

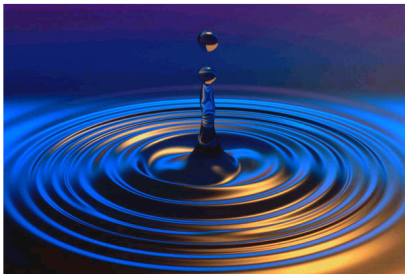
04

이중슬릿 실험

진리는 혼동에서 보다는 과실로부터 더 쉽게 나타난다.
- 프란시스 베이컨 -

■ 파동이란

파동은 시간과 공간으로 주어지는 한 점에서 정의되는 물리량 $g(t,x)$ 이 주기적으로 변하면서 공간상으로 전파되는 것을 말한다. 그 예로는 지진파, 수면파, 음파 등이 있으며 모두 매질을 필요로 한다. 즉 지각, 물, 공기 등을 매질로 하여 퍼지는 파동은 해당 분자들을 진동시켜 원거리 전파를 가능하게 한다. 북이나 현의 진동을 통해 발생되



|물방울로 인한 수면파의 형성|

는 음파는 해당 물리량인 기체의 압력이 변하는 것이고, 평형위치에 대한 수면의 높낮이 변위는 수면파가 된다. 진공중에서 기체분자가 없기 때문에 소리가 전달되지 않는 이유도 매질을 필요로 하는 이유에서 이다.

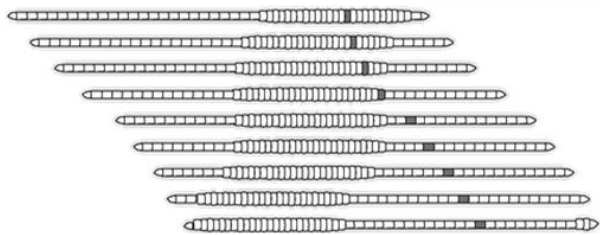
파의 진행방향과 진동방향이 평행할 때는 종파(음파, 지진파의 P파), 수직일 때는



|금속관내 음파의 진동으로 인한 초의 흔들림|

횡파(현의 진동, 수면파, 지진파의 S파, 전자기파)로 정의한다. 종파는 매질 입자 간격이 밀한 부분한 소한 부분이 나타나면서 전파되기에 소밀파라고 하며, 횡파는 매질 입자의 높낮이가 변화로 전파되므로 고저파라고도 한다. 수면파가 일고 있는 호수위에 떠 있는 배가 제자리에서 그저 오르락 내리락 하게 보이는 이유도 파의 진행방향과 진동방향이 수직인 횡파의 특성에 기인한다. 종파(P파)는 횡파(S파)보다 이동거리가 짧으며 지진이 났을 때 지표면을 더 작게 흔들게 되므로 피해 정도는 횡파가 더 심하게 된다.

지렁이가 기어가는 모양을 잘 관찰하면 거기에서도 일정한 패턴을 확인할 수 있으며, 지렁이의 몸을 압축하였다가 펼치는 과정에서 펄스가 작용함을 알 수 있다. 이 또한 매질인 물체를 이용한 파동 패턴을 가진 움직임이라고 할 수 있다.



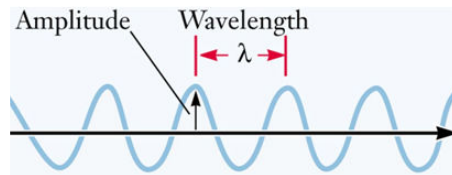
|지렁이의 움직임에서 관찰되는 파동 특성|

그렇다면 빛은 파동인가를 생각해 볼 필요가 있다. 전자기파라는 관점에서 빛도 파동이라고 할 수 있겠으나, 진공에서도 빛이 전파된다. 이는 매질을 필요로 한다는 파동의 전파 원리에 위배되므로

파동이라고 하기에 현재까지는 명확하지가 않다. 일단 파동의 일반적인 특성을 살펴보고 전자기파의 일종인 빛을 파동으로 간주할 수 있는지 파악하고자 한다.

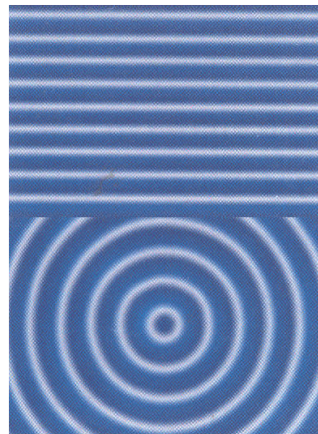
■ 파동의 중첩

파동은 매질의 진동 방향으로 진폭(A)과 파동의 진행 방향의 1 주기인 파장(λ)의 특성값으로 표현하며, 양의 최대 진폭을 마루, 음의 최저 진폭을 골이라고 표현한다.



파동의 일반적인 개형

2차원 파동인 수면파는 호수에 돌을 던졌을 때 발생하는 구면파와 그 원형파가 멀리 퍼져 나갔을 때 마루나 골의 모양이 직선이 되는 평면파로 구분할 수 있다. 구면파는 중심에서 멀어질수록 파의 높이가 줄어들고 시간이 지나면 물의 마찰열로 인한 에너지의 발산으로 다시 고요한 호수의 모습으로 되돌아간다. 평면파의 단면은 1차원 파동인 줄의 파동과 동일한 형상을 지닌다. 음파는 사방으로 퍼지는 3차원 파동이라고 할 수 있다.



