장하석, <과학 철학을 만나다>

1강 과학이란 무엇인가?

칼 포퍼와 아인슈타인

아인슈타인이 일반상대성이론에서 예측한 중력에 의한 빛의 회절

아인슈타인의 예측: 빛이 무거운 물체 옆을 지날 때 휘어진다?

시공간이 휘면 빛이 휠 것이다. 그걸 관측해보자!

태양 옆을 지나며 휘어지는 빛, 인간의 눈과 뇌는 그 빛을 직진한 것으로 인식

에딩튼: 개기일식 때 태양의 강한 빛이 달에 가려져 별빛을 볼 수 있을 것이다

1919년 에팅튼의 일반상대성이론 관측 실험

이론을 엄격한 시험에 내놓은 아인슈타인을 보고 반증주의 철학이론을 세운 칼 포퍼

반증주의: 경험을 통해 이론이 틀린 것을 보여준다.

칼 포퍼: 과학의 진보는 끝없는 추측과 반증의 반복, 과학적 태도는 비판적 태도

“비판은 모든 이성적 사고의 피와 살이 된다.”

토마스 쿤과 정상과학

1. 빛보다 빠른 물체?

상대성 이론: 어떤 물체도 빛의 속도를 넘어설 수 없다.

2011년 이탈리아 국립물리실험실 연구팀이 원자핵이 붕괴할 때 나오는 중성미자(neutrino)가 빛보다 빨리 이동한다는 주장을 제기

에이…. 실험이 잘못 됐겠지…

어떤 물리학자는 이게 진짜면 내 팬티를 먹고 인증하겠다!

결국 실험에 오류가 있는 것을 판정

2. 토마스 쿤의 패러다임

- 규범이 되는 본보기

- 규범을 따라가는 과정에서 생긴 전통

정상과학: 특정한 패러다임을 받아들이고 그 틀 안에서 연구하는 것

뉴튼 역학:

1법칙: 관성의 법칙, 2법칙: 가속도의 법칙, 3법칙: 작용 반작용의 법칙

+ 만유인력의 법칙

뉴튼의 제 2법칙과 중력의 법칙으로 태양계 내의 운동을 성공적으로 기술할 수 있다.

: 뉴튼의 패러다임: 물체를 점 입자의 모임으로 분석한 후 미적분을 사용해 수학적으로 풀이, 중력의 작동 원리는 묻지 않는다,

뉴튼의 정상과학: 패러다임의 틀 안에서 새로운 것을 밝혀내는 것

정상과학은 ‘퍼즐 맞추기’이다. “과학 연구의 대부분은 뒤처리하는 과정이다”

“과학 연구를 시작할 때는 성공할 것이라는 약속만 있다. 그 약속을 실현해 나가는 것이 정상과학자의 임무다.”

쿤의 정상과학 훈련과정: 기존의 패러다임을 배우고 난 후 그 틀 안에서 새로운 것을 연구

2. 태양계의 8번째 행성 해왕성의 발견 과정

윌리엄 허셜: 뉴튼 법칙에서 벗어난 천왕성 궤도

- 우리 뉴튼이 틀렸을 리가 없어!: 해왕성 가설 해왕성과 혜성의 충돌?

르베리에와 애덤스의 ‘해왕성 가설’: 다른 행성의 중력 때문에 천왕성이 궤도를 이탈?

뉴튼의 역학을 기반으로 천왕성의 질량과 궤도 예측:

1846년 갈레: 어 진짜 해왕성이 있네? 르베리에와 애덤스의 해왕성 가설 입증 ->

만약 과학자들이 뉴튼 이론을 포기했다면? 1) 해왕성 발견 X, 2) 위대한 뉴튼 이론 폐기

뉴튼 역학을 방어하는 과정, 임시방편의 가설이 과학의 발전을 이뤄냈다

칼 포퍼: 권위에 저항하지 않으면 전체주의 이데올로기가 사회를 지배할 위험이 있다. 그러므로 과학자들은 비판정신을 갖고 사회를 선도할 의무가 있다.

정상과학은 기존의 패러다임을 그대로 따라가는 것이기 때문에 옳지 않은 패러다임을 받아들이게 될 경우 위험이 따른다

쿤: 과학은 자유주의를 보호하는 정치적 역할을 할 수 없다.

“포퍼의 말과 정반대로 과학은 비판적 논의를 포기함으로써 시작된다.”

“정상과학은 패러다임이 미리 만들어 놓은 비교적 경직된 상자에 자연을 처넣으려는 노력이다.”

기본적 동의가 없는 것은 철학일 뿐이지 과학은 아니다., 비판적 논의를 포기함으로써 과학이 시작된다.

2강 지식의 한계

데카르트 <제1 철학에 대한 성찰>

확실한 것만 골라 지식의 토대로 삼자, 감각도 환각일 수 있고, 경험도 꿈일 수 있다.

이성주의, 합리주의: 감각보다 이성적인 판단을 월등하게 여기는 것

“나는 생각한다, 고로 나는 존재한다” 모든 곳에 다 속더라도, 그 속아서 틀린 생각을 하는 주체인 ‘나’는 적어도 존재하는 것이 아닌가? 확실한 것은 나는 존재한다는 것

임마누엘 칸트 <순수이성비판>: 인간의 경험을 넘어서는 주제를 이성으로 알아낸다고 주장하는 것은 덧없는 일이다.

1. 달나라 토끼와 과학적 관측

16세기 이전의 천문학자들: “모든 천체는 흠 없는 완벽한 구형이다“

근데, 갈릴레오가 망원경으로 본 달의 표면: 유럽 사람들은 토끼를 못 본거야?

