

◆ 14년 10월 고3 B형 25~26번

[25~26] 다음을 읽고 물음에 답하십시오.

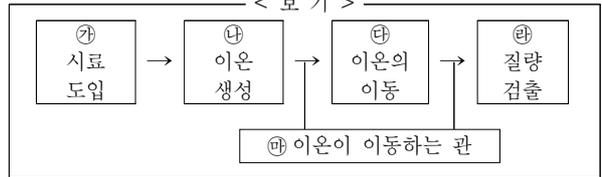
오랫동안 과학자들은 시료에 어떤 물질의 분자가 들어 있는지 알기 위해 여러 과학 기술을 동원하여 보다 효율적인 방법을 찾고자 하였다. 이러한 방법 중 하나인 질량 분석법은 동일한 전기적 힘을 받는 조건에서 각 이온이 질량에 따라 이동 속도가 달라진다는 사실을 이용하여 분자의 질량을 알아내는 방법이다. 분자의 질량이 클수록 이온의 질량이 크기 때문에 이를 통해 분자에 대한 정보를 확인할 수 있다. 질량 분석법은 1960년대 이후 표준적인 방법으로 사용되었다.

그러나 질량 분석법으로는 단백질과 같은 고분자의 질량을 알아낼 수가 없었다. 단백질과 같은 고분자는 구조가 복잡하고 열에 약하기 때문에 이온화를 위해 에너지를 가하면 이온화되기 전에 이미 변성이 되어 본래의 화학적 구조를 알 수 없게 되곤 하였다. 이러한 문제점은 1980년대 말디(MALDI)를 사용한 학자들에 의해 해결되었다.

말디는 고분자 시료에 이온화를 도와주는 화학적 완충제를 섞은 후 레이저를 쏘아 시료를 이온화하는 방법이다. 화학적 완충제는 레이저의 에너지를 적당하게 흡수하여 열에 약하고 깨지기 쉬운 고분자의 시료를 감싸 주어 원래 시료의 성질을 잃지 않은 상태에서 시료의 이온화를 도와준다. 이후 고분자 이온들은 관 내부에서 전기적 힘을 동 [A] 일하게 받으며 이동하게 된다. 이때 각 이온은 다른 이동 속도를 지닌다. 섞여 있는 상태의 이온들 속에서도 각 이온의 질량을 산출해 낼 수 있는데, 이는 이온의 질량이 클수록 이온의 이동 속도가 느리기 때문이다. ㉠ 섞여 있는 상태에서 분리된 각 이온들은 검출판에 도달하여 각 이온의 질량에 대한 자료를 전달한다. 이로써 시료에 어떤 분자들이 존재하는지 예측할 수 있게 되었다.

고분자 시료에 대한 말디의 적용은 생화학 연구에 의미 있는 일이었다. 이 방법으로 인해 생체를 구성하는 고분자에 대한 연구가 가능해지면서 미지의 물질을 과학적으로 확인할 수 있게 되었기 때문이다.

25. <보기>는 [A]를 도식화한 것이다. ㉠ ~ ㉤에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① ㉠: 화학적 완충제를 섞어 형성된 시료를 사용한다.
- ② ㉡: 단백질과 같은 고분자 물질은 변성을 일으켜 이온화가 이루어지지 않는다.
- ③ ㉢: 각 이온의 이동 속도는 차이를 보인다.
- ④ ㉣: 분리된 이온들이 분자의 질량에 대한 자료를 만들어 낸다.
- ⑤ ㉤: 이 과정에서 이온에 가해지는 전기적 힘을 동일하게 유지해야 한다.

26. ㉠의 원리를 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

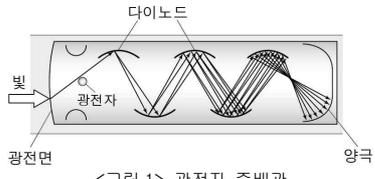
- ① 이온의 이동 속도가 빠를수록 분자의 이동 시간은 오래 걸린다.
- ② 분자의 질량이 클수록 이온의 이동 속도는 느리다.
- ③ 시료의 양이 많을수록 이온의 이동 속도가 빠르다.
- ④ 이온의 질량이 클수록 분자의 질량은 작다.
- ⑤ 이온이 잘 섞일수록 이온의 질량은 크다.

[24~28] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

화재 시 불꽃에서 방사되는 복사 에너지는 자외선 영역, 가시광선 영역, 적외선 영역에 ㉠ 걸쳐서 나타난다. 불꽃 감지기는 불꽃에서 발생하는 다양한 복사 에너지 중 자외선이나 적외선의 특정 파장을 검출하여 이를 전기 에너지로 변환한다. 탄소를 함유한 가연물이 연소할 경우 자외선은 약 $0.2\mu\text{m}^*$ 부근의 파장에서, 적외선은 약 $2.7\mu\text{m}$ 와 약 $4.3\mu\text{m}$ 부근의 파장에서 최대 방사 강도를 나타내는데, 불꽃 감지기 내부의 센서는 최대 방사 강도에 해당하는 불꽃의 파장을 감지할 수 있게 설계되었다.

