과학혁명의 구조

<구조>에 다윈 혁명이 전혀 언급되어 있지 않은 것은 매우 놀랍다. 자연선택읜 <구조>의 p. 290~292 중요한 방식으로 언급되어 있는데, 이는 단지 과학의 발전을 유비적으로 표현하기 위한 목적에서였다. 이제 생명과학이 물리학을 밀어내고 과학의 우두머리 자리를 차지한 만큼, 우리는 다윈의 혁명이 쿤의 모형에 얼마나 적합한가를 물어보아야 할 것이다.

정상과학은 새로움을 겨냥하지 않는다. 그렇지만 새로움은 이미 확립된 이론을 검증하는 데에서 나온다. 힉스 입자를 이끌어내는 정확한 조건이 마침내 알려지게 되면, 고에너지 물리학의 완전히 새로운 세대가 시작될 것으로 기대되고 있다.

“과학 교과서의 마지막에 나오는 연습문제들의 주요 기능은 무엇인가? 학생들이 이를 풀면서 배우는 것은 무엇인가?”

과학도는 “외견상으로는 공통점이 없는 문제들 사이에 유사성을 보는 능력”을 습득해야 한다. 과학도는 법칙이나 이론으로 교육되는 것이 아니라, 각 장의 마지막에 나오는 문제를 풀면서 교육된다. “과학도는 그의 문제를 그가 이전에 겪었던 문제와 비슷하다는 것을 발견하는 방법을 찾아야 한다.”

이론은 예측에서 정확해야 하고, 모순이 없어야 하며, 적용 범위가 넓어야 하고, 현상을 질서정연하고 정합적인 방식으로 제시해야 하며, 새로운 현상이나 현상들 사이의 새로운 관계를 제시하는 데에 효과적이어야 한다. 쿤은 이 다섯 가지 모두에 찬동했으며, 그는 이런 가치들을 과학자 공동체 전체와 공유했다.

개인이 한 이론에서 다른 이론으로 충성심을 옮기는 것은 선택이라기 보다는 개종이라는 용어로 더 잘 서술될 수 있다.

쿤은 혁명이 격변을 일으킬 정도의 어려움에 직면한 이전 세계의 관념에서 벗어나는 식으로 진보한다는 격언을 만들었다. 이것은 한때 잘 작동했지만, 더 이상 새로운 문제를 잘 다루지 못하는 세상으로부터 벗어나는 진보다.

이 “벗어나는”이라는 생각은 과학이 우주의 유일한 진리를 향해서 나아간다는 지배적인 관념에 의문을 던진다.

이런 이미지가 기초 물리학으로 옮겨졌는데, 이 분야의 많은 연구자들은 자신들을 자랑스럽게 무신론자라고 하지만, 자연에 대한 하나의 충분하고 완전한 설명을 어디인가에서 발견하기를 기다리면서 그것이 존재한다는 것을 당연하게 생각한다.

이 책이 실제로 “우리가 지금 홀려있는 과학의 이미지”를 바꾸었다는 점이다.

나는 패러다임이 어느 일정한 시기에 전문가 집단에서 모범이 되는 문제와 풀이를 제공하는, 보편적으로 인식된 과학적 성취라고 간주한다.

1. 서론: 역사의 역할

만일 과학이 요즘의 교과서에 실린 사실, 이론, 방법의 집합이라면, 과학자는 성공적이든 성공적이지 않은 간에 그 특정한 집합에 한두가지 요소를 보태기 위해 온갖 애를 쓰는 사람이 된다. 과학의 발전은 과학적 테크닉과 지식을 이루면서 날로 쌓여가는 자료 더미에 하나씩 또는 여러 개씩 이들 항목이 덧붙여지면서 차츰차츰 진행되는 과정이 된다.

시대에 뒤진 이론들이 폐기되었다는 이유로, 원칙적으로 비과학적인 것은 아니기 때문이다.

