

양자 시간의 화살, 초기 우주에는 얽힘이 없었다 제안

(2024.06.04., 양자정보연구지원센터)

□ 우주 초기 순간에 얽힘이 없었을 수도 있다고 보고함

- 양자역학과 시간 자체의 본질에 대한 도전
 - Surry 대학(Jim Al-Khalili)과 캘리포니아 대학 (E. K. Chen) 연구팀, 얽힘 과거 가설(entanglement past hypothesis) 탐구(ArXiv 게시)
 - 양자물리학과 열역학의 기본 개념인 시간이 한 방향으로만 흐르는 이유 탐구
 - 두 입자가 너무 깊게 연결되어 입자 사이 거리에 관계없이 상호 연결되어 있는 것처럼 보이는 양자 얽힘 개념은 현대 양자 역학의 핵심임
 - 이는 엄청나게 복잡한 계산을 처리할 수 있는 양자 컴퓨터 잠재력의 핵심 요소임
 - 얽힘이 외부 영향에 의해 중단되어 결어긋남(decoherence)라는 프로세스로 이어질 수 있음
 - 결맞음은 되돌릴 수 없으므로, 시간은 뒤로 흐르지 않고 앞으로 흐르는 근본적 이유가 될 수 있음을 시사하는 결어긋남의 시간 화살(decoherent arrow of time)이라는 아이디어에 영감을 줌(New Scientist 연구)
 - 전통적 열역학적 시간의 화살과 유사함, 시간의 흐름 방향은 엔트로피 (무질서)가 항상 증가해야 한다는 열역학 제2법칙의 지배를 받음
- 우주 탄생 초기, 양자 얽힘이 없었음을 시사함
 - 우주가 진화함에 따라 얽힘이 증가, 더 많은 결맞음이 발생(얽힘 가설), 즉 우주 초기 양자 상태에서 매우 낮은 엔트로피를 가리킴
 - 우주의 시작 상태가 정확히 무엇인지 명확히 알려줌(Chapman University, Emily Adlam)
 - 이 연구의 의미는 이론 물리학을 넘어 우주의 진화와 시간 자체의 본질에 대한 이해

- 초기 우주를 벗어나면 열역학적 엔트로피가 있고, 중력이 모든 것을 뭉치게 하므로 양자 얽힘에 대한 우려에서 벗어날 수 있음
- 낮은 얽힘의 초기 상태(low-entanglement initial state)가 본질적으로 낮은 열역학적 엔트로피를 갖기 때문에 열역학적 시간 화살표와 양자 시간 화살표 사이의 연관성이 있을 수 있음
- 결맞지 않은 화살표가 시간의 흐름에 대한 보다 객관적인 측정을 제공할 수 있다고 주장함
- 열역학적 시간 화살표의 경우 축소 작업을 수행하는 것임, 일관되지 않은 시간의 화살은 좀 더 객관적임
- 얽힘 과거 가설이 열역학적 과거 가설을 도출하는데 도움이 되어, 시간에 대한 보다 포괄적인 이해로 이어질 수 있음
 - 통합된 관점은 우주의 시간 역학에 대한 이해 재구성할 수 있음
- 우주의 종말이 이전에 생각했던 것만큼 간단하지 않을 수도 있음을 암시함
 - 열사멸(heat death) 시나리오는 아무것도 변하지 않는 최대 엔트로피 상태를 제시하는 반면, 일관되지 않은 시간의 화살표는 이후에도 지속적 진화를 나타냄
 - 열역학적 열사멸이 일어날 것이며, 최대 얽힘에 도달하려면 수십억 년이 걸릴 것임(Chen)
 - 검증된다면, 과거 얽힘 가설은 근본적으로 시간 존재 확인 가능
- 향후 연구, 우주의 하위 시스템 분할에 대한 의존성 고려하여 EPH 개선 필요가 있음
 - 미래의 연구는 시간에 대한 통일된 이해를 위해 EPH와 TPH 통합을 목표로 함

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/05/28/researchers-study-suggests-that-once-upon-a-time-there-was-no-entanglement/>