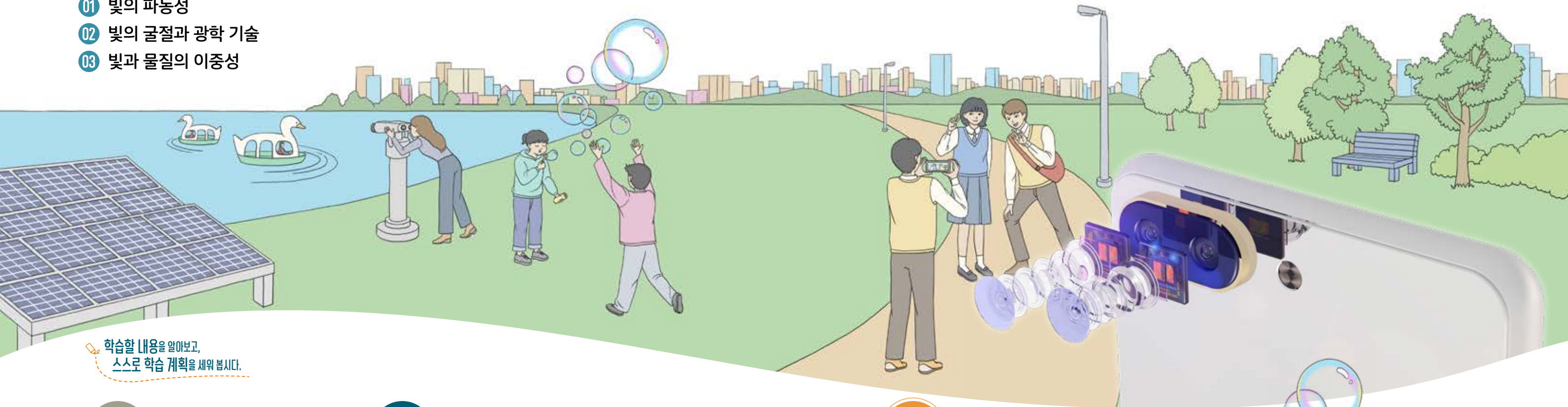


1

빛과 물질의 이중성

- 01 빛의 파동성
- 02 빛의 굴절과 광학 기술
- 03 빛과 물질의 이중성

디지털카메라는 빛의 굴절을 이용해 상을 만드는 렌즈와 영상 정보를 저장하는 반도체 소자인 전하 결합 소자(CCD) 등 여러 부품으로 이루어져 있다. 렌즈와 CCD는 빛과 물질의 어떤 성질을 이용해 상을 만들고 저장하는 것일까? 이 단원에서는 빛과 관련한 현상 및 빛과 물질의 이중성을 활용하는 기술에 대해 알아보자.



학습할 내용을 알아보고,
스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

단원 연계

중학교 과학 빛과 파동

▼

이 단원의 내용

중첩과 간섭, 굴절, 빛과 물질의 이중성

▼

전자기와 양자 빛과 정보 통신, 양자와 미시 세계

성취 기준 확인

지식·이해 빛의 중첩과 간섭을 통해 빛의 파동성을 알고, 굴절을 이용해 볼록 렌즈에서 상이 맺히는 과정을 설명할 수 있다.

과정·기능 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭을 관찰하고, 볼록 렌즈에 의한 실상의 위치와 초점 거리를 찾을 수 있다.

가치·태도 이 단원에서 배우는 중첩과 간섭, 굴절, 빛과 물질의 이중성을 통해 자연의 아름다움과 경이로움을 느낄 수 있다.

스스로 계획

알고 있는 것에 ✓표를 해 보고, 더 알고 싶은 내용을 써 보자.

☐ 빛의 반사	☐ 빛의 굴절	☐ 간섭
☐ 중첩	☐ 상	☐ 빛의 이중성
☐ 광전 효과	☐ 광양자설	☐ 물질의 이중성
☐ 물질파		

나는 을/를 더 알고 싶다.

