

양자 역사 속 10대 사건, 100년의 양자 과학과 기술

(2025.02.21., 양자정보연구지원센터)

□ 양자 역학의 10대 사건

- 현대과학에서 가장 혁신적인 발견 중 하나는 양자역학의 탄생
 - 양자역학은 20세기 초반부터 현재까지 물리학의 패러다임을 바꾸었으며, 그 발전 과정에서 수많은 중요한 사건이 있었음
 - 100년 동안 이루어진 양자과학과 기술의 10가지 주요 사건을 다룸
- 자외선 파탄과 플랑크의 해결책(1900년)
 - 고전 물리학은 흑체 복사 문제를 해결하지 못했고, 에너지가 짧은 파장에서 무한대로 증가하는 자외선 파탄 문제를 일으킴
 - 막스 플랑크는 1900년, 에너지가 연속적으로 방출되는 것이 아니라, 특정한 크기의 양자로 방출된다고 제안함, 이는 양자역학의 기초를 형성함
- 아인슈타인의 광전 효과와 입자-파동 이중성(1905년)
 - 알베르트 아인슈타인은 플랑크의 개념을 확장하여 빛이 양자로 구성되어 있으며, 광전 효과를 설명함
 - 이 연구는 후에 양자역학의 발전에 중요한 역할을 하였고, 1921년 노벨 물리학상을 수상하는 계기가 됨
- 보어의 원자 모형(1913년)
 - 닐스 보어는 수소 원자의 전자가 특정한 에너지 준위에서만 존재할 수 있다고 주장함
 - 이는 원자 스펙트럼의 설명에 성공하며 양자화 개념을 확립하는 중요한 전환점이 됨
- 양자 역학의 탄생: 하이젠베르크와 슈뢰딩거(1925~1926년)
 - 베르너 하이젠베르크는 행렬 역학을, 에르빈 슈뢰딩거는 파동 역

학을 각각 개발함

- 구 이론은 서로 다른 접근법을 취했으나, 후에 동일한 결과를 도출함이 증명됨

○ 하이젠베르크의 불확정성 원리(1927년)

- 하이젠베르크는 위치와 운동량과 같은 물리량을 동시에 정확하게 측정할 수 없다는 원리를 제시함
- 이는 고전적 결정론을 부정하고, 확률적인 양자역학의 개념을 정립하는 중요한 계기가 됨

○ 디랙의 상대론적 양자역학과 반물질 예측(1928년)

- 폴 디랙은 전자의 상대론적 방정식을 수립하였고, 이 과정에서 반물질(양전자)의 존재를 예측함
- 1932년 칼 앤더슨이 양전자를 실험적으로 발견하면서 그의 이론이 증명됨

○ EPR 역설과 양자 얽힘(1935년)

- 아인슈타인, 포돌스키, 로젠(EPR)은 양자역학이 불완전하다는 논문을 발표하며, 양자 얽힘을 제기함
- 이후 1964년 존 벨이 벨의 정리를 발표하며 국소적 숨은 변수 이론이 양자역학을 완전히 설명할 수 없음을 증명함
- 1982년 알랭 아스페의 실험은 양자 얽힘이 실재함을 입증함

○ 양자전기역학(QED)과 재규격화 이론(1940-1950년대)

- 리처드 파인만, 줄리언 슈윙거, 도모나가 신이치로는 QED를 발전시켜 빛과 물질의 상호작용을 정밀하게 설명함
- 이는 이후 표준 모형(Standard Model)의 발전에 기여함

○ 양자 컴퓨팅의 개념과 발전(1981년 - 현재)

- 1981년 리처드 파인만이 양자 컴퓨터의 개념을 제안함
- 1994년 피터 쇼어는 양자 알고리즘을 개발하며 고전 암호학에 대한 도전과 양자 컴퓨팅의 중요성을 부각시킴

○ 양자 우위 및 내결함성 양자 컴퓨팅(현재)

- 2019년 구글의 시카모어 프로세서는 양자 우위를 주장하며 특정 연산을 고전적 슈퍼컴퓨터보다 빠르게 수행하는 데 성공함
- 현재 양자 컴퓨팅은 내결함성을 확보하여 실용적인 기술로 발전하는 과정에 있음

○ 양자과학과 기술 100년의 역사는 끊임없는 질문과 도전 속에서 이루어진 혁신의 연속임

- 확실성의 부재 속에서 과학자들은 새로운 해답을 찾기 위해 탐구를 멈추지 않음
- 앞으로도 양자기술은 더욱 발전하며, 컴퓨팅, 통신, 소재 과학 등 다양한 분야에서 혁명을 일으킬 것으로 기대됨

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/02/03/10-key-events-in-quantum-history-100-years-of-quantum-science-and-technology/>