

제공해주신 논문 **"INFORMATION, PHYSICS, QUANTUM: THE SEARCH FOR LINKS"** (John Archibald Wheeler 저)의 서론 및 핵심 요약 부분의 국문 번역입니다.

양이 방대하므로 물리학사에서 가장 유명한 개념 중 하나인 **"It from Bit(잇 프롬 비트)"**의 핵심 논지와 주요 섹션을 명확히 이해하실 수 있도록 정갈하게 번역하였습니다.

정보, 물리학, Quantum: 연결 고리의 탐색

존 아치볼드 휠러 (John Archibald Wheeler)

초록 (Abstract)

본 보고서는 양자물리학과 정보이론이 오랜 질문인 "존재는 어떻게 비롯되었는가?(How come existence?)"에 대해 무엇을 말해주는지 검토합니다. 다음 네 가지 결론은 피할 수 없어 보입니다.

1. 세계는 미리 설정된 연속적 물리 법칙에 의해 지배되는 거대한 기계일 수 없다.
2. 미시적 수준에서는 공간, 시간, 혹은 시공간 연속체라는 것이 존재하지 않는다.
3. 표준 양자이론의 익숙한 확률함수(또는 범함수) 및 파동방정식은 단순한 연속체적 이상화에 불과하며, 이러한 사정으로 인해 자신들이 유래한 정보이론적 근원을 가리고 있다.
4. 물리학의 기술에서 근원(primordial)에 가장 가깝게 드러나는 요소는 '기초 양자 현상(elementary quantum phenomenon)', 즉 장비를 매개로 예/아니오(yes-no) 물리 질문을 던지고 답을 이끌어내는 기초적 행위, 줄여서 '관찰자-참여(observer-participancy)'의 기초적 행위뿐이다.

달리 말해, 모든 물리량, 모든 존재('it')는 비트(bit), 즉 이진적 예/아니오 표시로부터 그 최종적인 의미를 얻습니다. 우리는 이 결론을 **"It from Bit(모든 존재는 비트로부터)"**라는 문구로 요약합니다.

19.1 양자물리학은 현실에 대한 새로운 관점을 요구한다

케플러, 뉴턴, 아인슈타인이 가져다준 세계관의 혁명과 진화론이 강요한 삶의 이야기도 놀라웠지만, 예단된 생각들에 가해질 최종적인 충격은 아직 우리 앞에 남아 있습니다.

20세기 물리학의 최고 원리인 양자(quantum)와 그 핵심인 '보완성 원리(principle of complementarity)'에 대해 닐스 보어는 이렇게 말합니다.

"물리적 현실에 대한 우리의 태도를 근본적으로 수정하고, 물리 현상의 절대적 성격에 관한 모든 생각을 근본적으로 변혁하는 것으로부터 도망칠 길이 없다."

보어의 겸손한 표현은 우리를 최상의 목표로 인도합니다. 바로 "존재에 대한 이해로부터 양자를 도출해 내는 것"입니다.

이 위대한 목표를 위해 우리는 세 가지 질문, 네 가지 부인(No), 다섯 가지 실마리(Clue)를 제시합니다.

- 세 가지 질문 (**Three questions**)
 - 존재는 어떻게 비롯되었는가? (How come existence?)
 - 양자는 어떻게 비롯되었는가? (How come the quantum?)
 - 수많은 관찰자-참여자들로부터 어떻게 "하나의 세계"가 나오는가? (How come "one world" out of many observer-participants?)
- 네 가지 부인 (**Four no's**)
 - 거북이의 탑은 없다 (No tower of turtles — 무한 거슬러 올라감 없음)
 - 법칙은 없다 (No laws — 영원불변의 법칙은 없음)
 - 연속체는 없다 (No continuum)
 - 공간도, 시간도 없다 (No space, no time)
- 다섯 가지 실마리 (**Five clues**)
 - 경계의 경계는 0이다 (The boundary of a boundary is zero).
 - 질문이 없으면? 답도 없다! (No question? No answer!)
 - 슈퍼 코페르니쿠스 원리 (The super-Copernican principle)
 - "의식" ("Consciousness")
 - 많을수록 다르다 (More is different)

19.2 물리학, 양자, 정보를 연결하는 가이드로서의 "It from Bit"

It from Bit(잇 프롬 비트)는 물리 세계의 모든 항목이 아주 깊은 바닥에서 비물질적인 출처와 설명을 가지고 있다는 아이디어를 상징합니다.

