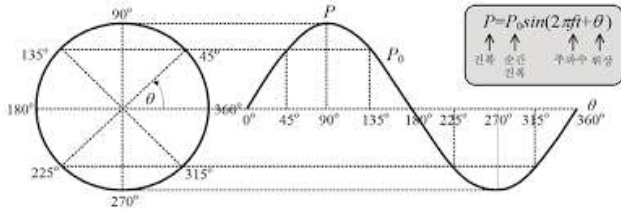


# THEME 01 - 전자기파의 간섭과 회절

## ① 위상

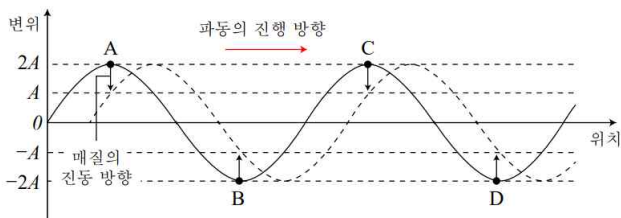
### (1) 위상의 정의

반복되는 파형의 한 주기에서 첫 시작점의 각도 혹은 어느 한 순간의 위치를 말한다.



### (2) 위상이 같다

- ① 진동수(파장)가 동일해야 한다. (속력일정)
- ② 위상이 동일한 지점은  $2\pi$ 마다 반복된다.
- ③ 위상이 동일하다는 소리는 변위가 같다는 이야기이다.



점 A, C는 위상이 같다.

점 B, D는 위상이 같다.

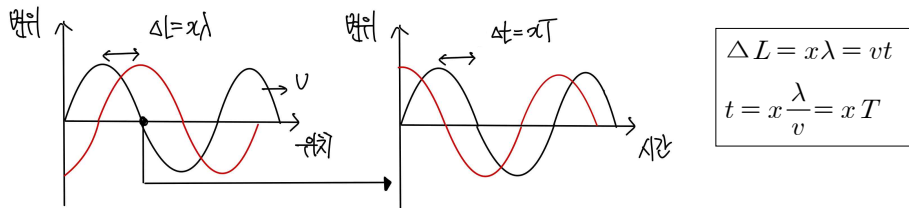
점 A, B는 위상이 반대다.

점 B, C는 위상이 반대다.

위상이 반대인 이웃한점 사이의 거리는  $\frac{1}{2}\lambda$ 이다.

### (3) 위상이 다르다. (위상차)

변위-위치 그래프에서 거리차가  $\Delta L = x\lambda$ 라면, 변위-시간 그래프에서 시간차는  $\Delta t = xT$ 이다.



## ② 파동의 중첩

### (1) 중첩의 원리

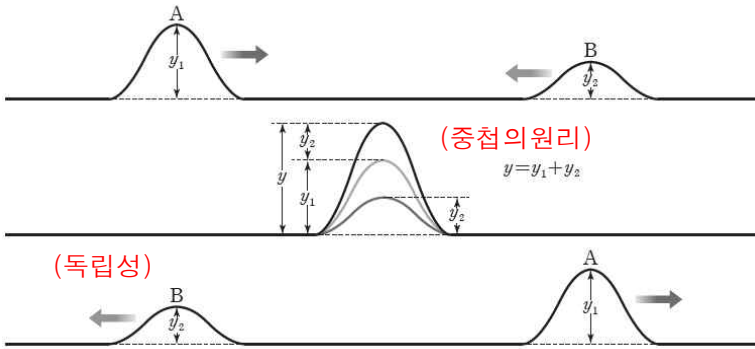
두 파동이 서로 만나 겹쳐지는 현상을 중첩이라고 하며, 이때 만들어진 합성파의 변위는 각각의 파동의 변위의 합과 같다.

### (2) 파동의 독립성

두 파동은 중첩 이후에 서로 다른 파동에 아무런 영향을 주지 않고 본래의 특성(진폭, 파형, 진동수, 주기)을 그대로 유지하면서 진행한다.

