

빛의 진동방향과 간섭무늬 사이의 연관

1학년 2반

김태주(05) 윤솔(12) 정영훈(19) 천지향(20)

1. 실험목적 (Purpose)

이중슬릿실험을 통해 빛의 파동성과 파동의 간섭현상에 대해 이해한다.

편광판을 통과한 빛을 이용해 빛의 진동방향이 간섭무늬의 간격에 영향을 주는지 실험을 설계해 탐구한다.

2. 실험이론 (Experimental Theory)

1. 파동의 간섭

진행하던 두 파동이 만나 중첩되었을 때 위상에 따라 그 합성파의 진폭이 커지거나 작아지게 되는 현상을 파동의 간섭이라고 한다. 종류는 파동의 진폭이 작아지는 상쇄간섭과 진폭이 커지는 보강간섭이 있다.

1) 상쇄 간섭

반대 위상의 두 파동이 중첩될 때의 간섭이다. 마루와 골이 만나서 합성파의 진폭이 0이 되는 간섭으로 소멸간섭이라고도 한다.

같은 진폭과 진동수를 가진 두 파동이 어느 순간 같은 영역을 통과할 때 나타나는 순간의 결과로서, 두 파동의 위상이 180° 어긋나 있을 때 마루와 골이 중첩되는 순간 생기는 파동은 완전히 상쇄된다. 파원의 거리차가 $\lambda/2 \cdot (2n-1)$ 일 때, 일어난다.

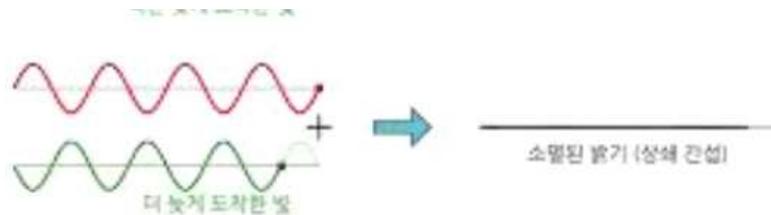


그림 1 상쇄간섭

2) 보강 간섭

위상의 두 파동이 중첩될 때 일어나는 간섭이다. 마루와 마루 또는 골과 골이 만나서 합성파의 진폭이 2배로 커진다.

같은 진폭과 진동수를 가진 두 파동이 어느 순간 같은 영역을 통과할 때 나타나는 순간의 결과로서, 두 파동의 위상이 같아 마루와 마루가 만나고, 골이 골을 만나도록 중첩되는 순간 생기는 파동은 원래의 파동과 진동수는 같고 진폭이 2배이다. 파원의 거리차가 $\lambda/2 \cdot 2n$ 일 때, 일어난다.

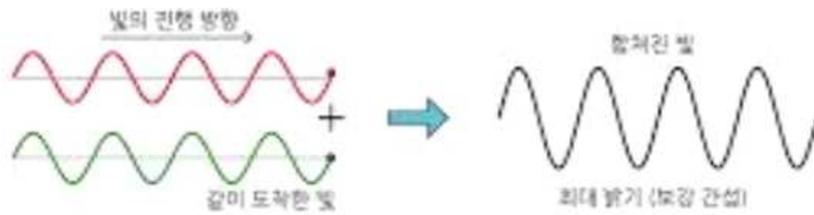


그림 2 보강 간섭

2. 빛의 회절

파동이 진행 도중에 슬릿이나 장애물을 만나면 소멸되지 않고 파동의 일부분이 슬릿이나 장애물 반대편으로 돌아 전달되는 현상이다. 파동이 장애물이나 틈의 모서리에서 휘어져 진행되는 것이다. 이러한 파동의 회절은 호이겐스의 원리로 설명 가능하며 회절에서는 동일 매질에서의 진행이므로 파장의 변화가 없다. 빛에서도 이러한 현상이 나타날 때가 있는데, 이러한 현상을 빛의 회절이라고 한다.