우리가 '현실(reality)'이라고 부르는 것은 결국 예/아니오 질문을 던지고 장비가 유발한 응답을 기록하는 데서 발생합니다. 요컨대, 모든 물리적 물질은 근원적으로 정보이론적(information-theoretic)이며, 이 우주는 참여형 우주(participatory universe)입니다.

세 가지 예시:

1. 광자 (**Photon**): 광전자 검출기가 클릭을 일으켰을 때 "광자가 지나갔다"고 말하지만, 그 광자는 발사되기 전에도, 검출된 후에도 존재하지 않았으며, 중간 과정에 "존재했다"고 말하는 것 역시 단순한 측정 기록을 확대 해석한 것일 뿐입니다. 기록된 예/아니오는 쪼갤 수 없는 1비트의 정보입니다.
2. 아하로노프-봄 효과 (**Aharonov-Bohm scheme**): 자기장이나 시공간의 곡률은 干涉 (간섭) 무늬의 이동을 통해 나타나는데, 이 무늬들은 예/아니오 등록의 통계적 패턴에 불과합니다.
3. 블랙홀의 엔트로피 (**Bekenstein 번호**): 블랙홀의 사건 지평선 면적은 블랙홀을 구성하는 입자들의 상태를 완전히 기술하는 데 필요한 비트(**bit**)의 수를 나타냅니다. 블랙홀의 크기('it')는 그 안에 숨겨진 정보의 비트 수('N')에 의해 결정됩니다.

"오늘날 c (빛의 속도)가 자연 상수에서 역사적 인공물로 재평가되었듯, 머지않아 양자 상수 $\hbar$ 역시 정보를 물리학 언어로 번역하는 'It from Bit'의 깃발로 이해하게 될 것입니다."

19.3 네 가지 부인 (Four No's)

1. **No tower of turtles** (무한 거슬러 올라감 없음): 우주는 무한히 밑으로 이어진 구조가 아니라 하나의 논리적 고리(Loop)입니다. (물리학 $\rightarrow$ 관찰자 참여 $\rightarrow$ 정보 $\rightarrow$ 물리학)
2. **No laws** (영원한 법칙은 없음): 물리 법칙은 빅뱅 때 생겨난 것이며, 우주는 법칙에 따라 작동하는 기계가 아니라 자유롭게 스스로 합성되는 (**self-synthesized**) 세계입니다.
3. **No continuum** (연속체는 없음): 수학과 물리학에서 연속체라는 개념은 편리한 신화일 뿐입니다. 양자 현상의 본질은 '비연속적(discrete)' 비트에 기반합니다.
4. **No space, no time** (공간과 시간은 없음): 시간과 공간은 인간이 사건을 정리하기 위해 발명한 틀일 뿐, 우주의 근원적 요소가 아닙니다. 시공간은 연속체 이상화 단계에서만 도출되어야 합니다.

19.5 결론 (Conclusion)

시공간 연속체, 심지어 연속체적 존재 그 자체도 근원적인 카테고리가 될 수 없습니다. 관찰 장치를 통해 질문을 던지고 답을 얻지 않는 한, 물리량이 저 밖에 어떤 수치를 가지고 미리 서성거리고 있다고 보는 것은 잘못입니다.

이렇게 청구된 정보가 물리학을 만들며, 이 정보는 비트(**bits**) 단위로 옵니다. 미래의 빌리언 년 동안 이루어질 관찰자-참여의 기초적 행위들을 제외하고는, 우리가 '현실'이라 부르는 것을 구성할 수 있는 다른 길은 없습니다. 이것이 우리가 **It from Bit**라는 주제를 진지하게 다루는 이유입니다.

[원본: INFORMATION, PHYSICS, QUANTUM: THE SEARCH FOR LINKS - John Archibald Wheeler](#)