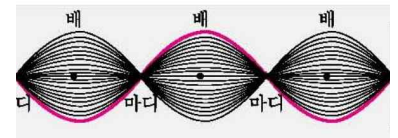
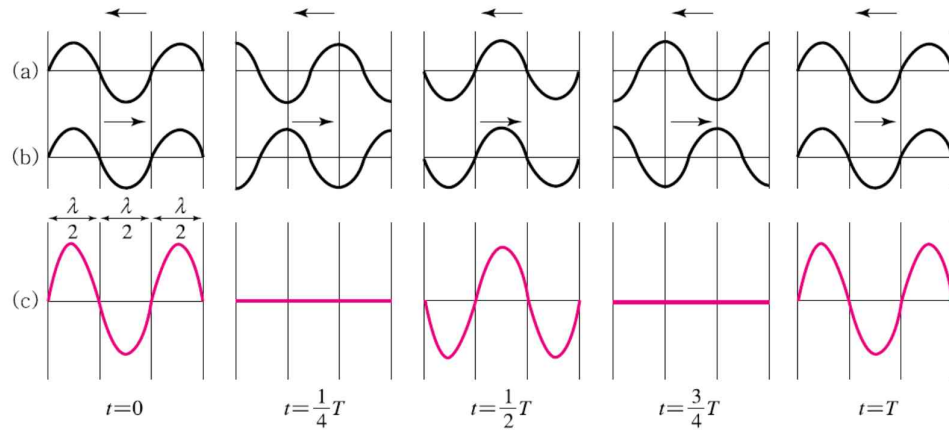
### (3) 합성파

중첩된 결과 만들어지는 파동



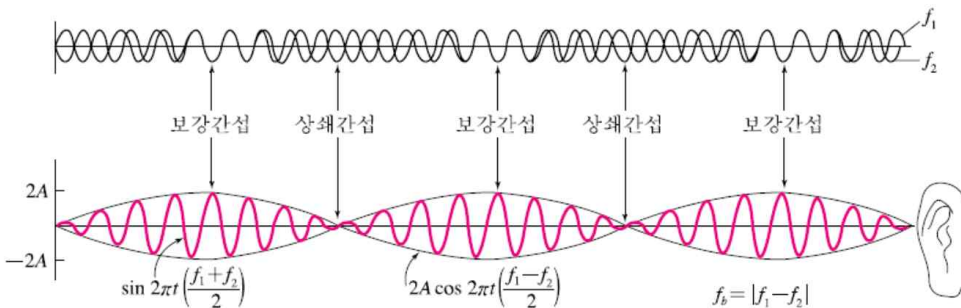
### (4) 시간에 따른 파동의 중첩 (beat, 중첩의 원리)

#### ① 진동수가 같을 때 (동일 위상 & 동일 진폭)



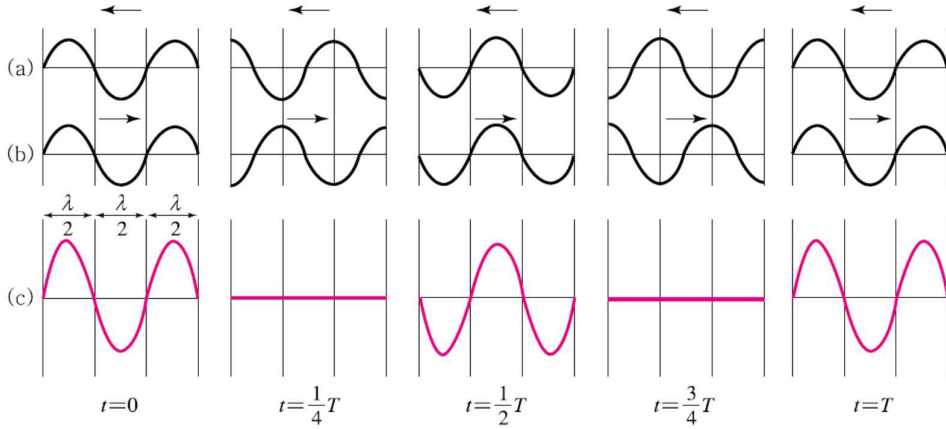
[정상파]  
제자리에서 고무줄이 진동하는 것처럼 보이는 파동이다.

#### ② 진동수가 다를 때 (수능 출제X)



### ③ 파동의 간섭

(1) 진동수가 같을 때 시간에 따른 파동의 중첩



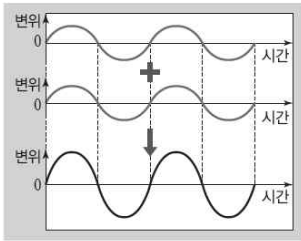
(2)  $x-t$  그래프의 간섭(한점에서의 시간에 따른 간섭)

#### ① 보강 간섭

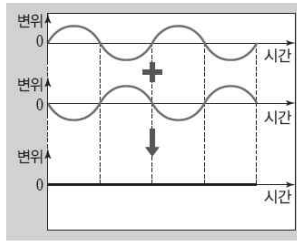
간섭하는 두 파동의 변위의 방향이 같아서(위상이 동일) 중첩되기 전보다 진폭이 커지는 간섭이다. 보강간섭하면 그 지점을 시간의 흐름에 대해 관찰하면 크기가 변한다.

