

# 고전역학에서 양자역학으로의 발전 사례를 통한 쿤의 패러다임론 비판

## 「무기화학」과 「과학과 철학」 강의페어링

응용화학생명공학과, 최용현, 201220404 / 이진희 교수님 지도

### 목 적

과학의 본성, 방법, 역할에 대한 이해를 하기 위한 귀납주의부터 반증주의, 나아가 쿤의 패러다임까지. 과학이란 무엇인가에 대한 설명을 위한 논리적이며 인식적인 철학적 논의들은 계속되어 왔다. 여기서는 비교적 최근 제시된 쿤의 패러다임을 알아보고 과연 이 패러다임은 과학을 설명하는데 적합한가에 대해 앞으로 제시할 고전역학에서 양자역학으로의 발전 사례를 통해 알아보도록 한다.

### ‘과학과 철학’ - 패러다임

패러다임은 기존의 귀납주의와 반증주의의 한계점을 보완하고 극복하기 위해 쿤에 의해 제시된 이론이다. 쿤은 과학에 대해 설명하기 위해 패러다임과 정상과학이라는 용어를 도입한다. 패러다임이란 어떤 한 시대 사람들의 견해나 사고를 지배하고 있는 이론적 틀이나 개념의 집합체이다. 그리고 정상과학이란 과거의 하나 이상의 과학적 성취에 확고히 기반을 둔 연구 활동을 뜻한다. 즉 한 시대의 사람들이 가지고 있는 견해나 사고의 체계를 패러다임이라 할 수 있고 그 틀 안에서 패러다임을 유지하기 위한 연구 활동이 정상과학이다. 그렇기에 하나의 패러다임이 형성되면 그 분야의 연구는 패러다임 안에서만 이루어지며 패러다임을 확고히 한다. 이러한 패러다임은 계속 유지되는 것이 아니다. 정상과학에 따른 연구들의 결과가 정상과학과 맞지 않는 사례들이 생기면 패러다임의 위기가 찾아오고 그 사례를 설명하기 위한 정상과학이 생겨남에 따라 다른 패러다임으로의 전환이 일어나는 것이다. 그렇기에 패러다임의 전환이 일어날 때 두 패러다임은 서로 양립할 수 없으며 한 가지 패러다임만이 존재하게 된다. 그리고 두 패러다임은 서로 다른 정상과학에서 출발했기에 두 정상과학의 이론은 상이하며 일대일로 번역될 수 없다.

### ‘무기화학’ - 양자역학

19세기 말과 20세기 초에 들어서면서, Newton에 의해 성립된 고전역학으로는 설명할 수 없는 실험적 사실들이 나타나기 시작되었다. 고전역학은 원자, 분자 등의 작은 입자들에서 일어나는 미시적 현상들은 설명하지 못하는 한계가 있었다. 그렇기에 미시적 영역을 설명하고자 하는 이론이 나타났고 양자역학이 탄생하게 되었다. 다음에서 양자역학의 기초가 되는 세 가지 실험과 이론을 살펴본다.

1. Planck의 흑체복사이론: 고전역학에서는 파장대를 길이에 따라 두 가지 이론으로 설명했었는데 모든 복사를 흡수하는 흑체의 방출 파장대가 여러 가지인 것에 대해서는 명확히 설명할 수 없었다. 이를 설명하기 위해 Planck는 빛을 알갱이로 보는 양자론을 도입하여 설명한다.
2. Bohr의 원자모델: Bohr는 Planck의 양자론을 원자 구조에 처음 성공적으로 사용하였다. Bohr의 연구를 통해 수소 원자에서 나오는 스펙트럼에 대한 설명을 효과적으로 설명할 수 있었으며 원자 중심에 원자핵이 있고 그 주위를 전자가 궤도운동 한다는 원자모델을 제시하였다. 이 이론을 구성하는 핵심 이론은 Planck의 양자론, 정상상태의 도입, 고전역학과 대응원리이다.
3. 자유 입자의 파동방정식: 양자 역학의 기본이 되는 물질 입자의 운동을 기술하는 기본적인 방정식, 파동방정식이 출현하였다. 고전 역학에 있어서 뉴턴의 운동 방정식에 상응하는 것으로 볼 수 있다. Planck의 에너지에 관한 식과 de Broglie의 입자에 파동성이 있다는 가정에 운동량에 관한 식을 이용해서 Schrodinger가 파동 방정식을 도출하였다. 이 식은 불확정성의 원리를 따른다. 즉 양자는 단지 확률적으로만 표현할 수 있다.