01

빛의 파동성

학습 목표 빛의 중첩과 간섭을 통해 빛의 파동성을 알고, 이를 이용한 기술과 현상을 예를 들어 설명할 수 있다.

잔잔한 수면의 서로 다른 두 지점에서 만들어진 물결파가 수면을 따라 진행하다가 서로 만나면 어떻게 될까? 또 두 빛이 나아가다가 서로 만나면 어떻게 될까?



연계 중학교 과학

파동의 발생과 전달, 진폭, 진동수, 파장에 대해 배웠다.

실험 영상



준비물

- ☒ 파동 실험용 용수철
- ☒ 스마트 기기

활동 길잡이

- 동영상은 슬로 모션 기능으로 촬영한다.
- 파동의 모습이 잘 보이게 위쪽에서 촬영한다.

해보기

파동의 중첩 현상 관찰하기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

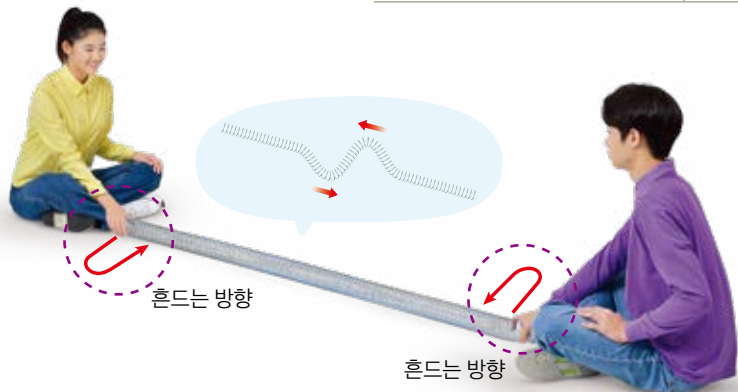
- 두 사람이 짝이 되어 파동 실험용 용수철의 양 끝을 잡고, 반대 방향으로 용수철을 한 번 동시에 흔들어 파동이 진행하는 모습을 동영상으로 촬영한다.
- 촬영한 동영상을 보면서 두 파동이 진행하다가 겹치는 모습을 관찰한다.

- 2에서 관찰한 용수철의 모습을 다음 표의 빈칸에 그려 보자.

겹치기 전	겹쳤을 때	겹친 후

- 두 파동이 겹치는 과정에서 나타나는 변위의 최대값 변화를 비교해 보자.

- 두 파동이 겹치기 전과 후에 두 파동의 모양과 진행 방향에 어떤 변화가 있는지 설명해 보자.



파동의 중첩과 독립성

그림 III-1과 같이 한 매질에서 진행되는 두 파동 A, B가 만나서 겹칠 때 매질 각 부분의 변위는 각 파동이 단독으로 진행할 때의 변위의 합과 같다. 최대 변위 y_1 인 파동 A와 최대 변위 y_2 인 파동 B가 겹쳤을 때의 최대 변위는 $y = y_1 + y_2$ 이다. 이것을 파동의 **중첩 원리**라고 하며, 중첩해서 새롭게 만들어지는 파동을 합성파라고 한다.

한 매질에서 서로 반대 방향으로 진행되는 두 파동은 중첩이 끝나면 다른 파동으로부터 아무런 영향을 받지 않고 원래의 파형을 그대로 유지하면서 진행하는데, 이를 **파동의 독립성**이라고 한다.

