

과학사 인물/사건 정리

INDEX

| | |
|---------------------------------|----|
| 1강. 인간과 역사, 과학과 과학사 | 1 |
| 2강. 자연철학의 성장 | 3 |
| 3강. 헬레니즘 문화 [1] 에라토스테네스의 지구둘레측정 | 5 |
| 4강. 헬레니즘 문화 [2] 톨레미의 우주론 | 8 |
| 5강. 고대의 종말과 중세 | 11 |
| 6강. 중세와 르네상스 | 14 |
| 7강. 과학혁명기 | 16 |
| 8강. 생리학 및 과학방법론 | 19 |
| 9강. 근대과학과 계몽주의 | 22 |
| 10강. 산업혁명, 화학혁명, 프랑스대혁명 | 26 |
| 11강. 지질학혁명과 진화론 | 29 |
| 12강. 진화론, 유전학, 생물학 | 34 |
| 13강. 에너지와 에테르 | 39 |
| 14강. 일반상대성이론, 양자역학, 맨하탄계획 | 42 |

1강. 인간과 역사, 과학과 과학사

▶ 라이너스 폴링

- 양자화학과 분자생물학의 확립자, 화학결합구조 규명에 큰 공로
- 인류역사상 노벨상 2개 모두 단독 수상 (노벨화학상 1954 단백질 분자구조, 노벨평화상 1962 반전반핵운동 / 지상핵실험금지운동)
- 그 외 노벨상 2회 수상자
 - a. Curie : 물리 공동 (1903), 화학 단독 (1911)
 - b. Bardeen : 물리 공동 (1956), (1972)
 - c. Sanger : 화학 공동 (1958), (1980)
- DNA 분자가 삼중나선구조라 생각하여 Watson과 Crick의 이중나선구조모델과 노벨상 경쟁 (세번째 노벨상도 받을뻔)
- 70년대 비타민 전쟁 (Vitamin War) : 비타민C 대량복용 (하루 수백그램 이상)이 암을 예방하고 치료한다 주장 (vs FDA 미식품의약품국)

**미 FDA : 비타민C는 효능/부작용도 없는 식품 보조제

**한국 : 모든 비타민은 식품이 아니라 약품

▶ 현대 우주론 : 우주흑체배경복사

- 1) 약 130억년전, 완전히 아무것도 없는 상태에서 무한대의 밀도를 가진 특이점 (수학적인 점) 발생
- 2) 대폭발 (BIG BANG) → 시간&공간
- 3) 대폭발 3분 후 : 온도·밀도 ↓ ⇒ 우주의 냉각 (양성자&전자 냉각 가능)
- 4) 양성자 + 전자 ⇒ 최초의 수소 원자 탄생
- 5) 자외선 방출 ⇒ 우주는 빛으로 가득 참
- 6) 우주의 계속된 팽창 ⇒ *도플러 효과 (마이크로파 파장이 전 우주에 가득 참)

*도플러 효과 : 파원에서 나온 파동의 진동수가 실제 진동수와 다르게 관측되는 현상

▶ 메소포타미아 문명 일대기

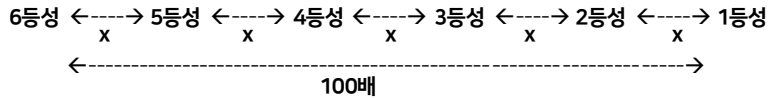
수메르 도시국가 (3000 B.C) → 바빌로니아 왕국 by. 함무라비 (기원전 18C) → 앗시리아시대 (689 B.C) → 신바빌론제국 (612 B.C) → 페르시아 제국 (538 B.C) → 멸망 by. 알렉산더 (331 B.C)

▶ 수학(기하학)적 사고의 기원 [기자 피라미드]

- 기원전 26세기경 20년간 건설, 높이 146.5m (현재 138.8m)
- 정사각형 바닥(230.4m): 오차 58mm 이하, 전체무게 590만톤
- 바닥돌에 대 높이의 비는 거의 정확하게 2π (오차 0.05% 이내)
- 석회암, 화강암 벽돌수 230만개, 벽돌간 평균간격 0.5mm
- 가장 큰 화강암 벽돌 (80만톤), 800km 밖에서 나일강 뗏목으로 이동
- 나무를 끼우고 물을 부어 나무가 팽창하며 돌을 절단