이론의 힘이 강하다!

2. 관측의 이론 적재성: 네 가지 차원

관측이 이론을 싣고 다닌다.

1) 감각으로 사물을 지각할 때 선입견과 상황에 영향을 받는다.

감각 자체가 현실에 대한 정보를 그대로 전해주는 것이 아니다.

뇌가 눈에서 코를 안 보이게 편집

2) 지각의 해석은 이론이 기반 됨: 같은 현상도 이론에 따라 다르게 해석된다.

게슈탈트 심리학: 오리-토끼 두 가지를 동시에 볼 수 없다.

거품 상자에서 본 입자의 궤적

3) 관측기구의 작동기구 안에 이미 이론에 포함되어 있다.

4) 이론에 맞지 않는 관측결과는 거부될 수 있음.

칼 포퍼: 사실 또한 이론이 포함된 가설일 수 밖에 없다. 다른 이론을 배워올 때, 기존의 관측 사실은 폐기될 수도 있다.

귀납의 문제: 경험적 사실을 모아서 일반화

해가 매일 아침에 동쪽에 뜬다 -> 내일도 해가 동쪽에서 뜬다는 거 증명 불가능!!

1) 북극점에서는 어느 방향을 가나 남쪽, 해가 동쪽에서 뜬다는 개념 자체가 성립 X.

2)

칼 포퍼: 귀납주의는 증명할 수 없는 것을 증명하려는 무모한 철학이다.

모든 A는 다 B다: 백조는 다 하얗다. 이거 어케 증명해?

검은 백조가 존재! -> 일반론이 깨짐

북극점,

데이비드 흄: 귀납적 사고는 논리적으로 정당화될 수 없다.

귀납은 어쩔 수 없는 인간의 관습이다.

뉴턴: 일반화하지 않아야 할 별다른 이유가 없으면 일반화하는 것이 과학의 방법이다.

만유인력의 법칙은 태양계 내 법칙에서 온 것을 우주 전체로 일반화한 것

어떤 종류의 규칙성이 의미 있게 일반화될 수 있는가?

보데의 법칙: 행성의 거리를 계산하는 법칙, 이상하게 맞아 떨어져?

일반화할 수 있는 법칙을 찾아도 과학적으로는 의미 X

발머 시리즈: 원자의 스펙트럼,

닐스 보어의 원자 모델: 원자가 빛을 흡수라고 방출하는 것은 전자가 궤도로 이동하기 때문.

발머 시리즈 기반.

갈릴레오와 케플러의 싸움, 달과 조수가 관련이 있다.

갈릴레오: 지구의 자전과 공전 운동이 복합되어 바닷물이 흔들려서 공전 현상이 발생한다고 주장

경험을 통해 관측한 사실의 가치는 이론이 결정할 수 밖에 없다.

관측을 통해 얻어는 규칙을 일반화할 수 있는 근거는 무엇인가?

이론에 의존, 이론은 무엇으로 증명?, 결국 믿음 아닌가?

3강 자연의 수량화

1. 측정

Ppm: 백만 분의 일, 광속

이론은 불확실하지만, 적어도 측정은 확실하지 않은가?

과학이론은 측정이 없다면 소용이 없다.

절대온도: 물질의 특이성에 영향을 받지 않는 온도

과학이 자연에 수량을 측정하는 과정; 수량화

개념의 수량화: 온도계 발명, 온도를 수량적 개념으로 정리

속도: 중세: 길이와 시간을 어떻게 갖다 붙여?

측우기: 비가 얼마나 왔는가를 측정하고, 전국에 보내 통계를 냈다는 것이 중요!

온도계의 철학:

1) 0도의 기준을 어떻게 정했나?

0도는 물이 어는 온도,

초냉각: 0도보다 낮은 온도에서 물이 얼지 않고 액체 상태로 영하의 온도로 내려간 상태

다양한 고정점: 여름철 가장 더운 추위,

높은 점: 버터의 녹는 점, 낮은 점: 깊은 지하의 온도

파렌하이트: 얼음, 물 소금 섞을 것의 온도, 얼음 + 물의 온도, 건강한 몸의 온도

고정점의 다른 기준: 일관성, 정밀성

감각은 일관성이 없다.

2) 1도를 구분하는 눈금의 크기는 어떻게 정했나?: 정밀성

온도계에 넣은 액체의 팽창량과 온도의 상승향이 정비례한다.

여러 가지 액체를 써서 만든 온도계 간의 불일치

과거 과학자들은 온도계의 기준을 어떻게 만들어냈는가?

시간 측정의 역사

1. 해시계/추시계

진자의 등시성: 끈의 길이만 같으면 진자의 주기는 같다.

푸앙카레: 가장 중요한 것은 물리학의 법칙들을 간단하게 해주도록 시간의 개념을 정립하는 일이다. 측정이란 힘들다. 그러나 훌륭히 발달해왔다

기준이 없는 상태에서 기준을 만들어 내려면 순환논리에 빠질 수 밖에 없다.

측정의 진보 과정: 인간의 감각이 옳다는 가정 하에 연구를 시작 ->

연구를 통해 더 정밀한 측정 기구 발명

-> 측정 기구로 감각을 수정

이미 갖추어진 기준으로 탐구를 시작, 시발점이 된 기준을 재검토

과거의 기준을 존중하되, 절대적으로 복종하지는 않는다.

과학의 발전은 진보와 보수의 융합

사회 발전 과정: 과거의 기준을 수정하고 재검토하면서 발전

나선형 순환 발전 원리

지식이 완벽할 수 없다는 것을 인정하면 개선할 방법을 발견할 수 있다.