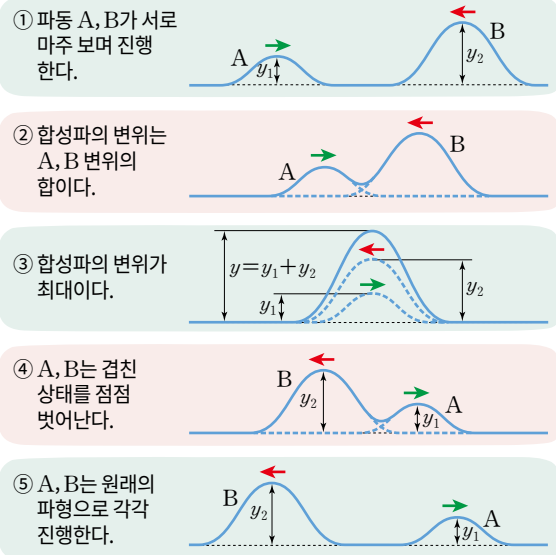


그림 III-1 파동의 중첩과 독립성

파동의 간섭

두 개 이상의 파동이 서로 중첩할 때 합성파의 진폭이 커지거나 작아지는 현상을 **파동의 간섭**이라고 한다. 그림 III-2와 같이 위상이 같은 두 파동이 중첩할 때 합성파의 진폭이 중첩하기 전보다 커지는 것을 **보강 간섭**, 위상이 반대인 두 파동이 중첩할 때 합성파의 진폭이 중첩하기 전보다 작아지는 것을 **상쇄 간섭**이라고 한다.

파동의 위상

파동이 진행할 때 원래 위치에서 매질의 변위와 운동 상태를 나타낸다.

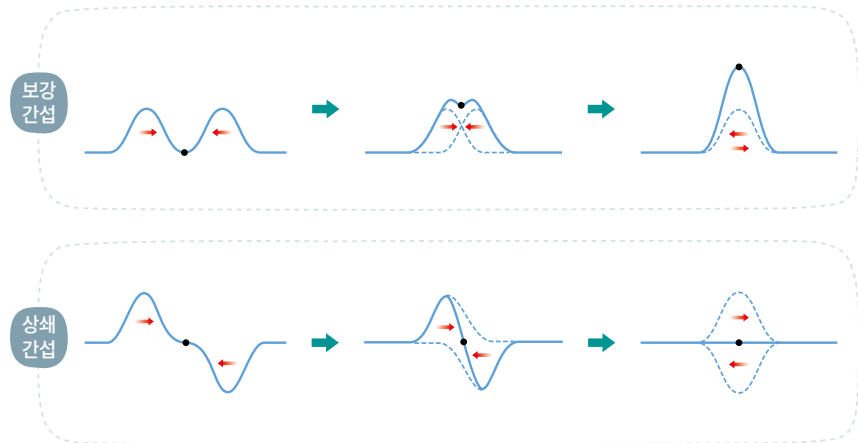


그림 III-2 파동의 보강 간섭과 상쇄 간섭

스스로 확인

- 두 파동이 ()할 때 합성파의 변위는 두 파동의 변위의 합과 같다.
- 두 개 이상의 파동이 중첩할 때 합성파의 진폭이 중첩하기 전보다 커지면 () 간섭을 한 것이고, 합성파의 진폭이 중첩하기 전보다 작아지면 () 간섭을 한 것이다.

파동의 간섭은 파동의 중요한 특성 중 하나이다. 빛도 이러한 파동의 성질을 가질까? 다음 활동을 하면서 알아보자.

탐구

결론 도출 / 과학적 사고에 근거한 자료 분석

실험 영상



준비물

- ☒ 광학대
- ☒ 레이저 광원
- ☒ 이중 슬릿
- ☒ 스크린
- ☒ 레이저 보안경

역할 나누기

3명~5명을 한 모둠으로 하고, 역할을 나눠 보자.

- 실험 수행: _____
- 결과 기록: _____

안전

레이저 광원은 눈에 직접 비추지 않으며, 반드시 보안경을 끼고 실험한다.

탐구 길잡이

주위를 가능한 한 어둡게 한 뒤 실험한다.