▶ 천문학적 사고의 기원

- 농업활동, 종교의식, 국가권력 및 사회계급유지 등을 위한 점성술과 천체의 주기운동 조사
- e.g.



$$x^5 = 100$$

$$x = 2.51$$

이 때 각 등간의 일정한 밝기의 비(x)는 분수나 정수로 나타낼 수 없는 수 (무리수 irrational numbers) 이다

▶ 자연철학

물질간의 상호작용으로 자연현상을 설명하려는 세계관

▶ 이오니아 학파

기원전 5,6세기 에게해 동쪽 (현 터키 서부 지역인 밀레토스 지역) 중심으로 성장한 가장 큰 영향력을 가졌던 자연철학의 시조학파

1. 밀레토스 학파 : 이오니아 밀레토스지역을 기반으로 만물의 유일 근원설 주장

- 탈레스 (약 624 - 546 BC) : 만물의 근원은 물
- 아낙시만드로스 (약 610-546 BC) : 만물의 근원은 무한자(apeiron)
- 아낙시메네스 (약 685-528 BC) : 만물의 근원은 공기

2. 피타고라스 주의 : 수학의 종교적 신비화

- 피타고라스 (약 570-495 BC)
 - 이오니아지역 사모스섬 출신 / 탈레스 / 아낙시만드로스 및 이집트 철학자들의 영향 하에서 성장
 - 이탈리아 남부 크로톤 지역에 정착 (530 BC) 후 교주로 활동
 - 플라톤에 계승

3. 에페수스 학파 : 이오니아의 에페수스 지역을 기반으로 활동

- 헤라클리터스 (약 535-475 BC) : 만물의 근원은 불 / 로고스(Logos)라는 논리적 구조로 연결

4. 다원주의 학파 : 만물의 다원적 근원설

- 엠페도클레스 (약 490-430 BC) : 만물의 근원은 4원소 (물, 불, 흙, 공기)
- 아낙사고라스 (약 500-428 BC) : "우주령(Cosmic Mind)"이 4원소들을 구성, 연결하는 힘으로 작용
- 아체라우스 (기원전 5세기 경) : 아낙사고라스의 제자 / 소크라테스의 스승 (고대 그리스철학과의 연결고리)

▶ 원자론자 (Atomist school)

더 이상 나뉘거나 파괴되지 않으면서 진공 속을 무한히 운동해 나가는 '원자'라는 물질의 최소단위 상정

1. 레우시퍼스 (기원전 5세기 경) : 원자에 근거한 유물론적 세계관의 자연철학자

2. 데모크리테스 (약 460-370 BC) : 에게해 북부지역 에브데라 지역에서 유물론적 세계관을 더 발전시킴
원자의 운동은 예측 불가능, 비결정론적, 무신론적

▶ 엘레아 학파 (Eleatic school)

남부 이탈리아의 엘레아 지역을 기반으로 존재란 변화하지 않는 것이라 믿는 학파

1. 파메니데스 (약 515-460 BC) : 변화의 개념이란 불가능

2. 제논 (490-430 BC)

- a. 제논의 역설 : 아무리 작은 거리를 더하더라도 더하는 횟수가 무한이면 S (화살의 총 이동거리 : $S = 1 + 1/2 + 1/4 + \dots$)의 값은 무한히 크다
- b. 뉴턴, 라이프니츠 (17C 말) : 무한소의 개념 도입 (0으로 무한히 접근하는 극한값)
- c. 애브라함 로빈슨 (1960년대 수학자)
 - ㄱ. 무한소의 개념은 현대수학의 숫자 체계 밖에 존재하는 새로운 수
 - ㄴ. 모든 실수보다는 작으나 0보다는 큰 새로운 수를 발견하는 수를 발견한 것
 - ㄷ. 현대수학계로부터 인정X

2강. 자연철학의 성장

▶ 소피즘 (Sophism) by. 프로타고라스

- 수업료를 받고 현학적 철학과 현란한 수사법을 정치인 등에게 가르치는 것을 목적으로 하는 교육자들의 무리
- 우리나라 및 영미권에서는 궤변주의라 부정적으로 묘사됨
- 핵심 사상 : '진리의 상대성'
⇒ 진리란 결국 자연에 대한 인간의 가능한 여러 해석 중 당시에 유연히 유행하게 된 한가지의 해석에 불과
- 현대 낭만주의, 탈근대주의, 문화상대주의 등 인류사 전반에 매우 큰 영향

