

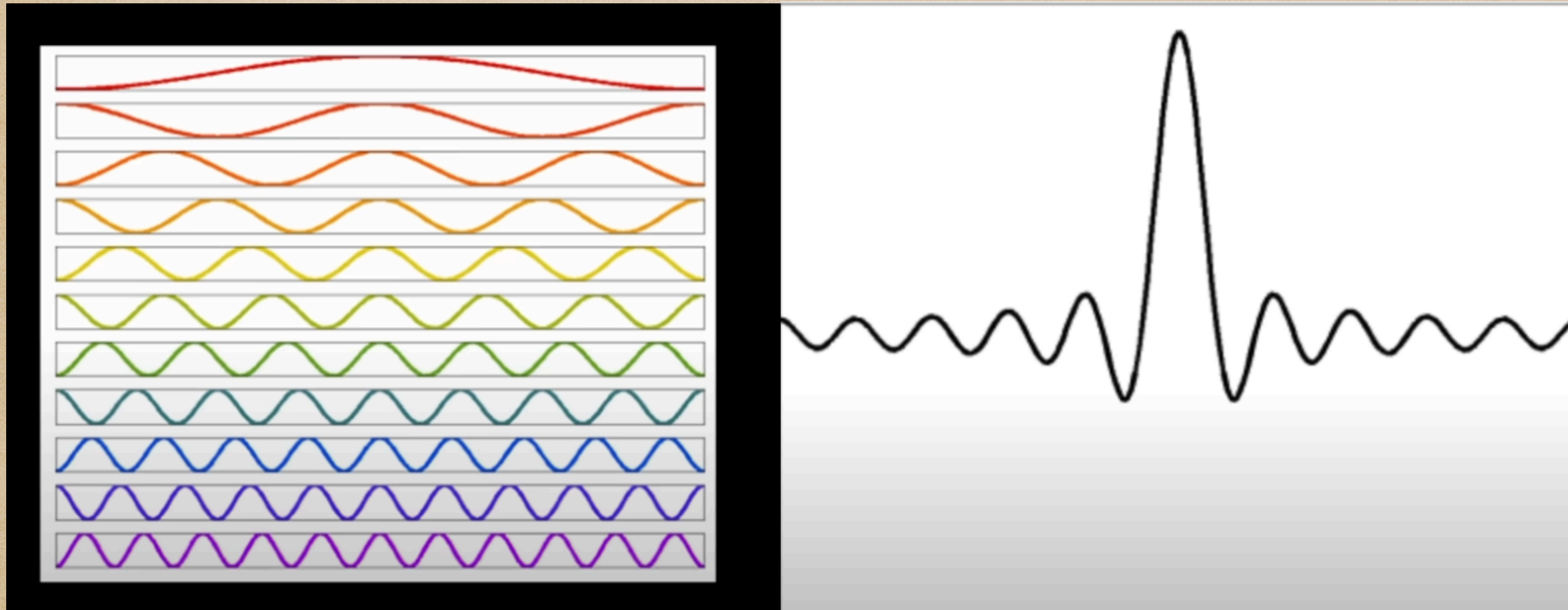
**물체가 있어서 볼 수 있는게 아니라 볼 수
있어서 물체가 있는 것이다.**

1. 고전물리학의 핵심

- 뉴턴의 고전역학은 어떤 물체의 위치와 속도를 정확히 알 수 있으면 이를 통해서 앞으로 일어날 일을 계산하는게 가능하다고 생각했다.
- 고전 물리의 핵심 : 미래는 예측 가능하다. 어떤 의미에서는 미래가 결정되어 있다는 일부 점쟁이들의 견해보다도 과학적 결정론은 더 결정적이다.
- 내가 지금 속도를 알고 현재의 위치를 안다면 2초 후의 위치와 속도를 알 수 있다.
- 세상을 움직이는 힘을 안다면 현재 위치와 속도를 바탕으로 미래는 예측가능하다. ($F=ma$)
- 근대 과학은 신학적 결정론을 대체함으로써 중세적 사유가 붕괴된 이후의 아노미 상태를 극적으로 봉합한 셈이다.