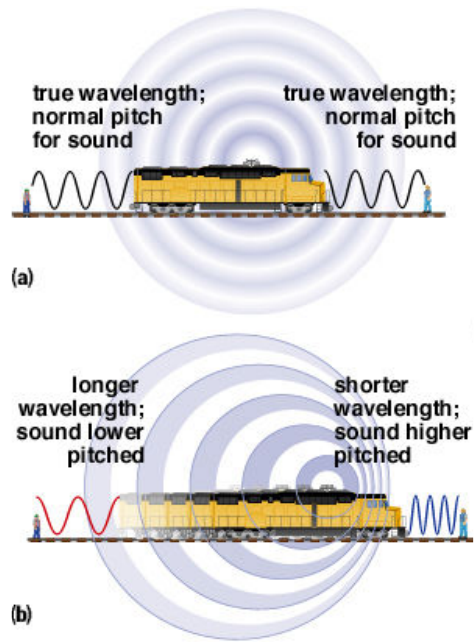
평면파와 구면파

사방으로 소리가 전파될 때, 만약 파원이 움직이거나 관찰자가 움직인다면 진동수와 파장이 바뀌는 현상이 발생하는데 이를 도플러효과(Doppler effect)라고 한다. 소리와 같이 매개체를 통해 움직이는 파동에서는 관찰자와 파동원의 매개체에 대한 상대속도에 따라 효과가 변한다. 빛이나 특



|소닉붐의 발생 장면|

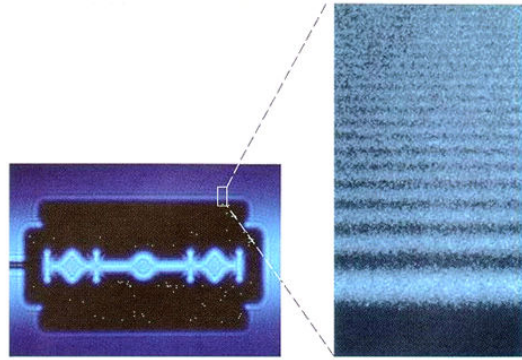
수 상대성이론에서의 중력과 같이 매개체가 필요 없는 파동은 관찰자와 파동원의 상대속도만이 도플러 효과를 작용한다. 예를 들자면, 멈춰있는 기차가 내는 소음은 일정하지만 빠르게 움직이는 기차의 소음은 앞쪽에 있는 관찰자에게 보다 크고(higher pitch) 강하게(shorter wavelength) 들리게 된다. 초음속 비행기나 발사체에 의해 발생하는 충격파(sonic boom)이라는 폭발음도 도플러 효과로서, 소리의 전파속도보다 비행체의 속도가 빠른 순간인 마



|고정체(a), 이동체(b)의 도플러 효과|

하(Mach 1)를 넘어설 때 이러한 현상이 발생한다. 박쥐가 사냥감을 찾는 것이나 주행속도계로 차에서 반사되어 나오는 빛의 주파수를 측정하여 차량의 속도를 측정하는 것도 도플러 효과를 이용한 것이다. 우리 은하가 팽창하는 것도 이 효과를 이용하여 설명된다.

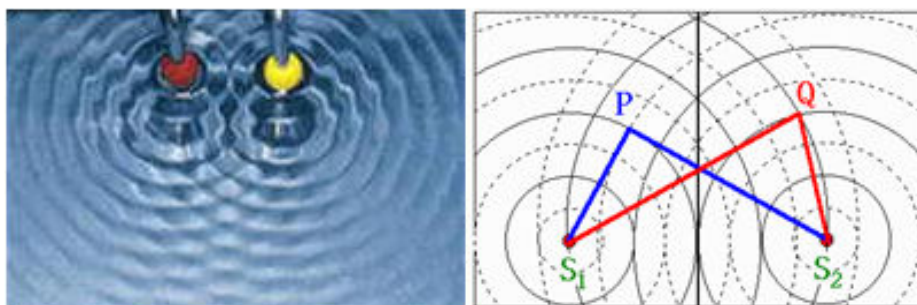
이러한 다양한 파동은 파동의 전파과정과 다른 파동과의 중첩, 파의 진행에 따른 장애물 등으로 인해 회절(에돌이), 간섭, 맥놀이 등과 같은 물리적인 현상을 만들어 낸다. 수면파가 진행하다가 장애물을 만나면 수면



|영상 이미지의 회절현상|

파의 가장자리 파면이 휘게 되는데 이를 회절(diffraction)이라고 한다. 아파트에서 옆집 사람의 이야기를 들을 수 있는 이유도 음파가 벽의 좁은 틈을 통해 퍼져 나와 전달되는 회절현상으로 설명된다. 파장이 짧은 극초단파를 사용하는 TV는 회절이 잘 안되어 건물에 가리면 수신상태가 나빠지는 반면, 파장이 긴 중파인 라디오파는 원거리 수신이 우수하다. 회절은 일견 음파에서만 볼 수 있는 것이 아니라, 좁은 틈을 지나는 수면파에서도 관찰할 수 있으며, 영상이미지의 경계 부분에서 발생하는 빛의 회절도 관찰된다. 홀로그래프식의 입체영상 디스플레이도 빛의 회절과 간섭 현상을 이용한 것이다. 입자상 물질 내의 격자 간격 또는 결정성 확인시에 XRD라는 장비를 이용하는데, x선의 회절현상을 이용한다. CD에 새겨진 수많은 홈이 회절격자(diffraction grating)와 같은 역할을 하여 무지개 빛깔이 나타나는 것도 회절현상이다. 또한 그림자의 분명한 경계선을 어디라고 얘기할 수 없는 것도 빛의 회절현상이다.

