

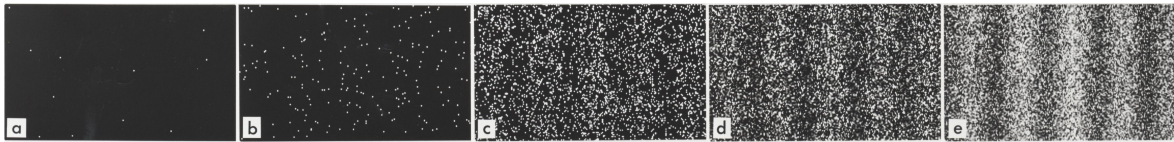
2. 다음 제시문을 읽고 물음에 답하시오. (20점)

〈가〉 단일 슬릿에서 나온 빛이 이중 슬릿을 거쳐 스크린에 투영될 때, 밝고 어두운 줄무늬가 생기는 것을 관찰할 수 있다. 이것은 두 슬릿으로부터 나오는 빛의 경로차에 따라 보강 간섭과 상쇄 간섭이 번갈아 나타나기 때문이다. 이 실험 결과는 빛이 파동이라는 주장을 뒷받침하는 중요한 증거이다.

〈나〉 금속 표면에 자외선과 같은, 파장이 짧은 빛을 비추면 전자가 방출되며 이것을 광전자라 부른다. 특정한 진동수 이하의 빛은 아무리 강하게 쬐어도 광전자가 방출되지 않으며, 이 진동수 이상의 빛에서는 약한 빛이더라도 광전자가 방출된다. 이 현상은 빛이 가진 에너지가 충분하다면 에너지를 받은 전자가 금속 원자로부터 튀어나오는 것으로 이해할 수 있다. 아인슈타인은 ‘빛은 진동수에 비례하는 에너지를 갖는 광량자’로 이해하였다.

〈다〉 1923년 콤프턴은 X선을 금속 박막에 쬐이면 산란되는 X선의 파장이 입사된 X선의 파장보다 길어지는 것을 관찰하였다. X선을 에너지와 운동량을 갖는 입자인 광자로 가정하면, 이 현상은 X선 광자와 금속 박막 내부의 전자가 충돌할 때 에너지 보존법칙과 운동량 보존법칙이 성립한다는 것으로 설명이 가능하다.

〈라〉 매우 흐릿한 광원을 사용하면 한 번에 광자 하나씩 임의의 시간 간격으로 방출할 수 있다. 이와 같은 광원을 오랜 시간에 걸쳐 이중 슬릿을 통과시켰을 때 스크린에 나타나는 간섭 무늬는 광자 수에 따라 아래 사진과 같이 달라진다.



광자 10개 광자 200개 광자 6,000개 광자 40,000개 광자 140,000개

〈마〉 공기보다 굴절률이 크면서 매우 가벼운 수 μm 크기의 투명한 물체가 공기 중에 있고, 가시광선 영역의 레이저 빔을 [그림 A]와 같이 입사시켰을 때, 이 물체가 왼쪽으로 움직이는 것이 관찰되었다. 한편 [그림 B]처럼 빔을 입사시켰을 때는 오른쪽으로 물체가 움직였다.

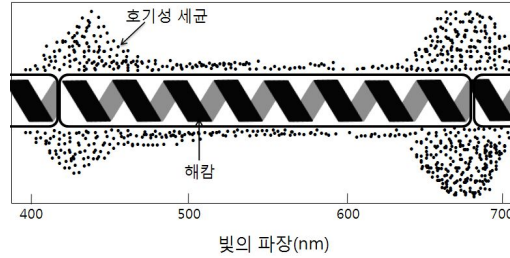


(1) 〈가〉~〈다〉에 나타나 있는 광자의 파동성과 입자성에 관련된 성질들이 〈라〉의 실험에서는 어떻게 나타나는지 설명하시오.

(2) 빛의 파동성과 입자성을 이용하여 〈마〉의 실험에서 관찰된 결과를 설명하시오.

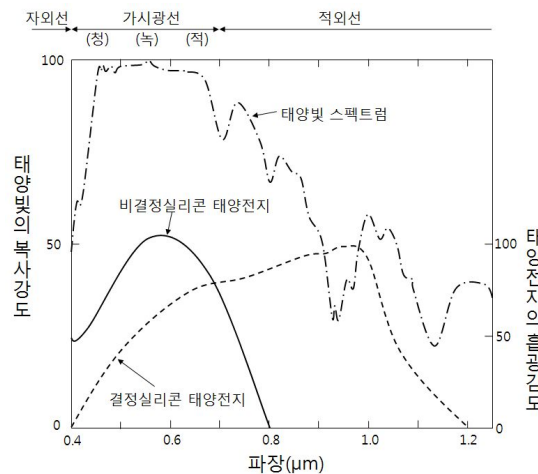
3. 다음 제시문을 읽고 물음에 답하시오. (20점)

〈가〉 광합성은 녹색식물이 엽록체에서 이산화탄소와 물을 원료로 포도당과 산소를 만들어 내는 반응이다. 일반적으로 빛의 세기가 증가하면 광합성 양이 증가하다가 어느 정도가 되면 더 이상 증가하지 않는 광포화점에 도달하게 된다. 이러한 현상은 광합성이 빛의 세기뿐만 아니라 빛의 파장, 이산화탄소의 농도, 온도 등 여러 가지 요인의 영향을 받기 때문이다. [그림 1]은 빛의 파장이 광합성에 미치는 영향을 알아보기 위한 엥겔만의 실험이다. 슬라이드 글라스 위에 해캄과 호기성 세균을 올려놓고 빛을 프리즘으로 분광시켜 쪼여 주면 호기성 세균들은 산소가 많이 발생하는 쪽으로 몰린다. 이러한 결과는 어떤 파장의 빛이 광합성에 주로 이용되는지를 잘 보여준다.