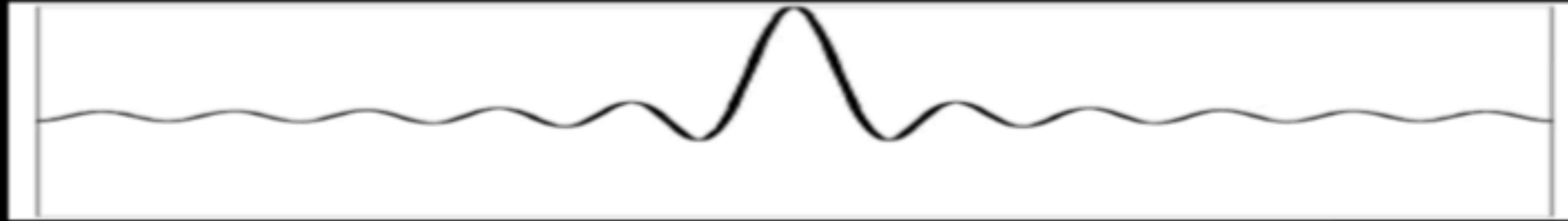
2. 불확정성의 원리.

- 다음 그림에 나타난 파동을 모두 합하면?



- 파장이 서로 다른 것을 다 합치면 가운데가 도드라진 하나의 파장으로 변한다.

불확정성 원리



이 파동의 위치는?
이 파동의 속도(파장)는?

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

- 파동이 어디에 있는가를 물으면 여러 개의 파동이 섞이면 가운데 볼록 올라온 파동을 통해 파동의 위치를 알 수 있다.
- 우리는 손가락을 가운데를 가르키며 저기에 있다고 대답할 수 있다.
- 하지만 파장이 얼마인가를 물으면 답을 말할 수 없다.
- 즉, 파동의 위치를 알 수 있지만 파동의 파장을 알 순 없다. 왜냐하면 여러 개의 파동이 합쳐져 있는 상태이기 때문에 파장을 계산하는 것은 불가능하다.
- 여기서 파장은 파동의 속도와 관련 있다.

- 이 파동의 파장은 얼마인가? = 이 파동의 속도는 얼마인가?
- 속도가 얼마인가라는 질문에 대해서도 모른다고 밖에 할 수 없는데 왜냐하면 여러개의 속도가 합쳐진 상태이기 때문이다.
- 여러 개가 섞이지 않은 하나의 파동은 파동의 파장을 알 수 있다. 하지만 이 상태에선 파동의 위치를 알 수 없다. 왜냐하면 단일한 파동은 위치가 골고루 퍼져 있기 때문이다.



이 파동의 위치는?
이 파동의 속도(파장)는?

