 수의 최솟값이 최대가 된다.
- ③ 기호들의 발생 확률이 각각 1/6, 1/2, 1/3인 경우, 기호의 정보량이 더 많은 것은 발생 확률이 1/6인 기호이다.
- ④ 기호들의 발생 확률이 모두 1/3인 경우, 각 기호의 정보량은 동일하다.
- ⑤ 기호들의 발생 확률이 각각 1/6, 1/2, 1/3인 기호 집합의 엔트로피는 발생 확률이 각각 1/3, 1/2, 1/6인 기호 집합의 엔트로피와 같다.

다음 글을 읽고, 물음에 답하시오.

(가) 과학 수사에서는 피의자를 가려내기 위해 범죄 현장에 남아 있는 혈흔을 찾아내 분석한다. ㉠ 혈흔을 검출한 뒤에는 사람의 혈흔, 즉 인혈인지 동물의 혈흔인지를 식별하는 검사를 하게 되고 인혈임을 확인한 뒤에 혈액형 및 유전자 분석을 시행하게 된다.

(나) 그렇다면 범죄 현장의 숨어 있는 혈흔을 어떻게 찾아낼 수 있을까? 혈흔 검사를 할 때는 일단 ㉡ 루미놀 시약을 활용하게 된다. 혈흔에 이 시약을 뿌리면 파랑 형광으로 빛을 내기 때문에 혈흔을 찾기 위한 첫 번째 단계로 혈흔이 발견될 만한 위치에 루미놀 시약을 뿌리는 방법을 사용하는 것이다. 옷가지, 카펫 등 섬유에 혈흔이 묻어 혈흔 속 철분 성분이 스며들었다면 수개월이 지나도 루미놀 시약에 반응한다. 루미놀 시약은 타액, 소변 등 다른 체액에는 반응하지 않고 혈액에만 반응하는 것도 장점이다. 그리고 피가 10,000~20,000배 희석돼도 발견할 수 있을 만큼 혈흔에 예민하게 반응하기 때문에 범인이 증거 인멸을 위해 옷을 세탁해도 육안으로 잘 보이지 않는 미세한 혈흔을 찾아낼 수 있다.

(다) 루미놀 시약이 ㉢ 발광하는 원리는 무엇일까? 그것

은 루미놀 화학 반응을 이용하는 것으로, 빙초산을 이용하여 만든 루미놀이 산소와 만나 산화하면서 빛을 내는 원리를 이용하는 것이다. 루미놀 시약은 루미놀, 무수 탄산 나트륨, 과산화 수소, 증류수로 이루어져 있다. 루미놀을 산화시키기 위해서는 산소가 필요한데 시약 속 과산화 수소의 반응을 통해 산소를 얻을 수 있다. 과산화 수소는 산성 용액이 아닌 알칼리성 용액 속에서 물과 산소로 분해되는데, 이때 철, 구리 촉매가 더해지면 분해 반응이 빠르게 일어난다. 혈액 속에 있는 헤모글로빈은 4개의 ‘헴’을 가지고 있고 헴의 중심에는 철 성분이 있는데 이 철이 과산화 수소의 분해를 촉진해 산소를 발생시키게 된다. 그리고 이때 만들어진 산소는 루미놀을 산화시켜 발광 반응이 일어나게 한다. 여기서 과산화 수소를 산소를 만들어 내는 과산화물로 대체해도 똑같은 반응이 일어난다. 루미놀 시약으로 혈흔을 찾아낼 수 있는 것은 이와 같이 혈액 속 철 성분을 ㉣ 촉매로 삼아 산화시킨 루미놀이 빛을 발하기 때문이다. 하지만 루미놀 시약은 혈액 속에 헴이 있는 개체라면 다 같은 발광 반응을 보이기 때문에 인혈과 동물의 혈흔을 구분하지 못하는 단점이 있다. 또한 혈흔뿐만 아니라 철, 구리로 이루어진 사물에 대해서도 똑같은 반응을 나타낸다. 이 경우 혈흔에 대한 것과는 다른 빛깔을 띠게 되지만 굉장히 미묘한 차이이기 때문에 전문가라야 ㉤ 판별이 가능하다. 즉 루미놀 시약은 혈흔을 찾아내는 ‘예민성’은 탁월하나, 금속이나 다른 동물의 혈흔을 구분하지 않고 똑같이 발광한다는 점에서 인혈로 판정하는 ‘특이성’은 떨어진다.