빛은 다른 비장들에 비해 파장이 훨씬 짧기 때문에 거의 일어나지 않는다. 그러나 슬릿과 같은 아주 좁은 틈을 통과할 때에는 회절이 일어나며 회절 시, 빛들이 서로 간섭되어 회절 무늬가 나타난다.

슬릿의 폭이 좁을수록, 슬릿과 스크린 사이의 거리가 멀수록, 빛의 파장이 길수록 회절 무늬 간격이 넓어진다.

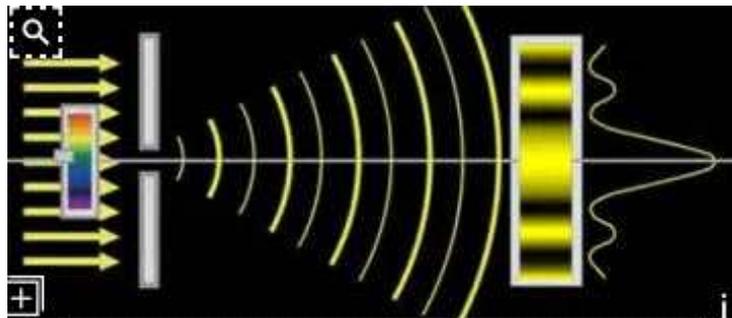


그림 3 파동의 회절

3. 단일슬릿에서 파동의 간섭과 회절

빛이 단일슬릿을 지나갈 경우, 호이겐스의 원리에 의해 그림과 같이 사방으로 퍼져나가게 된다. 이러한 빛들은 서로 간섭을 일으키게 되어 밝은 부분과 어두운 부분이 반복되는 무늬가 형성된다.

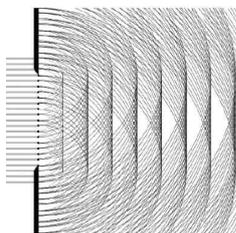


그림 4 호이겐스의 원리

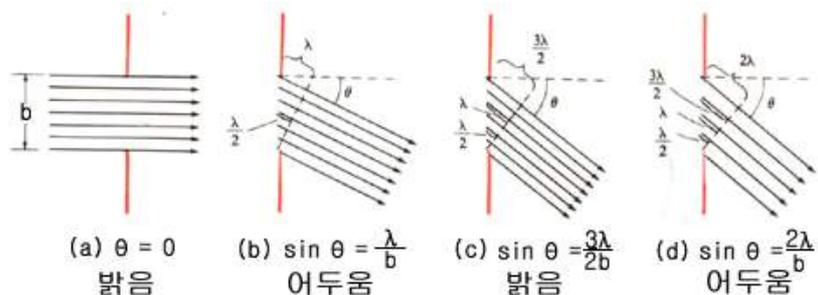


그림 5 파동의 간섭

그림(a) 일때는 모든 빛이 같은 위상에 있으므로 스크린의 중앙에 밝은점을 만든다. 그림(b)는 슬릿안의 제일 윗점과 제일 밑점을 지나는 빛들이 정확하게 한 파장 차이날 때이다. 이 경우 중심을 지나는 빛과 가장 아래의 빛이 반파장 차이나게 되므로 상쇄간섭이 일어나게 된다. 똑같은 원리에 의하여 아래의 빛보다 약간 위쪽의 빛과 중간의 빛보다 약간 위쪽의 빛이 서로 상쇄간섭을 일으킨다. 따라서 벽에 비치는 빛의 세기는 어두워진다. 그림 (C)에서도 밝은 부분이 나타나게 되나, 스크린 중앙에서보다 어두운 이유는 빛이 대각선으로 들어오기 때문이다.

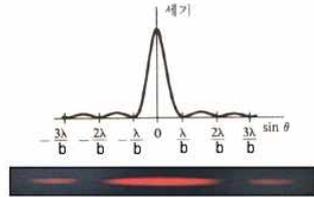


그림 6 단일슬릿의 간섭무늬

4. 이중 슬릿에서 파동의 간섭과 회절

빛이 이중슬릿을 지나갈 경우, 각각의 슬릿으로부터 나온 파동이 서로 만나게 되어 간섭이 일어나게 된다. 벽에 나타나는 무늬가 간섭무늬가 된다.