그러나 이 상태에선

파동의 위치를 알 수 없음

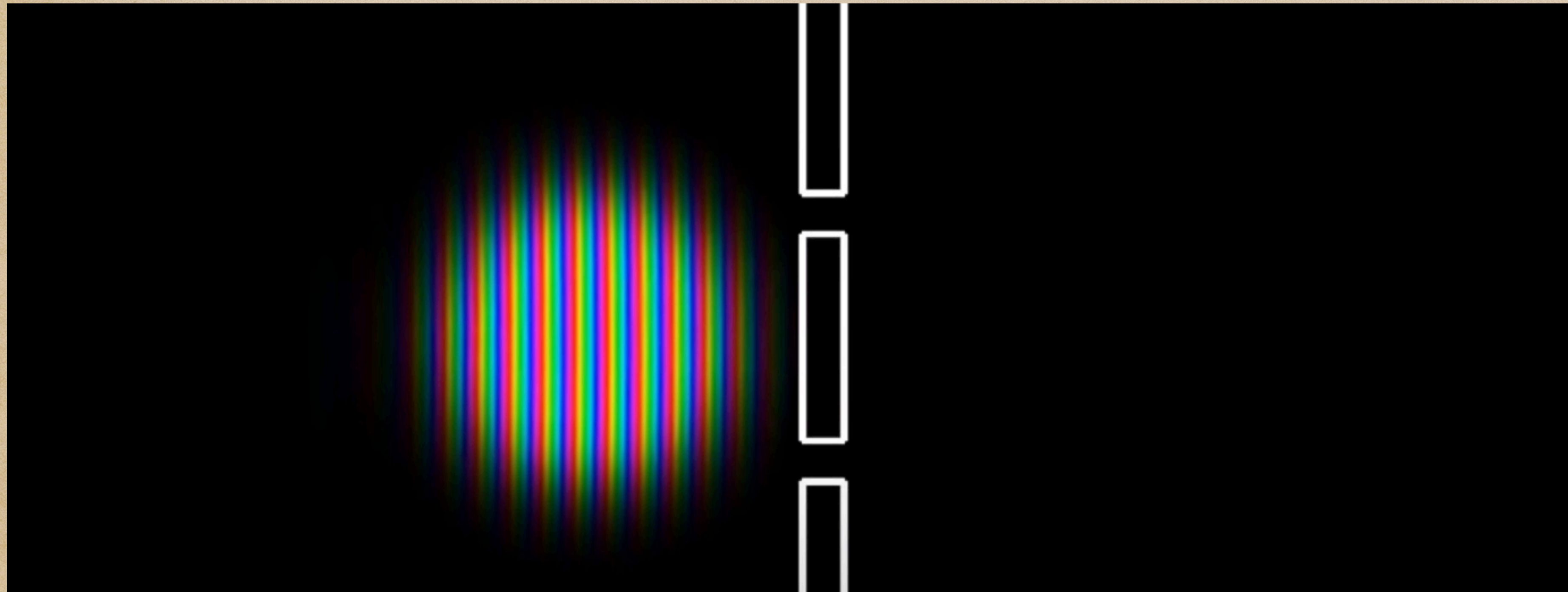
- 그래서 세상이 파동이라는 것을 인식하는 순간 위치를 정확히 알면, 파장(속도)를 알 수 없고, 파장(속도)를 정확히 알면, 위치를 알 수 없다.
- 나의 위치와 나의 속도만 알면 미래는 예측가능하다고 믿었던 고전역학의 신념은 세상이 파동이라면 더이상 통용되지 못 한다.
- 20세기 초에 양자역학이 등장하면서 위치와 속도를 정확히 알 수 있다는 것 자체가 불가능하다는게 알려지게 된다.
- 우리가 어떤 물체의 위치와 속도를 측정하는 유일한 방법은 그 물체로 무언가를 던져보는 것 뿐이다.
- 우리는 평소에 빛을 던져서 그 물체를 부딪치고 나온 것을 보고 그 물체의 위치를 알 수 있다.
- 우리가 시각적으로 그 물체를 본다는 것은 눈이 있어서 볼 수 있는 것이 아니라 튀어나온 광자의 정보가 우리의 눈과 상호작용해서 나온 정보를 시신경을 통해서 뇌로 전달하고 뇌가 그 정보를 재 해석한 결과이다.

- 이것은 시각뿐 아니라 오감 중에 그 어느 것을 사용하더라도 비슷하다.
- 물체를 만져서 알 수 있는 촉각은 전자기력의 상호작용 데이터를 해석한 것이며, 미각, 청각, 후각 모두 결론적으로는 전자기력(매개입자=광자)의 상호작용 데이터를 뇌가 재해석해서 알려 주는 것으로 미각, 청각, 후각 모두 마찬가지이다.
- 문제는 너무나도 작은 입자의 위치를 측정하려할 때가 문제가 된다.
- 전자는 너무 작아서 관측한다는 행위 자체가 전자의 위치와 속도를 발꿀 수 있다.
- 이 때문에 전자의 위치는 특정 범위 안에 있다는 것은 알 수 있어도 정확한 위치는 알 수 없다.
- 그 안에 전자가 있는 위치는 관측 전까지 확정되어 있지 않다.(불확정성의 원리-하이젠베르크)
- 이러한 현상을 두고 [실제로는 전자의 위치는 존재하지만 기술적인 한계 때문에 알 수 없는 것이다.]라고 주장하는 과학자들이 있었지만 결론적으로 측정할 수 없으면 정확한 위치는 알 수 없다는 것이 코펜하겐 해석이다.
- 아인슈타인의 비아냥 : 전자의 위치가 확률로 존재한다고? ㅋㅋㅋ 그건 그냥 뇌들이 알아내지 못하는 것임! 신은 주사위 놀이를 하지 않는다!!! <=> 하이젠베르크 : 응 아냐~~ 암만봐도. 신놈 저거 가차중독일 것 같아.

