

빛의 파동성

1. 입자와 파동

(1) 입자성과 파동성

- ① 입자(particle) : 대체로 질량과 위치를 가지고 있으며, 특정한 방향으로 운동
 - 충돌 현상으로 입자의 성질을 증명함
- ② 파동(wave) : 매질을 통해 공간으로 퍼져나가는 운동
 - 간섭, 회절로 그 성질을 증명함

※ 고전적으로는 입자이면서 파동일 수가 없음. ⇒ 양자역학

(2) 빛의 입자설과 파동설

- ① 입자설
 - 고전적으로 기하광학과 현대물리에서 양자역학에서 입자성으로 설명
 - 뉴턴(Newton) : 빛은 작고 가벼운 입자로 직진, 반사함
 - 아인슈타인(Einstein) : 광전 효과에 의해 빛(광자 : photon)의 입자성을 설명
 - 콤프턴(Compton) : X선이 전자와 충돌함으로 인한 산란 현상으로 설명
 - ② 파동설
 - 빛의 전자기파의 일종 ⇒ 빛은 파동의 형태
 - 하위헌스(Huygens) : 빛도 물결처럼 진행
 - 영(Young) : 이중 슬릿의 간섭무늬를 통해 빛의 파동성을 설명
 - 맥스웰(Maxwell) : 전자기파가 광속으로 진행함을 보임으로써 파동성을 설명
- ※ 맥스웰의 증명은 관측에 의한 것이 아닌, 전자기 법칙을 이용한 유도된 것이므로, 이 이후에는 모두 파동으로 받아들임.
- ③ 빛의 입자성과 파동성의 한계 : 현대 물리(양자역학, 상대성 이론)가 등장

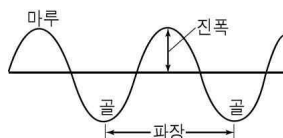
2. 빛의 파동성

(1) 파동(wave)

- ① 파동 : 물체의 진동에 의해 그 진동이 퍼져 나가는 현상 (진동 + 에너지 전달)
 - 진동(vibration, oscillation) : 물체가 흔들림
 - 물체(매질)는 파동의 진행 방향으로 움직이지 않고 진동하고, 에너지만 전달
- ② 매질 : 파동이 진행할 때 제자리에서 진동만 하는 물체 (파동을 전달하는 물체)
 - 빛을 제외한 모든 파동은 매질이 있어야 함
 - 매질에 따라 파동의 전파 속도는 다름
- ③ 파원 : 파동(진동)이 처음 발생하는 곳

(2) 파동의 표시

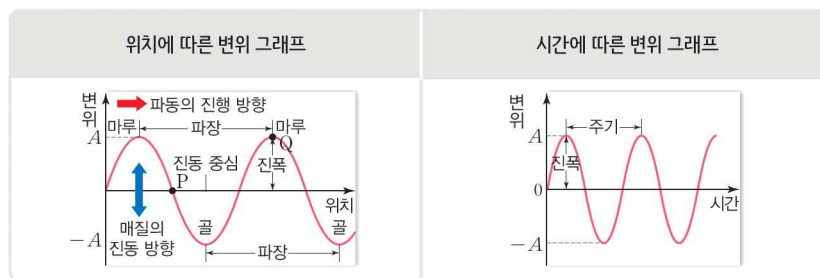
- ① 마루와 골 (⇒ 변위 최대)



- 마루 : 파동의 가장 높은 곳
- 골 : 파동의 가장 낮은 곳

- ② 진폭(amplitude) : 진동의 중심에서 마루 또는 골까지의 거리

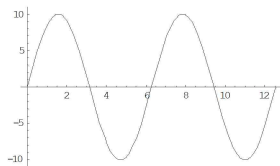
- 원래의 위치에서 가장 멀리까지 이동한 거리
- ③ 파장(wavelength) : 매질이 한 번 진동할 때 파동의 이동 거리
 - 기호로는 λ (람다)를 쓰며, 단위로는 m(미터)를 사용
- ④ 주기(period) : 매질의 한 점이 한 번 진동하는 데 걸리는 시간
 - 기호로는 T 를 쓰며, 단위는 sec(초)를 사용
 - 마루와 인접 마루(또는 골과 골) 사이의 시간 간격이 주기
- ⑤ 진동수(frequency) : 매질의 한 점이 1초 동안 진동하는 횟수
 - 기호로는 ν (뉴)나 f 를 쓰며, 단위는 Hz(헤르츠)를 사용
 - 진동수와 주기는 역수 관계임. $\left(T = \frac{1}{f}, \quad f = \frac{1}{T}\right)$
- ⑥ 파동을 나타내는 그래프



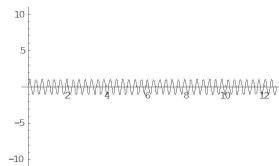
(3) 파동의 중첩과 독립성

- ① 중첩의 원리(Principle of superposition) : 두 파동이 한 곳에서 만나면 파동의 변위는 각각의 파동의 변위를 합한 것과 같음.