(라) 다음으로 ㉥ LMG 시약이 있는데 루미놀 시약에서 나타난 혈흔 반응을 추가로 확인할 때 쓰인다. LMG 시약은 루미놀 시약과 마찬가지로 빙초산을 사용해 만드는 시약이라 독성이 강하다. LMG 시약은 시약 속 류코말라카이트 성분을 통해 혈흔 반응을 확인한다. 혈흔이 의심되는 곳에서 과산화 수소가 분해되어 산소가 발생하면, 헤모글로빈에 있는 철의 촉매 작용으로 인해 류코말라카이트가 산화되어 청록색을 나타낸다. 혈흔 검사를 할 때는 우선 시료를 채취해 필터 페이퍼에 놓고 LMG 시약을 떨어뜨린다. 그 위에 과산화 수소를 떨어뜨리면 진짜 혈흔일 경우 시료가 청록색으로 변하여 퍼져 나간다. LMG 시약은 혈액의 희석 정도가 400배인 경우까지만 검출할 수 있어서 미세한 혈흔을 찾아내는 예민성은 루미놀 시약보다 떨어진다. 하지만 혈흔이 아닌 경우에도 반응하는 루미놀 시약과 달리 LMG 시약은 혈흔이 아닌 다른 물질에는 전혀 반응하지 않는다. 따라서 LMG 시약은 혈흔을 찾아내는 특이성이 높아 루미놀 시약을 보완하는 방법이 된다. 하지만 ㉦ LMG 시약 역시 루미놀 시약과 마찬가지로 인혈과 동물의 혈흔을 구별하지 못하는 한계가 있다.

(마) 그렇다면 인혈과 동물의 혈흔을 어떻게 구별할 수 있을까? 최근에는 인혈 반응을 진단할 수 있는 키트 *

사용해 간단히 확인한다. 인혈 키트 중 대표적인 것은 ㉔ FOB 키트이다. 이 키트는 사람의 헤모글로빈에 반응하는 단클론 항체 * 를 이용하므로 사람 이외의 동물 혈액에 대해서는 반응하지 않으며, 수 분 이내로 신속하게 검사할 수 있다. 이 키트는 면역 크로마토그래피 * 방법을 이용하여 헤모글로빈 농도가 50ng/mL 이상인 경우 검출될 수 있도록 ㉔ 고안되었다. 검사용 도구는 플라스틱 카세트 외부 표시 창에 대조 선과 검사선 위치가 표시되어 있으며, 이 두 선이 나타나는데 따라 양성이나 음성으로 판정한다. 혈흔 검사를 위해서는 혈흔 부위를 오리거나 혈흔을 면봉으로 채취하여 약 2mL의 혈흔 희석액이 담긴 용기에 넣고 뚜껑을 닫은 후 수차례 강하게 흔들어 만약 두 선이 나타나면 인혈로 판정한다. FOB 키트는 인혈에 대한 높은 예민성을 가지고 있으며 극소량의 혈흔에도 판정이 가능하다. 이 키트는 LMG 검사에서 양성인지 음성인지 확실히 판정하기 어려운 경우에 유용하게 사용되며, LMG 검사에서 양성 반응을 나타내는 혈흔을 다시 검사하여 인혈임을 확증할 때도 사용된다. 루미놀 시약과 LMG 시약을 비롯해 인혈인지 아닌지를 판별하는 도구까지 갖춘 현대의 수사대는 계속 과학적 혁신을 거듭하고 있다.

- * 키트 : 각종 증세를 진단하기 위한 도구·장비 세트.
- * 단클론 항체 : 동일한 면역 세포에서 생성되는 하나의 항원에만 특이적으로 결합하는 항체.
- * 크로마토그래피 : 여러 시료들이 섞여 있는 혼합물을 이동 속도 차이를 이용하여 분리하는 방법.

7. ㉑~㉔ 중, <보기>의 ㉓와 관련이 깊은 것끼리 바르게 연결한 것은?

< 보 기 >

페니실린은 인간에 대해서는 독성이 매우 낮지만 모르모트에게는 소량이라도 치명적이다.

