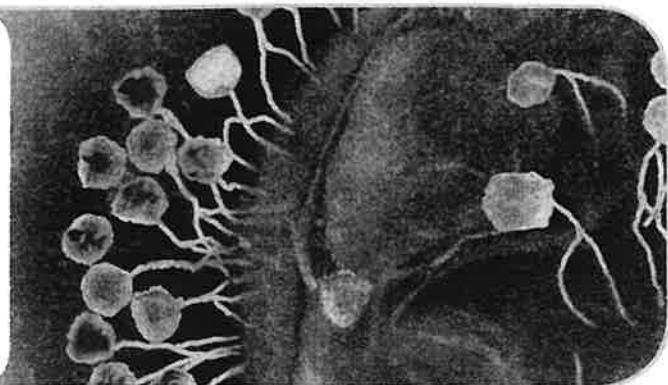


· 물질의 이중성을 알고, 전자 현미경의 원리를 설명할 수 있다.

광학 현미경을 이용하면 세포와 같은 아주 미세한 물체를 확대하여 볼 수 있지만, 바이러스와 같은 수준에서는 한계에 다다른다. 그러나 빛 대신 전자를 통해 상을 얻는 전자 현미경을 이용하면 광학 현미경으로 볼 수 없었던 미세한 영역까지 볼 수 있다. 현미경으로 더욱 미세적인 부분을 관찰할 수 있게 된 배경에는 무엇이 있었을까?



드브로이(de Broglie, Louis Victor Pierre Raymond, 1892~1987)

프랑스의 이론 물리학자로, 논문 '양자론의 연구'를 통해 물질파의 개념을 도입하였다.

물질파

1905년 아인슈타인에 의해 파동성만 나타낸다고 생각했던 빛이 입자성도 나타낸다는 것이 확인되었다. 이후 1924년에 드브로이는 파동인 빛이 입자성을 나타낸다면 반대로 전자와 같은 물질도 파동성을 나타낼 수 있을 것이라 제안하였다.

물질로 알려진 전자는 입자성을 가지는지 아니면 파동성을 가지는지 다음 활동을 통해 생각해 보자.



과학
역량

증거에 기초한 토론과 논증 | 결론 도출

키움 | 활동

전자의 입자성과 파동성 설명하기



목표

전자의 입자성과 파동성을 설명할 수 있다.

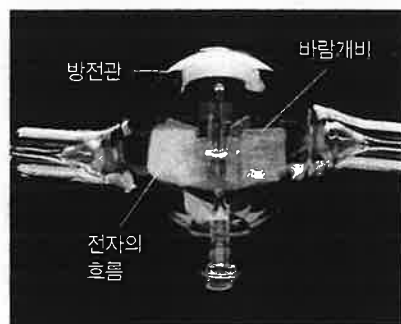
활동 1 전자에 의한 바람개비의 회전 설명하기

자료

그림은 전자들을 바람개비에 쏘아 주었을 때 바람개비에 나타나는 변화를 확인할 수 있는 실험 장치이다. 이 장치를 작동시키면, 전자들이 쏘여졌을 때 바람개비가 돌아간다.

토의하기

전자를 쏘았을 때 바람개비가 회전하는 현상을 설명하기 위하여 전자를 파동이라고 생각해야 하는지, 아니면 입자라고 생각해야 하는지 토의해 보자.



활동 2 전자가 만드는 간섭무늬 설명하기

자료

그림 (가)와 같이 2개의 구멍이 뚫린 얇은 금속막과 벽에 나란하게 움직일 수 있는 감지기를 설치하고, 전자총으로 전자들을 금속막의 구멍으로 쏘아 주면 전자들이 구멍을 통과하여 감지기가 있는 벽에 도달한다. 벽에 도달한 전자의 위치를 점으로 나타낸 결과, 그림 (나)와 같이 도달하는 전자의 양이 많은 지점과 적은 지점이 번갈아 가면서 나타났다.



토의하기

1. 전자의 분포가 (나)와 같이 나타나는 것을 설명하기 위하여 전자를 파동이라고 생각해야 하는지, 아니면 입자라고 생각해야 하는지 토의해 보자.
2. 활동 1 과 활동 2 를 바탕으로 전자는 입자인지 파동인지 토의해 보자.