#### ② 상쇄 간섭

간섭하는 두 파동의 변위의 방향이 반대(위상이 반대)여서 중첩되기 전보다 진폭이 작아지는 간섭이다. 상쇄간섭에서는 아무리 시간이 지나도 계속 변위가 0이다.



보강 간섭



상쇄 간섭

#### [보강간섭]

두 파동의 위상이 동일해야 하므로 위상차가 파장의 정수배여야만 한다.

$$\Delta = \lambda, 2\lambda, 3\lambda \dots$$

#### [상쇄간섭]

두 파동의 위상이 반대여야 하므로 위상차가 반파장여야만 한다.

$$\Delta = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda \dots$$

#### 4 이중슬릿

[이중슬릿에 앞서]

물리2에서는 “파동의 간섭”에 대하여 직접적으로 물어보지는 않는다. 물리1 과정이기 때문이다.

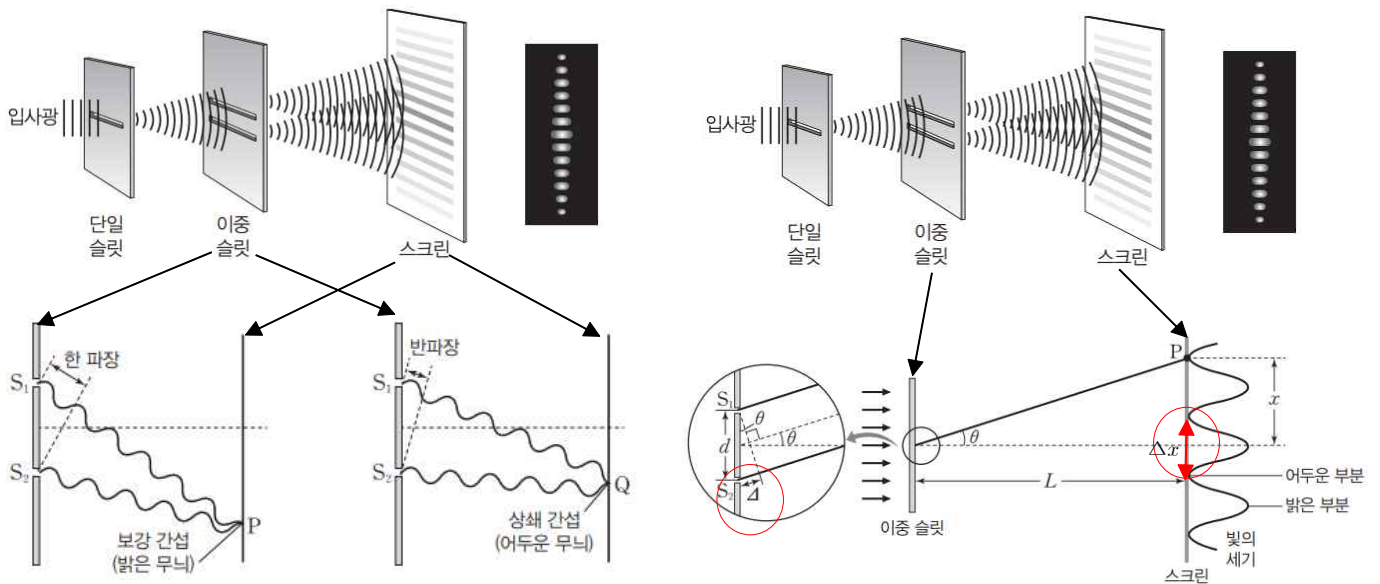
그렇다면, 물리2에서는 어떤 내용을 시험으로 낼까? 바로 이중슬릿 부분이다.

사실 위의 내용은 몰라도 무방하다. 하지만, 파동이라는 것이 어떤 녀석인지 이해를 하지 못한다면 막연하게 물리2에서 해업을 치게 될 것이다.

[이중슬릿]

영은 그림과 같이 단일 슬릿에서 나온 빛을 다시 간격이 좁은 이중 슬릿에 통과시키면 스크린에 밝고 어두운 무늬가 생기는 것을 발견하였다. 이 실험은 빛이 파동이라는 것을 밝힌 실험이다.