자외선 불꽃 감지기의 센서는 광전자 증배관에서 전자를 증배하는 원리를 이용한다. 광전자 증배관은 진공 상태의 유리관으로, 음극과 양극, 그

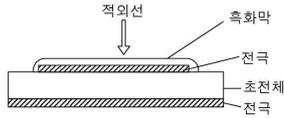
리고 그 사이에서 2차 전자를 방출하는 전극인 다이노드 등으로 구성되어 있다. 빛이 입사하여 광전면인 음극에 도달하면 음극



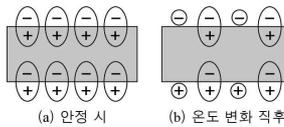
<그림 1> 광전자 증배관

표면에서 광전자가 방출되는데, 이를 광전 효과라 한다. 방출된 광전자는 집속전극에 의해 가속된 후 제1 다이노드에 충돌한다. 제1 다이노드에서는 충돌에 의해 보다 많은 전자가 방출되며, 방출된 전자들은 다시 가속되어 제2 다이노드에 충돌한다. 이러한 과정이 반복되면 전자가 기하급수적으로 증배되어 양극에 도달하기 때문에 미약한 빛이 입사하여도 상당히 큰 신호 전류를 얻을 수 있다. 이러한 원리를 바탕으로 자외선 불꽃 감지기는 특정 파장에 해당하는 미세한 자외선의 발생 유무도 감지할 수 있어 화재 상황에 ㉡ 빠르게 대처할 수 있도록 해준다.

적외선 불꽃 감지기에는 일반적으로 초전형 센서와 특정 적외선 파장대의 빛 에너지를 선택적으로 수용할 수 있는 광학 필터가 사용된다. 광학 필터를 통과한 적외선은 센서 표면의 열 흡수막인 흑화막에 의해 초전체의 온도를 상승시킨다. 초전체는 온도가 변하면 분극이 변하는 물질이다. 분극이란 <그림 2-2>의 (a)와 같이 음전하와 양전하가 일정 거리를 유지하며 마주보고 있는 상태를 말하는데, 특히 외부의 압력이나 전기장의 영향 없이도 분극이 유지되는 현상을 가리켜 자발 분극이라고 한다. 초전형 센서의 초전체로는 자발 분극 특성을 ㉢ 가지는 물질인 강유전체가 주로 활용된다. 초전형 센서에 적외선이 입사하면 강유전체의 온도가 상승하여 자발 분극의 크기가 감소하고, 그 결과 <그림 2-2>의 (b)와 같이 전기적인 평행이 무너져 결합할 상대가 없는 부유 전하가 발생한다. 이러한 부유 전하가 이동함에 따라 전류를 흐르게 하는 힘인 기전력이 발생함으로써 센서는 초전체와 위아래로 맞닿아 있는 전극으로 전기적인 신호를 보내 화재가 일어난 것을 감지하게 된다.



<그림 2-1> 초전형 센서



<그림 2-2> 초전체의 분극 변화

한편 불꽃 감지기의 감지 가능 거리는 화염의 크기에 비례하는데, 화재원이 감지기로부터 더 멀리 ㉣ 떨어져 있으면 감지

기가 감지할 수 있는 화염의 최소 크기 또한 그 거리의 제곱에 비례하여 커야 한다. 만약 어떤 불꽃 감지기가 20m 거리에 있는 0.1m^2 크기의 화염을 감지한다고 했을 때, 화재원을 40m 위치에 ㉤ 두게 되면 감지기가 감지할 수 있는 최소 화염의 크기는 0.4m^2 이며, 화재원을 10m 위치에 두게 되면 0.025m^2 의 화염의 크기에도 경보를 울린다는 의미이다.

* μm : 마이크로미터. 100만 분의 1미터.

* 2차 전자: 매우 빠른 속도로 진행되는 전자가 기체 분자나 고체와 부딪힐 때 생기는 전자.

24. 밑글에서 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 광전자 증배관의 광전면에서 방출된 광전자는 집속전극에 의해 가속된다.
- ② 적외선 불꽃 감지기가 불꽃을 감지하면 내부의 음전하와 양전하 간 거리가 일정하게 유지된다.
- ③ 광전자 증배관의 제2 다이노드에서 방출되는 전자 수는 제1 다이노드에서 방출되는 전자 수보다 더 많다.
- ④ 불꽃 감지기는 불꽃 복사 에너지 중 자외선이나 적외선의 특정 영역의 파장을 감지하여 화재 발생 여부를 알려준다.
- ⑤ 30m 거리에 있는 0.1m^2 크기의 화염을 감지할 수 있는 불꽃 감지기는 15m 거리에 있는 0.03m^2 크기의 화염도 감지할 수 있다.

