

미 DOE 국립연구소, 핵 내부를 보는 새로운 유형의 얽힘

(2023.01.11., 양자정보연구지원센터)

□ 미 에너지부(DOE) Brookhaven 국립연구소, 서로 다른 입자 사이의 양자 간섭에 대한 최초 관찰

- 원자핵 조사하기 위해 상대론적 중핵 이온 충돌기(RHIC) 사용, 원자핵 내부 모양과 세부 사항 보는 새로운 방법 발견
 - 충돌체 주변에서 속도를 낼 때 금 이온 둘러싼 빛 입자와 새로운 유형의 양자 얽힘에 의존, 새로운 유형의 양자 얽힘을 밝힘
 - RHIC STAR 검출기는 거대한 3D 디지털 카메라처럼 작동, 검출기 중앙 입자 충돌에서 나오는 입자를 추적
- 양자 요동(quantum fluctuation) 통해 빛의 입자(광자)는 글루온(핵의 양성자와 중성자 내 쿼크를 고정하는 접착제 같은 입자)과 상호작용
 - 상호작용은 두 개의 서로 다른 전하를 띤 “파이온(π)” 으로 빠르게 붕괴하는 중간 입자 생성
 - π^+ 및 π^- 입자가 RHIC STAR 검출기에 충돌하는 속도와 각도 측정, 역추적 통해 광자에 대한 주요 정보 얻을 수 있음, 더 높은 정밀도로 핵 내 글루온 배열 매핑
- 측정을 가능하게 한 완전히 새로운 종류의 양자 간섭을 관찰
 - 양전자 방출 단층 촬영(PET 스캔) 방식과 유사하지만, 개별 양성자 크기의 펨토미터(1조분의 1 미터) 크기 매핑
 - 두 개의 나가는 입자 측정(전하가 다르고, 서로 다른 입자), 구별 가능한 입자임에도 서로 얽혀 있거나 서로 동기화되어 있음을 나타내는 간섭 패턴
 - 물질의 구성 요소를 매핑하는 목표를 넘어 응용 프로그램 가능
- 물리적으로 분리된 입자의 “인식” 및 상호작용인 얽힘 이용
 - 오늘날 존재하는 것보다 훨씬 더 강력한 통신 도구와 컴퓨터 개

발 목표

- 다른 파장 가진 레이저 간섭의 최근 시연 포함, 현재까지 얽힘에 대한 관측은 광자 또는 동일 전자 사이에서 이루어짐

□ 편광된 광자-글루온 충돌을 이용한 초상대론적 핵의 단층 촬영

○ 글루온(gluons)에 빛을 비춤

- RHIC(Relativistic Heavy Ion Collider, 상대론적 중핵 이온 충돌기), 양성자와 중성자를 구성하는 쿼크와 글루온 같은 핵 물질의 가장 내부 구성 요소를 연구할 DOE 사용자 시설로 운영
- 빛의 속도에 가까운 속도로 가속기 주변에서 반대 방향으로 이동하는 금과 같은 무거운 원자 핵을 부수는 방식으로 수행
- 핵(이온) 간의 충돌 강도는 개별 양성자와 중성자 사이 경계를 ‘녹일’ 수 있으므로, 양성자와 중성자가 생성되기 전 초기 우주에 존재했던 쿼크와 글루온 연구 가능

○ RHIC 가속 이온을 둘러싸고 있는 광자의 ‘구름(clouds)’ 사용한 최근 발견, 빛 입자 사용하여 핵 내부를 엿볼 방법 제안

- 두 개의 금 이온이 충돌하지 않고 서로 매우 가깝게 통과하면, 한 이온을 둘러싼 광자가 다른 이온 내부 구조 조사할 수 있음
- 높은 에너지에서 핵을 효과적으로 영상화하기 위해 편광을 사용
- 새로 분석된 데이터에서 π^+ 및 π^- 사이 관찰된 양자 간섭은 광자의 편광 방향을 매우 정밀하게 측정할 수 있음, 광자의 운동 방향과 그에 수직 방향을 따라 글루온 분포를 볼 수 있음
- 새로운 측정은 광자 자체의 운동량과 에너지가 글루온의 운동량과 뒤얽혀 있음을 보여줌, 글루온 분포를 사용한 이론적 예측과 핵 내 전하 분포 측정치와 질적으로 일치함

(원문)

1. <https://www.bnl.gov/newsroom/news.php?a=120816>

2. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abq3903>