과학이 점진적 발전을 넘어서 어떻게 혁명적 발전을 일으키는가?

3) 액체의 팽창이 정확한 온도를 나타내는가?

4강 과학혁명

과학의 진보형태

토마스 쿤의 정상과학: 기존의 패러다임을 받아들인 후 그 틀 안에서 연구하는 것

패러다임 1) 본보기가 될 수 있는 과학적 업적, 2) 본보기를 따라하면서 형성되는 과학적 스타일

정상과학이 무한정 유지되지 못하고 과학혁명을 가져다 준다.

정상과학을 추구하는 과학자들이 자신들의 패러다임을 유지하기 위해 노력하다가

패러다임이 붕괴되면 과학혁명이 일어난다.

1) 코페르니쿠스 혁명: 천동설 -> 지동설

2) 다윈의 진화론: 창조설 -> 진화론: 자연선택설

3) 화학 혁명: 7강에서

과학의 혁명기에는 새로운 패러다임과 과거의 패러다임 간의 경쟁과 투쟁이 일어난다.

경쟁을 조절해주는 심판이 없는 상태다. 논증이나 검증이 아닌 설득을 통해 결판 낼 수밖에 없다.

증명이 아닌 설득의 문제:

막스 플랑크: 과학은 장례식이 치뤄질 때마다 진보한다.

혁명은 오리를 보다가 갑자기 토끼를 보는 것

과학도 새로운 패러다임을 얻게 되면 기존의 것도 다르게 보인다.

모든 역사 속에서 영원히 유지될 수 없는 혁명은 없었다.

아인슈타인: 상대성 이론을 바탕으로 물체가 절대적인 기준으로 움직이거나 정지해 있는 것은 무의미하다고 주장

쿤이 말하는 과학 발전 과정

패러다임 없이 연구 -> 패러다임 정립 -> 정상과학 1 -> 변칙 사례 등장 -> 위기 -> 혁명(새로운 패러다임) -> 정상과학 2 -> 변칙 사례 -> 위기….

공약 불가능성

1. 패러다임과 함께 판단 기준이 바뀐다.

뉴튼 학파 vs 데카르트 학파: 중력은 어떻게 설명?

H2O: 수소가 왜 산소랑 붙어: 전자기력 때문에

탄소 원자가 붙는 이유: 19세기 유기화학자들: 물리화학

2. 패러다임이 바뀌면 개념과 용어의 의미 자체가 바뀐다.

천동성 패러다임: 지구 주위를 도는 거는 모두 행성: 태양, 달도 행성

지동설 패러다임: 태양 주위를 도는 거는 행성, 근데 행성 주위를 도는 달은 위성

개념이 바뀌는 서로 다른 패러다임에서 주장하는 것을 비교할 수 없다.

3. 패러다임과 함께 관측되는 현상 자체가 바뀐다: 논란이 많다

관측의 이론적재성

Ex) 코페르니쿠스(16세기) 이전, 신성에 관한 관측 전혀 X, 신성은 기상현상으로 처리.

중국은 165년부터 관측 왜?

아리스토텔레스 이론: 하늘에 있는 것은 완벽하고 변함이 없다.

인간이 알고 있는 것은 ‘있는 그대로의 자연’이 아니다. ‘관측된 자연’은 패러다임이 바뀌면 함께 바뀐다.

갈릴레오 갈릴레이: 진자의 동시성, 근데 서는 이유: 진공이었으면 영원히 진동하는데, 마찰력이랑 공기 저항 때문에 어쩔 수 없이 섰다.

아리스토텔레스 이론: 무거운 물건은 지구의 중심을 행해 직선운동 하니까.

추가 지저분하게 낙하했다.

혁명이 일어나는 과학자들은 아주 다른 세상에서 사는 것이다.

경쟁하는 패러다임 간의 선택

“이 패러다임의 선택이란 절대 논리와 실험만 가지고 딱 부러지게 결정할 수 없다.”

“패러다임 간의 경쟁은 증명으로 해결할 수 있는 싸움은 아니다.”

“적절한 공동체 내에서 서로 동의하는 것 이상의 기준이란 없다.”: 진리는 없다.

“죽을 때까지 새 패러다임에 저항하는 것도 과학의 규칙을 어기는 행위로 볼 수 없다.”

공약 불가능성 때문에 과학의 객관성, 중립성, 진실성이 없어지는 것이 아닌가?

토마스 쿤의 과학 혁명이 불안한 이유: 과학의 지식은 축적될 수 없는 것인가?

과학은 진리에 접근할 수 없는 것인가?

가장 중요한 과학 지식의 내용은 뚜렷한 방향 없이 발전한다.

**천동설 시대의 우주론: 우주는 구형, 구형의 천장에 별들이 고정, 지구가 우주의 중심**

**갈릴레오와 뉴튼 이후의 우주론: 우주의 공간에 한계란 없고 중심도 없다. 태양은 우주의 중심 X**

**아인슈타인의 상대성 이론 이후의 우주론: 우주는 시간과 공간이 따로 존재하는 게 아니라, 융합된 4차원 세계인 시공이 닫혀 있는 구조이고, 빅뱅 이후 그 시공의 구조가 팽창하고 있다.**

**우주론이 어떤 방향으로 나아가고 있는가? 몰라.**

과학자들은 혁명기에 이성적인 선택을 하는가?

도구적 진보: 진리에 다가설 수 없지만, 진보하는 것이다.

쿤의 결론들을 피할 수는 없나?