### 의 문 점

앞쪽에서 봤듯이 쿤은 패러다임 이론을 통해 서로 다른 두 개의 패러다임은 양립할 수 없으며 과학혁명이 일어날 때 과학자들은 하나의 패러다임에서 다른 하나의 패러다임으로 옮겨가고 기존의 패러다임이 폐기되고 새로운 정상과학이 형성된다고 말한다. 그러나 쿤과 패러다임 주의자들은 다음과 같은 물음들에 대한 합리적인 대답을 할 수 없을 것이다.

1. 과연 현대에 이르러 고전역학은 틀린 이론으로 평가 받고 있으며 쓰이지 않고 있다고 말할 수 있는가?
2. Planck는 양자론을 도입함에 있어 빛을 연속적으로 파악하는 전자기학과 불연속적 입자에 대한 Boltzmann 통계역학을 이용했다는 점에서 고전역학 개념들을 일부 사용하였다. 그리고 Bohr의 원자모델의 핵심이 되는 이론 중 하나인 대응원리가 사용됐는데, 대응원리는 고전역학과 양자역학이 서로 대응된다는 원리이다. Bohr가 제시한 원자모델은 실험적 결과를 설명할 수 없다는 비판이 존재했었는데 대응원리를 고전역학의 도움을 받아 문제를 해결할 수 있었다. 그리고 입자에 대한 파동방정식 또한 양자 개념을 거시적 개념으로 바꿔 적용한다면 고전역학의 전자기파, 탄성파와 관련된 식과 일치한다. 전체적으로 종합해 봤을 때 고전역학과 일정 부분이 대응된다는 결론을 낼 수 있다. 자, 그렇다면 과연 두 역학은 서로 다른 독립된 정상과학을 가진다고 말할 수 있는가?

고전역학은 분명 미시적 세계를 설명하는데 있어서 적합하지 않은 이론이지만 거시적 세계를 설명하는 참인 이론이며 이러한 고전역학 개념들은 지금 현실 세계에도 쓰이고 있다. 즉 이 두 이론은 거시적이냐 미시적이냐에 따라 적용되는 이론이 다를 뿐 서로 양립하고 있다. 즉 고전역학에 미시적 세계라는 ‘조건’을 도입하고 그 조건에서 ‘수정’을 가한 개념으로 볼 수 있는 것이다. 또한 고전역학과 양자역학은 정상과학을 일부 공유하기에 새로운 정상과학이 형성된다고 확정 지어 말할 수는 없다. 그러므로 이러한 질문에 대한 답을 생각한다면 우리는 이 사례를 패러다임을 적용할 수 없는 과학적 사례라고 판단할 수 밖에 없을 것이다.

### 비 판

필자는 위의 내용들을 통해 패러다임이 적용될 수 없는 과학적 사례를 보여주고 그 근거에 대해 설명하였다. 이제 패러다임 주의자들이 선택할 수 있는 것은 고전역학에서 양자역학으로의 전환이 과학혁명이 아니라는 것, 단 한가지이다. 즉, 이 사례가 정상과학 안에서의 과학적 진보라는 것이다. 그러나 우리는 이 사례를 과학적 혁명이 아니라 할 수 있을까? 결코 아니다. 고전역학에서 양자역학으로의 변화는 분명히 과학자들이 가진, 모든 운동의 상태는 결정할 수 있다는 생각을 탈피하게 해 준 혁명과정이었다. 거시적 세계만을 바라보다가 양자라는 세계를 접하게 되고 거시적 세계와는 다르다는 것을 받아들이게 해준, 세계를 바라보는 눈을 확장시켜준 것이다. 여기에서 쿤의 패러다임은 모순을 갖게 되는 것이다. 패러다임을 보호하기 위해 혁명이 아니라고 한다면 혁명을 혁명이라 부를 수 없는 것이다. 이러한 이유로 패러다임은 ‘과학’의 본질에 대해 적절히 설명하는 완벽한 이론은 아니다.

### 결 론

지금까지 고전역학과 양자역학의 과학혁명 사례를 통해 쿤의 패러다임 이론을 논의를 통해 문제점을 지적하고 비판하였다. 여기서 말하고자 하는 것은 패러다임 이론이 무조건 틀렸고 옳바르지 않다는 것은 아니다. 분명 기존의 귀납주의와 반증주의와는 달리 관찰과 논리로만 설명하지 않고 정상과학과 패러다임이라는 요소를 넣어 설명하려 했다는 것에서 큰 의의가 있다. 단지, 패러다임은 위와 같은 과학 혁명 사례에 대해서는 명확하게 설명할 수 없다는 약점을 가질 뿐이다. 그렇기에 이러한 약점을 극복하기 위해 충분한 논의가 필요하다고 볼 수 있다.



Ajou University