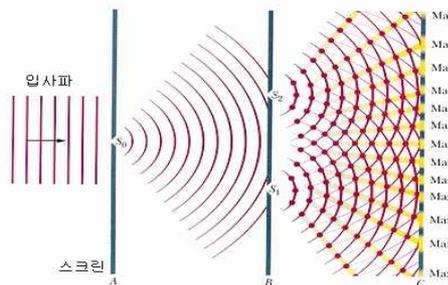


그림 7 이중슬릿의 간섭무늬

슬릿과 벽으로부터의 거리인 D 는 50cm 이상이고 두 슬릿간의 거리인 d 는 0.1mm이하이므로 θ 의 값이 매우 작다. 따라서 점 P 에 도달하는 빛은 거의 평행하다고 볼 수 있다. 두 광행로 길이 차는 $a = d \sin \theta$ 가 된다. θ 의 값은 매우 작으므로 $\sin \theta = \tan \theta = x/D$ 라는 식이 성립한다. 따라서 $a = d * x/D$ 이다. 파동의 보강간섭이 일어날 때, 광행로 길이 차는 파장의 배수만큼 차이해야 하므로 $a = m\lambda$ 이다. (단, m 은 정수) 그리고 상쇄간섭이 일어날 때는 광행로의 길이차가 반파장만큼 차이해야 하므로 $a = (m+1/2)\lambda$ 이다.

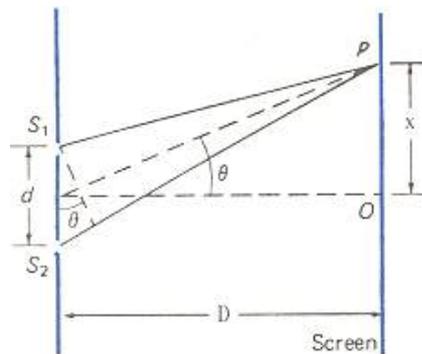


그림 8 간섭 현상 이론적 모식도

5. 편광

전기장이 한쪽 방향으로만 진동하는 빛이다.

한 개의 편광판을 이용하여 물체를 관찰하면 편광판을 사용하지 않을 때보다 약간 어둡게 보이지만, 편광판을 돌리더라도 밝기에는 변화가 없다.

그림과 같이 한 개의 편광판을 추가하여 두 개의 편광판을 서로 겹쳐 놓고 그 중 하나를 돌리면서 물체를 관찰하면 물체가 보였다가 안보였다가 한다.

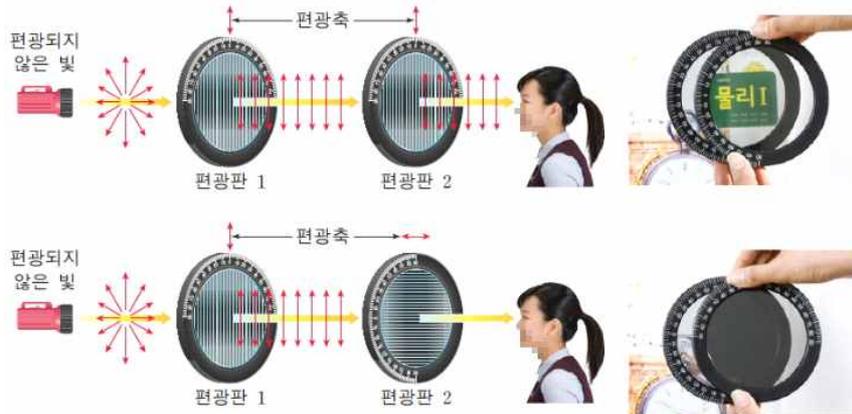


그림 9 편광판

자연광은 진행 방향에 수직인 모든 방향으로 전기장이 진동하는 횡파이다. 따라서 빛이 편광판 1을 지나갈 때, 편광축과 나란하게 진동하는 성분은 통과할 수 있다. 이 빛이 다시 편광판 2를 지나갈 때, 전기장의 진동 방향과 편광판 2의 편광축 방향이 나란하면 그대로 통과하고 수직이면 통과하지 못하기 때문에 물체가 보였다가 안보였다가 하는 현상이 나타난다.