▶ 프로타고라스 (490 - 420BC) : 인간은 만물의 척도

▶ 조셉 하이넬 (1910-1986)

- 미 오하이오 주립대 천문학자 교수
- 미정부통을 통해 이루어진 22년간 3차례의 대규모 UFO 연구 자문위원으로 참여
- 애초에 UFO는 없다고 믿었으나 이후 긍정적 입장
- 대학에서 UFO를 학문으로 다루는 'Ufology'를 도입해야 함을 주장

▶ 에피메니데스 (기원전 7세기 혹은 6세기경 반신화적인물) : 크레타섬 출신의 모든 사람들은 언제나 거짓말만 한다

▶ 소크라테스 시대의 철학 [변혁기]

- 기원전 5세기 말 ~ 4세기 초 : 펠로폰네소스 전쟁(431-404BC)에서 스파르타가 아테네에 승리
- 자연철학적/우주론적 ⇒ 인간의 삶 자체 (정치· 윤리· 건강문제 등)

1. 소크라테스 (470-399 BC)

인간의 문제에 관심을 가져 기계론적 세계관에 반대 (like 소피스트), 소피스트들과 대립

2. 히포크라테스 (약 460-370 BC)

- 인간의 질병은 신이 정한 운명X
- 인간의 주변 요인으로 인해 발생 (환경, 식생활, 생활습성 등)
- 인간의 몸은 4체액(차가움, 건조함, 습함, 뜨거움)으로 이루어짐

3. 플라톤 (428/427-348/347 BC)

- 소크라테스의 제자
- 아카데미아 설립
- 형이상학적(Metaphysics) 세계관 : 눈에 보이고 경험할 수 있는 감각의 세계와는 분리되는 이데아(관념)의 세계가 실재
- 원소들과 기하학적 정다면체들을 대응
 - 불 - 정4면체
 - 공기 - 정8면체
 - 물 - 정20면체
 - 흙 - 정6면체
 - 제5원소(에테르) - 정12면체
- 수학적 대상물(숫자, 도형)이 우주에 실재
- 현대의 입자물리학 또는 수리물리학 : 추상대수학적 군론 등을 통해 여전히 다차원의 기하학적 대칭성과 소립자들간의 대응관계 설립에 관심이 높음

4. 아리스토텔레스 (384-322 BC)

- 그리스북부 마케도니아 출신
- 아버지 : 알렉산더의 할아버지 왕인 아민타스 3세의 주치의
- 플라톤의 제자
- 알렉산더의 가정교사
- 교육기관 리케이온 설립
- 최초의 생물학자, 물리학자
- 경험주의적 자연관 : 자연의 질서를 깨닫기 위한 감각, 경험 강조
- 방대한 생물학적 저술 : 120종의 어류, 60종의 곤충, 500종의 동물 구분
- 지상계 4원소에 대한 우주론적 배치순서 : 흙, 물, 공기, 불
- 달에서부터는 천상계의 시작
- 천상계는 제5원소(에테르)로 가득 차 있음
- 운동

1) 자연운동 (Natural Motion)

- 신에 의해 애초부터 설정된 운동
- 등속원운동(천상계에서의 천체운동) - 행성들의 완벽한 원운동
- 직선운동 (지상계에서의 4원소들이 자신들의 우주론적 배치순서에 따른 자신의 위치를 찾으려 목표를 향하는 운동)

2) 강제운동 (Violent Motion)

- 자연운동이 아닌 모든 운동 (비자연적 운동)
- 곡선운동
- 접촉에 의한 외부 운동 원인(mover)을 꼭 필요로 함
- 투사운동(던져진 물체의 운동) : 이동중인 화살 앞의 공기가 뒤로 움직여 화살의 뒤쪽을 밀어주어 운동 원인 제공
운동속력은 저항력이 작을수록 증가 (따라서 진공에서 운동속도는 무한대)
But 무한대의 운동속도는 관찰X (따라서 진공은 존재X, 천상계도 에테르로 가득차있음)