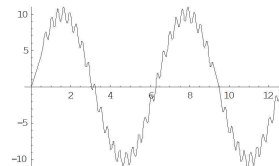
$$\ast \sin A + \sin B = 2 \sin \frac{A+B}{2} \cos \frac{A-B}{2}$$



$$[y = 10\sin(x)]$$

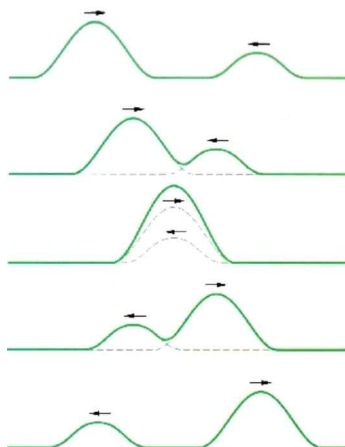


$$[y = \sin(20x)]$$



$$[y = 10\sin(x) + \sin(20x)]$$

- ② 파동의 독립성 : 중첩 후, 각 파동은 중첩되기 전 파동의 특성을 그대로 가지고 진행.



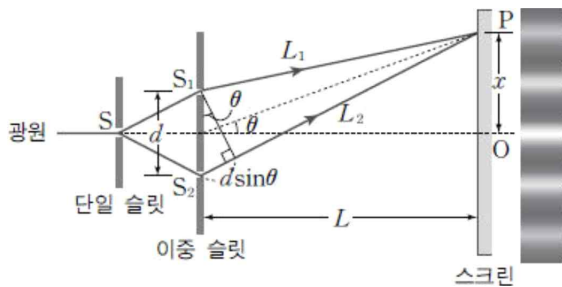
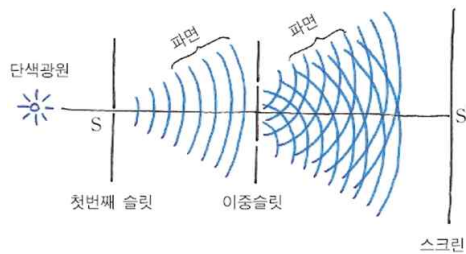
(4) 파동의 간섭(interference)

- ① 파동의 간섭 : 두 개 이상의 파동이 중첩되어 크기가 변하는 현상
- ② 위상(phase) : 매질의 위치와 운동상태
 \Rightarrow 같은 시각에 위치와 운동상태가 같으면 같은 위상
 - 마루와 마루, 골과 골은 서로 위상이 같음.
 - 마루와 골은 위상이 서로 반대임.
- ③ 보강 간섭과 상쇄 간섭

보강 간섭	상쇄 간섭
같은 위상으로 중첩되어 진폭이 커지는 현상	반대 위상으로 중첩되어 진폭이 작아지는 현상
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div>파동 1</div> <div>파동 2</div> <div>합성파</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div>파동 1</div> <div>파동 2</div> <div>합성파</div> </div>

(5) 이중 슬릿에서의 간섭

- ① 슬릿(slit) : 좁은 틈새나 좁은 홈
- ② 이중 슬릿 실험



S_1 과 S_2 에서 나온 빛이 P에서 밝으면 보강 간섭, 어두우면 상쇄 간섭이 일어남



- ③ 보강 간섭과 상쇄 간섭이 일어나는 지점

보통 $d \sim 10^{-4}\text{m}$, $x \sim 10^{-2}\text{m}$, $L \sim 1\text{m}$ 로 $L \gg d$, x 임.

\Rightarrow 경로차($|L_2 - L_1|$)는 대략 $d \sin \theta$

\Rightarrow 보강 간섭은 $d \sin \theta = m\lambda$, 상쇄 간섭은 $d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$

그런데, $L \gg d$, x 이면, $\sin\theta = \tan\theta \simeq \frac{x}{L} \Rightarrow d \sin\theta = \frac{dx}{L}$

$$\left[\because \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{\sin\theta}{\theta} = \frac{\tan\theta}{\theta} = 1 \right]$$

보강 간섭 : $d \sin\theta = \frac{dx}{L} = m\lambda \Rightarrow x = \frac{L\lambda}{d}m$

상쇄 간섭 : $d \sin\theta = \frac{dx}{L} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \Rightarrow x = \frac{L\lambda}{d}\left(m + \frac{1}{2}\right)$

($L \gg d$, x 일 때 성립하며, d : 슬릿 사이의 간격, L : 이중 슬릿에서 스크린까지 거리, x : 스크린의 중심에서 무늬까지 거리, λ : 파장, $m = 0, 1, 2, \dots$ 임.)

(6) 레이저

① 빛의 유도방출을 이용한 빛의 증폭

-laser : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

② 성질

- 단색성 : 한가지 색깔로 이뤄져 있음
- 직진성(지향성) : 레이저는 빛이 퍼지지 않고, 일정한 방향으로 직진
- 간섭성 : 위상의 차이에 따라 명암의 무늬가 나타남
(파장과 위상이 시간적 공간적으로 안정)

③ 응용 분야 : 광학 실험에서 빛의 성질 실험, 금속, 플라스틱, 나무 등의 절단 및 가공, 의료용 활용, 반도체 제조공정, 광통신, 광디스크, 각종 계측 등