- ① ㉑
- ② ㉒
- ③ ㉔
- ④ ㉑, ㉔
- ⑤ ㉒, ㉔

다음 글을 읽고, 물음에 답하시오.

(가) 미세 먼지는 크기에 따라 ‘초미세 먼지’와 ‘미세 먼지’로 구분한다. 초미세 먼지는 그 크기가 2.5 μm (마이크로미터, 10⁻⁶미터) 이하로 이를 PM 2.5 라 지칭하며, 미세 먼지는 그 크기가 10 μm 보다 작은 것으로 PM 10 이라 지칭한다. PM 2.5 가 PM 10 보다 인체에 더 유해한 것으로 알려져 있는데 이는 사람에게 흡입된 미세 먼지 중 상대적으로 큰 PM 10 의 경우 비강, ㉓ 인두, 후두 등의 상(上)기도에 머물지만 상대적으로 작은 PM 2.5 의 경우 하(下)기도인 기관지를 통하여 폐의 폐포까지 도달한 뒤, 인접한 혈관으로 침투하여 전신으로 퍼지기 때문이다. 우리나라에서는 미세 먼지 농도를 실시간으로 모니터링하면서 미세 먼지 주의보 및 경보를 발령하는데, PM 10 의 주의보 발령 기준은 시간 평균 150 μg (마이크로그램, 10⁻⁶그램)/m³ 이상이 2시간 지속되는 때이며, 경보 발령 기준은 시간 평균 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 2시간 지속되는 때로 정하고 있다. 반면 PM 2.5 의 경우는 시간 평균 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 2시간 지속될 때를 주의보 발령의 기준으로, 시간 평균 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 2시간 지속되는 때를 경보 발령의 기준으로 삼고 있다. 미세 먼지를 이루는 성분은 지역이나 계절, 기상 조건에 따라 달라지는데 PM 2.5 의 경우 구성 성분 중 대기 오염 물질이 공기 중에서 반응하여 생성된 황산염과 질산염이 전체 성분의 60% 가까이 차지한다.

(나) 미세 먼지는 필터가 부착되어 있는 공기 청정기나 방충망 등을 이용하여 ㉔ 포집하는데 공기 중에 있는 미세 먼지가 필터에 포집되는 데에는 다음의 다섯 가지 효과가 복합적으로 적용된다. 미세 먼지는 공기의 흐름선을 따라 흘러가다가 관성 때문에 흐름선에서 이탈하여 필터를 구성하는 섬유에 부딪히면서 포집되는데, 이를 관성 효과라 한다. 관성 효과는 공기 흐름의 곡률이 심하고 입자의 질량이 클수록 커지며 이때 공기 흐름의 곡률은 필터를 구성하는 섬유의 직경과 조밀도에 의존하게 된다. 한편 미세 먼지는 입자의 질량이 작을수록 공기의 흐름선에서 쉽게 이탈하여 자유롭게 움직이는 확산 운동을 하는데, 이때 입자가 섬유의 표면에 도달해 포집되는 것을 확산 효과라고 한다. 한편 미세 먼지는 입자의 질량이 클수록 중력에 의해 아래로 침강하면서 공기 흐름으로부터 쉽게 벗어나 섬유에 포집되는데, 이를 침강 효과라 한다. ㉓ 침강 효과는 유속이 느릴수록 증대된다. 이외에도 미세 먼지가 필터를 구성하는 섬유와의 인력에 의해 포집되는 인력 효과와 미세 먼지가 섬유들 사이에 끼게 되어 포집되는 차단 효과가 있다.

(다) 이러한 여러 효과들 중 미세 먼지의 ㉓에 가장 영향을 많이 주는 것은 인력 효과로 이를 극대화하기 위해서는 필터 재료가 전기적 성질을 갖도록 만드는 것이 필요하다. 미세 먼지의 대부분을 차지하는 황산염이나 질산염과 같은 물질은 전기 쌍극자 모멘트 * 가 비교적 큰 물질이어서 분자들이 부분적으로 전하를 띠고 있기 때문이다. 또한 최근 연구에 의하면, 미세 먼지의 대부분은 표면에 음의 전하를 띠고 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 성질들을 잘 활용하여 미세 먼지를 ㉔ 여과

하기 위해서는 미세 먼지와 섬유 사이의 인력이 커지도록 전기 쌍극자 모멘트가 큰 섬유를 사용함으로써 미세 먼지를 섬유에 잘 달라붙게 하는 것이 유리하다.