▶ 서양과학의 3가지 자연철학적 고전전통

1. 수학적 전통

- 피타고라스, 플라톤
- 현대 입자물리학에 사용

2. 기계적 전통

- 원자론자들
- 물질의 맨 밑바닥에는 당구공과 같은 원자가 무작위적으로 운동함

3. 경험적 전통

아리스토텔레스

▶ 헬레니즘 문화

· 배경

- 펠로폰네소스 전쟁에서 스파르타나 아테네에 승리
- 그리스 북부 마케도니아 왕국의 필리포스 2세가 그리스 재통일
- 그의 아들 알렉산더가 지중해·소아시아·이집트·페르시아·중앙아시아·인도 원정
- 알렉산더의 죽음(323 BC)이후 마케도니아 소아시아와 톨레미왕국 등으로 분열
- 톨레미 왕국은 *무세이온(왕립연구기관)이 있던 알렉산드리아 도시를 중심으로 번성, 헬레니즘 문화로 성장

*무세이온 : 궁정도서관(알렉산드리아의 도서관), 동물원, 식물원, 천문대, 실험실, 해부실 등을 갖춘

· 고대 이집트문화 + 고대 그리스 문화 : 고대문화의 꽃

3강. 헬레니즘 문화 [1] : 에라토스테네스의 지구 둘레 측정

1. 적도 (위도 0도)

태양이 늘 지평선에 수직으로 뜨고 짐

| | |
|--|--|
| 춘추분 <small>춘분 : 3월 21일경 추분 : 9월 21일경</small> | <ul style="list-style-type: none"> 일출 : <u>정동</u> (지평선 수직 상승) 정오 : <u>천정점</u> 통과 일몰 : <u>정서</u> (지평선 수직 하강) |
| 하지 <small>6월 21일경</small> | <ul style="list-style-type: none"> 일출 : <u>정동</u> 에서 23.5도 북쪽으로 이동한 지점 (수직 상승) 일몰 : <u>정서</u> 에서 23.5도 북쪽으로 이동한 지점 (수직 하강) |
| 동지 <small>12월 21일경</small> | <ul style="list-style-type: none"> 일출 : <u>정동</u> 에서 23.5도 남쪽으로 이동한 지점 (수직 상승) 일몰 : <u>정서</u> 에서 23.5도 남쪽으로 이동한 지점 (수직 하강) |

*23.5도 = 90도의 1/4

2. 북극 (위도 90도)

- 태양이 늘 지평선에 **평행**하게 움직임
- 즉, 하루동안 태양이 뜨거나 지지 않음
- 춘분, 하지, 추분 : 태양이 지평선에서 보임
- 추분 ~ 다음 춘분 : 태양이 지평선에서 보이지x

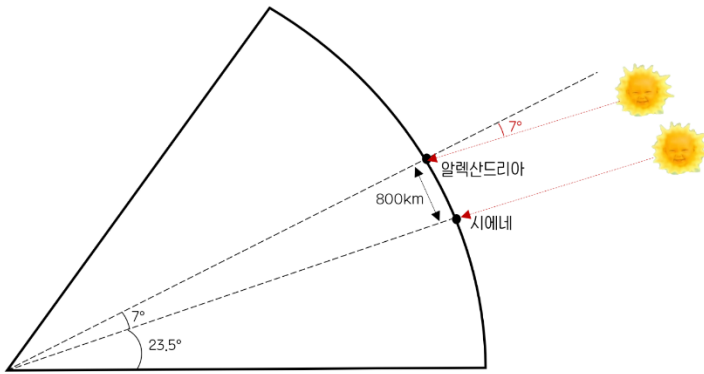
| | |
|--|---|
| 춘추분 <small>춘분 : 3월 21일경 추분 : 9월 21일경</small> | <ul style="list-style-type: none"> 지평선상에서 지평선을 따라 움직임 |
| 하지 <small>6월 21일경</small> | <ul style="list-style-type: none"> 지평선에서 <u>천정</u> 쪽으로 23.5도 <u>올라간</u> 방향에서 지평선상과 평행하게 움직임 |
| 동지 <small>12월 21일경</small> | <ul style="list-style-type: none"> 지평선 아래로 23.5도 <u>내려간</u> 방향에서 지평선상과 평행하게 움직임 (하루종일 안보임) |

3. 시에네 (북위 23.5도 지역)