3. 실험재료 (Materials)

Model 155SL laser, Basic Optics OS-8453, 편광판, 편광판 받침대, 스크린, 자, 검은색 하드보드지



그림 10 실험 장비 설치 모습

4. 실험방법 (Method)

실험가설

빛의 진동방향은 간섭무늬의 간격에 영향을 줄 것이다.

실험과정

1. 슬릿실험대에 좌측부터 레이저, 편광판, 이중슬릿 순으로 설치한다.
2. 레이저 반대편에 눈금자가 부착된 스크린을 설치한다.
3. 벽면에 검은 하드 보드지를 세워서 창문으로 유입되는 태양광을 최대한 차단한다.
4. 레이저를 켜 후, 레이저가 슬릿을 통과하도록 슬릿의 위치를 조정한다.
5. 편광판의 시작 위상을 임의로 설정하고 반시계방향으로 90°씩 회전시키며 실험 결과를 촬영한다.
6. 과정 5의 시작 위상으로부터 반시계방향으로 45° 회전한 지점을 시작으로 설정하고 편광판을 90°씩 회전시키며 실험 결과를 촬영한다.
7. 편광판을 통과한 레이저 빛의 세기가 최대인 곳과 최소인 곳을 각각 촬영한다.
8. photoshop을 사용하여 간섭무늬의 변화를 관찰한다.

측정 방법

사용 프로그램: adobe photoshop

1. 측정하고자하는 사진을 불러온다.
2. 사진을 3200% 확대하여 1mm에 해당하는 픽셀 수를 측정한다.
3. 나타난 회절 무늬의 간격에 해당하는 픽셀수를 측정한다.
4. 2번에서 한 픽셀의 크기를 mm 단위로 변환한 후, 회절무늬 간격도 mm 단위로 나타낸다.

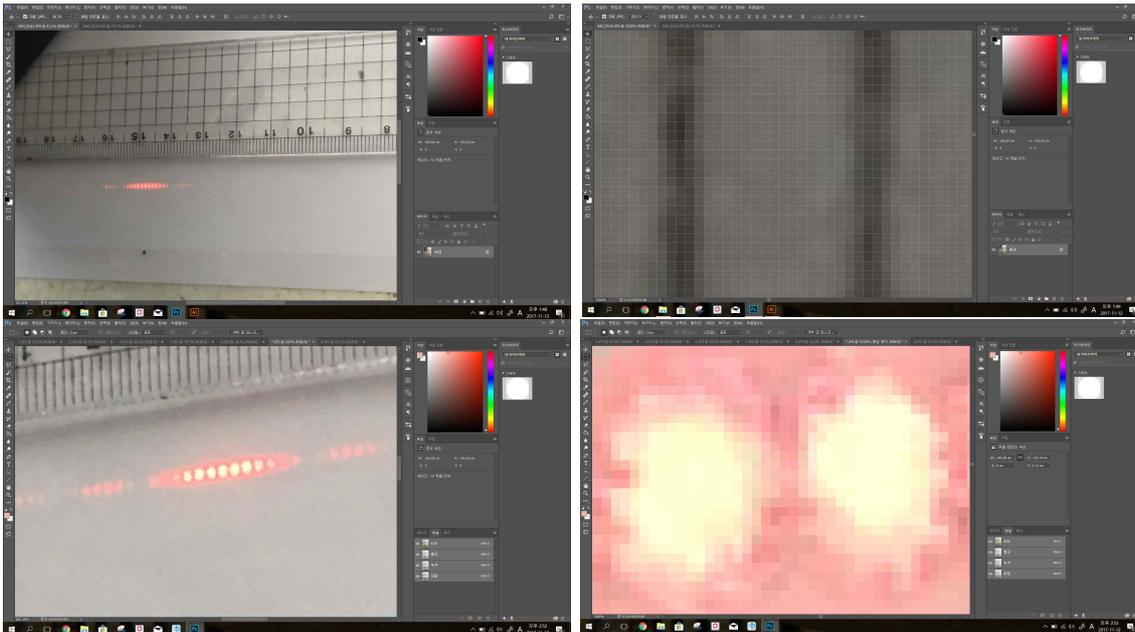
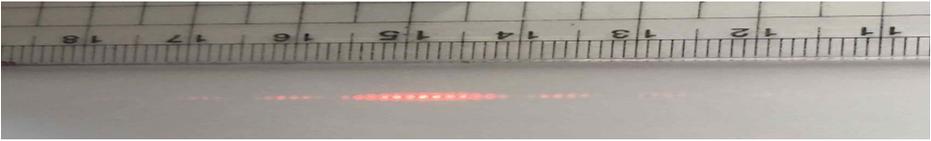
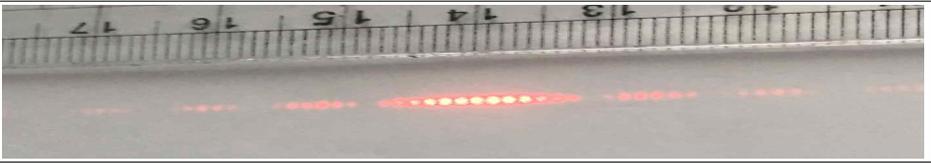