3. 물체가 존재하기 때문에 볼 수 있는게 아니라 보기 때문에 존재하게 되는 것이다.

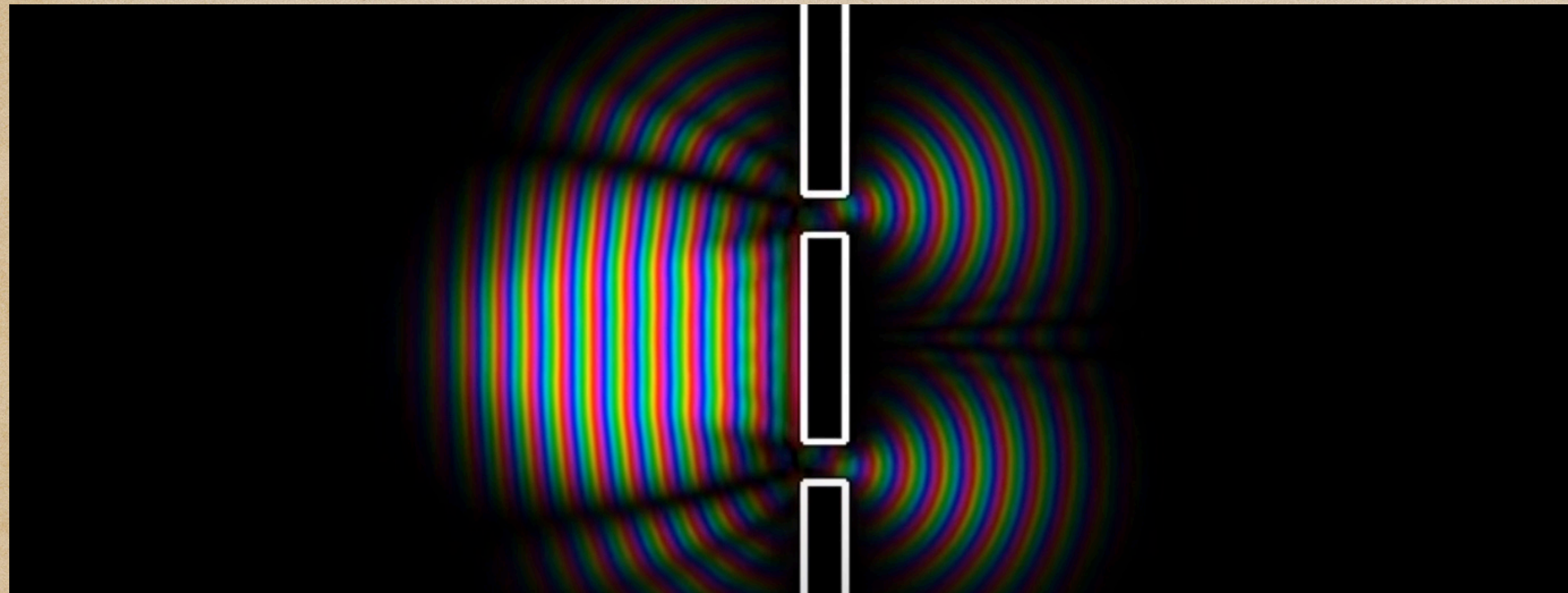
- 그럼에도 불구하고 아직까지도 관측 전에 정확한 위치가 존재한다는 관점도 있다. (뭐야, 관측 전에 위치가 없다니 이게 말이 돼?)
- 얼마전 일리노이에 있는 연구소에서 단일 중성자를 이용해서 이중슬릿 간섭계 실험을 진행했고 놀랍게도 단일 중성자가 두 개의 구멍으로 동시에 통과한다는 사실이 밝혀졌다.
- Physical Review Research에 게재된 이 연구의 놀라운 점은 기존 이중슬릿 실험과 달리 단 한 개의 단일 중성자가 두 개의 구멍을 동시에 통과한다는 사실을 밝혀냈다고 한다.
- 물론 우리가 일반적으로 생각하는 이중슬릿 실험에서 이런 일은 일어나지 않지만 이것이 가능했던 것은 중성자 하나가 동시에 통과하기에 충분할 정도로 매우 미세한 이중슬릿을 통해 일어난 일이다.
- 무슨 말이나면 양자역학의 불확정성원리에 의하면 한 소립자의 위치는 측정 전까지 정확한 위치를 알 수 없고 대략 어느 범위 안에 있을 것이라는 사실을 알 수 있는데 관측하는 순간 그 범위 안의 한 곳에 소립자의 위치가 확정되는 것이다.