* 보편적인 과학 방법론을 고집
* 혁명을 겪으면서 유지되고 축적되는 것들을 찾는다.
* 이제 혁명은 다 끝났다고 주장한다.

과학적 진리란 무엇인가?

5강 과학적 진리

실재론: 과학의 궁극적인 목표는 경험적으로 입증된 사실을 넘어서 자연에 대한 진리를 찾는 것이다.

반실재론: 과학의 목표는 진리를 찾는 것이 아니라 유용한 지식을 찾는 것이다. 과학이 진리에 접근하는 것은 불가능한 일이다.

**관측 불가능한 대상을 다룰 때, 실재론의 문제점이 부각된다.**

**관측 불가능한 대상: 너무 작은 것(세포, 세균, 소립자), 너무 큰 것(은하계, 우주 구조),**

**감각으로 감지할 수 없는 것(전자기장), 지구의 핵심(지진파로 추측), 암흑물질/ 암흑에너지.**

**우주의 대부분은 암흑물질과 암흑에너지로 이루어져 있다는 것이 정설…!**

**이론 자체에서 관측할 수 없다고 하는 것: 블랙홀, 과거에 일어난 사건들, 과거를 주제로 하는 과학: 고고학, 진화론, 우주론…,**

실재론: 관측 불가능한 것이라도 훌륭한 이론을 세워 검증하면 된다.

반실재론: 직접 경험을 통해 검증할 수 있는 것만 믿을 수 있다.

관측 결과를 믿는 것은 관측기구 안에 포함된 지식체계를 전부 받아들이는 것.

실재론이 사라지지 않는 이유?

힐러리 퍼트남: 실재론이 아닌 다른 모든 철학은 과학의 성공을 기적으로 간주해야 할 것이다.

실재론자들: 과학 이론이 일관성이 있기 때문에 유용한 것일 뿐이다.

훌륭한 과학 이론이라면 관측 불가능한 영역의 진리도 꿰뚫고 있는 것이 아닌가?

**반 프라센: 과학의 발전은 생물의 진화와 비슷하다. 과학자들은 다양한 이론을 많이 만들어내고 그중 경험적으로 성공적인 것만 보존한다. 그렇기 때문에 살아남은 과학 이론은 성공적일 수 밖에 없다.**

다원주의 진화론: 돌연변이가 일어나 새로운 특징을 갖게 되면, 그중에서 잘 적응한 것들이 살아남아서 진화가 이루어 진다.

과학이 관측할 수 없는 주제를 다룰 때, ‘진실’을 나타내는 것인가?/ 과학자가 ‘진실’을 추구해야 하는가? / 경험적인 적합성만을 추구하는 것인가?

실재론의 논쟁은 과학의 목표의 문제. 경험적은 적합성 vs 진리 추구

결국 이론은 다 가설이다. 특히 관측할 수 없는 주제를 다루는 이론은 경험적으로 증명하거나 반증할 수 없어서 영원히 가설로 남을 수밖에 없다. 과학의 한계를 넘어서려 하는 것은 덧없는 일이다. 과학의 한계를 극복했다고 주장하는 것은 근거 없는 교만이다.

리우단: 과거 성공적이었던 과학 이론들이 지금은 대부분 폐기

토마스 쿤: ‘정상과학’은 특정한 패러다임을 받아들이고 그 틀 안에서 새로운 것을 밝혀내면서 발전하고, 그 과정에서 패러다임을 더 보편적으로 정밀하게 만들려고 하면 변칙 사례가 생긴다.

과학 이론이 성공을 유지하지 못하는 이유는 성장하려고 노력하기 때문.

맥스웰의 광학 이론: 빛은 전자기장과 자기장으로 만들어진 ‘전자기파’이고 그 파동은 가상적인 물질 ‘에테르’내에서 전파됨

아인슈타인의 특수 상대성 이론: 빛의 속력은 관측자의 운동 상태와 상관없이 일정하다고 하면서 에테르의 존재를 본질적으로 부정

라우단: 지금 성공적이라고 하는 이론들도 나중에 폐기되자 않는다는 보장이 있는가?

우리가 지금 믿는 이론도 시간이 지나면 폐기될 확률이 높다.

진리를 갈구하는 것은 17세기 유럽인들이 갖고 있던 기독교적 관념의 영향

아인슈타인: 물리학의 이론은 신이 정해진 것이라고 믿음.

양자역학의 코펜하겐 해석: 닐스 보어가 내란 양자역학의 해석, 우주를 지배하는 것은 우연과 불확정성, 미래의 상태는 확률적인 예측만이 가능하다.

아인슈타인의 반론: 우주를 지배하는 기본 법칙에 ‘우연’이 끼어들 여지가 없고, 미래의 상태를 예측할 수 없는 것은 양자역학의 이론이 불완전하기 때문.

신은 주사위 놀이를 하지 않는다.

“신이 뭘 하는지 너가 어떻게 알아?”

물리학 대통일 이론: 자연계의 4종류의 힘 중 중력을 제외한 나머지를 하나의 이론으로 통일하는 이론.

다양한 형태의 지식을 존중해야 하는 것이 아닌가?

과학이 참된 것을 말해주지 않는다면, 사회에서 어떻게 거짓과 오류를 막을 수 있는가?

진상 vs 진실 vs 진리

진리는 규명하거나 측정할 수 없다.