태양이 늘 지평선에 수직으로 뜨고 짐

| | |
|--|---|
| 춘추분 <small>춘분 : 3월 21일경 추분 : 9월 21일경</small> | <ul style="list-style-type: none"> 일출 : <u>정동</u> (남쪽으로 비스듬히 상승) 정오 : 천정으로부터 23.5도 남쪽 하늘 일몰 : <u>정서</u> |
| 하지 <small>6월 21일경</small> | <ul style="list-style-type: none"> 일출 : <u>정동</u> 에서 23.5도 북쪽으로 이동한 지점 (남쪽으로 비스듬히 상승) 정오 : <u>천정점</u> 통과 (그림자 사라짐) 일몰 : <u>정동</u> 에서 23.5도 북쪽으로 이동한 지점 |
| 동지 <small>12월 21일경</small> | <ul style="list-style-type: none"> 일출 : <u>정동</u> 에서 23.5도 남쪽으로 이동한 지점 (남쪽으로 비스듬히 상승) 정오 : <u>천정점</u> 으로부터 남쪽으로 47도 떨어진 곳 (최고점 도달) 일몰 : <u>정동</u> 에서 23.5도 남쪽으로 이동한 지점 |

▶ 에라토스테네스 (약 276-194 B.C)의 지구둘레 측정



〈하지 정오〉

<하지 정오>

시에네 (북위 23.5도)

태양이 머리 바로 위 천정에 나타나 모든 물체의 그림자 사라짐

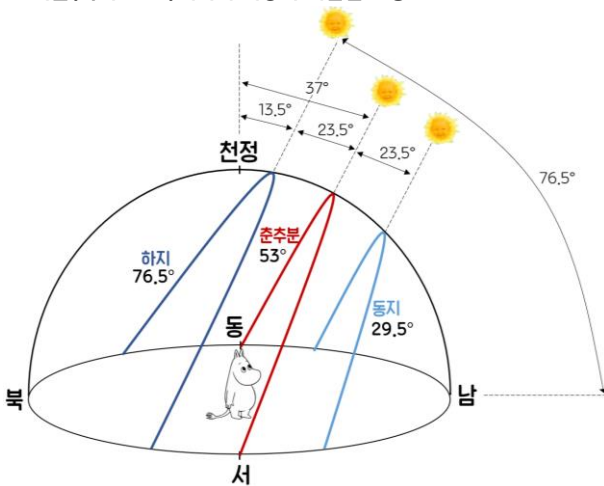
알렉산드리아 (북위 30.5도)

태양이 머리 위 천정으로부터 남쪽으로 7도 아래

⇒ 지구는 둥글며 시에네와 알렉산드리아간의 위도차이는 7도

$$\begin{aligned} 7^\circ &\approx 800\text{km} \\ 7^\circ \times 50 &\approx 360^\circ \\ (\text{지구둘레}) &= 800\text{km} \times 50 = \text{약 } 4\text{만 km} \end{aligned}$$