파동의 중첩(superposition)은 두 개의 파동이 만나게 되면 겹쳐지는 지점에서는 두 파가 혼합하여 서로 교란되는 듯이 보이지

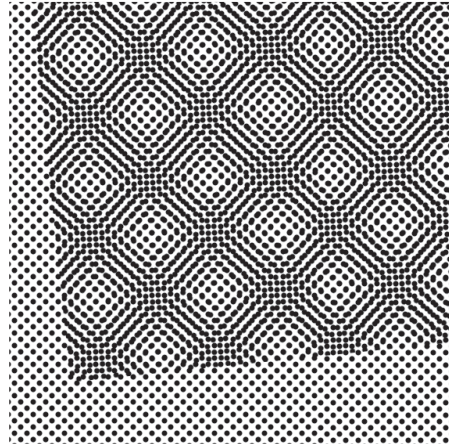


두개의 수면파의 중첩으로 인한 보강/상쇄 간섭

만, 그 지점을 통과하게 되면 원래의 모습을 그대로 유지하면서 진행 방향으로 나아가게 되는 현상에서 비롯된다. 방파제에 부딪혀서 반사되어 나오는 파도와 방파제로 다가가는 파도는 서로 빠져나가고 원래의 파형을 유지하는 것도 이러한 중첩의 원리이다. 즉 파동이 만족하는 파동방정식의 물리적인 해가 무수히 많은데 이의 적절한 조합도 해가 된다는 중첩의 원리가 성립된다. 중첩을 통해서 파동의 보강과 상쇄가 일어나고 이는 곧 보강/상쇄 간섭(interference)을 일으킨다. 위상이 같은 두 파동이 만나면 진폭은 두 파동의 진폭의 합이 되며(보강 간섭), 위상이 반대이면 진폭은 두 파동의 차(상쇄간섭)가 된다. 중첩의 결과는 파동의 에너지가 변하는 것처럼 보일 뿐, 각 파동의 에너지는 그대로 유지된다. 즉 파동의 중첩은 곧 파동의 독립성을 보장한다. 그러나 파동의 진폭이 너무 커지면, 즉 스프링을 너무 잡아 늘이면 탄성을 잃어버리고 후크(Robert Hooke, 1635-1703)의 법칙($F=kx$)을 만족시키지 못하게 되는 상태에서는, 매질의 본성이 변하기 때문에 중첩의 선형성을 잃어버린다.

수면파에 돌멩이 두 개를 던졌을 때 발생하는 두 개의 수면파의 중첩과정에서 보강과 상쇄 간섭을 쉽게 관찰할 수 있다. 두 파

원의 경로차가 짝수배일 때는 보강 간섭(마루-마루, 골-골)이 발생하고 홀수배이면 상쇄간섭(마루-골)이 일어나서 파면의 밝고 어두움의 차이가 발생한다. 즉, 그림에서처럼 $|S_1Q-S_2Q|=(2m)\lambda/2$ 이면 보강이며, $|S_1P-S_2P|=(2m+1)\lambda/2$ 이면 상쇄 간섭이 된다. 진폭이 같은 두 파동이라면 진폭이 2배(세기는 4배)가 되는 완전보강간섭이나, 파동이 중첩되는 순간 사라지는 완전상쇄간섭도 발생한다. 파동의 간섭은 모아레(Moiré, 동프랑스 Rhône 지역의 마을 이름) 패턴과 같은 특이한 현상도 만들어 낸다. TV에서 줄무늬 셔츠를 입은 사람의 모습을 관찰할 때 간섭된 무지개 같은 선이 생기는 현상이 바로 간섭이다. 문양이 새겨진 두 개의 투명 OHP 필름을 겹쳤을 때 이러한 현상을 쉽게 관찰할 수 있다. 모아레 패턴은 물체의 굴곡 등을 3차원 이미지화 시킬 때 사용할 수 있다.

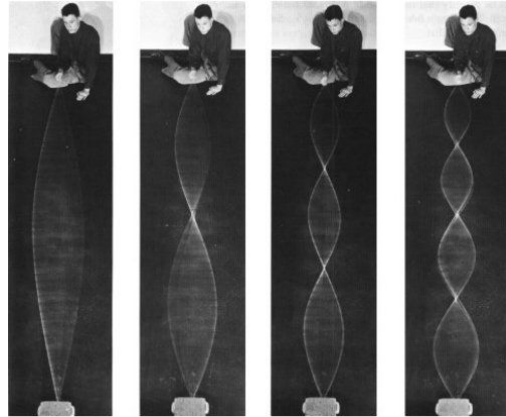


모아레 패턴의 예

파동의 중첩으로 인해 나타나는 또 다른 현상은 서로 엇비슷한 진동수의 소리가 겹쳐서 들릴때 주기적으로 소리가 커졌다 작아졌다하는 맥놀이 현상(beat phenomenon)이다. 에밀레종을 타종할 때 그 소리가 멀리 나아갈 수 있는 것도 이러한 맥놀이 현상 때문이다. 또한 악기 조율시에도 이러한 맥놀이 현상을 이용한 것이며, 두 개의 머리빗을 맞대어 움직여 보면 일종의 맥놀이 현상이 발생한다. 앞에서 설명한 모아레 현상은 사실 시각적으로 표현된 맥놀이 현상이라고 할 수 있다.