토마스 쿤: 진상을 밝히는 것은 ‘정상과학’ 내에서 가능, 특정한 패러다임을 받아들이고 그 틀안에서 옳고 그름을 판단

과학적 실재론: 실재에 대한 것을 최대한 배운다는 다짐

칼 포퍼의 ‘반증주의’와 토마스 쿤의 ‘정상과학’도 실재에 대한 것을 배우려는 노력

실재주의: 가능하면 최대한으로 실재에 대해 배워야 한다는 능동적인 이념

능동적 실재주의: 가능한만큼 최대한 배우기.

실재주의를 실현하기 위해서는 서로 상충하는 과학 이론 체계를 동시에 허용하고 유지해야 한다.

대응론: 이론이 실재와 대응하면 참이고 그렇지 않으면 거짓이다.

집과 물에 비친 모습 비유: <https://youtu.be/JzPLE6QW0UU?t=2596>

정합론: 실재는 알 수 없다. 이론의 체계가 일관성이 있고 모순이 없으면 참이다.

6강 과학의 진보

인간이 하는 활동 중 정말로 성과가 축적되고 진보하는 것은 과학 뿐이다.

- 조지 싸튼 –

과학이 진보한 것을 본보기 삼아 사회도 진보했다.

다미앙의 처형: 루이 15세 암살 시도, 잔인한 사형 방식

진리는 과학적으로 탐지할 수 없다.

과학이 진리에 다가가는 것은 고사하고 어떤 방향으로 나아가는지조차 잘 보이지 않는다.

과학의 성공은 진리를 밝히는 것이 아니라 진상을 발견하는 것이다.

토대주의의 은유: 튼튼한 기초 위에 건물 올리기

과학 지식을 정립하는 과정을 강바닥에 다리를 세우는 것으로 은유

인식 과정의 반복: <https://youtu.be/oO8q3g9kDSg?t=966>

**노이랏의 배: 우리는 망망대해에 떠 있는 배를 타고 있는 항해자들과 같다. 배에 물이 새는데 바다 한가운데서 자신들의 배를 고쳐야 하는 처지이다.**

**= 지식의 토대가 없다, 토대는 없지만 일관성을 갖고 잘 짜여져 있는 지식 체계를 만들 수 있다.**

**: 토대주의 위에 정합주의, 관측의 이론 적재성도 설명 가능,**

**정합주의는 진보도 추구한다: 지식의 일관성을 더 정밀하게 하는 진보를 추구한다.**

**: 국제 시간교육 도면 체계 만듦.**

**산불이 나면 어떻게 끌 것인가?**

**물리학, 화학, 기상학, 사회학, 생물학,**

**모든 과학이 합쳐져야 현실문제를 풀 수 있기 때문에 과학을 통일해야 한다.**

**각각의 학문은 세상의 일면만 이야기해줄 수 있다.**

**현실적인 문제를 해결하는 데에는 모든 과학이 한꺼번에 필요하다.**

**여러 분야의 과학이 필요에 따라서는 융합될 수 있게 준비되어 있어야 한다.**

**그래서 과학의 언어가 통일돼야 한다.**

진리는 힘 있는 자가 정할 수 있는 것인가?

다수가 주장하는 이론에 대응하지 못하는 과학이 무슨 소용인가?

또 다른 은유: 둥근 지구 토대주의

둥근 지구가 어떻게 토대가 될 수 있나? 1) 지구는 어느정도 딱딱하다. 2) 중력

= 절대적 기초가 없어도 지식을 얻을 수 있다.

서양 근대철학의 결함: 과학의 역사와 실체를 보면 확실한 것은 없다. 그러나 지식은 있다.

인간의 지식은 어떻게 축적되는가?

비트겐슈타인: 지식을 절대적으로 정당화하려는 것을 포기해야 한다.

지식을 정당화해주는 토대 자체는 정당화가 안 된 것이다.

실제로 인간은 지식을 어떻게 얻는가? 인간은 근거 없는 지식을 받아들여서 인식 행위를 시작하며, 처음부터 정당화할 수는 없다.

둥근 지구 토대주의

1) 확실하지 않아도 토대 역할을 할 수 있다.

2) ‘기초’는 상대적 개념이다.

3) 진보의 형태는 다양하다.

(4) 진보의 방향은 일어나는 곳에 따라 다르다.

큰 의문 1. 새로운 지식을 창조하는 과정은 무엇인가?

2. 과학 지식은 하나인가?

과학의 역사를 더 깊이 알아야 하는 이유는 무엇인가?

7~10강 한 사례를 통해 깊게 배우자.

7강 산소의 플로지스톤

화학혁명, 라봐지에 산소를 중심으로 한 새로운 화학

1) 산소 발견, 물질이 타는 것과 금속이 녹스는 것이 산소와 결합, 즉 산화하는 것이라고 주장

**화학 혁명: 플로지스톤 이론을 폐기, 현대 화학의 아버지, 금속이 녹스는 과정은 물질이 타는 과정과 같다. = 금속에서 플로지스톤을 빼내면 푸석푸석 해진다.**

플로지스톤: 타는 기운

가연성 물질이나 금속에 포함되어 있다.

라봐지에의 의문: 물질이 타거나 녹슬 때 질량이 늘어나는 것은 다른 무언가와 합쳐지기 때문?

연소는 플로지스톤을 잃는 것이 아니라 산소를 얻는 것이다.

이미 폐기된 과학에서도 배울 점이 있다.

플로지스톤은 상상의 개념이 아닌 실험으로 보여줄 수 있는 개념이었다.

녹슨 금속에 플로지스톤을 넣어서 다시 금속으로 만들 수 있는가? : ㅇㅇ 금속 제련

숯과 금속회를 섞어서 금속을 만들어.

금속 = 금속회 + 플로지스톤

산소는 프리스틀리가 처음으로 산소를 발견했다.

