

양자 기술과 미래

학습 목표 중첩과 측정을 통한 확률적 상태 변화를 이해하고, 이를 이용한 과학기술이 일상생활과 미래 사회에 미칠 영향을 알 수 있다.

양자 역학과 관련한 기술이 발전하면서 기존의 슈퍼컴퓨터보다 수천억 배 이상 빠른 컴퓨터가 나오고 있다. 이와 같은 양자 기술의 발달은 우리의 생활을 어떻게 바꿀까?



서로 다른 상태의 중첩과 측정

전자의 이중 슬릿 실험에서 파동으로서의 전자는 두 슬릿을 모두 통과할 수 있는 확률을 가지고 있음을 알았다. 그림 III-8의 (가)에서 스크린에 도달한 전자가 슬릿 S₁을 통과했을 확률을 P₁, S₂를 통과했을 확률을 P₂라고 하면 P₁+P₂=1이다. 즉, 이 전자는 서로 다른 상태의 확률 P₁과 P₂의 결합이다. 이와 같이 둘 이상의 서로 다른 양자 상태가 확률적으로 공존하는 것을 **중첩**이라고 한다.

이중 슬릿에서 전자의 중첩을 관측할 수 있을까?

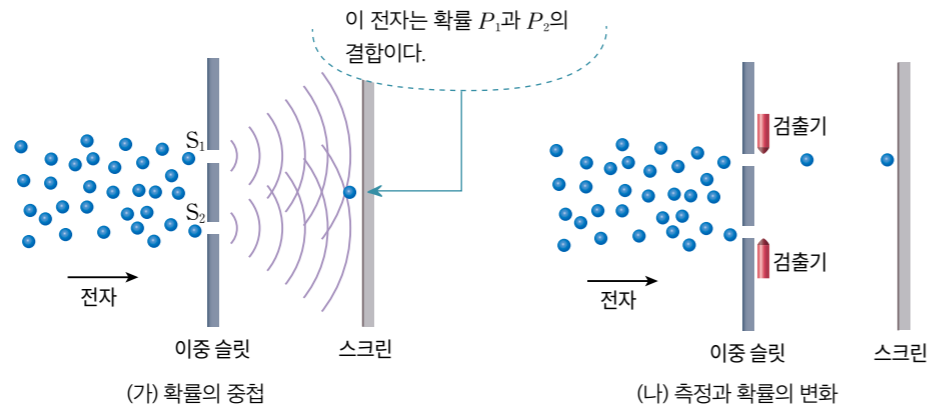


그림 III-8 측정에 의한 확률 변화

전자의 중첩을 관측하기 위해 그림 III-8의 (나)와 같이 이중 슬릿에 전자 검출기를 설치한다고 가정하자. 슬릿에서 전자를 검출하기 전에는 한 개의 전자가 각 슬릿을 통과할 확률이 $\frac{1}{2}$ 이지만, 만약 S₁에 설치한 검출기가 전자를 검출한다면 S₂에서 전자를 검출할 확률은 0이 된다. 이것은 전자의 파동성이 사라지고 입자성이 나타난 것을 의미하므로 전자의 간섭도 나타나지 않는다. 이와 같이 측정은 전자의 확률적 상태를 변화시킨다.

양자의 중첩과 얽힘

중성의 헬륨 원자 한 개는 바닥상태에 2 개의 전자를 가질 수 있다. 각 전자는 0 또는 1 중 하나의 상태만을 가질 수 있다고 가정해 보자. 0과 1의 상태가 중첩된 2 개의 전자가 가질 수 있는 상태 조합은 (0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1)의 네 경우 중 하나이다. 그런데 두 전자가 항상 서로 다른 상태여야 한다면 하나의 전자가 0일 때 다른 전자는 반드시 1이 되므로, 전자가 가질 수 있는 상태의 조합은 (0, 1), (1, 0)의 두 경우뿐이다. 이와 같이 두 양자 입자 사이에서 한 입자가 다른 입자의 상태에 관여해 영향을 미치는 것을 **양자 얽힘**이라고 한다.

전자의 이중 슬릿 실험에서 측정에 의해 전자의 확률적 상태가 변한 것처럼, 얽혀 있는 양자의 중첩 상태는 측정에 의해 변한다. 그림 III-9와 같이 0과 1의 상태가 중첩된 두 전자가 얽혀 있을 때 한 전자의 상태를 측정해 1로 확인되면 다른 전자는 그 즉시 0이 된다. 측정된 전자의 상태가 0이라면, 다른 전자는 1이 된다. 이와 같이 얽힘 상태에 있는 두 전자 중 하나의 상태를 측정하면 두 전자 모두에서 중첩이 사라진다.

얽힘 상태의 두 양자 입자는 아주 멀리 떨어져 있어도 서로 가까이에서 연결된 것처럼 행동한다. 이러한 양자 얽힘 현상은 강력한 보안을 가진 통신과 고성능의 양자 컴퓨터와 같은 첨단 과학기술에도 쓰이는 중요한 특성이다.

물리학자 파인만(Feynman, R. P., 1918~1988)은 양자 컴퓨터 분야를 개척했다.