2. 정상과학으로의 길

이 책에서 ‘정상과학(normal science)’은 과거에 있었던 하나 이상의 과학적 성취에 확고히 기반을 둔 연구 활동을 뜻하는데, 여기서의 성취는 더 나아간 실천의 토대를 제공하는 것으로 특정 과학자 공동체가 한동안 인정한 것을 말한다.

패러다임

1) 경쟁하는 과학 활동의 양식으로부터 끈질긴 옹호자 집단을 떼어내어 유인할 만큼 놀랄 만한 것이었다.

2) 재편된 연구자 집단에게 온갖 종류의 문제를 해결하도록 남겨놓을 만큼 충분히 융통성이 있었다.

Ex) 코페르니쿠스의 천문학, 뉴턴의 동역학, 입자광학

공유된 패러다임에 근거하여 연구하는 사람들은 과학 활동에 대한 동일한 규칙과 표준에 헌신하게 된다. 그러한 헌신과 그것이 만들어내는 분명한 합의는 정상과학, 즉 특정한 연구 전통의 출현과 지속에 필수 불가결한 요소가 된다.

뉴턴의 광학: 빛은 입자 -> 혁명 -> 토마스 영, 프레넬: 빛은 파동 -> 막스 플랑크, 아인슈타인: 빛은 입자인 동시에 파동

17세기 이전에는 빛의 본질에 대해서 단일한 견해 X, 에피쿠로스주의, 아리스토텔르스주의, 플로톤주의 이론 ex) 빛은 물체로부터 발산되는 입자이다, 빛은 물체와 눈 사이에 존재하는 매질변형이다. 당연하게 받아들일 수 있는 공통된 믿음의 요체가 아무것도 없었던 까닭에, 모든 물리 광학의 저자는 저마다 기초부터 새롭게 그의 분야를 개척해야 했다.

기술은 종종 새로운 과학의 탄생에서 결정적 역할을 수행해왔다고 볼 수 있다. p.83

하나의 패러다임으로 인정되기 위해서는 그 이론이 여타 경쟁 상대들보다 더 좋아 보여야 하는 것임에는 틀림없지만, 그것이 직면할 수 있는 모든 사실을 다 설명해야 되는 것은 아니며 실제로 결코 그렇게 하지도 못한다.

베이컨: “진리는 혼동에서보다는 실수로부터 더 쉽게 나타난다.”

자연과학의 발달에서는 어느 개인이나 그룹이 다음 세대의 전문가 대다수를 유인하기에 충분한 종합을 처음으로 이룩하게 되면, 그보다 낡은 학파들은 점진적으로 사라져간다. 그들의 퇴조는 더러 그들 학파의 학자들이 새로운 패러다임으로 전향했기 때문이기도 하다.

단지 자연의 연구에만 관심을 두었던 그룹을, 전문가 집단 또는 적어도 하나의 전문 분야로 변형시키는 것은 때로는 바로 그 그룹의 패러다임 수용 여부이다. 과학에서 전공 분야 학술지의 발간, 전문가들의 학회 결성, 교과 과정에서의 특별한 위치에 대한 주장은 어느 그룹이 단일 패러다임을 최초로 수용했는지와 흔히 연관되어왔다.

과학자 그룹에 대한 보다 철저한 정의는 다른 결과들을 낳기도 한다. 과학자 개인이 하나의 패러다임을 당연하자고 받아들일 수 있게 되면, 그는 자신의 주요 연구에서 제1원리들로부터 출발하고 도입된 개념의 용도를 정당화하는 것 같은, 자신의 분야를 처음부터 다시 정립하기 위해 애쓰지 않아도 된다. 그것은 교과서의 저자에게 맡길 수 있기 때문이다. 그렇지만 교과서가 주어지면 창의적인 과학자는 그 책이 끝나는 곳에서 연구를 시작할 수 있으며, 따라서 그의 집단의 관심을 끄는 자연현상에 대한 가장 미묘하고 해득하기 어려운 측면에 전적으로 집중할 수 있다. 그의 연구들은 통상적으로, 프랭클린의 <전기에 관한 실험과 관찰 기록>, 다윈의 <종의 기원>처럼 그 분야의 주제에 관심이 있을지도 모르는 일반 대중을 위한 저술 형태속에 그 내용이 담기디 않을 수 있다. 그 대신 그의 연구는 오직 전문 분야의 동료들을 향한 긴명한 논문으로 공표될 것인 것, 이들은 공유된 패러다임에 대한 지식을 갖추었고 논문을 읽을 능력이 있다고 생각되는 유일한 사람들이다.