줄을 이용한 파동 형성시에는 정상파(standing wave)가 발생하는 데, 줄을 따라 진행하던 파동이 벽에 부딪혀서 반사되어 나오는 과정에서 줄의 위치에 따라 진동하는 부분과 진동하지 않는 부분을 형성하게 된다. 이는 파장이 같은 두 파동이 중첩되어 공간에 머무르는 것 같은 현상을 보이게 된다. 서로 마주보고 다가오는 두 개의 파

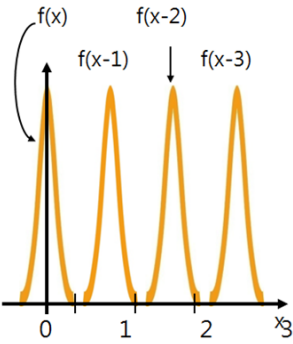
동이 동일한 진동수라면 $[A\sin(kx \pm \omega t)]$, 두 파동의 중첩으로 발생하는 파동은 $[2A\sin(kx)][\cos(\omega t)]$ 가 되어 진동수(ω)는 동일하되 진폭이 $2A\sin(kx)$ 로 변하게 된다. 모래를 뿌린 판을 스피커위에 올려두고 일정한 주파수로 진동하게 하면 일정한 패턴이



|노드수 증가에 따른 정상파의 형태 변화|

나오는 원리도 정상파의 형성에 기인한다. 북처럼 테두리에 의해 파동이 갇혀 있는 경우도 정상파를 형성하게 되고 이때는 특히 공명(resonance) 현상이 발생한다. 바닷가에서 소리를 컷가에 대고 있으면 어떤 소리가 들리는 것도 주변의 바람이 소리와 공명하여 나타나는 현상이다. 미국 워싱턴 주에서 발생하였던 현수교(1940년, Tacoma Narrows Bridge)의 파괴에서와 같이, 해당 물체가 지닌 고유진동수와 주변의 소리가 만들어낸 공명진동수의 결합은 물리적 파괴로 초래할 수 있다. 소프라노의 고성을 이용한 유리잔의 파괴 실험도 이러한 현상의 결과이다.

1차원 파동방정식



$$f(x) = f(x \pm vt) = f(u)$$

$$\rightarrow \frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial u} \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial u}, \quad \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial f}{\partial u} = \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 f}{\partial u^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial u^2}$$

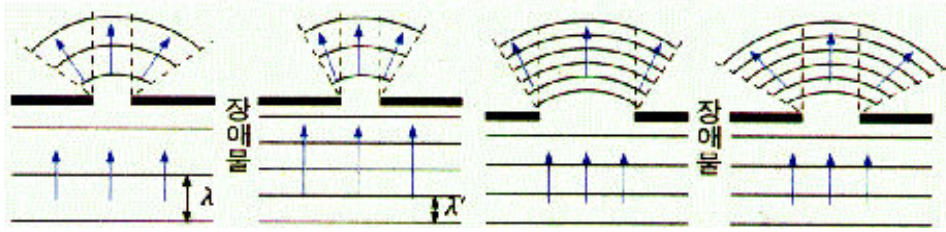
$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial f}{\partial u} \frac{\partial u}{\partial t} = (\pm v) \frac{\partial f}{\partial u}, \quad \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = (\pm v) \frac{\partial u}{\partial t} \frac{\partial^2 f}{\partial u^2} = v^2 \frac{\partial^2 f}{\partial u^2}$$

$$\therefore \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial u^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2}$$

파동의 전파를 시간과 공간적 위치에 대하여 규정하고 이를 편미분 방정식으로 나타낸 것이 파동방정식(wave equation)이다. 기타와 같은 현의 진동에서는 파동방정식이 x축 방향만을 고려한 1차원 파동방정식으로 단순화되며, 이때 속도 v 는 음속(300 m/s)가 된다. 파동의 모든 정보는 파동량의 공간과 시간의 함수로 완벽하게 기술되며, 파동함수의 차원은 함수가 표현하고자 하는 파동량의 물리적인 차원과 동일하다. 즉, 수면파나 현의 파동은 거리의 차원을 가지고, 음파는 음압파동으로 보면 압력, 소밀파동으로 보면 밀도, 변위파동으로 보면 거리의 차원을 갖는다.