▶ 서울(북위 37도)에서의 태양의 계절별 운동



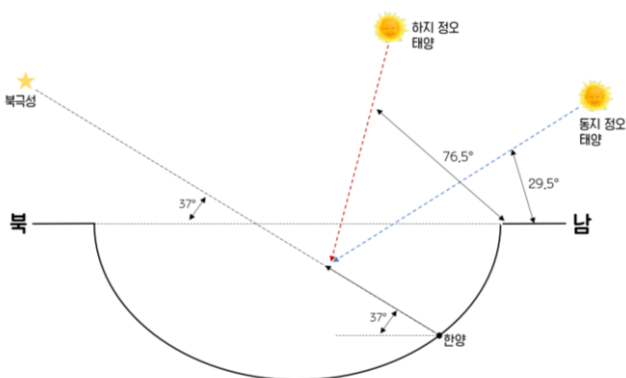
* '지그는 두근다'는 조자 · 기원전 2-3세기에 화리

Q. 하지날, 한양(서울) 정오에 태양과 남쪽 사이의 각도? (=고도)
76.5도

Q. 동지날, 한양(서울) 정오에 태양과 남쪽 사이의 각도? (=고도)
76.5도 - 47도 = 29.5도

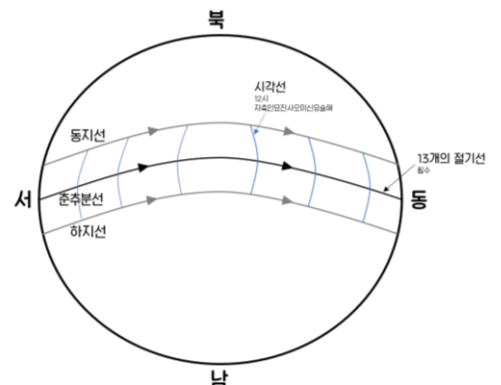
▶ 양부일구

- 1434년 세종 16년 처음으로 제작 by. 이천, 장영실, ...
- 원형은 존재X
- 18세기경 다시 제작 (고궁박물관에 소장 중)
- 종묘 남쪽의 대로변에 설치 (백성들이 직접 시각 볼 수 있도록 배려)
- 하루의 시간 + 그림자의 길이 (1년 중 절기 파악 가능)
- 세계 최초로 계절과 시간을 동시에 파악 가능
- 세종 때까지 조선 왕권 제대로 확립X
- 배려,은덕을 통해 무력이 아닌 덕치를 통해 왕권 확립, 조선개국의 정당성 홍보 목적



〈양부일구 측면 단면〉

24절기
2절기 (동지, 하지)
22절기
(태양이 오르내리며 2번씩 쓰임)
11절기 + 2절기(동지, 하지)
= 13절기



〈양부일구를 위에서 본 모습〉

▶ 장영실 (약 1390~1442)

- 기생의 아들, 노비
- 세종때 등용 : 각종 천문기구 제작
- 정삼품 벼슬에까지 오름
- 1442년 세종의 가마 다리 부러진 사건 : 대역죄로 곤장 100대 주청

▶ 헬레니즘 시대의 주요 철학자

1. 아리스타코스 (310-230 B.C) : 태양중심설

2. 아폴로니우스 (약 210 B.C) : 타원, 포물선, 쌍곡선 연구

3. 아르키메데스 (287-212 B.C) : 지렛대, 부력, 투석기, π 는 $3\frac{10}{71}$ 에서 $3\frac{1}{7}$ 사이의 값

4. 에라토스테네스 (약 276-194 B.C) : 지구둘레 측정

5. 히파르코스 (약 190-120 B.C)

- 플라톤의 제자
- 에우독소스(약 400-350 B.C , 주전원(epicycle) 도입)의 영향 받음
- 별들의 목록 확장
- 세차운동(Precession) 발견

6. 톨레미(프톨레마이우스)(90-168 AD)

- 에우독소스의 등속원운동, 주전원, 이심원(eccentric circle), 아리스토텔레스의 우주론 등을 집대성
- *지구중심설(천동설) 확립

* 알렉산드리아 도서관에 취함
1400년 : 톨레미(2c), 코페르니쿠스(16c)

- 우주론

1) 달의 운동 (= 동진운동, 순행운동)

매일 같은 시간 달 관측 시, 조금씩 동쪽으로 이동 (매일 약 50분 정도 늦게 뜸)

2) 수성과 금성의 운동

- 태양으로부터 일정 각도 이상을 벗어나지 않음 (언제나 태양 근처에서만 관측됨)
- 낮 : 태양의 빛이 너무 밝기 때문에 관측X
- 밤 : 태양과 함께 지평선 아래로 지므로 관측X
- 관측 가능한 때 (태양이 아직 지평선 아래에 있고 수성,금성은 지평선 위로 떠올라 있는 상황)

CASE 1. 새벽 (해뜨기 직전)

태양은 아직 동쪽에서 뜨지 못했으나 수·금성이 근처에 있고 살짝 먼저 지평선 밖으로 나왔을 때

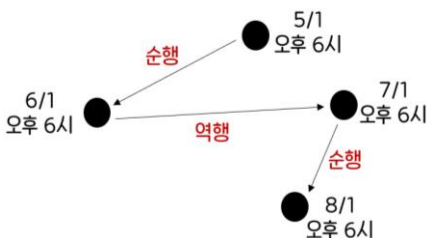
CASE 2. 초저녁 (해진 직후)

태양이 지평선 아래로 진 상태에서 수·금성이 근처에 있고 아직 지지 않았을 때

3) 행성의 역행운동

- 눈에 보이는 행성들(화성, 목성, 토성)은 달과 달리 좀더 복잡한 운동 (달은 only 순행운동)
- 순행운동(=동진운동) 과 역행운동(=서진운동) 교대로 반복