25. 밑글의 광전자 증배관을 바탕으로 <보기>의 'UV 트론'을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

<보기>

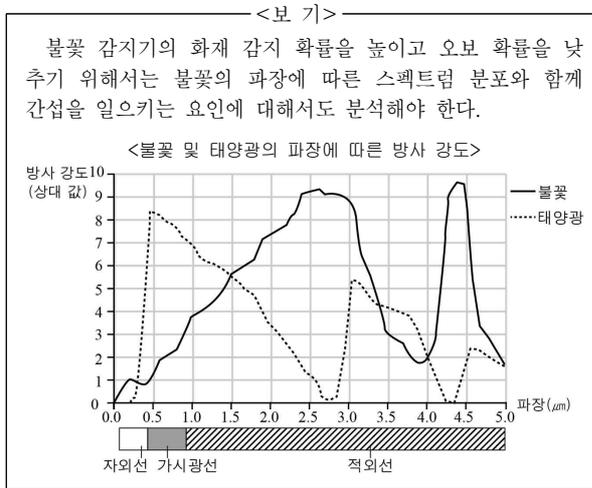
자외선 불꽃 감지기의 센서로는 'UV 트론'을 주로 사용한다. 자외선이 'UV 트론'의 유리관을 통과하여 음극에 도달하면 광전 효과에 의해 전자가 방출된다. 이것은 양극에 도달할 때까지 유리관 속을 채운 가스 분자들과 끊임없이 충돌하며 2차 전자를 다량으로 발생시킨다. 이러한 현상의 반복으로 음극과 양극 사이에는 큰 전류가 급속도로 발생된다.

- ① 광전자 증배관과 달리 'UV 트론'은 전자를 증배할 때 가스 분자를 활용하는군.
- ② 광전자 증배관과 달리 'UV 트론'은 음극에서 방출된 2차 전자를 활용하여 불꽃의 파장을 감지하는군.
- ③ 광전자 증배관과 'UV 트론'은 모두 전자의 충돌 과정을 통해 큰 전류를 발생시키는군.
- ④ 광전자 증배관과 'UV 트론'은 모두 광전 효과를 활용하여 전기적인 신호를 발생시키는군.
- ⑤ 광전자 증배관과 'UV 트론'은 모두 전자를 증배함으로써 미세한 자외선에도 반응할 수 있도록 하는군.

26. 밑글의 '초전형 센서'에 대한 내용으로 적절한 것은?

- ① 초전체에서 부유 전하가 발생하지 않으면 전기적인 신호를 보낼 수 없다.
- ② 외부 자극에 의해 초전체의 자발 분극 특성이 사라지는 순간 기전력 또한 소멸된다.
- ③ 흑화막은 특정 파장의 적외선만 선별해 넘으로써 초전체의 표면 온도를 상승시키는 역할을 한다.
- ④ 전극을 통해 강유전체에 지속적으로 전류가 흐르지 않으면 강유전체의 자발 분극 특성이 유지되지 않는다.
- ⑤ 초전형 센서는 불꽃 감지기 외부의 온도 변화를 적외선 파장으로 변환한 뒤 이를 전기적 신호로 보내는 장치이다.

27. 밑글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은? [3점]



- ① 자외선 불꽃 감지기는 불꽃의 최대 방사 구간인 4.0 ~ 4.5μm의 파장을 감지하는 센서를 사용해야 한다.
- ② 자외선 불꽃 감지기는 태양광의 방사 강도가 최고조에 달하는 0.4μm 부근의 파장을 감지하는 센서를 사용해야 한다.
- ③ 적외선 불꽃 감지기는 불꽃과 태양광의 방사 강도가 동일한 지점들의 파장을 감지하는 센서를 사용하면 오보 확률을 낮출 수 있다.
- ④ 적외선 불꽃 감지기는 태양광의 방사 강도가 0에 가까운 특정한 파장만을 감지하는 센서를 사용하면 오보 확률을 낮출 수 있다.
- ⑤ 적외선 불꽃 감지기는 불꽃의 복사 에너지 중 약 3.4 ~ 4.0μm에 해당하는 파장에도 민감하게 반응할 수 있는 센서를 사용하면 오보 확률을 낮출 수 있다.

28. ㉠~㉡의 문맥적 의미를 활용하여 만든 문장으로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠: 그날은 열 시간에 걸쳐 회의가 진행됐다.
- ② ㉡: 그는 행동이 빠르고 민첩하다는 평가를 받는다.
- ③ ㉢: 두 나라는 동반자적 관계를 가지기로 합의했다.
- ④ ㉣: 식당은 학생회관과 조금 떨어진 곳에 위치해 있다.
- ⑤ ㉤: 소화기는 반드시 눈에 잘 띄는 곳에 두어야 한다.

- 출전: 정용택 저. 《사물인터넷: 스마트센서로 정복하다》. (공감북스, 2016)

- 정답: 24. ㉡ 25. ㉡ 26. ㉠ 27. ㉣ 28. ㉢

◆ 24-9평 8~11번

[8~11] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

저울은 흔히 지렛대의 원리를 이용하거나 전기 저항 변화를 측정하여 질량을 잰다. 그렇다면 초정밀 저울은 기체 분자나 DNA와 같은 미세 물질의 질량을 어떻게 잰다? 이에 답하기 위해서는 압전 효과에 대한 이해가 필요하다.