(라) 미세 먼지 필터의 성능을 평가하기 위해서는 여과 효율과 압력 손실을 종합적으로 판단해야 한다. 여과 효율은 공기 중의 미세 먼지가 필터를 통과할 때 포집된 양을 백분율로 표시한 것을 뜻하며, 필터 재질이 같은 경우 필터가 두껍고 그 조직이 조밀할수록 높아진다. 한편 필터는 미세 먼지를 잘 포집하면서도 공기는 잘 통과시켜야 단위 시간에 많은 양의 공기를 정화할 수 있다. 필터는 공기의 흐름을 방해하므로 공기가 필터를 통과할 때에는 필터 전후방에 압력의 차이가 생기게 되는데, 이러한 압력의 차이를 압력 손실이라고 정의한다. 압력 손실을 극복하고 필터를 통해 공기를 원활하게 흘려주기 위해서는 강제로 공기를 밀어 넣어 주어야 하므로 많은 에너지가 필요하다. 따라서 ㉠ 같은 여과 효율에서 압력 손실이 작을수록 우수한 필터로 볼 수 있다. 창호에 부착된 필터의 경우 자연적인 공기 흐름에 의해 공기가 유입되므로 통기성을 크게 하기 위해서는 압력차가 작아야 한다. 압력 손실은 공기의 유속이 빠를수록, 필터 재질이 같은 경우 필터가 두껍고 그 조직이 ㉡ 조밀할수록 커진다.

(마) 여과 효율과 압력 손실 중 어느 하나만으로 미세 먼지 필터의 성능을 평가하는 것은 부적절하므로 이 값들을 모두 고려하는 평가 인자로 Q 팩터가 활용된다. Q 팩터는 여과 효율과 압력 손실의 값에 의해 결정되며 여과 효율이 높으면서 압력 손실이 작을수록 큰 값을 나타낸다. 따라서 Q 팩터가 클수록 우수한 필터이다. 그런데 창호 방충망에 적용되는 필터는 공기 청정기의 필터와는 달리 외부 경관에 대한 가시성 확보가 중요하므로 투명도, 즉 빛 투과도 또한 중요한 고려 사항이 된다. 창호에 적용된 필터에서 투명도와 통기성을 확보하기 위해서는 섬유로 이루어진 필터를 얇게 만들어야 하는데 여과 효율을 높이면서도 창호의 투명도 및 통기성을 확보하는 데에는 기술적 어려움이 있어서 이 문제를 해결하기 위한 집중적인 연구가 이루어지고 있다.

* 전기 쌍극자 모멘트 : 분자 내에서 전자가 비대칭적으로 분포되어서 부분적인 전하를 띠고 있는 정도를 의미하며 그 단위는 D (디바이)이다.

8. 위 글의 글쓰기 전략으로 바른 것은?

- ① 우리나라 기상의 특성과 관련하여 과제를 제기한다.
- ② 현재의 기상 예보 시스템이 가지고 있는 문제점을 지적한다.
- ③ 새로운 미세 먼지 여과 기술에 포함되어야 할 요소를 제시한다.
- ④ 과제 해결을 위해 관련 주체별로 담당해야 할 구체적 대책을 제시한다.
- ⑤ 과제 해결을 통해 얻을 수 있는 경제적 이익을 설명한다.

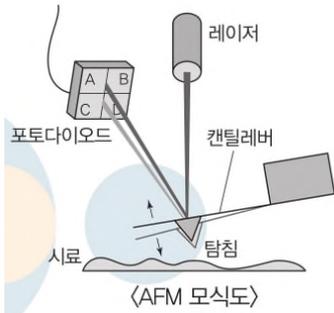
다음 글을 읽고, 물음에 답하시오.