이중 슬릿에 의한 빛의 간섭 관찰하기

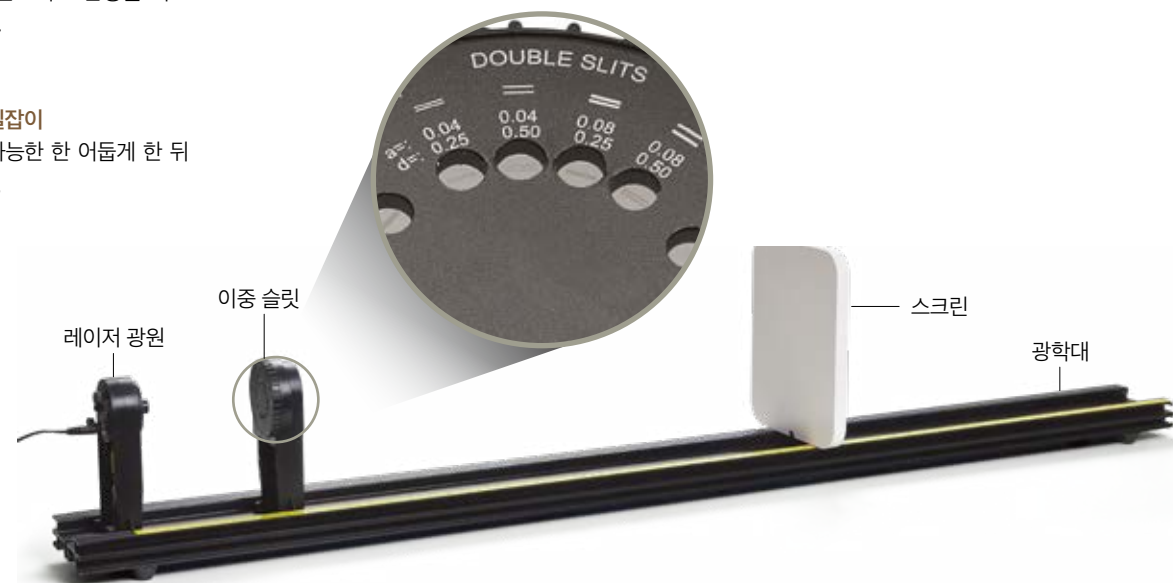
목표

이중 슬릿에 의한 빛의 간섭무늬를 관찰해 빛의 파동성을 설명할 수 있다.

예상

1. 광학대에 레이저 광원과 스크린을 설치한 뒤 레이저 광원을 켜서 스크린에 나타난 레이저 빛을 확인한다.
2. 레이저 광원과 스크린 사이에 이중 슬릿을 설치한 뒤 레이저 광원을 켜면 스크린에는 어떤 무늬가 나타날지 예상해 빈칸에 그려 보자.

예상 무늬



실험 및 관찰

레이저 광원을 켜고 이중 슬릿을 통과한 레이저 빛이 스크린에 만든 무늬를 관찰한다.

분석 및 토의

1. 스크린에 나타난 무늬의 특징을 설명해 보자.



2. 스크린에 나타난 무늬가 예상한 무늬와 같은가? 만약 다르다면 그 까닭이 무엇인지 토의해 보자.



3. 스크린에 레이저 빛이 도달했지만 어두운 부분이 나타나는 까닭을 이야기해 보자.



스스로 평가

- | 지식·이해 | 이중 슬릿 실험에서 밝고 어두운 무늬가 나타나는 까닭을 설명할 수 있는가?
- | 과정·기능 | 스크린에 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭무늬가 나타나게 할 수 있는가?
- | 가치·태도 | 레이저 광원을 안전하게 사용하면서 실험했는가?

- ☆☆☆☆
- ☆☆☆☆
- ☆☆☆☆

탐구 후기



빛의 간섭

보강 간섭 | 그림 III-3과 같이 슬릿 S_1, S_2 에서 스크린 위의 점 P까지의 거리가 빛의 반파장($\frac{\lambda}{2}$)의 짝수 배만큼 차이가 나는 경우 P에서 두 빛의 경로차는 다음과 같다.

$$|\overline{S_1P} - \overline{S_2P}| = \frac{\lambda}{2}(2m), (m=0, 1, 2, 3, \dots)$$

이때 두 파동이 같은 위상으로 만나므로 보강 간섭이 일어나 밝은 무늬가 나타난다.