플로지스톤 이론:

캐븐디쉬: 묽은 산에 금속을 넣는 실험

양쪽 다 해결하지 못한 문제?

산소가 산성을 일으킨다.

왜 플로지스톤 이론을 폐기해야 했는가?

과학사를 승자의 관점으로만 기록해서는 안 된다.

8강 물은 H2O인가?

우리가 굳게 믿고 있는 과학 지식도 재조명할 필요가 있다.

물 분자 1개는 수소 원자 1개와 산소 원자 2개로 이루어져 있는가?

수소 1g + 산소 8g = 9g 물

<https://youtu.be/bFn6m-7E2Ew?t=352>

완전한 순환 논리야!!!!

돌튼은 왜 물은 HO라고 했을까?

물 분자식을 H2O라고 말하기까지 50년이 걸린 이유?

아보가드로 -> 물의 분자식 H2O 정립.

게이뤼삭의 기체 반응 법칙: 수소와 산소가 합쳐질 때는 수소 두 부피와 산소 한 부피가 결합\

가정: EVEN

2H2 + O2 -> 2H2O

아보가드로의 이론이 실패했음에도 어떻게 물은 H2O가 된 것인가?

이론의 미결정 상태: 같은 관측결과를 설명할 수 있는 다수의 이론이 있다면 그중 어느 이론이 옳은 지 결정할 수 없는 상태

H2O를 정립한 유기화학

유기화학물: 에틸알코올, 에테르

유형 이론 -> 에틸 알코올과 에테르는 물 유형

<https://youtu.be/bFn6m-7E2Ew?t=1728>

유기물을 분류하는 다양한 유형이론 등장

에테르화: 에틸알코올이 에테르로 변하는 과정에서 물이 나옴.

윌리엄슨의 에테르화 이론

에테르화 중간 과정에서 황산이 변했다가 다시 환원하면서 에틸알코올은 에테르가 되고 물이 부산물로 떨어져 나온다.

유형 이론이 화학 반응의 기초 이론으로 자리 잡으면서 물은 H2O라는 분자식으로 정립.

호프만의 분자 모델

원자의 존재를 논하는 것은 화학과 무관하다.

물 분자 H2O 분자 확립 원자가는 완벽한 개념이 아니다?

원자들의 화학적 결합이 일어나는 이유를 밝히지 않음.

유기화학 구조이론 vs 물리화학 열역학/전기

일반 대중이 과학의 연구 과정을 알아야 하는 이유?

일반 대중은 과학의 연구결과보다 연구과정과 사고 방식을 배우는 것이 더 중요하다.

9강 물은 항상 100oC에서 끓는가?

순수한 물은 1기압하에서 항상 100oC에서 끓는다.

거품이 몇 도에서 생기기 시작하는가?

거품은 얼마나 큰가?

기포가 형성될 때 물은 열을 크게 손실한다.

기포가 충분히 형성되지 못하면 100oC 넘어서도 끊는다.

표면이 매끄러운 유리로 만들어진 비커

그릇에 담긴 물을 데울 경우 불꽃과 가까운 밑의 부분이 더 뜨겁다.

일반적인 비등점 측정 방법에 대한 들룩의 불만

물은 105~106oC까지 온도를 올릴 수 있다.

물이 끓는다는 것은 무엇인가?

물속에 녹아 있는 공기의 역할에 대해서는 아직 연구가 미흡하다.

전문가의 권위는 각자의 분야에서만 인정해야 한다.

과학을 전문가의 영역이라고 여겨서는 안 된다.

상투적인 관념과 습관이 일상과 과학을 지배하고 있는 현실을 극복해야 한다.

10강 집에서 하는 전기화학

볼타의 전지 발명으로 시작된 전기화학

감자/레몬 전지의 원리는 무엇인가?

아연과 구리철사 사이에서 혀가 전해질 역할을 해서 미량의 전기가 흐르게 함.

전지의 기본 원리: 세 가지 다른 물질을 연결해서 회로를 만드는 것.

니콜슨과 <민중과학>

물의 전기분해에 관한 논문 발표

접촉설 vs 화학설

전자가 아연보다 금을 선호하는 이유:

과거의 잃어버린 지식을 다시 회복시키는 과정에서 지식이 연장되기도 한다.

과학이 현대와 같이 권위적으로 이루어진 것은 아니다.

11강 과학지식의 창조: 탐구와 교육

색다르게 생각하기 위해서는 색다르게 살아야 한다. 색다른 사람을 아껴주는 사회적 분위기가 필요하다.

과학 탐구는 틀에 박힌 방법만을 띠를 수 없다. 공식화된 과학 방법을 따라가는 과학 철학은 대부분 실패했다.

발견의 문맥 vs 정당화의 문맥

과학자가 새로운 이론을 만드는 것과 그 이론을 시험하고 검증하는 것은 전혀 다른 과정이다.

포퍼: 과학 지식의 아이디어는 무작위로 나온다. 잘못된 아이디어는 나중에 엄격히 검증해서 걸러내고 좋은 아이디어만 보존해 나가면 된다.

새로운 아이디어의 탄생과정은 규칙화할 수 없다.

과학 지식을 습득하고 발전하는 데 솜씨가 필요하다.

자식의 바탕에는 암묵적인 솜씨가 포함되어 있다.

