

# 무거운 전자가 새로운 유형의 양자컴퓨터 가능성 보고

(2025.09.22., 양자정보연구지원센터)

## □ 무거운 전자가 새로운 유형의 양자컴퓨터 가능성을 열 수 있다고 보고

### ○ 연구 배경

- 일본 연구진, 특수 결정 물질에서 “무거운 전자(heavy electrons)”가 일반적인 금속과 다른 양자 거동 보임을 발견 (*npj Quantum Materials* 게재)
- CeRhSn 화합물에서 전자는 실제 질량이 증가한 것이 아니라, 다른 입자와 강하게 상호작용하며 느리게 움직여 “무겁게” 보이는 현상 발생
- 일반 금속 전자는 개별 입자처럼 행동하지만, CeRhSn의 무거운 전자는 비-페르미 액체(non-Fermi liquid) 상태에서 집합적·얽힌(entangled) 방식으로 움직임
- 연구진은 이 상태가 Planckian scaling이라는 보편적 속도 제한을 따름을 관찰 → 에너지 소멸 시간이 자연 상수와 연결

### ○ 연구 목적

- 현재 양자컴퓨터는 초전도 회로나 트랩 이온 기반이 주류 → 무거운 전자 화합물은 전자 집합 운동에 정보 저장 가능성 제시
- CeRhSn과 같은 양자 임계(qc) 물질이 새로운 양자 기술 플랫폼 가능성 탐구
- 전자 얽힘과 무거운 페르미온(heavy fermion) 거동 간 관계 규명

### ○ 연구 방법

- CeRhSn 단결정 성장 후 연마 → “편광 광선(polarized light)”으로 결정 방향별 전자 반응 관찰
- 결정 내 kagome 패턴(삼각 격자) 평면에서 Planckian scaling 관찰 (80K 이하)
- 수직 방향에서는 동일한 거동 미확인 → 방향 의존성(anisotropy) 존재, 격자 구조가 전자 거동에 큰 영향

### ○ 주요 결과

- 무거운 전자가 집합적 얽힘 상태를 형성하며 Planckian 시간에 따라 제어됨

- 현재는 하나의 방향에서만 보편적 스케일링 확인 → 물질 구조의 복잡성 강조
- 광학 전도 측정과 열용량 측정 등 실험 방법별 결과 차이 존재 → 추가 연구 필요
- CeRhSn이 양자 임계 상태의 새로운 클래스 가능성 제시
- 미래 연구: 유사 격자 구조, 압력, 화학 치환, 자기장 등 변수 적용 시 Planckian 영역 확장 여부 탐구

#### ○ 연구 의의

- 무거운 전자 기반 시스템이 집합적 얽힘을 활용한 양자 연산 플랫폼이 될 가능성 제시
- 기존 양자컴퓨터 기술보다 노이즈에 덜 민감한 큐비트 구현 가능성 탐색
- Planckian scaling 관찰 → 양자 임계 물질에서 새로운 양자 기술 개발 가능성 강화
- 단순히 단일 큐비트 조작성이 아닌, 다수 전자의 집합적 얽힘 활용이라는 혁신적 접근 제안

#### ○ 결론 및 제언

- 무거운 전자의 얽힘과 Planckian 스케일링 직접 관찰한 첫 사례
- 아직 양자컴퓨터 설계로 바로 연결되지는 않으나, 집합적 전자 얽힘을 이용한 큐비트 플랫폼의 가능성을 보여줌
- 향후 방향: 다른 유사 물질 탐색, 결정 구조·환경 변수 조정, 안정적 얽힘 상태 제어 연구
- 장기 목표: 무거운 전자의 집합 상태를 안정화하여 노이즈에 강한 양자정보 처리 시스템 개발
- CeRhSn과 같은 양자 임계 물질 연구는 기존 양자컴퓨터와 다른 패러다임 구축의 기반 마련

#### (원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/08/30/scientists-report-heavy-electrons-could-open-a-path-to-a-new-type-of-quantum-computer/>