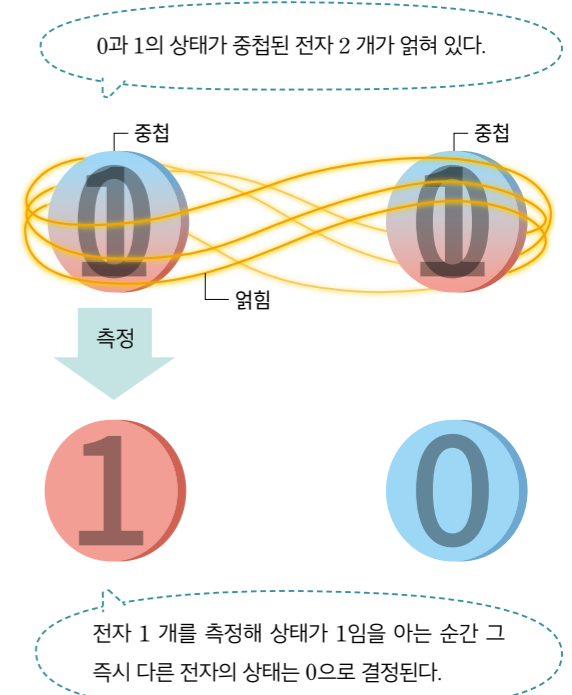


그림 III-9 전자의 중첩과 얽힘 중첩된 채 얽혀 있는 두 전자 중 하나의 전자를 측정하면 두 전자 모두 상태가 결정되어 중첩이 사라진다.



스스로 확인

- 1 미시세계에서 측정하는 행위는 측정하려는 대상에 영향을 주지 않는다. (O, X)
- 2 양자 입자의 서로 다른 상태가 동시에 존재하는 것을 ()이라고 하며, 이를 측정하면 어느 하나의 상태만 나타난다.



양자의 중첩과 얽힘을 활용한 첨단 기술

양자의 중첩과 얽힘 현상을 이용한 통신 기술을 활용하면 아주 멀리 떨어진 곳까지 정보를 빠르게 보낼 수 있고, 도중에 정보를 가로챘는지 판단할 수 있다.

그림 III-10과 같이 양자 상태로 만든 신호를 전송했을 때 도중에 신호를 가로채서 확인하면 원래의 상태에 영향을 주기 때문에 도청을 즉시 알아차릴 수 있다. 이러한 통신 기술을 **양자 암호 통신**이라고 한다.

그림 III-10 양자 암호 통신 도청, 해킹이 일어나는 즉시 알 수 있으므로 보안이 뛰어나다.

양자의 중첩 상태를 연산에 활용하는 컴퓨터를 **양자 컴퓨터**라고 한다. 양자 컴퓨터에서 양자 정보의 기본 단위는 **큐비트(Qubit)**이다. 표 III-1은 보통 컴퓨터와 양자 컴퓨터를 비교한 것이다. 보통 컴퓨터는 8 가지의 정보(000~111)를 표현하려면 3 개의 비트로 8 번의 정보 처리를 해야 하지만, 0과 1이 중첩된 상태를 표현할 수 있는 양자 컴퓨터는 3 개의 큐비트로 한 번에 처리할 수 있다.

표 III-1 보통 컴퓨터와 양자 컴퓨터의 특징 비교

보통 컴퓨터	양자 컴퓨터
<p>0 1 정보를 0이나 1로 표현</p> <p>하나씩 차례대로 계산</p> <p>많은 시간 소요</p>	<p>0 1 0과 1을 중첩</p> <p>합쳐서 한번에 계산</p> <p>순식간에 계산</p>
비트 (0 또는 1)	큐비트 (0이면서 1)
<p>3 비트의 경우 정보 처리 8 회</p> <p>2^3 개 중 1 개 값만 기억</p>	<p>3 큐비트의 경우 정보 처리 1 회</p> <p>2^3 개 값을 모두 기억</p>
사칙 연산 등 복잡하지 않은 계산	암호, 최적화 문제, 화학 반응 가상 실험 등

도움 영상



그림 III-11과 같이 양자 컴퓨터는 여러 분야에서 활용될 수 있다. 양자 컴퓨터의 연산 능력을 이용하면 원자의 결합 패턴을 계산해 신소재나 신약을 개발할 수 있다. 또 인공지능을 고도화해 대체 에너지를 개발하거나 기후와 환경 변화를 예측해 기상 이변, 지구 온난화와 같은 지구적 어려움을 해결하는 데에 도움을 얻을 수 있을 것이다.

양자 컴퓨터를 일상에서 사용하기까지 해결해야 할 문제들이 많지만, 세계 각국의 기업들과 연구자들이 양자 컴퓨터 개발에 매진하고 있다. 다음 활동을 하면서 양자 컴퓨터를 포함한 양자 기술이 우리 사회에 미칠 영향에 대해 생각해 보자.



그림 III-11 양자 컴퓨터 활용 분야 예시

디지털 해보기

양자 기술이 실현된 미래 사회 상상해 보기

1. 양자 역학을 이용해서 아주 먼 곳까지 정보를 빠르게 전달할 수 있게 되거나 연산 속도가 매우 빠른 컴퓨터가 나온다면 어떤 일들이 일어날지 생각해 본다.
2. **공유** 상상한 내용을 글이나 그림으로 표현해 공유 플랫폼에 공유한다.

문제 해결 능력



- 준비물
- 스마트 기기

스스로 확인

- 1 어떤 입자의 양자 상태가 다른 입자의 양자 상태에 영향을 미치는 얽힘 현상을 이용한 통신 기술을 ()이라고 한다.
- 2 양자의 중첩을 연산에 활용하는 양자 컴퓨터에서 다루는 정보의 기본 단위를 ()이라고 한다.

스스로 정리

공유 그림, 만화, 사진, 글 등 자유로운 방식으로 양자 기술을 소개하고, 이를 공유 플랫폼에 공유해 보자.