압전 효과에는 재료에 기계적 변형이 생기면 재료에 전압이 발생하는 1차 압전 효과와, 재료에 전압을 걸면 재료에 기계적 변형이 생기는 2차 압전 효과가 있다. 두 압전 효과가 모두 생기는 재료를 압전체라 하며, 수정이 주로 쓰인다.

압전체로 사용하는 수정은 특정 방향으로 절단 및 가공하여 납작한 원판 모양으로 만든다. 이후 원판의 양면에 전극을 만든 후 (+)와 (-) 극이 교대로 바뀌는 전압을 가하면 수정이 진동한다. 이때 전압의 주파수*를 수정의 고유 주파수와 일치시켜 수정이 큰 폭으로 진동하도록 하여 진동을 측정하기 쉽게 만든 것이 ① 수정 진동자이다. 고유 주파수란 어떤 물체가 갖는 고유한 진동 주파수인데, 같은 재료의 압전체라도 압전체의 모양과 크기에 따라 달라진다. 수정 진동자에 어떤 물질이 달라붙어 질량이 증가하면 고유 주파수에서 진동하던 수정 진동자의 주파수가 감소한다. 수정 진동자의 주파수는 매우 작은 질량 변화에 민감하게 변하므로 기체 분자나 DNA와 같은 미세한 물질의 질량을 측정할 수 있다. 진동자에서 질량 민감도는 주파수의 변화 정도를 측정된 질량으로 나눈 값인데, 수정 진동자의 질량 민감도는 매우 크다.

수정 진동자로 질량을 측정하는 원리를 응용하면 특정 기체의 농도를 감지할 수 있다. 수정 진동자를 특정 기체가 붙도록 처리하면, 여기에 특정 기체가 달라붙으며 질량 변화가 생겨 수정 진동자의 주파수는 감소한다. 일정 시점이 되면 수정 진동자의 주파수가 더 감소하지 않고 일정한 값을 유지한다. 이렇게 일정한 값을 유지하는 이유는 특정 기체가 일정량 이상 달라붙지 않기 때문이다. 혼합 기체에서 특정 기체의 농도가 클수록 더 작은 주파수에서 주파수가 일정하게 유지된다. 특정 기체가 얼마나 빨리 수정 진동자에 붙어서 주파수가 일정한 값이 되는가의 척도를 반응 시간이라 하는데, 반응 시간이 짧을수록 특정 기체의 농도를 더 빨리 잴 수 있다.

그런데 측정 대상이 아닌 기체가 함께 붙으면 측정하려는 대상 기체의 정확한 농도 측정이 어렵다. 또한 대상 기체만 붙더라도 그 기체의 농도를 알 수는 없다. 이 때문에 대상 기체의 농도에 따라 수정 진동자의 주파수 변화를 미리 측정해 놓아야 한다. 그 후 대상 기체의 농도를 모르는 혼합 기체에서 주파수 변화를 측정하면 대상 기체의 농도를 알 수 있다. 수정 진동자의 주파수 변화 정도를 농도로 나누면 농도에 대한 민감도를 구할 수 있다.

* 주파수: 진동이 1초 동안 반복하는 횟수 또는 전압의 (+)와 (-) 극이 1초 동안, 서로 바뀌고 다시 원래대로 되는 횟수.

8. 윗글에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 압전체의 제작 방법을 소개하고 제작 시 유의점을 나열하고 있다.
- ② 압전 효과의 개념을 정의하고 압전체의 장단점을 분석하고 있다.
- ③ 압전 효과의 종류를 분류하고 그 분류에 따른 압전체의 구조를 비교하고 있다.
- ④ 압전체의 유형을 구분하는 기준을 제시하고 초정밀 저울의 작동 과정을 단계별로 설명하고 있다.
- ⑤ 압전 효과에 기반한 초정밀 저울의 작동 원리를 설명하고 이 원리가 적용된 기체 농도 측정 방법을 소개하고 있다.

9. 윗글을 통해 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 수정 이외에도 압전 효과를 보이는 재료가 존재한다.
- ② 수정을 절단하고 가공하여 미세 질량 측정에 사용한다.
- ③ 전기 저항 변화를 이용하여 물체의 질량을 측정하는 경우가 있다.
- ④ 같은 방향으로 절단한 수정은 크기가 달라도 고유 주파수가 서로 같다.
- ⑤ 진동자의 주파수 변화 정도를 측정된 질량으로 나누면 질량에 대한 민감도를 구할 수 있다.

10. ㉠에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠에는 1차 압전 효과를 보일 수 있는 재료가 있다.
- ② ㉠에서는 전압에 의해 압전체의 기계적 변형이 일어난다.
- ③ ㉠에는 전극이 양면에 있는 원판 모양의 수정이 사용된다.
- ④ ㉠에서는 전극에 가하는 전압의 주파수를 수정의 고유 주파수에 맞춘다.
- ⑤ ㉠의 전극에 가해지는 특정 주파수의 전압은 압전체의 고유 주파수 값을 더 크게 만든다.