〈화성〉



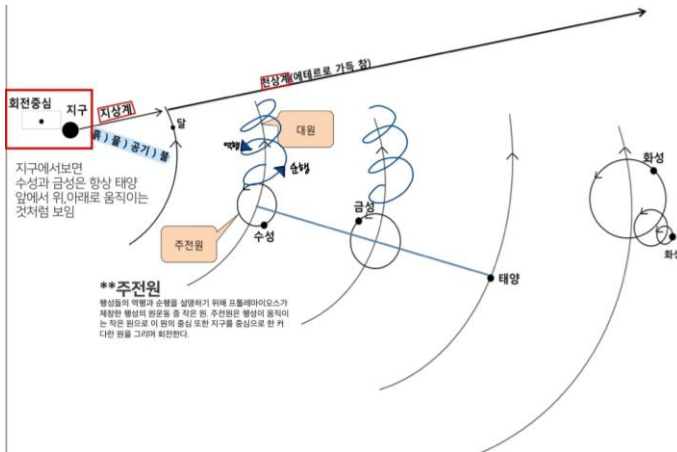
4강. 헬레니즘 문화 [2] : 톨레미의 우주론

▶ 톨레미의 천동설 (지구중심설)

1. 결정적 동기 : 연주시차의 부재

- 연주시차 : 태양으로부터 반대의 위치에서 별을 바라보았을 때, 별을 바라본 각도 차이의 절반 (최소 6개월 걸림)
- 지구가 태양 주위를 운동한다면 가까이에 있는 별(행성X)이 더 멀리 있는 별들에 대해 각도변화(연주시차)가 생겨야 하는데, 이런 각도변화가 보이지 않으므로 지구가 움직이지 않는다는 결론 내림

2. 우주의 중심인 지구 주위를 천체가 운동한다



*주전원 : 한 원 위를 따라 중심이 이동하는 원

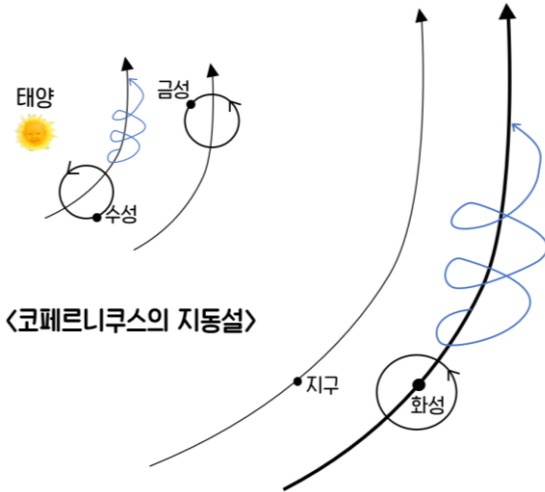
- 에우독소스의 이심원 활용 : 전 우주의 중심인 회전중심에서 약간 벗어나 지구를 위치시킴 (겨울,여름의 계절 길이가 다른 현상 설명 가능)
- 아리스토텔레스의 지상계 4원소간 배치 순서 (흙, 물, 공기, 불) : 달 직전까지 적용 (달은 천상계의 시작, 모든 천상계는 에테르로 가득 참)
- 행성 : 작은 주전원상에 놓여진 채, 대원이라 불리는 궤도를 따라 회전 중심 운동을 하도록 만들어짐 (행성의 순행과 역행의 반복 설명)
→ 지구에서 볼 때, 일종의 나선 운동을 하며 역행, 순행 운동을 교대로 함
- 수성, 금성 : 각각의 주전원 중심이 태양과 일직선으로 묶인 상태에서 언제나 함께 운동하도록 만들어 태양으로부터 일정각도 이상 벗어날 수X
- 화성 : 태양과 상관없이 나타나므로 태양과 묶이는 일 없이 독립적인 주전원과 대원상 운동
→ 현대적 관점에서 상당히 길쭉한 타원 운동을 하므로, 단순히 두 원들의 조합만으로 정확히 설명X
- 유럽에 곧장 계승X
- 알마게스트 (9c from 이슬람) : 유럽에 다시 소개
- 이슬람 문화권 : 화성의 운동을 보다 잘 설명하기 위해 화성 주전원들의 수 증가 → 더욱 정교하게 만드려는 시도
- 여러 주전원을 조합하는 시도 : 유럽 17세기 중반 ~ 케플러의 타원궤도 도입 (8백년간 지속)

▶ 코페르니쿠스 (1473-1543)

