

## - 과학의 역사 -

### 절대주의에 대한 낙관

- 고대부터 근대에 이르기까지 과학은 한눈팔지 않고 성실하게 진리에 도달할 수 있다는 절대주의의 낙관적 견해를 견지해왔다.

## - 고대 과학 -

### 프톨레마이오스의 천동설

- 고대 시기의 과학은 관찰과 실험이라는 과학의 고유한 방법론을 사용하기보다는 사유실험이나 추상화 과정을 통해 세계를 설명하는 방식이었으므로 철학과 유사한 면모를 보이고 잘 구분되지도 않는다.
- 천동설은 지구가 정지해 있다는 상식에 부합했고, 수학적으로 예측되었으며, 신이 창조한 인간 세계를 세계의 중심에 놓았다는 점에서 이후 1400년간 유럽인들에게 거부감 없이 당연한 진리로 받아들여졌다.

## - 중세 과학 -

### 과학의 잠복기와 오컴

- 중세 천 년간 대부분의 시기에는 과학에서 암흑기라는 표현이 적절해 보인다. 다만 아리스토텔레스의 철학을 수용한 스콜라철학에 의해 현실과 경험 세계에 대한 관심이 명맥을 이어갔다.
- 스콜라철학 시기에 활동했던 오컴은 ‘오컴의 면도날’이라고 부르는 사고의 방식을 제시했는데, 이는 과학을 비롯한 이성적 학문을 위한 방법론을 제시했다는 점에서 의미가 있다. 오컴의 면도날이란 같은 현상을 설명하는 서로 다른 두 이론이 존재할 때, 더 간단한 이론을 선택하는 것이 더 효율적이라는 사고방식이다.

## - 근대 과학 -

### 갈릴레이의 지동설 그리고 수학적 근거

- 코페르니쿠스는 15~16세기에 활동했던 폴란드의 천문학자로 1400년간 진리로 받아들여진 천동설을 비판하고 지동설을 주장하였다. 코페르쿠스적 전환은 과학적이라기보다 미학적인 측면이 크다.
- 16~17세기에 이탈리아에서 활동한 갈릴레이는 경험적 관찰 자료와 수학적 근거를 바탕으로 지동설을 지지했다. 그는 “우주는 수학 문자로 쓰인 책”이라는 말을 남겼을 정도로 자연과학적 원리에 수학을 적용하기 위해 힘썼다.
- 수학이 항상 유의미하게 진리를 내포할 수 있는 이유는 무엇인가? 이에 대해 비트겐슈타인은 수학이 동어반복( $A=A$ )이기 때문에 항상 진리일 수 밖에 없다고 말한다. 따라서 자연에서 관찰한 결과들이 수학적으로 정리되고 서술된다면, 수학이 내적으로 언제나 참일 수밖에 없으므로 그 관찰 결과도 언제나 참인 이론으로 받아들여질 수밖에 없는 것이다.
- 과학은 수학과 관찰을 병행함으로써 합리론과 경험론 모두를 이론에 대한 근거로 활용한다. 갈릴레이가 과학의 아버지인 것은 그가 과학적 관찰과 수학적 근거를 병행해서 제시하는 과학적 방법의 시작이기 때문이다.

- 케플러의 제1법칙 : 행성의 궤도가 타원이며, 타원의 초점 중 하나에 태양이 위치한다.
- 케플러의 제2법칙 : 타원형의 궤도를 도는 행성이 같은 시간 동안 지나가면서 만드는 부채꼴의 면적이 언제나 같다는 이론이다.
- 갈릴레이와 케플러 이후로 행성들의 움직임은 수학으로 기술되었다. 이때 자연 세계를 기술하는 수학은 기하학이었다. 이제 인간에게 우주는 기하학적 세계가 되었다.
- 데카르트가 '기하학'과 '대수학'을 연결하는 '해석기하학'을 탄생시키면서 과학은 새로운 극면으로 전개된다. 해석기하학의 탄생이 의미하는 것은 기하학이 된 자연 세계가 문자와 숫자의 방정식이 되었다는 것이다. 인류는 이제 복잡하고 다양한 자연 세계를 수학의 언어로 온전히 서술할 수 있게 되었다.