11. 윗글을 바탕으로 <보기>를 탐구한 내용으로 가장 적절한 것은? [3점]

<보 기>

알코올 감지기 A와 B를 이용하여 어떤 밀폐된 공간에 있는 혼합 기체의 알코올 농도를 측정하였다. 이때 A와 B는 모두 진동자에 알코올이 달라붙을 수 있도록 처리되어 있다. A와 B 모두, 시간이 흐름에 따라 주파수가 감소하다가 더 이상 감소하지 않고 일정하게 유지되었다.

(단, 측정하는 동안 밀폐된 공간의 상황은 변동 없음.)

- ① A의 진동자에 있는 압전체의 고유 주파수를 알코올만 있는 기체에서 미리 측정해 놓으면, 혼합 기체에서의 알코올의 농도를 알 수 있겠군.
- ② B에 달라붙은 알코올의 양은 변하지 않고 다른 기체가 함께 달라붙은 후 진동자의 주파수가 일정하게 유지된다면, 이때 주파수의 값은 알코올만 붙었을 때보다 더 작겠군.
- ③ A와 B에서 알코올이 달라붙도록 진동자를 처리한 것은 알코올이 달라붙음에 따라 진동자가 최대한 큰 폭으로 진동할 수 있게 하려는 것이겠군.
- ④ A가 B에 비해 동일한 양의 알코올이 달라붙은 후에 생기는 주파수 변화 정도가 크다면, A가 B보다 알코올 농도에 대한 민감도가 더 작다고 할 수 있겠군.
- ⑤ B가 A보다 알코올이 일정량까지 달라붙는 시간이 더 짧더라도 알코올이 달라붙은 양이 서로 같다면, A와 B의 반응 시간은 서로 같겠군.

◆ 19-9평 29~32번

[29~32] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

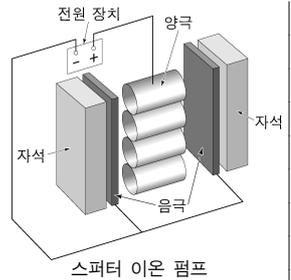
㉠ 주사 터널링 현미경(STM)에서는 끝이 첨예한 금속 탐침과 도체 또는 반도체 시료 표면 간에 적당한 전압을 걸어 주고 둘 간의 거리를 좁히게 된다. 탐침과 시료의 거리가 매우 가까우면 양자 역학적 터널링 효과에 의해 둘이 접촉하지 않아도 전류가 흐른다. 이때 탐침과 시료 표면 간의 거리가 원자 단위 크기에서 변하더라도 전류의 크기는 민감하게 달라진다. 이 점을 이용하면 시료 표면의 높낮이를 원자 단위에서 측정할 수 있다. 하지만 전류가 흐를 수 없는 시료의 표면 상태는 STM을 이용하여 관찰할 수 없다. 이렇게 민감한 STM도 진공 기술의 뒷받침이 있었기에 널리 사용될 수 있었다.

STM은 대체로 진공 통 안에 설치되어 사용되는데 그 이유는 무엇일까? 기체 분자는 끊임없이 떠돌아다니다가 주변과 충돌한다. 이때 일부 기체 분자들은 관찰하려는 시료의 표면에 붙어 표면과 반응하거나 표면을 덮어 시료 표면의 관찰을 방해한다. 따라서 용이한 관찰을 위해 STM을 활용한 실험에서는 관찰하려고 하는 시료와 기체 분자의 접촉을 최대한 차단할 필요가 있어 진공이 요구되는 것이다. 진공이란 기체 압력이 대기압보다 낮은 상태를 통칭하며 기체 압력이 낮을수록 진공도가 높다고 한다. 진공 통 내부의 온도가 일정하고 한 종류의 기체 분자만 존재할 경우, 기체 분자의 종류와 상관없이 통 내부의 기체 압력은 단위 부피당 떠돌아다니는 기체 분자의 수에 비례한다. 따라서 기체 분자들을 진공 통에서 뽑아내거나 진공 통 내부에서 움직이지 못하게 고정하면 진공 통 내부의 기체 압력을 낮출 수 있다.

STM을 활용하는 실험에서 어느 정도의 진공도가 요구되는지를 이해하기 위해서는 ‘단분자층 형성 시간’의 개념을 이해할 필요가 있다. 진공 통 내부에서 떠돌아다니던 기체 분자들이 관찰하려는 시료의 표면에 달라붙어 한 층의 막을 형성하기까지 걸리는 시간을 단분자층 형성 시간이라 한다. 이 시간은 시료의 표면과 충돌한 기체 분자들이 표면에 달라붙을 확률이 클수록, 단위 면적당 기체 분자의 충돌 빈도가 높을수록 짧다. 또한 기체 운동론에 따르면 고정된 온도에서 기체 분자의 질량이 크거나 기체의 압력이 낮을수록 단분자층 형성 시간은 길다. 가령 질소의 경우 20℃, 760토르* 대기압에서 단분자층 형성 시간은 3×10^{-9} 초이지만, 같은 온도에서 압력이 10^{-9} 토르로 낮아지면 대략 2,500초로 증가한다. 이런 이유로 STM에서는 시료의 관찰 가능 시간을 확보하기 위해 통상 10^{-9} 토르 이하의 초고진공이 요구된다.