- 연구팀은 관측 전에 소립자의 위치가 확정되지 않는다는 역자역학의 설명이 맞다면 이중슬릿 간섭계를 이 중성자가 존재할 수 있는 범위보다 더 미세한 간격으로 만들어서 실험을 하면 중성자는 관측 전까지 두 개의 구멍을 동시에 지날 수 있는 상태이기 때문에 단일 중성자가 두 개의 구멍을 동시에 통과했다는 증거를 얻을 수 있을 것으로 생각했다.

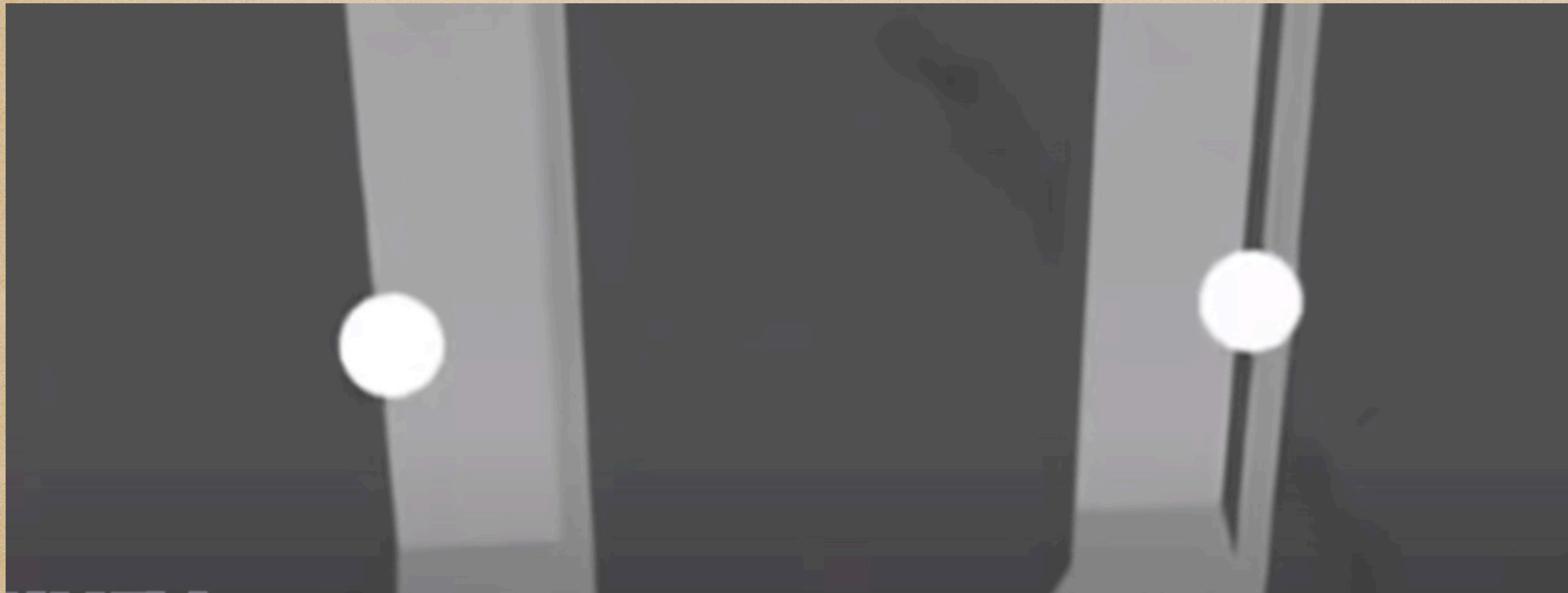


- 연구팀은 하나의 중성자가 두 개의 구멍을 동시에 통과했던 것인지 알아내기 위해서 중성자의 스핀과 자기장을 사용했는데 어떤 구멍을 중성자가 지나냐에 따라 스핀의 방향이 미세하게 바뀌게 된 실험에서 결과는 충격적이게도 중성자 하나가 구멍 두 개를 동시에 통과했다는 것으로 판명되었다.