## - 뉴턴 -

### 존재에서 관계로, 물리학의 확장

- 뉴턴은 서로를 끌어당기는 힘으로서의 중력을 수학적으로 정리해냈다(저서: '프린키피아')
- 만유인력의 법칙 : 인력이 물체의 질량에 비례하고 거리에 반비례한다.

$$\text{상수 } a \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

- 갈릴레이나 케플러가 기하학을 통해서 자연적 '사물'들을 수학화했다면, 뉴턴은 그 사물들간의 보이지 않는 '힘'을 수학적으로 정리해낸 것이다.
- 뉴턴이 완성한 수학적 우주에 더 이상 신이나 영혼이 개입할 여지는 없었다. 뉴턴은 '자연이란 일정한 법칙에 따라 운동하는 거대한 기계'라고 선언했다.

## - 아인슈타인 -

### 특수 상대성이론과 일반 상대성이론

- 빛은 관찰자 상태와는 무관하게 언제나 절대적이고 불변하는 속도를 갖는다. 아무래도 우주에는 제한 속도가 있고 그것이 30만km/s 인 것으로 보인다.
- 특수 상대성이론 : 빛의 속도가 초속 30만 km 로 절대적이라는 것과 또한 빛의 속도가 고정되어 측정된다면 시간과 공간은 관찰자에 따라 상대적이라는 이론이다. 물리학의 가장 기초적인 함수 '거리=속도 x 시간'에서 속도가 고정되면 나머지 변수인 거리와 시간이 조정되어야 한다.
- '빛의 속도의 절대성'과 '속도, 거리, 시간'의 관계는 결론적으로 다음과 같은 결과를 도출한다.
  1. 빛의 속도 c에 근접할수록 시간이 느려진다.
  2. 빛의 속도 c에 근접할수록 길이가 짧아진다.
  3. 빛의 속도 c에 근접할수록 질량이 증가한다.
- 1905년에 발표된 특수 상대성이론 이후 십여년이 지난 1916년에 아인슈타인은 '일반 상대성이론'을 발표한다. 특수 상대성이론이 빛에 eog나 이론이었다면 일반 상대성이론은 '중력'에 대한 이론이라고 단순히 요약해볼 수 있다. 일반 상대성이론은 등속도를 포함한 가속도 운동을 하는 '일반'적인 영역의 물리학으로 그 적용 범위를 넓힌 것이다. 일반상대성이론에 따르

면 텅 빈 우주에 질량을 가진 물체가 등장하면 그 물체를 중심으로 주변의 시간과 공간이 휘어진다. ‘중력’이 질량에 의해 휘어진 ‘시공간의 곡률’이라는 아인슈타인의 일반 상대성이론은 1919년의 개기일식 중 멀리서 오는 별빛이 태양 주변을 지나면서 구부러지는 현상이 관측되면서 증명되었고, 학계와 대중의 뜨거운 관심을 받았다. 빛은 질량이 없으므로 뉴턴역학에 따르면 중력의 영향을 받는 대상이 아니다. 그런데 빛이 중력에 의해서 휘어졌다는 것은 중력이 특정한 힘이 아니라 공간의 휘어짐이라는 것이 증명된 것이다.

- 일반 상대성이론의 결과는 많은 과학자에게 영향을 미쳤으며, 학계로 하여금 블랙홀의 존재나 우주의 팽창 등 다양한 현상들을 예측할 수 있게 했다.

- ‘팽창우주론’은 일반 상대성이론을 면밀하게 검토한 러시아의 수학자 프리드만과 벨기에의 르메르트에 의해 주장되었다. 팽창 우주 탐구는 시간을 역으로 돌려서 처음 팽창하기 시작하는 시점에 대한 연구로 방향을 선회하면서 미국의 물리학자 가모프에 의해 태초의 대폭발로부터 우주가 시작되었다는 ‘빅뱅이론’을 탄생시켰다.