3. 정상과학의 성격

패러다임은 전문가들 그룹이 시급하다고 느낀 몇몇 문제를 추는 데 경쟁 상대들보다 훨씬 더 성공적이라는 이유로 그 지위를 획득한다. 그러나 보다 성공적이라는 말은 단일한 문제에 대해서 완벽하게 성공적이라든가, 많은 문제들에 대해서 상당히 성공적임을 의미하지는 않는다. 운동에 관한 아리스토텔레스의 해석, 행성의 위치에 대한 프톨레마이오스의 계산, 라부아지에의 천칭 저울의 이용, 또는 전자기장에 대한 맥스웰의 수학화 같은 패러다임의 성공은 당초에는 주로 선별적이고 아직은 불완전한 예제들에서 발견될 수 있는 성공의 약속일 뿐이었다. 정상과학은 그런 약속의 실현을 통해서 이루어딘다.

대부분의 과학자들이 그들의 생애는 마무리 작업(mop-up work)에 바친다. 역사적으로든 현대의 실험 연구실이든 간에, 이런 활동은 패러다임이 제공하는, 미리 만들어진, 상당히 고정된 상자 속으로 자연을 밀어넣은 시도라고 볼 수 있다. 과학자들은 새로운 이론의 창안을 목적으로 하지 않으며, 다른 과학자들에 의해 창안된 이론을 잘 받아들이지도 못한다. 오히려 정상과학 연구는 파러다임이 이미 제공한 현상과 이론을 명료화하는 것을 지향한다.

과학의 발전에 정상과학은 필수적이다. 상당히 심오한 문제의 작은 영역에 주의를 집중함으로써, 패러다임은 과학자들로 하여금 자연의 어느 부분을 상세하고 깊게 탐구하도록 만드는데, 이는 그렇지 않았더라면 상상조차 하지 못했을 것이다.

사실적 과학 탐구의 초점 세 가지

1. 패러다임이 사물의 본질에 대해서 특히 뚜렷하게 흥미롭다고 밝히는 사실들의 부류이다. 문제를 해결하는 데에 그 사실들을 적용함으로써 패러다임은 그런 사실들을 정확도를 높이고 더욱 다양한 상황 속에서 확정할 만한 가치가 있는 것으로 만들어준다.

2. 패러다임 이론으로부터 유도되는 예측들과 직접 비교할 수 있는 사실의 결정이다.

Ex) 아인슈타인의 일반상대성 이론, 수성의 근일점의 세차로 검증

3. 수학적 과학에서는 명료화를 겨냥한 일부 실험이 물리적 상수를 결정하는 방향으로 진행한다.

Ex) 중력 상수, 아보가드로 수, 줄의 계수, 전하 등

이러한 정교한 시도들은 문제를 정의하고 불변적인 해답의 존재를 보증하는 패러다임 이론이 없었더라면 거의 엄두도 내지 못했을 것이며 아무것도 수행되지 못했을 것이다.

과학자들이 정량적인 법칙을 얻기 위해 노력한다.

Ex) 기체와 압력과 부피 관계를 나타내는 보일의 법칙, 전기적 인력에 대한 쿨롱의 법칙

4. 퍼즐 풀이로서의 정상과학

5. 패러다임의 우연성

6. 변칙현상 그리고 과학적 발견의 출현

7. 위기 그리고 과학 이론의 출현

8. 위기에 대한 반응

9. 과학혁명의 성격과 필연성

10. 세계관 변화로서의 혁명

11. 혁명의 비가시성