초고진공을 얻기 위해서는 ㉡ 스퍼터 이온 펌프가 널리 쓰인다. 스퍼터 이온 펌프는 진공 통 내부의 기체 분자가 펌프 내부로 유입되도록 진공 통과 연결하여 사용한다. 스퍼터 이온 펌프는 영구 자석, 금속 재질의 속이 뚫린 원통 모양 양극, 타이타늄으로 만든 판 형태의 음극으로 구성되어 있다. 자석 때문에 생기는 자기장이 원통 모양 양극의 축 방향으로 걸려 있고, 양극과 음극 간에는 2~7kV의 고전압이 걸려 있다. 양극과 음극 간에 걸린 고전압의 영향으로 음극에서 방출된 전자는 자기장의 영향을 받아 복잡한 형태의 궤적을 그리며 양극으로 이동한다. 이 과정에서 음극에서 방출된 전자는 주변의 기체 분자와 충돌하여 기체 분자를 그것의 구성 요소인 양이온과

전자로 분리시킨다. 여기서 자기장은 전자가 양극까지 이동하는 거리를 자기장이 없을 때보다 증가시켜 주어 전자와 기체 분자와의 충돌 빈도를 높여 준다. 이 과정에서 생성된 양이온은 전기력에 의해 음극으로 당겨져 음극에 박히게 되어 이동 불가능한 상태가 된다. 이 과정이 1차 펌프 작용이다. 또한 양이온이 음극에 충돌하면 타이타늄이 떨어져 나와 충돌 지점 주변에 둘러붙는다. 이렇게 둘러붙은 타이타늄은 높은 화학 반응성 때문에 여러 기체 분자와 쉽게 반응하여, 떠돌아다니던 기체 분자를 흡착한다. 이는 떠돌아다니는 기체 분자의 수를 줄이는 효과가 있으므로 이를 2차 펌프 작용이라 부른다. 이렇듯 1, 2차 펌프 작용을 통해 스퍼터 이온 펌프는 초고진공 상태를 만들 수 있다.



* 토르(torr): 기체 압력의 단위.

29. 밑글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 대기압보다 진공도가 낮은 상태가 진공이다.
- ② 스퍼터 이온 펌프는 초고진공을 만드는 역할을 한다.
- ③ 단분자층 형성 시간이 짧을수록 STM을 이용한 관찰이 용이하다.
- ④ 일정한 온도와 부피의 진공 통 안에서 떠돌아다니는 기체 분자의 수는 기체 압력에 반비례한다.
- ⑤ 단분자층 형성 시간은 시료 표면과 충돌한 기체 분자들이 표면에 달라붙을 확률과 무관하게 결정된다.

30. ㉠에 대한 이해로 가장 적절한 것은?

- ① 시료 표면의 높낮이를 원자 단위까지 측정할 수 없다.
- ② 시료의 전기 전도 여부에 관계없이 시료를 관찰할 수 있다.
- ③ 시료의 관찰 가능 시간을 늘리려면 진공 통 안의 기체 압력을 낮추어야 한다.
- ④ 시료 표면의 관찰을 위해서는 시료 표면에 기체의 단분자층 형성이 필요하다.
- ⑤ 양자 역학적 터널링 효과를 이용하여 탐침을 시료 표면에 접촉시킨 후 흐르는 전류를 측정한다.

31. ㉡의 ‘음극’에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 고전압과 전자의 상호 작용으로 자기장을 만든다.
- ② 떠돌아다니던 기체 분자를 흡착하는 물질을 내놓는다.
- ③ 기체 분자에서 분리된 양이온을 전기력으로 끌어당긴다.
- ④ 전자와 기체 분자의 충돌로 만들어진 양이온을 고정시킨다.
- ⑤ 기체 분자를 양이온과 전자로 분리시키는 전자를 방출한다.

32. 윗글을 바탕으로 할 때, <보기>에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? [3점]

—<보 기>—

STM을 사용하여 규소의 표면을 관찰하는 실험을 하려고 한다. 동일한 사양의 STM이 설치된, 동일한 부피의 진공 통 A~E가 있고, 각 진공 통 내부에 있는 기체 분자의 정보는 다음 표와 같다. 진공 통 A 안의 기체 압력은 10^{-9} 토르이며, 모든 진공 통의 내부 온도는 20°C 이다. (단, 기체 분자가 규소 표면과 충돌하여 달라붙을 확률은 기체의 종류와 관계없이 일정하며, 제시되지 않은 모든 조건은 각 진공 통에서 동일하다. N 은 일정한 자연수이다.)