전자기파도 파동이므로 간섭 현상이 일어난다.



[이중 슬릿의 성질]

STEP 1. 기하적 위상차 :  $\Delta = d \sin \theta \approx d \tan \theta = d \frac{x}{L}$

STEP 2. 파동적 위상차 :  $\Delta = a\lambda = \begin{cases} \frac{\lambda}{2} \times 2m & (\text{보강 간섭}) \\ \frac{\lambda}{2} \times (2m + 1) & (\text{상쇄 간섭}) \end{cases}$  (단,  $m$ 은 자연수)

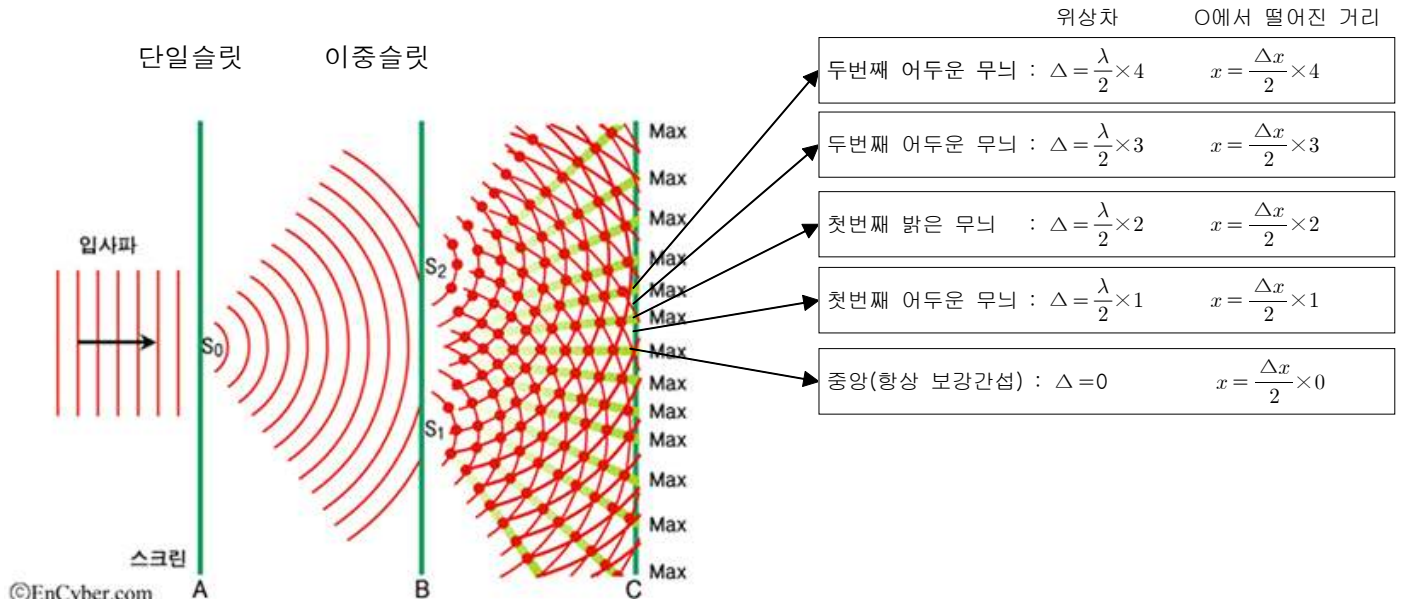
① 경로차 방정식 :  $\Delta = d \sin \theta = d \frac{x}{L} = a\lambda$

② 이웃한 밝은(어두운) 무늬 사이의 간격 :  $\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$

[주의]

경로차( $\Delta$ )와 무늬 사이의 간격( $\Delta x$ )을 헷갈리지 말자.

[이중슬릿의 문제풀이 특징]



STEP 1. 위상차가 공명함

경로차 방정식 :  $\Delta = d \sin\theta = d \frac{x}{L} = a\lambda$

STEP 2. 떨어진 거리가 공명함

이웃한 밝은(어두운) 무늬 사이의 간격 :  $\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$

STEP 3. 어두운무늬, 밝은무늬

밝은 무늬 = 보강간섭

어두운 무늬 = 상쇄간섭

STEP 4. 밝은(어두운) 무늬 사이의 간격을 작게 하려면 어떻게 해야할까?

- ① 파장이 작은 단색광을 사용한다.
- ② 이중슬릿의 간격을 크게 한다.
- ③ 이중슬릿에서 스크린까지의 거리를 작게 한다.
- ④ 단일슬릿-이중슬릿 사이의 거리는 무늬 사이의 간격과 관계없다.
- ⑤ 수조에 물을 채운다.