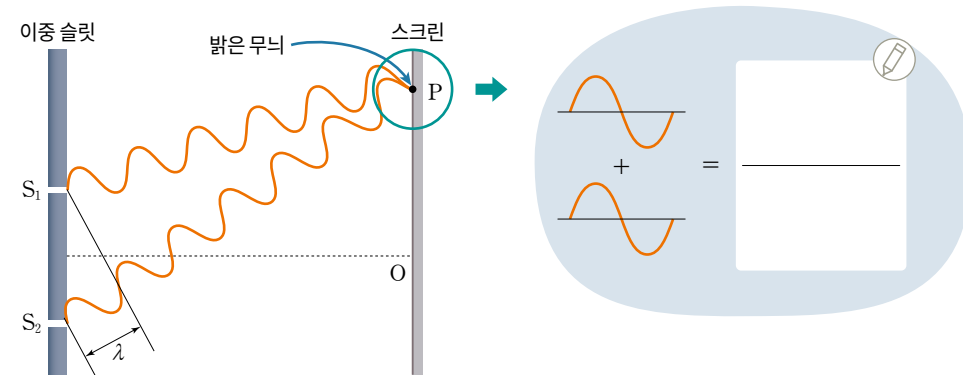


그림 III-3 보강 간섭(반파장의 짝수 배)

상쇄 간섭 | 그림 III-4와 같이 슬릿 S_1, S_2 에서 스크린 위의 점 Q까지의 거리가 빛의 반파장($\frac{\lambda}{2}$)의 홀수 배만큼 차이가 나는 경우 Q에서 두 빛의 경로차는 다음과 같다.

$$|\overline{S_1Q} - \overline{S_2Q}| = \frac{\lambda}{2}(2m+1), (m=0, 1, 2, 3, \dots)$$

이때 두 파동이 반대 위상으로 만나므로 상쇄 간섭이 일어나 어두운 무늬가 나타난다.

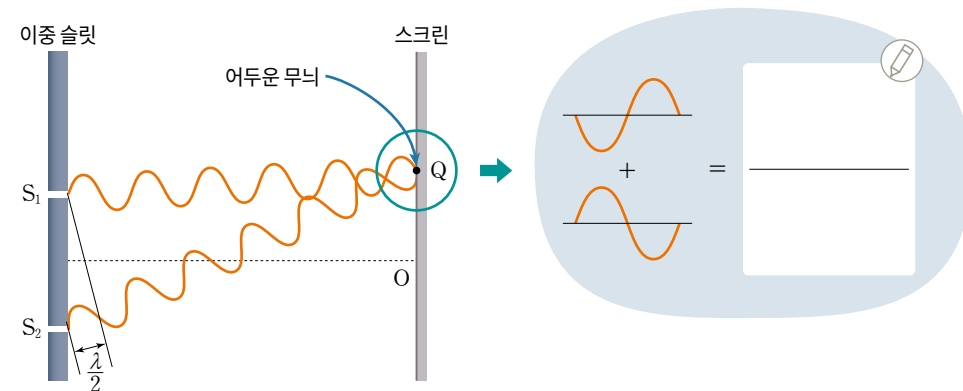


그림 III-4 상쇄 간섭(반파장의 홀수 배)

한편 무늬 간격은 파장이 길수록 커지며 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리가 멀어져도 커진다. 또 이중 슬릿의 두 틈 사이 간격이 좁아져도 무늬 간격이 커진다.

잠깐 활동

그림 III-3의 P에서 중첩하는 두 파동의 합성파를 빈칸에 그려 보고, 그림 III-5의 간섭무늬에서 어느 부분인지 생각해 보자.

잠깐 활동

그림 III-4의 Q에서 중첩하는 두 파동의 합성파를 빈칸에 그려 보고, 그림 III-5의 간섭무늬에서 어느 부분인지 생각해 보자.