(가) 과학의 발전에 따라 인류는 원자 수준의 아주 작은 것들까지도 관찰하고 조작하게 되었는데 이러한 과학적 진보에는 SPM(주사 탐침 현미경, Scanning Probe Microscopy)이 큰 몫을 했다. 원자는 그 크기가 0.1~0.5nm로 너무 작아 현미경으로는 볼 수 없다는 ㉠ 통념이 SPM의 등장으로 바뀌게 되었다. SPM이란 물질의 표면 특성을 원자 단위까지 측정할 수 있는 새로운 개념의 현미경을 총칭하는 말이다. 이러한 SPM은 제1세대인 광학 현미경, 제2세대인 전자 현미경에 이어 제3세대 현미경으로 자리 잡아 가고 있다. 대표적인 SPM으로는 STM과 AFM 두 가지가 있다.

(나) SPM 중 제일 처음 등장한 ㉡ STM(주사 터널링 현미경, Scanning Tunneling Microscopy)의 원리는 비교적 간단하다. 가느다란 텅스텐 선을 전기 화학적으로 처리하면 그 끝이 아주 뾰족하게 되어 맨 끝에는 원자 몇 개만이 있게 된다. 이처럼 예리한 바늘을 고온에서 강한 전기장을 가하여 ㉢ 산화시킨 후 산화된 막을 제거하면 STM의 탐침(探針)이 된다. 탐침을 전도체인 ㉣ 시료 표면에 원자 한두 개 크기의 간격으로 가까이 접근시키고 양단 간에 적당한 전압을 걸어 주면, 비록 두 개의 도체가 떨어져 있더라도 전자가 간격의 틈을 뛰어넘어 전류가 흐르는 양자 역학적 현상인 터널링(tunneling)이 일어난다. 이는 마치 우리가 땅바닥의 작은 틈새를 뛰어넘을 수 있는 것과 비슷한 이치이다. 이 틈새가 점점 멀어지면 뛰어넘을 수 있는 확률이 급격히 낮아지는 것과 마찬가지로 STM의 탐침과 시료 간격이 멀어지면 전자의 터널링 확률이 낮아져 흐르는 전류가 급격히 줄어든다. STM의 탐침은 구동기에 의해 상하, 좌우, 전후로 움직이며, 이 구동 장치는 0.01nm 이상의 정밀도를 가지고 있다. 탐침을 통해 흐르는 전류가 일정한 값이 되도록 탐침의 높이를 조정하면서 좌우, 전후로 입체적으로 ㉤ 주사(走査)해 가면 탐침이 시료 위를 저공비행 하듯이 따라가게 된다. 이때 각 지점에서 탐침을 상하로 움직인 값을 기록하여 얻어진 수치를 컴퓨터 화면에 밝기로 나타내면 시료의 지형을 입체적으로 볼 수 있는 사진이 된다. 일단 이 사진을 얻으면 위에서 본 형상뿐 아니라 각 부분의 굴곡도는 물론 단면도, 입체도 및 각종 통계 자료를 얻을 수 있다.

(다) 이러한 STM의 가장 큰 결점은 전기적으로 부도체인 시료는 관찰할 수 없다는 것인데, 이를 해결하여 한층 유용하게 만든 원자 현미경이 ㉥ AFM (원자력간 현미경, Atomic Force Microscopy)이다. AFM에서는 텅스텐으로 만든 바늘 대신에 캔틸레버라고 불리는 작은 막대를 쓴다. AFM 또한 구동기를 이용하여 캔틸레버를 입체적으로 움직이며 시료의 표면을 관찰하게 되는데, 캔틸레버는 미세한 힘에 의해서도 아래위로 쉽게 휘어지도록 만들어졌다. 또한 캔틸레버 끝부분에는 뾰족한 원뿔 형태의 실리콘 나이트라이드(SiN)나 실리콘 카바이드(SiC)로 제작된 탐침이 붙어 있으며, 이 탐침의 끝은 매우 뾰족하다. 탐침이 뾰족하며 길수록 시료의 표면을 미세하게 관찰할 수 있는데 작

은 크기로 표면이 파여 있는 형상의 시료도 탐침이 파인 곳의 바닥까지 들어갈 수 있어서 시료의 표면 특성을 정확히 알아낼 수 있는 것이다. 이 탐침을 시료 표면에 접근시키면 탐침 끝의 원자와 시료 표면의 원자 사이에 서로의 간격에 따라 ㉠ 끌어당기는 힘인 인력이나 밀치는 힘인 척력이 작용한다.