전자들을 바람개비에 쏘아 충돌시켰을 때 바람개비가 회전하는 현상은 운동량 보존 법칙이 성립함을 보여 준다. 이로부터 전자가 질량을 가진 입자임을 확인할 수 있다. 반면 전자들을 두 구멍에 통과시켰을 때 전자들이 벽에 도달하는 양이 많은 지점과 적은 지점이 번갈아 가면서 나타나는 현상은 2개의 스피커를 이용한 소리의 간섭 실험에서와 같이 보강 간섭 또는 상쇄 간섭을 한 것으로 설명할 수 있다. 이것으로부터 전자의 파동성을 확인할 수 있다.

전자에서 확인할 수 있듯이 모든 물질은 입자성을 나타내기도 하고 파동성을 나타내기도 하는데, 이를 **물질의 이중성**이라고 한다. 드브로이는 질량이 m 인 물질이 속력 v 로 운동할 때, 물질이 가지는 파장 λ 를 다음과 같이 나타내었다.

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (\text{플랑크 상수 } h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})$$

어떤 물질이 파동성을 나타낼 때 물질의 파동을 **물질파** 또는 **드브로이파**라고 하고, 이때의 파장 λ 를 **드브로이 파장**이라고 한다. 운동하는 입자의 운동량(mv)이 클수록 드브로이 파장은 짧아진다.

그렇다면 일상에서 보는 물체에서는 왜 파동성을 확인할 수 없었을까? 파동성이 나타났지만 인식하지 못한 것일까? 다음 활동을 통해 확인해 보자.

☑ 스스로 역량 평가하기

2개의 자료를 통해 각각에서 알 수 있는 전자의 특징을 찾아냈는가? ☐

나의 생각을 명확하고 조리 있게 친구에게 전달하였는가? ☐



목표

물질파의 파장을 계산하여 일상 생활에서 물질의 파동성이 나타나지 않는 까닭을 설명할 수 있다.

준비물

계산기

계산하기

다음은 다양한 물체의 드브로이 파장을 계산한 것이다.

물체	알파(α) 입자	골프공	지구
질량: 6.7×10^{-27} kg 속력: 10^7 m/s	질량: 0.05 kg 속력: 75 m/s	질량: 6×10^{24} kg 속력: 3×10^3 m/s	
드브로이 파장	9.89×10^{-15} m	1.77×10^{-34} m	3.68×10^{-63} m

이를 참고하여 다음 물체의 드브로이 파장을 계산해 보자.

물체	전자	달리기 선수
질량: 9×10^{-31} kg 속력: 1.7×10^8 m/s	질량: 51 kg 속력: 9 m/s	
드브로이 파장		

☑ 스스로 역량 평가하기

물체의 드브로이 파장을 계산했는가? ☐

토론 시 상대방의 의견을 존중하고 경청하였는가? ☐

정리하기

- 위에 제시된 다섯 물체를 드브로이 파장이 수소 원자핵의 지름인 1.6×10^{-15} m보다 긴 것과 짧은 것으로 나누어 보자.
- 나누어진 두 분류 간의 차이가 무엇인지 생각해 보고, 다섯 물체의 파동성을 토의해 보자.

드브로이 파장을 나타내는 식에서 비례 상수인 플랑크 상수 h 는 그 값이 6.626×10^{-34} J·s로 매우 작다. 따라서 운동량이 전자와 같이 아주 작은 값을 갖지 않으면 파동성을 관찰할 수 있을 만큼 긴 드브로이 파장 값을 얻을 수 없다. 우리가 일상에서 보는 물체들은 질량이 크기 때문에, 이러한 물체들의 드브로이 파장은 길이가 매우 짧아 그 파동성을 관찰하기 어렵다. 반면에 전자는 질량이 매우 작기 때문에 드브로이 파장이 길어서 파동성을 관찰할 수 있다. 특히 원자 내부와 같이 좁은 공간에 갇힌 전자의 운동은 파동성이 잘 나타난다. 따라서 미시 세계에서 전자는 파동성과 입자성을 모두 나타낸다.



과학적 사고력 기르기

드브로이 파장 식에 따르면 운동량이 작을수록 파장이 크게 계산되는데, 물체가 정지해 있을 때 파동성이 나타나지 않는 까닭을 생각해 보자.