자전거를 탈 때, 어떻게 안 넘어지는지 생각하지 않고 타는 것처럼,

관측과 솜씨

관측에 필요한 솜씨를 보여주는 그림 <https://youtu.be/i-dcbaJHWM0?t=1156>

과학 지식에서 필요한 솜씨

1. 일상생활을 기반으로 하는 솜씨

2. 실험기구와 수학공식을 다루는 솜씨

솜씨를 언어로 표현할 수 없는 이유: 언어를 배우는 데도 무언의 솜씨가 필요하다.

동작을 통해 언어를 배우는 과정은 무엇인가?

비트겐슈타인: 언어를 습득하고 사용하는 규칙을 알기 힘들다고 주장.

규칙에 대해 내가 의도한 해석만이 정당화될 수 없다는 근거는 없다.

언어도 암묵적인 것에 기반하지 않으면 의미가 없다.

의자를 정의할 수 있는가?

과학 지식에도 은유가 필요하다.

레이코프, 존슨의 은유론

인간의 개념체계의 대부분에 은유가 포함되어 있다고 주장.

귀가 어두워, 물건 값이 올랐다, 앞으로 잘하겠습니다. 온도가 올랐다.

인간은 중력장 속에 살기 때문에 ‘많아진다’는 것을 은유적으로 뭔가 쌓여서 ‘올라간다’고 표현한다.

자연을 수량화 하는 것도 은유다. 자연의 수량화: 자연 현상과 성질을 숫자로 은유하는 것

관측 불가능한 현상에 대한 이론적 모델을 만드는 것도 은유다.

새로운 과학적 개념을 창조하는 과정에서 은유는 필수다.

과학적 모델의 삼중 구조

**닐스 보어의 원자 모델: 원자의 구조를 태양계의 모습에 은유**

**1) 긍정적 비유: 가운데 무거운 것이 있어서 그 주위를 가벼운 것들이 돈다.**

**2) 중립적 비유: 전자와 행성이 비슷한 지 아직 모르는 면들이 있다.**

**3) 부정적 비유: 전자는 행성과 같은 성질이 아니다. 전자는 정확한 위치와 운동량을 동시에 갖지 않는다.**

제럴드 홀튼: 은유는 미지의 세계로 가는 유일한 다리다.

기존의 이론과 개념으로 설명할 수 없는 현상을 어떻게 표현할 것인가?

중립적 비유를 통해 과학 연구를 시작한다.

기존의 경험과 개념에 기반을 두지 않는 전혀 새로운 개념을 만들어낼 수 없다.

이론과 상관없는 현상: X선, 방사능의 발견

사고 실험: 머릿속에서 속으로 진행하는 실험.

은유를 통해 새로운 개념을 창조하는 방법은 무엇인가?

창의성을 교육할 수 있는가?

**쿤: 기존의 훌륭한 패러다임을 모방하는 과정에서 문제 푸는 솜씨도 배우게 된다.**

은유를 통해 새로운 개념을 창조하는 창의성은 어떻게 습득하는가?

포퍼: 토마스 쿤의 정상과학은 사람들의 상상력과 창의력을 저해하는 세뇌교육일 뿐이다.

**쿤의 반박: 1) 정상과학 자체가 창의적인 작업이다.**

**2) 혁명적인 창의성은 필요하면 생긴다.**

**정상과학에서는 함부로 패러다임의 틀을 깨지 않는다. 절망적으로 풀리지 않는 문제가**

**발생했을 때 틀은 깨진다.**

**정상과학의 패러다임이 위기에 몰렸을 때 문제를 해결하기 위해 창의성이 발휘된다.**

**인간의 창의성은 실제로 해결해야 할 문제가 있을 때 가장 잘 발휘된다.**

창의력을 발휘할 수 있는 실제 상황을 마련해주어야 한다.

창의성이 더 잘 발휘될 수 있도록 도와줄 수 없을까?

**과학혁명을 일으키는 사람의 유형**

**1) 아주 젊은 사람**

**2) 과학의 분야를 옮긴 사람.**

**Ex) 크릭의 dna 발견.**

**다른 경험과 사고방식을 바탕으로 혁명적인 아이디어가 나온다.**

제12강 다원주의적 과학

인본주의적 과학: 과학은 철저히 인간적인 것이다.

과학의 모든 과정에 인간의 본성, 능력, 한계, 욕망, 목적이 포함돼 있다.

과학 지식은 그 과정 모두가 인간적인 것이다.

인본주의 과학철학

과학에서의 다원주의: 과학의 지식체계는 가능하면 한 분야 내에서도 여러 가지를 발달시키고 유지하는 것이 좋다.

좋다 = 과학의 여러가지 목적을 달성하는 데 도움이 된다.

1) 한 우주에 맞는 이론은 한 가지뿐이다? 우리집 강아지 비유

과학이 발전하면서 이론들은 점차 통일돼 왔다.

러더포트: 과학이란 물리학이 아니라면 우편 수집에 불과하다.

‘물리학 제국주의’

환원론: 복잡한 현상을 근본적으로 단순한 것에 기반하여 설명하지는 주장.

소립자부터 단계적으로 연구해 나가면 이론 물리학부터 사회학까지 통합적으로 설명할 수 있다.

<https://youtu.be/7tajCjeQEYE?t=566>

아인슈타인의 통일장 이론: 중력과 전자기기장 통합 시도 실패

인자물리학 표준 모형

하나로 통일할 수 없는 과학의 분야들이 늘어나고 있다.

토마스 쿤

**정상과학 상태에서 패러다임이 하나만 존재해야 한다고 주장**

**정상적인 과학에서 두 개의 패러다임이 양립할 수 없다.**

**경쟁 패러다임이 없어야 과학자들이 연구에 집중할 수 있다. -> 이거 토론주제 rr**

패러다임간의 경쟁 – 분화

빛의 성질에 관한 입자설과 파동설이 공존하면서 발전

잡종: 결국 빛은 이중성 입자인 동시에 파동이다.