(라) AFM으로 시료의 표면을 관찰하는 방법에는 접촉 모드와 비접촉 모드가 있다. 접촉 모드의 AFM에서는 척력을 사용하는데 그 힘의 크기는 1 ~10nN(나노뉴턴) 정도로 아주 미세하지만 캔틸레버 역시 아주 민감하므로 그 힘에 의해 휘어지게 된다. 이 캔틸레버가 아래위로 휘는 것을 측정하기 위하여 레이저 광선을 캔틸레버에 비추고 캔틸레버 윗면에서 반사된 광선의 각도를 포토다이오드를 사용하여 측정한다. 이렇게 하면 바늘 끝이 0.01nm 정도로 미세하게 움직이는 것까지 측정해 낼 수 있다. 탐침 끝의 움직임을 조절하여 AFM의 캔틸레버가 휘 정도를 측정하면 시료의 표면 형상을 측정해 낼 수 있다. 이러한 접촉 모드에서 탐침에 너무 강한 힘이 가해지면 탐침의 재료인 실리콘 나이트라이드나 실리콘 카바이드의 특성상 탐침이 쉽게 부서지며, 시료가 탐침에 묻어 나오면 탐침과 시료 표면 사이에 작용하는 힘이 측정되지 않는 단점이 있다. 또한 접촉 모드에서는 측정의 특성상 탐침이 재료의 표면과 접촉되므로 일정한 시간이 지나면 ㉡ 탐침 끝의 마모가 진행되면서 분해능 * 이 떨어지게 된다.

(마) 한편, 시료와의 접촉 없이 AFM을 사용하는 방법을 비접촉 모드라 하는데 이때에는 AFM의 탐침과 재료 표면 사이에서의 원자 간 인력을 측정하게 된다. 이때 인력의 크기는 0.1 ~0.01nN 정도로 접촉 모드에 비해 캔틸레버에 가해지는 힘이 작고, 탐침과 시료가 접촉되지 않기 때문에 손상되기 쉬운 부드러운 시료를 측정하는 데 적합하다. 비접촉 모드에서는 원자 간 인력의 크기가 너무 작아 캔틸레버가 휘는 각도를 직접 잴 수가 없기 때문에 캔틸레버를 고유 진동수 부근에서 기계적으로 진동시킨다. 시료 표면에 다가가면 원자 간의 인력에 의해 고유 진동수가 변하게 되어 진폭과 ㉢ 위상에 변화가 생기고 그 변화를 측정한다. 원자 간에 작용하는 힘은 시료의 전기적 성질에 관계없이 항상 존재하므로 도체나 부도체 모두를 높은 분해능으로 관찰할 수 있다.

* 분해능 : 현미경, 망원경 등의 광학 기기에서 관찰하는 대상의 세부를 상으로 판별하는 능력.

9. 윗글을 어떤 질문에 대한 대답으로 본다면 그 질문 내용으로 가장 적절한 것은?
- ① 터널링 기술의 한계는 무엇인가?
 - ② 양자학과 원자 측정 기술의 상관 관계는 어떻게 되는가?
 - ③ 주사 탐침 현미경의 원리는 무엇인가?
 - ④ 나노 측정 기술의 발전과 한계는 무엇인가?
 - ⑤ 현대 원자 현미경의 문제점은 무엇인가?

다음 글을 읽고, 물음에 답하시오.

(가) 디지털 방송 기술이 진보함에 따라 사용자들에게 생생한 현장감을 제공할 수 있는 방송 서비스인 실감 방송에 대한 욕구도 증가하고 있다. 실감 방송의 목적은 사용자가 마치 녹음한 현장에 있는 것과 같이 생생한 느낌을 주는 것이다. 이를 위해 오디오 장비를 이용하여 입체 음향을 전달하는 방법이 ㉠ 고안되고 있다. 그중 하나가 사람의 형상을 한 더미 헤드라는 마이크로폰을 사용해 입체 음향을 녹음하는 것이다. 더미 헤드는 사람 머리 모양의 마이크이다. 이 마이크는 인간의 청각 시스템이 지닌 특징을 반영하여 입체 음향을 녹음할 수 있도록 해 준다.