전자 현미경

관찰 대상에 빛을 쏘아 미세한 물체를 확대하여 볼 수 있다면, 비슷한 방식으로 관찰 대상에 전자를 쏘아 확대된 상을 얻는 것도 가능할 것이다. 이러한 원리를 이용한 것이 바로 전자 현미경이다. 다음 활동을 통해 전자 현미경을 만들기 위해서는 어떤 기술이 필요한지 생각해 보자.



과학
역량

자료의 수집과 분석 | 컴퓨터 활용

키 | 움 | 활 | 동

전자 현미경과 광학 현미경 비교하기



문제 해결력

미리보기

인터넷에서 전자 현미경의 원리를 설명한 동영상을 시청하고, 전자 현미경의 주요 부품에 관련된 내용을 정리해 보자.



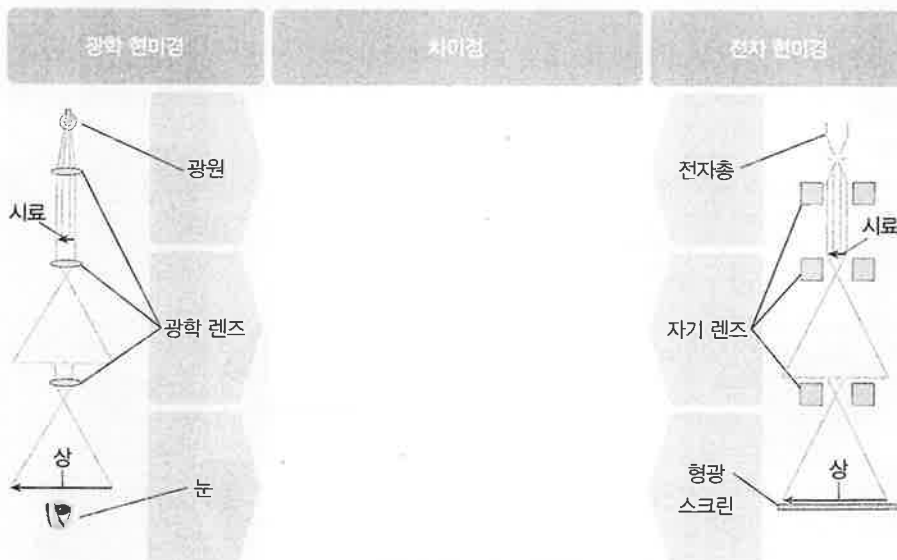
목표

전자 현미경의 원리를 알고, 전자 현미경과 광학 현미경의 구조를 비교할 수 있다.

비교하기

그림은 일반적으로 사용하는 광학 현미경과 전자 현미경의 원리를 나타낸 것이다. 두 현미경의 차이점을 조사하여 정리해 보자.

광학 현미경



발표하기

전자 현미경과 광학 현미경의 구조와 원리가 다른 까닭을 발표해 보자.