- 상대성이론이 등장할 수 있었던 배경에는 수학에서의 리만 기하학의 탄생이 핵심적인 역할을 했다. 19세기의 수학자 리만에 의해 정립된 이 기하학은 기존의 유클리드 기하학을 넘어서는 이론으로 제시되었다. 리만은 기존의 유클리드 기하학과 새롭게 탄생하기 시작한 비유클리드 기하학을 통합하여 거대한 기하학의 체계를 잡은 인물이다.

- 유클리드 기하학은 기하학적 대상이 2차원의 면에 위치한다. 반면 비유클리드 기하학은 휘어진 공간에 위치한 기하학적 대상에 대한 수학이다. 3차원 이상의 휘어진 공간에서는 유클리드 기하학이 제대로 작동하지 않는다.

- 뉴턴의 역학이 유클리드 기하학을 바탕으로 한 물리학이라면, 아인슈타인의 역학은 비유클리드 기하학, 특히 리만 기하학 위에서 전개되는 물리학이라고 하겠다. 다시 말해 상대성이론이 등장할 수 있는 배경에는 수학의 발전이 있었다.

## - 현대과학 -

### 결정되지 않은 우주의 미래

- 갈릴레이, 뉴턴, 아인슈타인은 공통적으로 동일한 세계관을 갖는다. 그것은 결정론적 세계관이다. 우주의 미래가 이미 결정되어 있다는 관점이다. 이에 따르면 우주는 수학적이고 물리적인 법칙에 따라 한 치의 오차도 없이 정확하게 움직이고 예측된다.

- 양자역학의 결과값은 확률로만 예측될 뿐 확정되지 않는다. 즉 양자역학의 세계는 비결정론적 세계다. 우주의 미래는 결정되어 있지 않다.

- 아인슈타인은 ‘신은 주사위 놀이를 하지 않는다’라며 양자역학의 비결정론적 세계관을 문제 삼았다. 아인슈타인이 보기에 우주는 인과법칙으로 견고하게 결정된 세계였다. 그러나 20세기 동안의 과학적 실험과 검증은 결국 오늘날에 이르러 양자역학의 손을 들어준 듯하다. 실제로 양자역학의 예측값은 매우 정확한 편이고, 실용적인 면에 있어서도 현대 기술 문명에 크게 기여하였다.

{절대주의 : 고전물리학(인과법칙) – 뉴턴, 아인슈타인  
 {상대주의 : 현대물리학(확률) – 양자역학

- 불확정성 원리 : 위치와 속도가 동시에 측정되지 않음이 미시세계의 질서라고 생각했다. 이를 수학적으로 정리한 사람이 하이젠베르크다.

- ‘코펜하겐 해석’ : 새로운 시대의 물리학으로서 양자역학의 출발을 알리는 선언인 동시에,

아인슈타인까지의 결정론적 세계가 끝나고 결정되지 않는 비결정론적 세계가 시작되었음을 알리는 선언이었다.

<코펜하겐 해석> ① 물리량의 동시측정 불가능 ② 물리량은 관측의 영향을 받음

- 결정론의 세계가 원인과 결과에 정확히 부합하는 인과론적 세계를 대변한다면, 비결정론은 확률로써 제한되는 세계를 말한다. 양자역학은 수학적 확률 안에서 비교적 정확하게 기술된다.

- 슈뢰딩거의 고양이; 고전 물리학자들 : 밀폐된 공간에 있는 고양이는 죽었거나 또는 죽지 않았을 것이다. 양자역학자들 : 고양이가 죽어 있으면서 동시에 죽지 않은 상태의 확률로써 존재한다.

## -과학철학 -

### 과학은 진보하지 않는다

- <과학혁명의 단계>

① 정상과학 ② 위기 ③ 혁명 ④ 새로운 정상과학

- 쿤의 패러다임의 이동은 과학에 대한 신선한 관점을 제시해주었다. 쿤에 의하면 과학혁명은 과학적이지 않고 정치적 권력 투쟁의 결과다. 과학의 역사는 점진적인 진보의 역사가 아니라, 혁명적인 단절의 역사였다.

- 다음 세대의 과학은 우리와는 다른 모습일 테지만, 우리의 과학 성과로부터 점진적으로 진보한 과학이 아니라, 우리와는 전혀 공통점이 없는 새로운 형태의 세계관을 바탕으로 한 과학일 것이다.