- 또한 이러한 현상은 이중 슬릿의 간격이 멀어져서 중성자가 동시에 존재할 수 있는 범위를 벗어나면 일어나지 않았으며 이것이 의미하는 것은 어떤 물체를 관측하기 전까지 그 물체의 위치는 범위로만 존재할 뿐 실제로 정확한 위치가 존재하지 않는다는 양자역학의 해석이 옳다는 것을 증명했다.(전자 구름 안에 전자의 위치는 확률적으로만 존재)



- 원래 전자의 이중슬릿 실험이 의미하는 것도 비슷한 것 아니냐고 할 수 있는데 다수의 전자가 스크린에 도달한 형태로 간섭현상을 확인하는 기존의 실험은 다르게 해석할 여지가 있을 수 있지만 단일 중성자만으로 단 한 개의 소립자가 동시에 두 개의 구멍을 지나서 스크린에 도달했다는 사실은 그 의미가 다르다.



- 결국 중성자나 전자나 관측 전에는 정확한 위치를 가지는게 아닌 모호한 데이터만 가지고 있다가 관측하는 순간만 특정 범위 안에 있는 무작위한 위치 데이터를 가지는 것일 수 있다.
- 이 우주는 이런 중성자와 전자가 모여서 구성되므로 주변에 있는 모든 것들은 관측 순간에만 정확한 위치를 가진다는 의미다.
- 지구에서는 많은 물질들로 인해서 계속해서 상호작용이 일어나지만 사실 상 상호작용이 일어나는 순간순간에만 정확한 위치로 확정되는 것이며 모든 것은 애매모호한 데이터만 가진 정보 덩어리 뿐일 수 있다.



**중성자가 있을 수 있는 범위가
이중슬릿 간격보다 넓어서
두 구멍으로 동시에 통과한다**



- ◆ 물체가 존재하기 때문에 볼 수 있는게 아니라 보기 때문에 존재하게 되는 것이다.
 - ◆ 아직도 이 사실은 믿기 힘들며 혼란스러울 수도 있지만 20년 전에 했던 풀러렌 이중슬릿 실험에선 상호작용이 어려운 상황에서 풀러렌 같이 큰 분자가 파동성을 보이는 것을 확인했고 최근에는 원자 수천개로 이뤄진 거대한 분자에서조차 이중슬릿의 파동성이 확인된 상황
 - ◆ 질량이 수소원자의 25000배인 거대분자로 이중슬릿 실험이 성공(2019년)
-
- ◆ 과학자들은 바이러스나 세균까지도 상호작용을 완전히 제어할 수 있으면 하나의 바이러스가 이중슬릿을 동시에 통과하는게 가능할 것으로 생각한다.
 - ◆ 현대의 과학은 너무 당연하다고 생각하던 것이 사실은 당연한 것이 아니었음을 알아내며 발전했다.

- 모든 물체가 땅으로 떨어지는게 당연하다고 생각하던 시대에 뉴턴은 물체가 왜 땅으로 떨어지는지 설명하려고 했고 이를 통해 천체의 움직임을 알아냈다.
- 뉴턴은 계산을 통해 물체가 지상으로 떨어지는 속도와 달이 떨어지는 속도가 같다는 걸 발견했다. (중력가속도)
- 아인슈타인은 시간은 어느 곳에서나 똑같이 흐른다는 게 상식이 아닐 수 있다고 생각했고 상대성이론이 나올 수 있었다.
- 이제 보어나 하이젠베르크는 물체의 위치나 속도가 확정된 것이 아닌 측정 전까지는 확률로 존재한다는 개념을 정립하면서 양자역학이 만들어진다.
- 과연 이 우주에서 상식으로 여기고 당연하다고 여기는 것 중에 사실은 그렇지 않았던 것들이 앞으로 얼마나 더 남아 있을지 알 수 없다.
- “과학은 절대적 진리를 담고 있는 것이 아니다. 진리를 담지할 수 있는 일정한 조건을 갖춘 견해일 뿐이다.”