단일슬릿의 회절

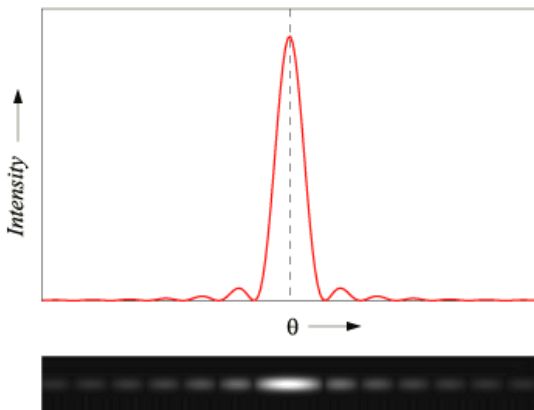
파동의 회절은 앞서도 살펴봤듯이 파동의 진행방향에 장애물을 만났



|슬릿의 폭과 파장에 따른 회절 정도|

을 때 파면이 휘어지는 현상을 말한다. 일정 파장의 수면파가 단일슬릿(single slit)을 이용한 회절에서는 슬릿을 빠져나간 파면은 무수히 많은 구면파를 형성하게 된다. 슬릿의 폭이 좁을수록, 파장이 클수록 회절의 세기는 커진다. 스피커의 경우 대체로 세로로 길게 생긴 이유도 좌우로 퍼지는 소리의 특성을 이용한 것으로, 좌우로는 회절이 잘 일어나도록 좁게 만들고 위아래로는 길게 만들어 회절이 잘 일어나지 않도록 한 것이다.

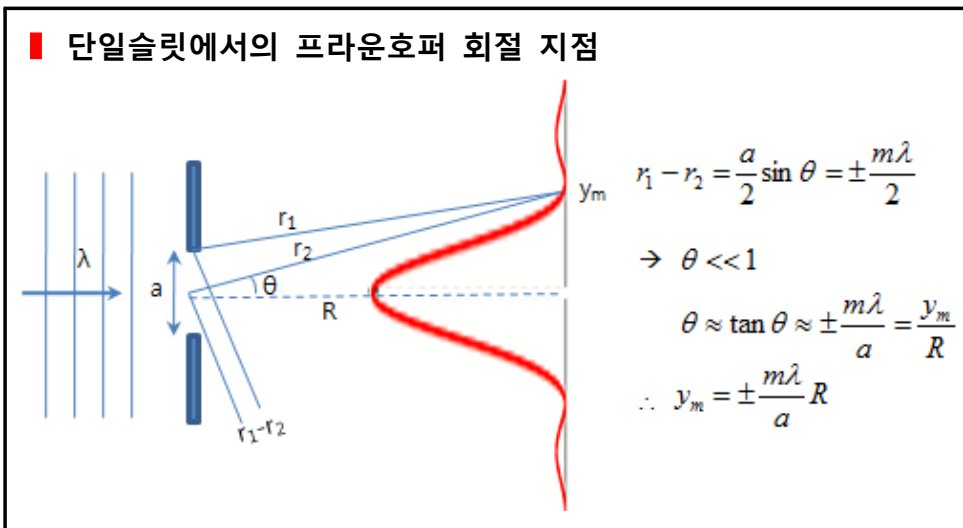
빛을 이용한 슬릿실험에서도 회절현상이 동일하게 발생한다는 점에서 빛을 파동으로 볼 수도 있다. 빛을 슬릿에 조사할 때, 빛의 파장이 슬릿의 크기 정도가 될 때 회절 현상이 두드러지게 나타난다.



|단일슬릿을 통과한 빛의 회절현상|

빛은 슬릿을 지나면서 수면파와 동일하게 회절이 나타나지만 무수히 많이 형성된 새로운 구면파가 서로 간섭하게 되어 명암이 있는 회절 무늬가 나타나게 된다. 나타난 회절 무늬의 간격이 넓을수록 회절이 잘 일어난 것으로 간주할 수 있으며,

슬릿과 스크린의 거리가 멀수록 빛의 강도가 셀수록 회절이 잘 나타난다. 검댕이를 칠한 유리판에 얇은 슬릿을 형성한 다음 레이저를 비추면 회절 무늬를 얻을 수 있다. 적색광의 레이저는 녹색광의 레이저보다 파장이 길기 때문에 회절이 더 잘 일어나고 더 넓게 퍼지게 된다. 또한 눈 가까이에서 두 손가락을 아주 가깝게 하여 직선 광원을 바라보면 손가락 사이에 줄무늬 형태의 회절선들이 나타나는 것도 단일슬릿 회절과 동일한 결과이다. 그렇다면 빛 또한 파동이기에 회절을 하고 담장 너머의 사람에게 소리가 회절되어 전달되듯이 빛도 담장을 넘어가야 하지 않을까 생각할 수 있다. 그러나 빛의 파장이 너무 짧기 때문에 회절이 잘 발생되지 않는 것이다.



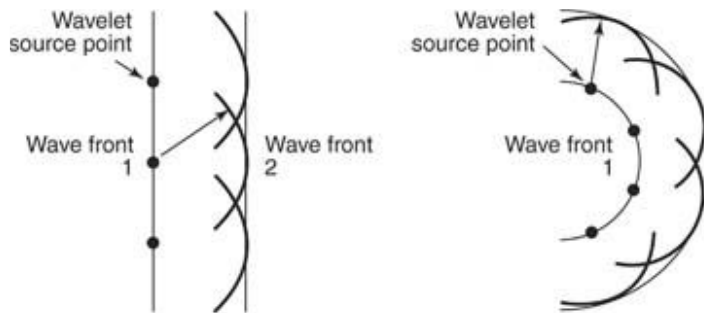
빛의 회절은 스크린과 슬릿간의 거리에 따라서 프라운호퍼 (Fraunhofer) 회절과 프레넬(Augustin Fresnel, 1788-1827) 회절로 구분된다. 전자는 원거리 회절로 스크린이 장애물로부터 충분히 떨어져