☑ 스스로 역량 평가하기

광학 현미경 구조와 전자 현미경 구조의 차이점을 스스로 찾았는가? ☐

활동을 통하여 미시 세계를 관찰하는 과학 기술에 관심을 갖게 되었는가? ☐

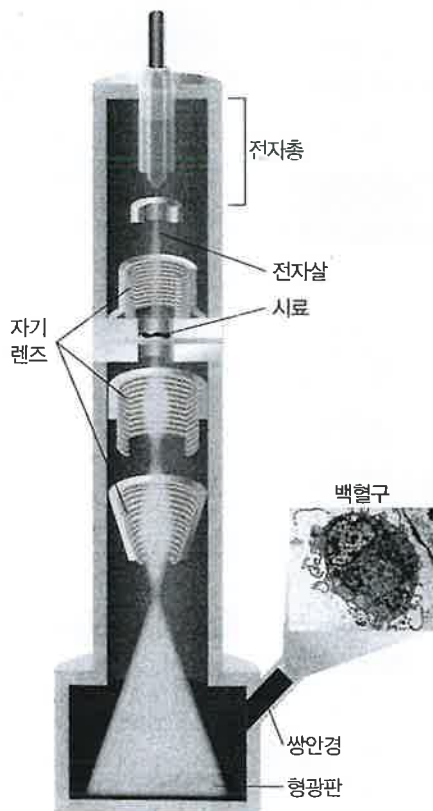
전자 현미경의 원리는 광학 현미경과 비슷하지만, 가시광선이 아닌 전자의 물질 파를 사용하므로 그 구조에 차이가 있다. 우선 전자를 쏘아 주어야 하는데, 이를 위해서는 전자를 고속으로 가속시켜 주는 장치가 필요하다. 이렇게 쏘아진 전자를 전자살이라고 부른다. 전자살은 유리를 통과할 수 없으므로 광학 렌즈 대신에 전자석을 이용한 자기 렌즈를 사용하여 모으거나 퍼트린다. 사람의 눈은 가시광선만 인식할 수 있으므로 전자살을 통해 만들어진 상을 눈으로 직접 관찰할 수 없다. 따라서 상의 모습을 관찰하기 위해서는 상을 형광판에 맺히게 하거나 전자살을 분석하여 화면에 표시해 주어야 한다. 전자 현미경은 전자살이 잘 진행할 수 있도록 내부를 진공으로 만들어야 하는 불편함이 있다. 그리고 현미경 시료는 전자살과 강하게 상호 작용해야 상을 만들 수 있는데, 전기 전도성을 갖지 않는 재질은 표면에 얇은 금속막을 씌워 주어야 한다.

그림 Ⅲ-54와 같이 전자 현미경은 시료를 투과한 전자살을 관측하는 방식의 투과 전자 현미경(TEM; Transmission Electron Microscope)과 시료의 표면에

전자살을 주사하여 튀어나오는 전자를 관측하는 방식의 주사 전자 현미경(SEM; Scanning Electron Microscope) 두 가지 방식으로 분류된다.

투과 전자 현미경(TEM)의 특징

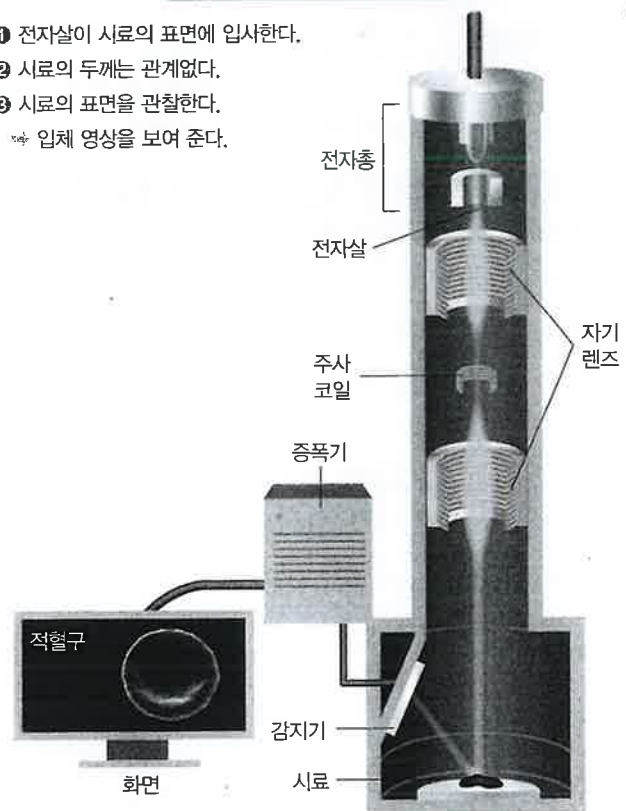
- ① 전자살이 시료를 투과한다.
- ② 시료의 두께가 얇아야 한다.
- ③ 시료의 단면을 관찰한다. ※ 단면 영상을 보여 준다.