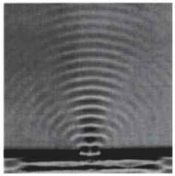
(물을 채우게 되면  $v = \frac{c}{n}$ 으로 속력이 감소하게 된다. 진동수는 변하지 않으므로 파장은 짧아진다.)

## 5 파동의 회절

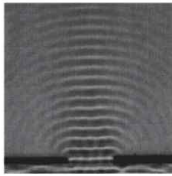
### (1) 파동의 회절

파동이 진행하다가 장애물을 만났을 때 장애물의 뒤쪽으로 돌아 들어가거나, 좁은 틈을 통과한 후에 퍼져 나가는 현상. 파동의 회절은 슬릿의 폭이 좁을수록, 파동의 파장이 길수록 잘 나타난다.

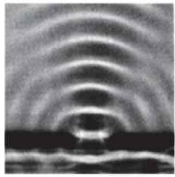
### (2) 회절의 특징



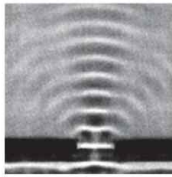
슬릿의 폭이 좁을 때



슬릿의 폭이 넓을 때

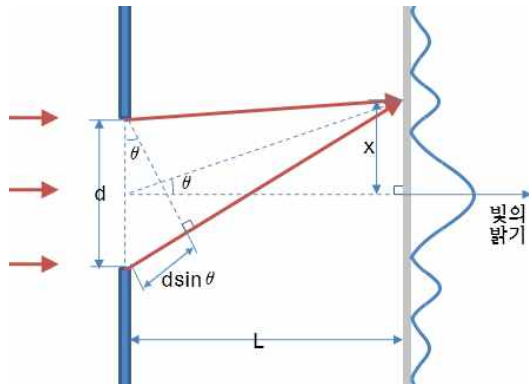


파장이 길 때



파장이 짧을 때

### (3) 단일슬릿에 의한 회절



증명은 대학과정적이므로, 올바른 방법은 아니지만 이중슬릿과 대조하여 쉽게 생각해 보면

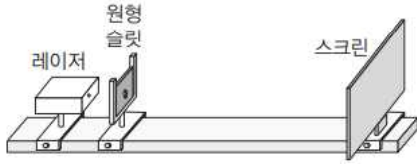
i) 파동적 측면 :  $\Delta = m\lambda$  (단,  $m = 0, 1, 2, \dots$ )

ii) 기하적 측면 :  $\Delta \simeq d \sin \theta \simeq d \tan \theta = d \frac{y_m}{D}$

① 경로차 방정식 :  $\Delta = d \sin \theta = d \frac{x}{L} = a\lambda$

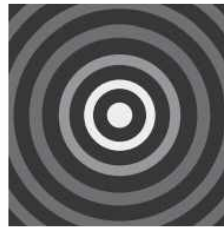
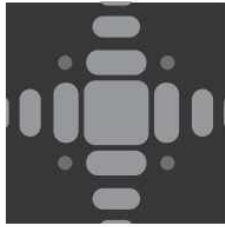
② 이웃한 밝은(어두운) 무늬 사이의 간격 :  $\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$

(4) 단일 슬릿을 이용한 회절 실험



[적색 레이저를 이용한 회절 무늬]

[녹색 레이저를 이용한 회절 무늬]



원형 슬릿의 회절 무늬

사각형 슬릿의 회절 무늬

원형 슬릿의 회절 무늬

사각형 슬릿의 회절 무늬

레일리 기준에 따른 원반의 크기 :  $\Delta x = 1.22 \frac{\lambda}{D} f$  ( $\lambda$ : 빛의 파장,  $D$ : 렌즈의 지름,  $f$ : 렌즈의 초점거리)

(5) 회절 및 간섭에 의한 현상

담 너머 소리가 들리는 모습	면도날의 가장자리 모습	모르포 나비	CD 회절격자
소리가 빛보다 회절하는 정도가 커서 담 너머의 모습은 보이지 않지만 소리가 들린다	빛이 물체의 가장자리를 지날 때 회절 현상이 일어나서 그림자의 가장자리에 밝고 어두운 패턴이 나타난다.	모르포 나비의 날개에 입사한 빛이 여러 층으로부터 반사되어, 빛이 진행한 경로 차이로 인해 간섭 현상이 나타난다.	CD의 뒷면에 입사한 빛이 규칙적인 홈에서 회절하고 서로 간섭하여 다양한 색으로 보이게 된다.