있는 경우로, 모든 광선을 평행광선으로 간주했을 때 발생하며 회절 무늬는 거리에 상관없이 동일하게 된다. 반면 근거리에서 발생하는 프레넬 회절은 거리에 따라 회절무늬가 달라지는 특징이 있다. 단일 슬릿에서 프라운호퍼 회절이 발생하는 조건은 다음과 같이 계산할 수 있다. 슬릿의 가장자리와 중심에서 진행하는 빛의 경로차(r_1-r_2)는 $(a/2)\sin \theta$ 가 되며 이때 소멸간섭이 발생하는 $\pm m(\lambda/2)$ 가 된다. 이때 θ 가 보통 1보다 상당히 작기 때문에 결국, 어둡게 나오는 부분은 중심으로부터 $\pm mR(\lambda/a)$ 인 지점이 된다. 첫 번째 어두운 무늬가 나타나는 위치는 λ/a 에 의해 슬릿 폭이 작을수록, 파장이 클수록 중심에서 멀어진다. 즉 밝은 무늬의 폭이 커진다.

■ 호이겐스 원리

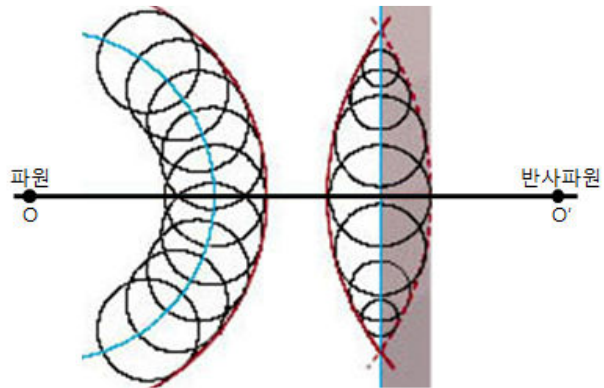
단일슬릿이나 회절격자를 통과하는 빛이 스크린에 줄무늬를 형성하는 것을 호이겐스(Christiaan Huygens, 1629-1695)가 파면(wave front)상

에서 발생하는 새로운 구면파의 간섭으로 해석하였다. 파면은 파동의 마루를 이어준 곡선 또는 곡면으로,



[호이겐스 원리에 의한 평면파와 구면파의 전파]

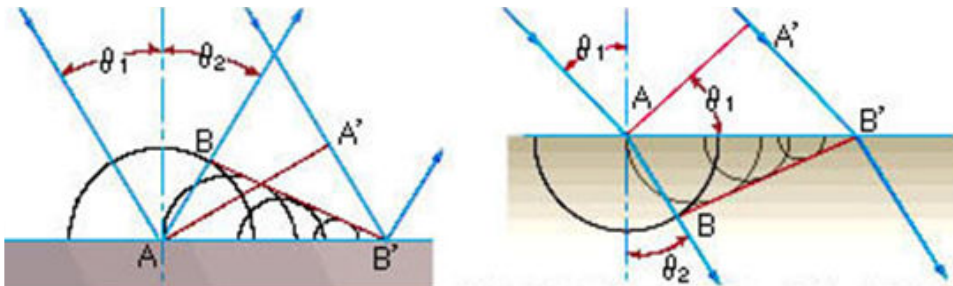
파면이 시간에 따라 그 다음 파면을 형성하는 원리를 이용하여 빛을 파동으로 보고 빛의 굴절 현상과 반사의 법칙을 호이겐스 원리로 설명하였다. 즉, 파면의 각 지점들이 구면파를



[호이겐스 작도법에 의한 구면파의 반사]

발생시키는 파원이 되고, 무수히 많은 구면파가 겹쳐서 만드는 그 포락선이 다음 파면을 형성한다는 것이다.

호이겐스의 작도법에 의하면 구면파의 반사와 평면파의 반사, 굴절 현상을 쉽게 이해할 수 있다. 구면파가 평면에서 반사할 때는 파원의 대칭점에서 나온 파와 같이 진행하게 된다. 평면파의 반사는, 입사각(θ_1)의 파면 AA'의 한 끝 A'가 B'에 이르렀을 때 파면 BB'로 반사되는 것으로 설명되며, 이때 $\angle BAB' = \angle A'B'A$ 이고 입사각과 반사각(θ_2) 또한 일치한다. 평면파의 굴절은, 제2의 매질로 진행하는 파는 두 매질 내에서의 파의 속도가 달라지고 파면 BB'가 AA' 파면에 대해 평행하지 않고 일정 기울기를 지니게 되고, 이때 굴절로 인

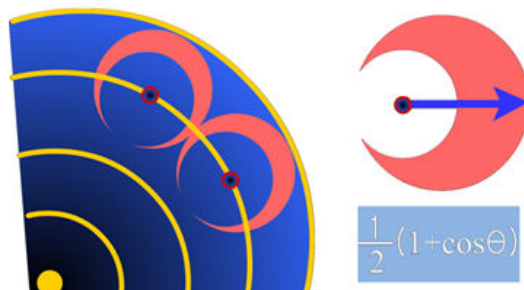


[호이겐스 작도법에 의한 평면파의 반사와 굴절]

한 속도차이를 $A'B'/AB=v_1/v_2=\sin \theta_1/\sin \theta_2$ 로 설명한다.