다원주의적 과학의 이득

1. 관용의 이득

1) 예측 불허에 대한 보험

쿤: 한 가지 가능성을 추구하고 막다른 골목에 다다르면 그 때 다른 가능성을 고려하자!

2) 지적 분업

공약 불가능성: 패러다임마다 문제를 해결할 수 있는 능력이 다르다.

3) 한 가지 목적도 여러 가지로 다르게 달성할 수 있다.

Ex) 엘리베이터 거울 비유

4) 여러 가지 목적을 달성

과학을 연구하는 목적은 여러 가지이고 그 목적에 적합한 다양한 방법도 함께 공존해야 한다.

2. 상호작용의 이득

1) 융합

과학에서도 다른 영역 간의 교류가 필요하다.

Ex) 네비게이션: GPS, 지구 주변의 위성에서 원자 시계

뉴튼 역학 + 양자 역학 + 특수상대성이론 + 일반상대성이론

특히 공학에 필요하다.

2) 채택

여러 체계의 다양한 업적을 공유할 수 있다.

3) 경쟁

서로 다른 지식 체계들이 경쟁,

경쟁을 통해 긴장감을 유지할 수 있다.

경쟁하는 패러다임의 비판을 통해 이론을 보완하고 강화할 수 있다.

토마스 쿤이 주장한 패러다임의 이점과 칼 포퍼가 주장한 비판정신의 이점을 모두 살릴 수 있다.

다원주의를 경계해야 하는가?

1) 과학 이론을 한 가지로 통일하지 않으면 혼란이 일어날 수 있다?

다원주의와 상대주의는 다르다.

2) 여러 가지 과학 체계를 동시에 유지할 여력이 있는가?

겸허함의 과학

인간이 알고 있는 자연에 대한 지식을 단면적일 수밖에 없다.

따라서 다양한 단면을 바라볼 필요가 있다.

어둠 속에 빛이 동그랗게 비친 면적이 클수록, 그 환한 부분을 둘러싼 어두운 경계선도 늘어난다.

지식이 늘어날 때 그것에 대한 의문점도 늘어난다.

그래도 우리는 빛을 볼 수 있음에 만족해야 한다. 신과 신의 창조물은 무한한 것이므로 우리는 끝없이 탐구하며 진보할 수 있다.

과학도 사회 속에서 이루어진다.

독립적인 과학 탐구를 배우는 것은 권위주의와 이데올로기에 대한 맹종을 막는 길이다.

절대적인 과학적 진리를 갖고자 하는 희망을 떨쳐내야 한다.

절대주의와 일원주의 자체를 제거하는 것이 필요하다.

과학의 다원주의를 받아들이지 못하면서 나머지 사회의 다원주의를 주장하는 것은 모순적이다.

목표가 동일한 사회: 대다수의 사람들이 경쟁에서 도태될 수밖에 없다.

막히는 차 비유: <https://youtu.be/7tajCjeQEYE?t=2810>

각자 잘하는 일을 해야 효과적으로 사회에 기여할 수 있다.

다양한 분야에서 서로 격려하고 자극하는 다원적인 사회가 성숙하고 효율적인 사회이다.

왜 철학을 하는가? 쓸모 없기 때문에 쓸모 있는 학문이다.

철학자들의 역할: 상투적인 생각에 도전해 사회의 경직을 막고 다양화를 추구

13강 과학, 철학을 묻다

진리가 한 가지라고 해도 진리를 찾는 방법은 여러가지이다.

진리와 진상은 다른 개념이다.

진상: 일이나 사물의 참된 내용

자연의 진상을 밝히기 위해 다양한 질문과 관측을 시도할 수 있다.

물의 끓는점을 어떤 방식으로 교육해야 하는가?

일반인들은 학교에서 배웠던 과학 지식을 나중에 다 잊어버린다. 그리고 방법만 남는다.

따라서 과학 지식을 내용보다도 과학 연구의 방법을 가르쳐야 한다.

물이 끓는 현상과 함께 과학적 기준이 형성되는 과정을 교육해야 한다.

경쟁이 과학의 다양성을 존재하지 못하게 하는 것이 아닌가?

과학 연구 환경은 많은 부분 경제적으로 상업화되지 않았다.

과학 이론의 선택은 인위적으로 이루어진다.

초끈이론?

과학의 추세가 자주 바뀌는 이유는 효율적이라고 믿었던 접근 방식들이 비효율적이었기 때문

상보적 과학: 과학사, 과학철학이 현대 과학에서 방치된 부분을 보충.

다원주의가 전체적으로는 이득이다?

결국 각 개인은 한 가지를 선택하고 집중해야 하지 않을까?

개인의 능력은 한계가 있기 때문에 선택과 집중이 필요하다.

절대주의자 집단에서도 서로를 용납하면 다원주의의 이득을 얻는다.

더 높은 차원의 다원주의를 이루기 위해서는 전문가들이 절대주의자가 되어서는 안 된다.

과학의 목적에 대한 견해?

과학의 목적을 다양하게 허용해야 한다.

과학이 자연을 이해하는 역할과 경제를 발전시키는 역할을 모두 할 수 있도록 해줘야 한다.

과학과 비과학을 구분하는 문제?

경험을 기반으로 한 지식 vs 경험을 기반으로 하지 않은 지식

여러가지 지식 체계 중 교육적으로 가장 훌륭한 것이 무엇인지 고민하는 방향으로 나아가야 한다.