[암기 Tip]

회절 : 어둡고, 밝다. & 닿지않는 곳에 닿는다.

간섭 : 색상이 변한다.

## 6 전자기파의 간섭과 회절의 이용

### (1) 간섭의 이용

#### ① 보강간섭

작은 전파 망원경을 여러 대 떨어뜨려 설치한 후 각 전파 망원경에서 측정한 전파의 간섭을 이용하면 큰 전파 망원경과 같은 효과를 얻을 수 있다.

#### ② 상쇄간섭

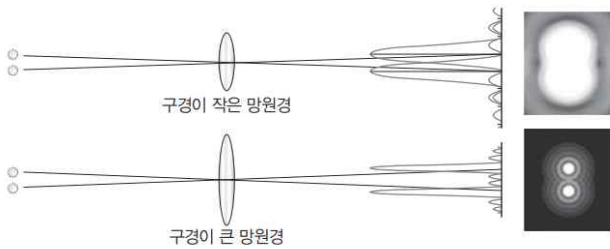
휴대 전화를 사용할 때 여러 경로로 온 전파가 서로 상쇄 간섭을 일으키면 통화 상태가 나빠지므로 여러 개의 안테나, 중계기를 설치하여 해결한다.

### (2) 회절의 이용

① 산속에서는 짧은 파장을 이용하는 FM 방송보다 긴 파장을 이용하는 AM 방송이 더 잘 들린다.

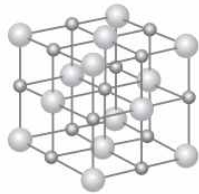
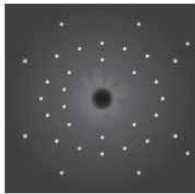
② 비행기의 위치를 추적하는 레이더는 전파 중에서 회절이 잘 일어나지 않는 파장이 짧은 마이크로파를 사용하여 비행기의 위치와 거리를 정확하게 파악한다.

③ 두 별이 가까이 있을 때에는 회절 현상이 나타나 두 별의 상이 겹쳐서 마치 하나의 별처럼 보이므로, 회절의 영향을 줄여 분해능을 높이려면 구경이 큰 망원경을 사용해야 한다.



\* 분해능 : 접근한 두 점이나 선을 분별하는 능력,  $\sin\theta_c \approx \theta_c = 1.22 \frac{\lambda}{D}$

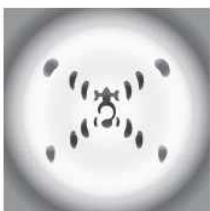
④ 염화 나트륨에 X선을 비췄을 때 나타나는 회절 무늬로부터 염화 나트륨의 결정 구조를 알아내었다.



염화 나트륨 결정의 X선 회절 무늬

염화 나트륨 결정 구조

⑤ DNA가 삼중 나선 구조일 것으로 추측하고 있던 왓슨과 크릭은 DNA의 X선 회절 무늬 분석을 통해 DNA가 이중 나선 구조임을 알아내었다.



DNA의 X선 회절 무늬




CASE 1. 무늬 간격의 문제

[2017년 수능 10번]





10. 다음은 빛의 간섭 실험이다.

[실험 과정]  
 (가) 그림과 같이 레이저, 이중 슬릿, 스크린을 설치하고 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리를 고정시킨다.



(나) 파장  $\lambda_1$ 인 레이저와, 슬릿 간격이 다른 이중 슬릿 P, Q를 사용하여 스크린에 생긴 간섭무늬를 관찰한다.  
 (다) 이중 슬릿 P와, 파장이 각각  $\lambda_1, \lambda_2$ 인 레이저를 사용하여 스크린에 생긴 간섭무늬를 관찰한다.

[실험 결과]

(나)의 간섭무늬		(다)의 간섭무늬	
이중 슬릿 P		파장 $\lambda_1$	
이중 슬릿 Q		파장 $\lambda_2$	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

— < 보 기 > —

ㄱ. 스크린에 생긴 간섭무늬의 밝은 부분은 빛의 보강 간섭에 의해 생긴다.
ㄴ. 슬릿 간격은 P가 Q보다 넓다.
ㄷ. $\lambda_1 > \lambda_2$ 이다.