호이겐스 원리는 임의 모양의 파면에서 그 다음 파면이 어떻게 형성될지를 예측하는 좋은 방법이긴 하지만, 개별 점 파원에 대해서는 해석이 어렵게 된다. 즉, 개별 점 파원은 사방으로 동일한 세기의 파동을 만들므로 파면의 진행방향에 반대되는 방향의 파동도 생겨야 하나 파동의 진행방향의 반대로는 파면이 전파되지 않는다는 것이다. 프레넬과 키르히호프(Kirchhoff)는 호이겐스 원리를 보완하여, 호이겐스-프레넬-키르히호프

원리를 제안하여 파는 그 진행방향쪽으로 가장 강한 파를 만든다는 결론을 내렸다. 이는 파면의 진행방향과 이루는 각도에 따라 파의 세기가 달라진다는 것으로, 파면



수정된 호이겐스 원리에 의한 구면파 전파

이 형성하는 개별 점 파원은 구면파를 만들어 내기는 하지만 파의 진행방향으로 가장 강하고 반대 방향으로서는 진폭이 0인 파동을 만든다는 것이다. 이때 전파되는 파동의 세기는 $(1+\cos \theta)/2$ 로 표현한다.

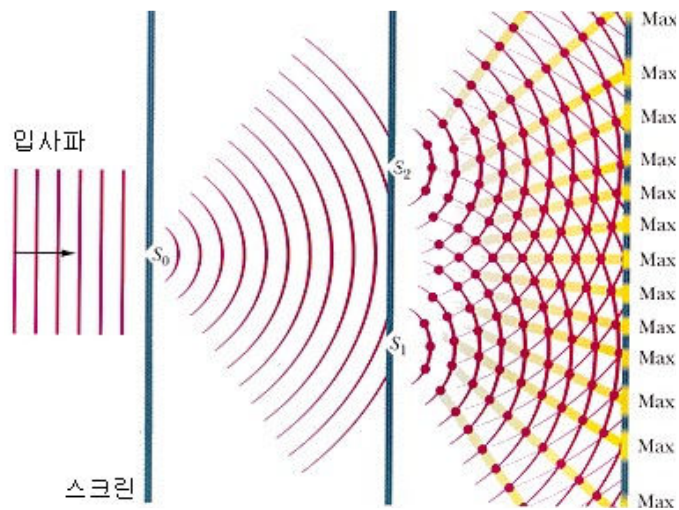
■ 이중슬릿 실험

단일슬릿을 통과한 빛은 스크린의 가운데 부분(single Gaussian)에서 가장 강도가 세게 나오며, 이는 파동으로 해석하여 잘 설명할 수 있

었다. 그러나 빛을 입자라고 생각한다면, 즉 총알을 단일슬릿에 통과 시키더라도 파동일 때와 유사한 결과가 나오게 된다. 이런 모호한 상황에서 영(Young)의 이중슬릿 실험을 통한 빛의 간섭현상을 증거로 하여 빛이 파동이라는 확고한 증거를 마련하게 된다. 빛의 간섭현상은 입자성을 주장하던 뉴턴에 의해 원무늬(Newton's ring) 관찰에서 일찍이 발견되었다. 이후 맥스웰에 의해 빛은 전자기파이고 곧 빛이 파동이 된다는 것을 집대성하였다. 영의 실험을 통해 흑체복사 문제가 등장하기 전까지는 빛은 곧 파동이라는 것이 정설이 되었다.

첫 번째 스크린의 작은 구멍에서 회절된 빛이 두 번째 스크린의 이중슬릿을 동시에 통과하면서 또다시 회절된 빛끼리 중첩하게 된다. 이때 보강간섭과 상쇄간섭이

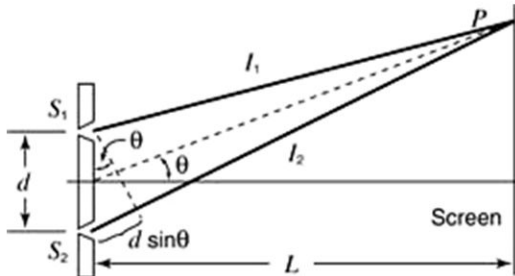
발생하게 되어 밝고 어두운 띠 모양의 간섭무늬가 중심을 대칭으로 나타나게 된다. 이는 수면파를 이용한 결과와 일치하는 것으로 빛이



영의 이중슬릿 실험

파동이라는 확실한 증거가 된다. 두 개의 구멍에서 회절된 빛은 경로차($l_1 - l_2 = d \sin \theta$)가 발생하게 되고 이 값이 파장의 정수배($n \lambda$)가 되면 보강간섭이 되어 밝은 무늬가 나타난다.

이중슬릿에서의 간섭무늬 발생 해석



Constructive interference (max)

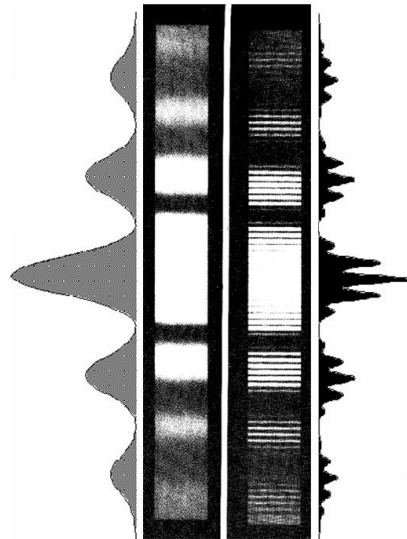
$$\rightarrow d \sin \theta = n\lambda$$

$$y_{\max} = \frac{n\lambda D}{d}$$

Destructive interference (min) $\rightarrow d \sin \theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$ $y_{\max} = \frac{(n+1/2)\lambda D}{d}$