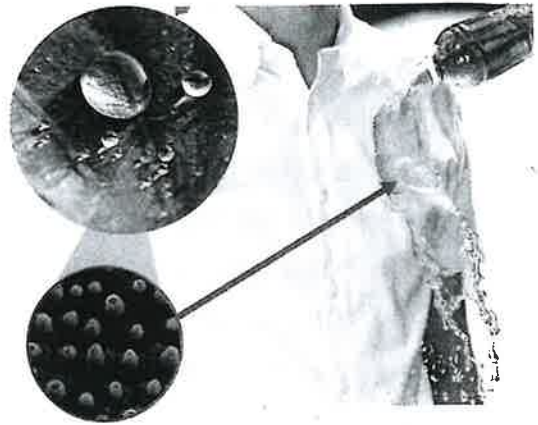
[그림 Ⅲ-54] 전자 현미경의 구조

주사 전자 현미경(SEM)의 특징

- ① 전자살이 시료의 표면에 입사한다.
- ② 시료의 두께는 관계없다.
- ③ 시료의 표면을 관찰한다. ※ 입체 영상을 보여 준다.

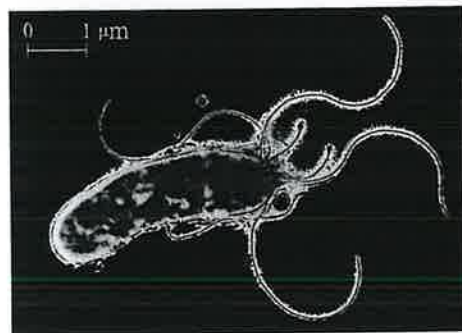


이렇게 전자 현미경을 이용하여, 그동안 관찰할 수 없었던 미세한 부분들을 확인하고 생활에 이용할 수 있게 되었다. 예를 들어 그림 Ⅲ-57과 같이 물에 젖지 않는 연잎의 표면을 전자 현미경으로 관찰하면 미세한 돌기들을 볼 수 있는데, 이를 활용하여 물을 쏘아도 묻지 않는 소재의 옷을 개발하였다.

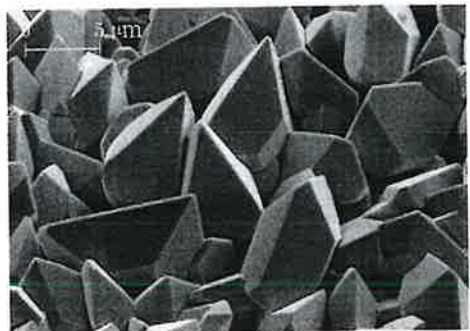


[그림 Ⅲ-57] 연잎의 표면을 모방하여 물에 젖지 않는 소재의 옷을 만들었다.

이외에도 전자 현미경은 여러 분야에서 활용된다. 투과 전자 현미경(TEM)은 분해능이 매우 좋아 그림 Ⅲ-58과 같이 세포의 내부 구조 등을 관찰할 때 사용된다. 주사 전자 현미경(SEM)은 분해능이 투과 전자 현미경(TEM)보다는 다소 떨어지지만 그림 Ⅲ-59와 같이 시료의 미세한 모양에 따라 그림자가 만들어진 것과 같은 입체 영상을 볼 수 있기 때문에, 시료 표면의 굴곡을 읽을 수 있는 장점이 있다.



[그림 Ⅲ-58] 투과 전자 현미경(TEM)으로 관찰한 헬리코박터 파일로리균(7950배)



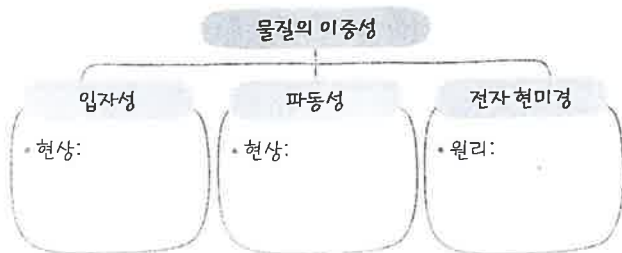
[그림 Ⅲ-59] 주사 전자 현미경(SEM)으로 관찰한 텅스텐 결정(2080배)

확인하기 전자 현미경의 분해능을 높이려면 전자의 속력은 어떻게 조절해야 하는가?

소 단 원 마 무 리

1 단계 내용 정리하기

다음 도표를 채워 물질의 이중성을 요약하여 정리해 보자.



2 단계 생각 정리하기

드브로이 파장은 $\lambda = \frac{h}{mv}$ 로, 입자와 파동의 이중성을 나타낸다. 이 식에서 입자성을 나타내는 물리량과 파동성을 나타내는 물리량을 찾아보자.