(나) 인간의 청각 시스템은 고주파 영역의 강도 차이와 저주파 영역의 시간 차이에 따라 음원의 방향을 인지한다. 두 귀 사이의 음압의 세기 차, 즉 ILD(Inter-aural Level Difference)는 음원의 위치에 따른 두 귀까지의 경로 차이에 의한 소리의 감쇠량 차이로 발생한다. ILD에 의한 입체 음향 지각은 파장이 머리의 지름보다 작은 고주파 영역에 한해 가능하고 저주파 영역에서는 그 ㉡ 변별력이 떨어진다. 또한 두 귀는 대칭적 위치에 있기 때문에 수직 방향의 음원에 대해서는 변별력이 떨어져 ILD는 주로 수평 방향의 음원 위치를 지각하는 데 기여한다. 두 귀 사이의 음의 시간차, 즉 ITD(Inter-aural Time Difference) 역시 음원의 위치에 따른 두 귀까지 ㉢ 경로 차이로 발생한다. ITD에 의한 입체 음향 지각은 ㉣ 파장이 머리의 지름보다 큰 저주파 영역에 한해 가능하고 고주파 영역에서는 그 변별력이 떨어진다. 또한 ㉤ ILD와 마찬가지로 ITD도 수직 방향의 음원에 대해서는 변별력이 떨어지고 수평 방향의 음원 위치를 ㉥ 지각하는데에만 기여한다. 한편 ILD와 ITD로 음원의 방향을 구별하기 어려워지는 기하학적 위치가 있다. 청취자의 양쪽 귀를 가로지르는 선을 중심으로 만들어진 난신호 원뿔 구역이 바로 그것이다. 이 위치에서는 앞쪽과 뒤쪽의 음원 방향을 구별하지 못하는 현상이 발생한다. 하지만 입체 음향의 경우에는 ILD와 ITD에 영향을 미치는 머리 움직임 등과 같은 단서를 사용해 음원 방향을 구별할 수 있다.

(다) 입체 음향을 녹음하기 위한 더미 헤드 기술에서 중요한 것은 머리 전달 함수를 고려하는 것이다. 머리 전달 함수란 두 귀와 사람의 머리에 의해 소리가 영향을 받는 정도를 수학적으로 정리한 것을 말한다. 우리가 소리를 지각하는 상황을 생각해 보

자. 소리가 오른쪽에서 전달된다고 할 때, 왼쪽 귀는 소리가 발생하는 지점으로부터 소리를 직접 전달받지 않는다. 전달되는 소리가 사람의 머리에 의해 영향을 받게 되는 것이다. 머리 표면에서의 회절, 귓바퀴의 굴곡에 의한 반사 등 복잡한 경로상의 특성이 지각되는 소리에 영향을 미치게 된다. 일반적으로 소리의 방향에 따른 귀의 거리 차와 사람의 머리 형상에 따른 영향을 파악하고 시간축을 주파수축으로 바꾸어 계산하여 머리 전달 함수를 얻어 낸다. 그러나 사람마다 머리의 모양이 다르기 때문에 머리 전달 함수는 딱 하나의 값으로 정해져 있는 것이 아니다. 더미 헤드 기술에서 활용되는 머리 전달 함수는 수많은 사람들의 머리 전달 함수를 데이터화한 대푯값을 사용하는데, 이 값은 국가마다 다르다.

(라) 머리 전달 함수를 고려한 더미 헤드로 녹음을 하게 되면 소리가 실제 귀에 들리는 것처럼 녹음이 되는데, 이를 바이노럴(binaural) 녹음이라고 한다. 더미 헤드로 녹음된 음향은 헤드폰이나 이어폰을 사용하여 들을 때 입체 음향을 느낄 수 있다. 바이노럴 녹음을 한 음향이라고 해도 헤드폰이나 이어폰을 사용할 때와 달리, 스피커를 통해 들을 때는 왼쪽 스피커의 소리가 오른쪽 귀에 전달되고, 오른쪽 스피커의 소리가 왼쪽 귀에 전달되는 크로스 토크 현상이 발생한다. 그러므로 이를 제거해 주는 필터를 설계하여 왼쪽 스피커 신호는 왼쪽 귀에만, 오른쪽 스피커 신호는 오른쪽 귀에만 들리도록 해 주어야 한다.