그림 11 adobe photoshop 사용 모습

5. 실험결과 (Result)

1) 밝기

	밝기 비교 사진
0	
45	
90	
135	
180	
225	
270	
315	
가장 밝은 지점	
가장 어두운 지점	

2) adobe photoshop을 이용하여 측정한 회절무늬 간격 크기

	1mm당 픽셀 수	회절무늬 간격(픽셀 수)	회절무늬 간격(mm)
0	20	18	0.9
45	18	20	1.11
90	19	21	0.904
135	20	23	1.15
180	19	20	0.95
225	17	19	1.11
270	18	19	1.05
315	20	22	1.1
가장 밝은 지점	19	21	0.904
가장 어두운 지점	측정불가	측정불가	측정불가

6. 결론 및 고찰 (Conclusion and Discussion)

실험 결과, 편광판의 회전각도에 따른 간섭무늬의 변화는 존재했다. 간섭무늬의 밝기는 회전 각도에 따라 큰 차이를 보였다. 이는 model 155sl laser에서 편광된 빛이 방출되기 때문인 것 같다. 빛이 가장 밝은 지점과 빛이 가장 어두운 지점의 위상차가 90° 정도로 나타났다. 그래서 레이저에서 나온 빛의 진동방향과 편광방향의 위상차가 작을수록 빛이 밝게 나타나고, 위상차가 90° 에 가까울수록 빛이 어둡게 나타나는 것 같다. 하지만 간섭무늬의 간격 차이는 각도에 따라 예상보다 크게 나타나지 않았다. 이는 사진의 화질과 adobe photoshop을 통한 간격 측정에서 생긴 오차로, 위상의 변화에 따른 차이가 아닌 것 같다. 그러므로 이중슬릿을 이용한 간섭무늬의 간격은 빛의 진동방향과 상관이 없다.

사진을 찍을 때 실험환경을 어둡게 하지 못한 것과 삼각대로 카메라를 고정하지 못한 것이 아쉽다. 레이저가 편광된 빛을 방출한 것도 오차에 영향을 준 것 같아 다음번에는 편광되지 않은 빛을 방출하는 레이저로 실험을 하고 싶다.

7. 참고문헌 (References)

네이버 지식백과, 편광, <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=941195&cid=47338&categoryId=47338>

위키백과, 간섭,

[https://ko.wikipedia.org/wiki/%EA%B0%84%EC%84%AD_\(%ED%8C%8C%EB%8F%99_%EC%A0%84%ED%8C%8C\)](https://ko.wikipedia.org/wiki/%EA%B0%84%EC%84%AD_(%ED%8C%8C%EB%8F%99_%EC%A0%84%ED%8C%8C))

위키백과, 회절, <https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%9A%8C%EC%A0%88>