진공 통	기체	분자의 질량 (amu*)	단위 부피당 기체 분자 수 (개/cm ³)
A	질소	28	$4N$
B	질소	28	$2N$
C	질소	28	$7N$
D	산소	32	N
E	이산화 탄소	44	N

* amu: 원자 질량 단위.

- ① A 내부에서의 단분자층 형성 시간은 대략 2,500초이겠군.
- ② B 내부의 기체 압력은 10^{-9} 토르보다 낮겠군.
- ③ C 내부의 진공도는 B 내부의 진공도보다 낮겠군.
- ④ D 내부에서의 단분자층 형성 시간은 A의 경우보다 길겠군.
- ⑤ E 내부의 시료 표면에 대한 단위 면적당 기체 분자의 충돌 빈도는 D의 경우보다 높겠군.

◆ 19 LEET 언어이해 7~9번

[7~9] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

첨단 소재 분야의 연구에서는 마이크로미터 이하의 미세한 구조를 관찰할 수 있는 전자 현미경이 필요하다. 전자 현미경과 광학 현미경의 기본적인 원리는 같다. 다만 광학 현미경은 관찰의 매체로 가시광선을 사용하고 유리 렌즈로 빛을 집속하는 반면, 전자 현미경은 전자빔을 사용하고 전류가 흐르는 코일에서 발생하는 자기장을 이용하여 전자빔을 집속한다는 차이가 있다.

광학 현미경은 시료에 가시광선을 비추고 시료의 각 점에서 산란된 빛을 렌즈로 집속하여 상(像)을 만드는데, 다음과 같은 이유로 미세한 구조를 관찰하는 데 한계가 있다. 크기가 매우 작은 점광원에서 나온 빛은 렌즈를 통과하면서 회절 현상에 의해 광원보다 더 큰 크기를 가지는 원형의 간섭무늬를 형성하는데 이를 ‘에어리 원반’이라고 부른다. 만약 시료 위의 일정한 거리에 있는 두 점에서 출발한 빛이 렌즈를 통과할 경우 스크린 위에 두 개의 에어리 원반이 만들어지게 되며, 이 두 점의 거리가 너무 가까워져 두 에어리 원반 중심 사이의 거리가 원반의 크기에 비해 너무 작아지면 관찰자는 더 이상 두 점을 구분하지 못하고 하나의 점으로 인식하게 된다. 이 한계점에서 시료 위의 두 점 사이의 거리를 ‘해상도’라 부른다. 일반적으로 현미경에서 얻을 수 있는 최소 해상도는 사용하는 파동의 파장, 렌즈의 초점 거리에 비례하며 렌즈의 직경에 반비례한다. 따라서 사용하는 파장이 짧을수록 최소 해상도가 작아지며, 더 또렷한 상을 얻을 수 있다. 광학 현미경의 경우 파장이 가장 짧은 가시광선을 사용하더라도 그 해상도는 파장의 약 절반인 200 nm보다 작아질 수가 없다. 반면 전자 현미경에 사용되는 전자빔의 전자도 양자역학에서 말하는 ‘입자-파동 이중성’에 따라 파동처럼 행동하는데 이 파동을 ‘드브로이 물질파’라고 한다. 물질파의 파장은 입자의 질량과 속도의 곱인 운동량에 반비례하는데 전자 현미경에서 가속 전압이 클수록 전자의 속도가 크고 수십 kV의 전압으로 가속된 전자의 물질파 파장은 대략 0.01 nm 정도이다. 하지만 전자 현미경의 렌즈의 성능이 좋지 않아 해상도는 보통 수 nm이다.

전자 현미경의 렌즈는 전류가 흐르는 코일에서 발생하는 자기장을 사용하여 전자의 이동 경로를 휘게 하여 전자를 모아 준다. 전하를 띤 입자가 자기장 영역을 통과할 때 속도와 자기장의 세기에 비례하는 힘을 받는데 그 방향은 자기장에 대해 수직이다. 전자 렌즈는 코일을 적절히 배치하여 특별한 형태의 자기장을 발생시켜 렌즈를 통과하는 전자가 렌즈의 중심 방향으로 힘을 받도록 만든다. 코일에 흐르는 전류를 증가시키면 코일에서 발생하는 자기장의 세기가 커지고 전자가 받는 힘이 커져 전자빔이 더 많이 휘어지면서 초점 거리가 줄어드는 효과를 얻을 수 있다. 대물렌즈의 초점 거리가 작아지면 현미경의 배율은 커진다. 따라서 광학 현미경에서는 배율을 바꿀 때 대물렌즈를 교체하지만 전자 현미경에서는 코일에 흐르는 전류를 조절하여 일정 범위 안에서 배율을 마음대로 조절할 수 있다. 하지만 렌즈의 중심과 가장자리를 통과하는 전자가 받는 힘을 적절히 조절하여 한 점에 모이도록 하는 것이 어려우므로 광학 현미경에 비해 초점의 위치가 명확하지 않다.