10. <보기>의 ㉠~㉥ 중, 방향을 변별할 수 있는 소리로 옳은 것은?

<보 기>

은영이는 이어폰을 이용한 소리 방향 지각 실험에 참여하였다. 이 실험에서는 컴퓨터가 각각 하나의 원리만을 이용해서 합성한 소리를 들려준다. 은영이는 ㉠ 코너를 돌아 멀어져 가는 자동차 소리, ㉡ 머리 위에서 나는 종소리, ㉢ 발 바로 아래에서 나는 마루 삐걱거리는 소리, ㉣ 오른쪽에서 나는 북소리, ㉤ 왼쪽에서 나는 유리잔 깨지는 소리로 들리도록 합성한 소리를 차례로 들었다.

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

정답 및 해설

★ 자칫 원리가 이해하기 어려운 지문이다. 지문 이해를 활용하여 원리를 이해하도록 한다. 카르노의 이론과 줄의 이론이 상충하는 4단락을 이해하는 것이 핵심이다. 이 부분이 이해가 안 되면 불완전한 독해 상태에서 문제를 풀어야 하기 때문에 문제를 틀릴 확률이 높다.

- 카르노는 열이 일로 바뀔 때, (열기관이 일을 할 때) 온도 차에 의해 일의 양이 결정된다고 하였다. 즉, 증기 기관의 석탄 열이 높을수록, 혹은 뜨거운 증기가 밖으로 나갈 때 대기의 온도가 낮을수록 (바깥의 대기가 온도가 낮으면 뜨거운 증기가 더 강하게 터빈을 돌리기 때문에) 더 많은, 강한 일을 한다고 본 것이다.

- 줄은 일이 열로 바뀔 때 등가성을 갖는다고 보았다. 즉, 내가 일을 하면 그 값에 맞는 열만이 발생한다는 것이다.

- 줄의 입장에서 볼 때, 일과 열은 등가성을 갖기 때문에 열을 할 수 있는 일이 온도 차에 의해 달라진다는 카르노의 이론은 수용될 수 없었다. (일이 열로 바뀔 때처럼 열이 일로 바뀔 때에도 열은 같은 값의 일만 한다고 본 것이다.)

- 그러나 클라우지우스는 일이 열로 바뀔 때와 열이 일로 바뀔 때에는 다르다는 것을 증명하였다. 즉, 일이 열로 바뀔 때에는 일정한 일에 대해 같은 값의 열만이 발생하지만 열이 일로 바뀔 때에는 열효율이 100%가 될 수 없기 때문에 일정한 열은 같은 값의 일을 하는 것이 아니다. 결국 핵심은 일이 열로 바뀌는 것과 일이 열로 바뀔 것이 다르다는 것이다. 일이 열로 바뀔 때에는 등가성이 적용되지만 열이 일로 바뀔 때에는 이러한 등가성이 적용되지 않는다. 이것이 방향성과 비대칭성이라는 것이다.

1) <답> ③

줄에 의해 에너지 보존 법칙이 입증되었다.

2) <답> ⑤

윤활의 역할을 하는 것과 가장 가까운 것이 5번이다.

3) <답> ④

코스모스는 단일 식물이다. 따라서 최소한 10~14시간 연속된 암기가 주어져야 개화를 한다. 그런데 도시의 고속 도로변에 심어진 코스모스는 밤에도 켜져 있는 가로등 때문에 최소한의 암기 시간을 확보하지 못하게 된다. 그래서 초겨울이 되도록 꽃을 피우지 못하는 것이다.

4) <답> ①

1번은 수와 양의 간단한 성질 및 셈을 다루는 수학의 초보적 부문이라는 뜻이다.

5) <답> ④

Ca²⁺가 유입되면 양극 세포가 활성화된다.

6) <답> ②

평균 정보량, 평균 비트 수의 최솟값은 엔트로피에 대한 설명이다. 따라서 확률이 다른 경우, 엔트로피는 최대가 될 수 없다.

7) <답> ③

소량으로 동물과 사람에게 다르게 영향을 끼치는 것과 가장 관련 있는 것을 찾는다.

8) <답> ③

마지막 단락에서 마지막 문장에 나온 내용이다.

9) <답> ③

10) <답> ④

수평 방향의 음원 위치 변화만을 찾는다.