간섭 실험의 의의

오래전부터 호기심의 대상이었던 빛의 본성을 알기 위한 과학적 탐구는 17 세기부터 시작되었다고 할 수 있다. 당시에는 빛의 본성을 알갱이의 흐름으로 보는 입자설과 매질의 진동으로 보는 파동설이 서로 대립했다. 이때 뉴턴이 입자설을 제시한 뒤로 오랫동안 빛의 본성을 입자로 생각하는 사람이 많았다. 이러한 상황은 19 세기 초에 영이 파동성에 기초해 빛의 간섭무늬를 해석하고, 빛의 파장을 측정함으로써 바뀌기 시작했다. 영은 그림 III-5와 같은 빛의 이중 슬릿 실험에서 스크린에 밝고 어두운 무늬가 반복해서 나타나는 것을 관찰하고, 이 간섭무늬로 빛의 파동성을 설명했다.

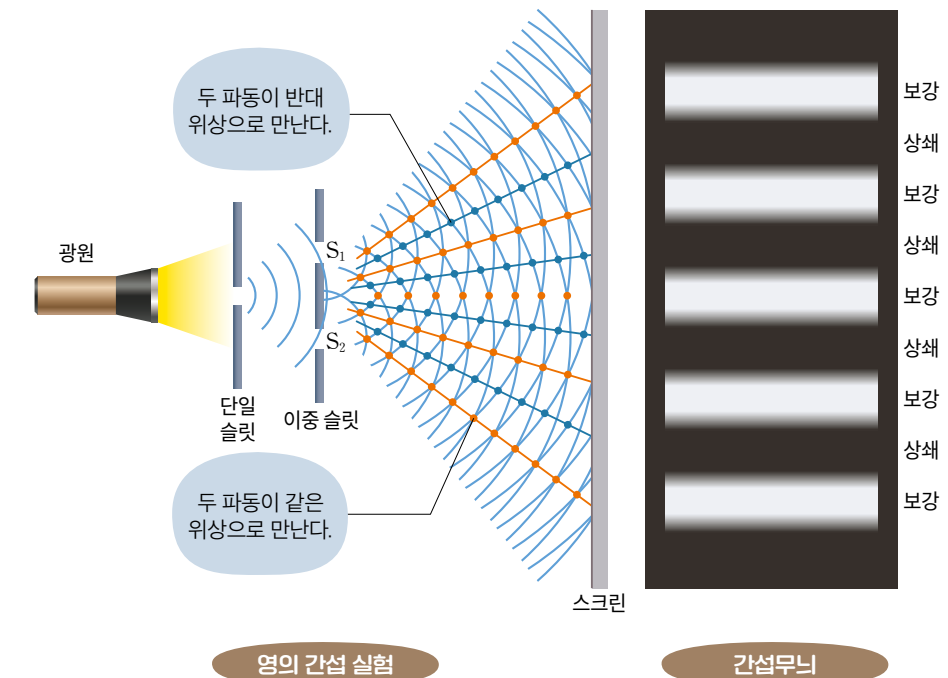


그림 III-5 영의 간섭 실험과 간섭무늬

이로써 빛의 파동설이 사회적으로 널리 받아들여졌다.

스스로 확인

- 1 빛의 이중 슬릿 실험에서 같은 위상의 두 빛이 만나는 점에서는 (보강, 상쇄) 간섭이 일어나 (밝은, 어두운) 무늬가 나타난다.
- 2 빛의 이중 슬릿 실험을 통해 빛의 (파동성, 입자성)을 설명할 수 있다.

영
(Young, T., 1773~1829)

영국의 물리학자. 1801 년 빛의 간섭 원리를 발견했고, 빛의 파동성을 증명했다. 또 시각, 빛, 고체 등의 분야에서 과학적으로 많은 공헌을 했다.