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

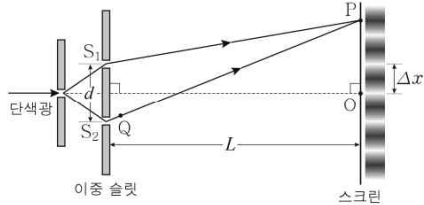
(나)  $\Delta x$ 는  $P > Q$ 이므로 슬릿 사이의 간격은  $Q > P$ 이다.  
 (다)  $\Delta x$ 는  $1 > 2$ 이므로 슬릿 사이의 간격은  $1 > 2$ 이다.

- ㄱ. 보강간섭에 의해 생긴다. (O)  
 ㄴ. (X)  
 ㄷ. (O)

CASE 2. 경로차 문제

[2021년 10월 4번]

4. 그림은 단색광이 단일 슬릿, 간격이  $d$ 인 이중 슬릿  $S_1, S_2$ 를 통과한 후 스크린에 간섭무늬를 만든 것을 나타낸 것이다. 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은  $\Delta x$ 로 일정하다. 스크린상의 점  $O$ 는  $S_1, S_2$ 로부터 같은 거리에 있고, 점  $P$ 에는  $O$ 로부터 세 번째 어두운 무늬가 생긴다. 점  $Q$ 는  $S_2$ 와  $P$ 를 잇는 직선상에 있고,  $\overline{S_1P} = \overline{QP}$ 이다. 이중 슬릿에서 스크린까지의 거리는  $L$ 이다.



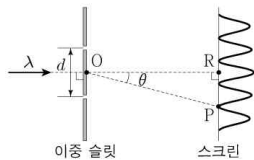
$\overline{S_2Q}$ 는?

- ①  $\frac{5d}{L} \Delta x$    ②  $\frac{5d}{2L} \Delta x$    ③  $\frac{3d}{2L} \Delta x$    ④  $\frac{d}{L} \Delta x$    ⑤  $\frac{2d}{5L} \Delta x$

$$\overline{S_2Q} = \overline{S_1P} - \overline{S_2P} = d \sin \theta = d \frac{x}{L} = \frac{5d}{2L} \Delta x$$

[2019년 수능 15번]

15. 그림은 파장  $\lambda$ 인 단색광이 슬릿 간격이  $d$ 인 이중 슬릿을 통과한 후 스크린에 간섭무늬를 만드는 것을 나타낸 것이다. 이중 슬릿의 중심인 점  $O$ 로부터 충분히 멀리 떨어진 스크린상의 점  $R$ 는 두 슬릿으로부터 같은 거리에 있다. 스크린상의 점  $P$ 에는  $R$ 로부터 두 번째 어두운 무늬가 생긴다.  $O$ 와  $P$ 를 지나는 직선과  $O$ 와  $R$ 를 지나는 직선이 이루는 각은  $\theta$ 이다.



$\sin \theta$ 는?

- ①  $\frac{\lambda}{2d}$    ②  $\frac{\lambda}{d}$    ③  $\frac{3\lambda}{2d}$    ④  $\frac{2\lambda}{d}$    ⑤  $\frac{5\lambda}{2d}$

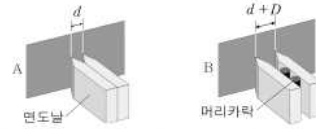
$$\Delta = d \sin \theta = d \frac{x}{L} = 3 \times \frac{\lambda}{2} \rightarrow \sin \theta = \frac{3\lambda}{2d}$$

[2017년 10월 11번]

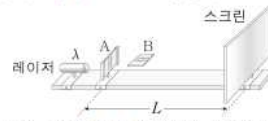
11. 다음은 빛의 간섭을 이용한 머리카락 굵기 측정 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 검게 그을린 얇은 유리판을 2개 준비한다.  
 (나) 나란히 잡은 면도날 2개로 유리판을 얹어 슬릿 간격이  $d$ 인 이중 슬릿 A를 만들고, 단면의 치름이  $D$ 인 머리카락을 끼운 면도날 2개로 다른 유리판을 얹어 슬릿 간격이  $d+D$ 인 이중 슬릿 B를 만든다.



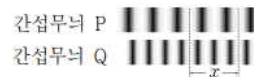
- (다) 레이저, A 또는 B, 스크린을 설치하고, A 또는 B와 스크린 사이의 거리를  $L$ 로 고정한다.



- (라) A 또는 B에 파장  $\lambda$ 인 레이저를 통과시켜 스크린에 나타난 간섭무늬를 관찰한다.

[실험 결과]

- (라)에서 관찰한 간섭무늬는 아래와 같다.