전자 현미경은 고전압으로 가속된 전자빔을 사용하므로 현미경의 내부는 기압이 대기압의 $1/10^{10}$ 이하인 진공 상태여야 한다. 전자는 공기와 충돌하면 에너지가 소실되거나 굴절되는 등 원하는 대로 제어하기 어렵기 때문이다. 또한 절연체 시료를 관찰할 때 전자빔의 전자가 시료에 축적되어 전자빔을 밀어내는 역할을 하게 되므로 이미지가 왜곡될 수 있다. 이 때문에 보통 절연체 시료의 표면을 금 또는 백금 등의 도체로 얇게 코팅하여 사용한다.

광학 현미경에서는 실제의 상을 눈으로 볼 수 있지만, 전자 현미경에서는 시료에서 산란된 전자의 물질파를 검출기에 집속하여 상이 맺힌 지점에서 전자의 분포를 측정함으로써 시료 표면의 형태를 디지털 영상으로 나타낸다. 이러한 전자 현미경의 특성을 활용하면 다양한 검출기 및 주변 기기를 장착하여 전자 현미경의 응용 분야를 확장할 수 있다.

7. 윗글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 광학 현미경의 해상도는 시료에 비추는 빛의 파장에 의존하지 않는다.
- ② 전자 현미경에서 진공 장치 내부의 기압이 높을수록 선명한 상을 얻을 수 있다.
- ③ 전자 현미경에서 렌즈의 중심과 가장자리를 통과한 전자는 같은 점에 도달한다.
- ④ 전자 현미경에서 시료의 표면에 축적되는 전자가 많을수록 상의 왜곡이 줄어든다.
- ⑤ 광학 현미경과 전자 현미경은 모두 시료에서 산란된 파동을 관찰하여 상을 얻는다.

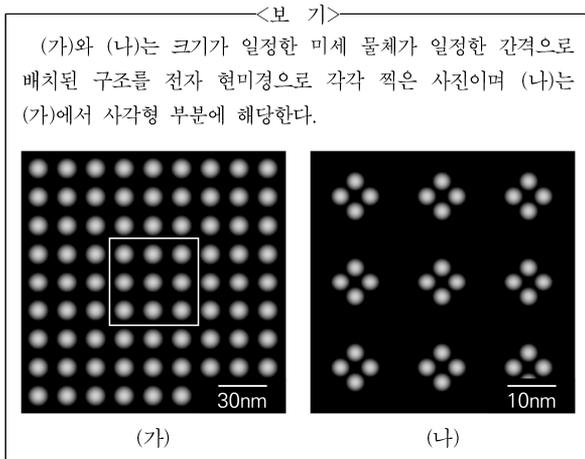
8. 윗글에서 이끌어 낼 수 있는 전자 현미경의 특성만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. 전자의 물질파 파장이 길수록 전자가 전자 렌즈를 지날 때 더 큰 힘을 받는다.
 ㄴ. 전자의 가속 전압을 증가시키면 상에서 에어리 원반의 크기를 더 작게 할 수 있다.
 ㄷ. 전자 렌즈의 코일에 흐르는 전류를 감소시키면 상의 해상도를 더 작게 할 수 있다.

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

9. <보기>에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?



- ① (가)의 해상도는 30 nm보다 크다.
- ② (가)에서 전자 현미경 내부의 기압은 대기압보다 크다.
- ③ (나)에서 사용된 전자의 물질파 파장은 20 nm보다 크다.
- ④ (나)에서 렌즈의 코일에 흐르는 전류는 (가)의 경우보다 크다.
- ⑤ (나)에서 사용된 전자의 속력은 (가)에서 사용된 전자의 속력보다 3배 작다.

26. 윗글을 바탕으로 추론한 것으로 적절한 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

—<보 기>—

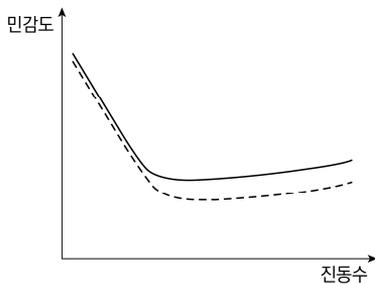
- ㄱ. 중력파가 검출될 때, 광검출기에서 측정되는 빛의 세기는 일정하다.
- ㄴ. 출력 재활용 거울의 반사율을 감소시키면 간섭신호에서 복사압 잡음이 감소한다.
- ㄷ. 각 공진기를 구성하는 두 거울 사이의 거리를 늘리면 중력파에 의한 경로 길이 변화량이 늘어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

27. <보기>에서 **특정한 물리량**에 해당하는 것만을 있는 대로 고른 것은?

—<보 기>—

다음 그래프는 어떤 중력파검출기의 민감도(1/신호대잡음비)를 진동수에 따라 나타낸 것이다. 여기서 신호대잡음비는 산탄 잡음과 복사압 잡음 모두에 의한 것이다. **특정한 물리량**을 증가시키므로써 현재 실선으로 나타난 민감도를 점선과 같은 민감도로 개선하고자 한다.



- ㄱ. 거울의 질량
- ㄴ. 레이저의 출력
- ㄷ. 출력 재활용 거울의 투과율

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