빛의 간섭 현상의 예

그림 III-6과 같이 비눗방울, 기름막, 모르포 나비 날개, 공작새 깃털 등에서 볼 수 있는 다양한 색은 빛이 간섭하기 때문에 나타나는 현상이다. 특정한 색의 빛이 보강 간섭을 하면 그 빛의 색이 뚜렷하게 보이고, 상쇄 간섭을 하면 그 빛의 색은 잘 보이지 않는다.

그림 III-6 빛의 간섭 현상

빛의 간섭을 활용한 예

그림 III-7과 같이 안경의 렌즈에서 반사하는 빛이 상쇄 간섭을 하도록 렌즈에 반사 방지막을 코팅하면 반사하는 빛의 세기를 줄일 수 있다. 따라서 코팅을 하지 않았을 때보다 렌즈를 투과하는 빛의 세기가 증가해 시야가 밝아진다.

지폐를 제작할 때에 복사나 위조를 방지하기 위해 색 변환 잉크를 사용한다. 그림 III-8과 같이 색 변환 잉크로 인쇄한 '10000'이라는 숫자는 보는 각도에 따라 보강 간섭을 하는 빛의 파장이 달라지므로 다른 색으로 보인다.



그림 III-7 안경 렌즈의 반사 방지막 코팅



그림 III-8 지폐의 색 변환 잉크

우리는 빛의 간섭에 의한 현상을 일상생활에서 다양하게 이용하고 있다. 다음 활동을 하면서 빛의 간섭을 이용한 예를 찾아보자.

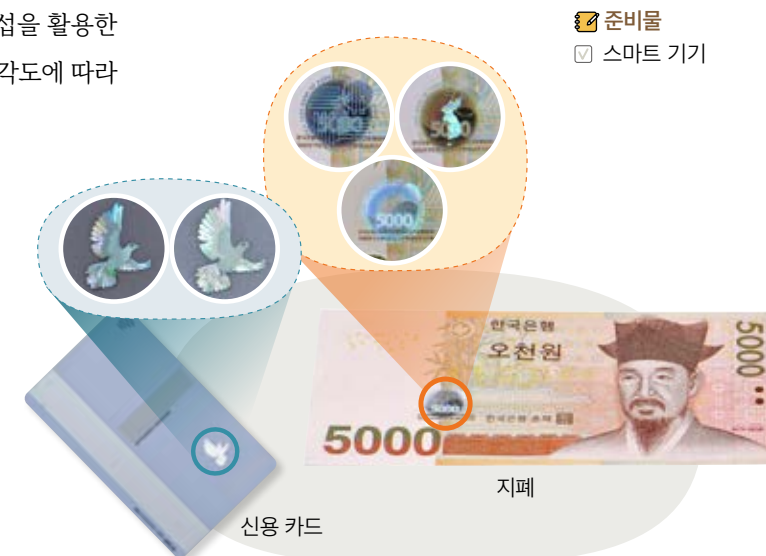
해보기

문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

빛의 간섭을 이용한 예 찾아보기

다음은 신용 카드와 지폐에서 빛의 간섭을 활용한 예를 나타낸 것이다. 표시한 부분은 보는 각도에 따라 다른 무늬가 나타난다.

- 신용 카드와 지폐에서 빛의 간섭을 이용한 부분의 원리를 설명해 보자.
- 빛의 간섭을 이용한 예를 더 찾아보고, 그 예에서는 빛의 간섭을 어떻게 이용하는지 친구들과 토의해 보자.



준비물
스마트 기기



스스로 확인

- 비눗방울, 기름막, 모르포 나비 날개, 공작새 깃털의 다양한 색은 빛이 ()하기 때문에 나타난다.
- 안경의 렌즈에 반사 방지막 코팅을 해 반사하는 빛을 줄인 것은 빛의 () 간섭을 이용한 것이다.

스스로 정리

공유 지폐 외에 색 변환 잉크를 어느 곳에 사용할 수 있을지 생각해 보고, 이를 공유 플랫폼에 공유해 보자.