- P에서 이웃한 밝은 무늬 간격의 2배와 Q에서 이웃한 밝은 무늬 간격의 3배는  $x$ 로 같다.

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

- < 보기 >  
 ㄱ. B에 의한 간섭무늬는 Q이다.  
 ㄴ. 상쇄 간섭이 일어난 지점에서 밝은 무늬가 나타난다.  
 ㄷ.  $D = \frac{L\lambda}{x}$ 이다.

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

A)  $\Delta = d \sin \theta = d \frac{x}{L} = 2\lambda \rightarrow d = \frac{2\lambda L}{x}$

B)  $\Delta = (d+D) \sin \theta = (d+D) \frac{x}{L} = 3\lambda$

연립)  $\frac{d}{d+D} = \frac{2}{3} \rightarrow D = \frac{1}{2}d = \frac{L\lambda}{x}$

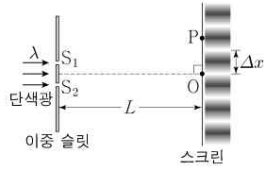
ㄱ. 간격이 커지면 회절이 적어진다. (O)

ㄴ. 상쇄간섭이 일어나면 어둡다. (X)

ㄷ.  $D = \frac{L\lambda}{x}$  (O)

[2022년 9월 9번]

9. 그림과 같이 파장이  $\lambda$ 인 단색광이 이중 슬릿을 통과하여 스크린에 간섭 무늬가 생겼다. 스크린상의 점 O는 슬릿  $S_1$ 과  $S_2$ 로부터 같은 거리에 있고 가장 밝은 무늬의 중심이며, 점 P에는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 생겼다. 슬릿과 스크린 사이의 거리는  $L$ 이며, 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격  $\Delta x$ 는 일정하다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ.  $S_1, S_2$ 로부터 P까지의 경로차는  $\frac{\lambda}{2}$ 이다.  
 ㄴ. 단색광의 파장만  $\frac{3}{4}\lambda$ 로 바꾸면 P에서 보강 간섭이 일어난다.  
 ㄷ. 슬릿과 스크린 사이의 거리만  $2L$ 로 바꾸면  $\Delta x$ 는 2배가 된다.

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

ㄱ. P는 두 번째 어두운 무늬  $\rightarrow$  경로차 =  $\frac{3}{2}\lambda$  (X)

ㄴ.

i)  $\Delta = d \sin \theta = d \frac{x}{L} = 3 \frac{\lambda}{2}$

ii)  $\Delta = d \sin \theta = d \frac{x}{L} = a \frac{3}{4} \lambda$

연립)  $1 = \frac{4}{a} \rightarrow a = 4 \rightarrow$  4번째 밝은 무늬 (O)

ㄷ.  $\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$  (O)

[2022년 수능 4번]

4. 다음은 빛의 간섭 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 스크린을 레이저의 진행 방향과 수직이 되도록 설치한 후, 슬릿 간격이  $d$ 인 이중 슬릿을 스크린으로부터 거리  $L$ 인 위치에 스크린과 나란하게 고정한다.  
 (나) 레이저를 이중 슬릿에 비추고 스크린상의 지점 O, P에 나타난 간섭무늬를 관찰한다.  
 (다) (가)의 이중 슬릿을 슬릿 간격이  $2d$ 인 이중 슬릿으로 바꾸어 (나)를 반복한다.



[실험 결과]

(나)의 간섭무늬	
(다)의 간섭무늬	

- (나), (다)의 간섭무늬에서 O에는 가장 밝은 무늬가 생겼다.  
 ○ (나)의 간섭무늬에서 P에는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 생겼다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

ㄱ. (나)의 간섭무늬에서 P에 나타난 어두운 무늬는 빛의 상쇄 간섭의 결과이다.  
 ㄴ. 이웃한 밝은 무늬의 간격은 (나)의 간섭무늬에서보다 크다.  
 ㄷ. (다)의 간섭무늬에서 P에는 어두운 무늬가 나타난다.

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

ㄱ. 어두운 무늬는 상쇄간섭의 결과이다. (O)

ㄴ. (다)는 슬릿 간격이 넓어지므로 회절이 덜된다. (O)

ㄷ.

나)  $\Delta = d \sin \theta = d \frac{x}{L} = \frac{3}{2} \lambda$

다)  $\Delta = d \sin \theta = 2d \frac{x}{L} = a \lambda$

연립)  $a = 3 \rightarrow$  3번째 밝은 무늬 (X)