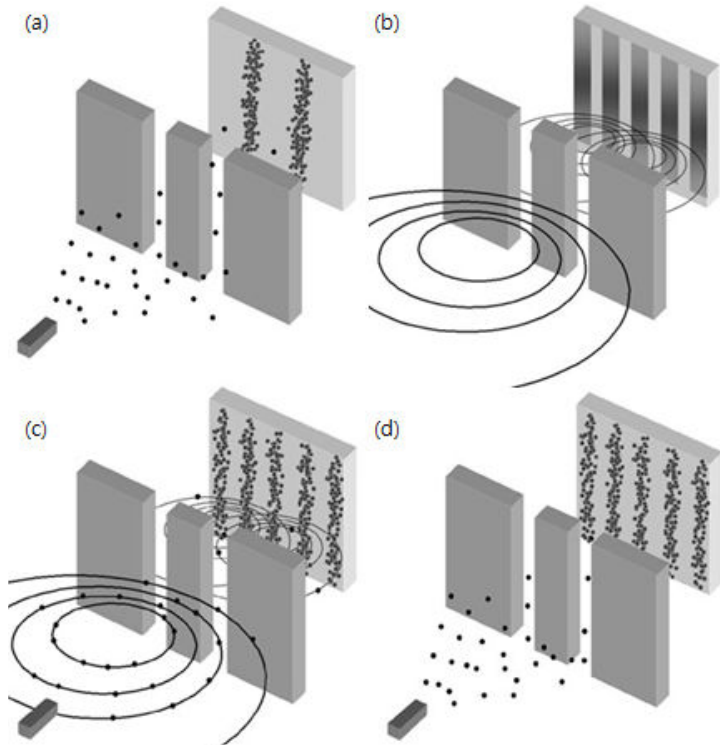
단일슬릿을 통과한 빛에서는 형성된 띠 개개의 내부는 연속적인 형상을 보이지만 다중슬릿을 통과한 빛은 개개의 밝은 띠 내에 또 다른 무늬가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이는 슬릿의 개수가 증가할 수록 늘어나지만, 간섭무늬의 큰 테두리는 단일슬릿을 통과한 가우시안 분포내에 배열된다.

두 슬릿을 통과한 총알이라면 스크린에 맞은 총알의 분포는 단일슬릿을 통과한 총알의 단일분포의 단순합처럼 나타난다. 즉 스크린의 중앙이 아닌 슬릿 위치에서 밝은 띠가 나타나게 된다. 반면 파동은 중심에서 가장 밝은 띠가 나타난다. 이는 간섭의 존재여부를 나타내는 것으로 입자는 상호 간섭



[단일/다중슬릿 간섭 비교]

하지 양기에 구멍을 가장 잘 통과할 수 있는 위치에서 입자의 분포가 많이 나타나는 것이다. 플러렌(fulleren, C_{60})이라는 탄소로 이루어진 나노 입자를 빠른 속도로 가속시켜 이중슬릿에 통과시키면 입



이중슬릿실험 (a) 입자, (b) 파동, (c) 빛, (d) 전자

자성이 사라지고 파동이 통과한 결과처럼 간섭무늬가 발생한다. 전자(electron)는 일반적으로 입자로 생각되지만, 이중슬릿 결과는 파동의 슬릿결과와 동일하게 나타난다. 즉 입자라고 하더라도 충분히 빠른 속도로 이중슬릿을 통과하게 되면 파동과 같은 간섭현상이 나타난다는 것이다. 빛은 영의 실험에서 파동의 특성으로 명명되는 듯 했지만, 광자라는 관점에서 본다면 속도가 충분히 빠른 광자라는 입자가 발생시키는 파동일 수도 있는 것이다. 이는 곧 빛의 이중성(wave-particle duality)을 또다시 상기시킨다.

■ 등장인물 살펴보기



로버트 후쿠(Robert Hooke, 1635-1703)

영국의 화학자, 물리학자, 천문학자이다. 영국 왕립학회 회장을 역임했으며, 옥스퍼드대학 기하학과 교수를 지냈다. 그의 이름을 딴 탄성법칙으로 유명하며, 식물의 세포구조를 발견하여 현미경의 아버지로도 기억되고 있다. 연소와 호흡에 관하여 연소설을 주장하였다.



어거스틴 프레넬(Augustin Fresnel, 1788-1827)

프랑스의 물리학자이다. 수학적 해석을 활용하여 빛의 직진, 그림자의 존재, 빛의 반사, 굴절 등을 설명하여 빛의 파동설 확립에 기여하였다. 또한 1820년에는 편광 실험을 통해 빛이 횡파라는 결론을 내리기도 하였다. 광학쪽의 기여로 프레넬렌즈로 개발하였다.



크리스티안 호이겐스(Christiaan Huygens, 1629-1695)

네덜란드의 물리학자, 천문학자이다. 빛의 파동설을 수립하는데 있어 호이겐스 원리를 확립하였다. 또한 토성의 고리를 발견하였고, 탄성체의 충돌문제, 진자운동을 연구하여 운동량-에너지 보존법칙을 전개하여 역학의 기초를 세우는 데 공헌하였다.