[그림 1] 엥겔만의 실험

〈나〉 현재 인류가 사용하는 화석 연료는 매장량이 한정되어 있을 뿐만 아니라 화석연료가 연소될 때 발생하는 물질은 여러 가지 심각한 환경 문제를 일으킨다. 그러므로 자원 고갈과 환경오염을 동시에 해결할 수 있는 방법들 중의 하나로 태양 빛을 전기에너지로 전환하는 방법이 사용되고 있다. 태양전지는 빛을 받아 전기를 생산할 수 있도록 고안된 장치로서 n형 반도체와 p형 반도체로 이루어진 p-n 접합 구조로 되어 있다. 태양전지가 빛을 받아 전자와 정공이 발생되면, 전자는 n형 반도체 전극으로 이동하고 정공은 p형 반도체 전극으로 이동하면서 전위차가 형성된다. 여기서 정공은 원자가띠의 전자가 부족한 상태로, 양의 전하를 가지고 있는 것처럼 보인다. 그러므로 태양전지의 두 전극에 도선을 연결하고 전기 부하를 걸면 전류가 흐르게 된다. 태양빛은 자외선, 가시광선, 적외선 등 넓은 영역의 파장을 포함하는데, 일반적으로 태양전지는 그 중 일부의 파장만을 이용한다. 비결정실리콘 태양전지는 가시광선을, 결정실리콘 태양전지는 적외선을 주로 이용하는데, 두 태양전지의 파장에 따른 흡광감도의 변화를 [그림 2]에 나타내었다. 실리콘 태양전지는 특정 물질을 첨가함으로써 이용할 수 있는 빛의 파장을 다르게 할 수 있다. 비결정실리콘에 탄소를 첨가하면 파란색 빛의 이용 효율이 높아지고 게르마늄을 첨가하면 적외선의 이용 효율이 높아진다.



[그림 2] 태양빛의 복사강도와 태양전지의 흡광감도

- (1) 제시문에 나타난 광합성과 태양전지의 특성을 비교하여 논하시오.
- (2) 〈나〉의 내용을 바탕으로 태양전지의 효율을 높이기 위한 방법을 제시하시오.

4. 다음 제시문을 읽고 물음에 답하십시오. (20점)

〈가〉 내일 있을 중간고사 시험 준비를 위해 도서관에서 늦게까지 공부를 하던 지현이는 세수를 하기 위해 화장실에 갔다. 두 손에 물을 담아 얼굴로 가져간 지현이는 순간 흠칫 놀랐다. 하마터면 안경을 쓴 채로 세수를 할 뻔 했기 때문이다.

〈나〉 단맛을 느끼는 감각 수용기의 역치를 알기 위하여 민정이는 농도가 16%, 8%, 4%, 2%, 1%, 0.5%, 0.25%인 설탕 용액을 각각 제조하였다. 민정이는 설탕의 농도가 쓰여있는 비이커의 레이블을 미리 보게 되면 정확한 판단에 영향을 미칠 수 있을 것이라고 생각하여 비이커의 설탕 농도 레이블을 모두 검은 종이로 가렸다. 그리고 비이커를 무작위로 섞은 후에 비이커에 담긴 설탕 용액을 하나하나 맛을 보며 단맛을 느낀 것을 모두 골랐다. 민정이가 고른 것은 4%, 8%, 16%의 설탕 용액이었다. 민정이는 이 실험을 통하여 자신의 혀에 있는 단맛을 느끼는 감각 수용기의 설탕 용액에 대한 역치가 2%보다 크고 4%보다 작거나 같다고 결론을 내렸다.

〈다〉 베버의 법칙에 의하면 감각 수용기에서 자극의 변화를 느끼기 위해서는 처음 자극에 대해 일정 비율 이상의 자극 변화가 있어야 한다. 민감한 감각 수용기는 베버 상수가 작고 둔감한 감각 수용기는 베버 상수가 크다.

$$K = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \quad (K: \text{베버 상수}, R_1: \text{처음 자극의 세기}, R_2: \text{나중 자극의 세기})$$

〈라〉 감각 수용기에 똑같은 자극이 계속 주어지게 되면 역치가 점점 커지게 되고 더 큰 자극이 주어지기 전까지는 그 자극을 더 이상 느끼지 못하게 된다. 이런 현상을 감각의 순응이라 하는데 감각의 순응은 통각이나 압각에 비해 촉각에서 두드러지게 나타난다. 우리의 생명을 보호하는데 매우 중요한 통각과 압각은 순응이 잘 일어나지 않는다. 반면 생명 보호에 상대적으로 덜 중요한 촉각은 쉽게 순응하므로 반응에 필요한 에너지를 절약할 수 있다.

(1) 〈가〉에서 지현이가 안경을 쓰고서도 쓰지 않은 것으로 느끼고 행동한 이유를 다른 제시문의 내용을 이용하여 추론하고 이와 비슷한 예를 하나만 더 들어보시오.

(2) 〈나〉에서 민정이가 단맛 감각 수용기의 역치를 알기 위해 수행한 실험의 타당성 여부에 대하여 구체적으로 논하시오.