- 16세기 중반 폴란드의 수학자
- 더 간단하게 달력을 만들 수 있는 우주 모델 구축에 관심
- '천구의 회전에 관하여'
 - 1) 태양중심설(=지동설) 설명
 - 2) 친구 오시엔더의 제안으로 저서 출판
 - 3) 지구는 우주의 중심임이 명백 but 계산상 편의로 태양을 우주 중심에 놓음
 - 4) 가톨릭 교회 검열 통과

▶ 코페르니쿠스의 지동설 (태양중심설)

1. 태양을 중심으로 지구도 회전운동을 한다



- 태양이 우주의 중심
 - 1) 화성의 수많은 주전원 대폭 낮춤
 - 2) 단순한 모델 구축 (수성·금성의 주전원 중심이 태양과 일직선에 묶여 있었던 톨레미의 복잡한 구조 생략)
- 원들의 조합으로 행성과 달의 운동 설명 (타임퀘도 반영X)
- 대원과 주전원의 조합으로 행성들의 운동 설명 (정확성 떨어짐 ; 화성의 운동 설명 어려움)

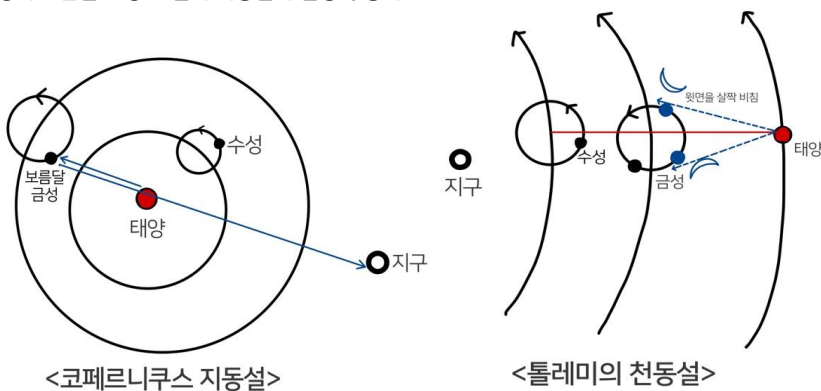
2. 톨레미의 천동설은 오류, 코페르니쿠스의 지동설은 진리?

- 천동설 vs 지동설 핵심 : 우주의 중심에 관한 논쟁
- 태양도 지구도 모두 우주의 중심X → 이는 현대적 관점에서 두 논쟁 모두 틀린 논쟁임

3. 코페르니쿠스의 지동설은 톨레미의 지동설보다 우수?

지동설의 큰 약점을 무시, 정확도 희생을 통해 오직 간단함을 강조하는 지극히 개인적인 심적 미적 기준 → 논리적·합리적·보편적 기준X

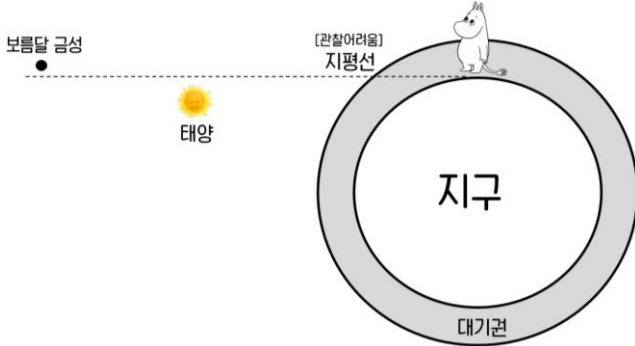
4. 금성의 보름달 모양 관찰이 지동설의 결정적 증거?



- 천동설 : 금성이 태양 앞에서 작은 원을 그리며 지구주위를 공전 → 지구에서 절대 보름달 모양으로 관찰X(기껏해야 초승달 모양으로 관찰)
- 지동설 : 금성은 지구 관점에서 태양보다 더 멀리 돌아가, 전면이 지구 쪽으로 태양에 의해 반사 가능 → 보름달 모양 관측

▶ 갈릴레오 (1564-1642)

- 금성의 보름달 모양 처음으로 관측 (지동설의 결정적 근거 세움)
- 그러나 실제 관측은 매우 어려움 (금성이 태양 뒤쪽에서 태양과 거의 일직선상에 위치해야 함)
- 대낮 관찰X
- 태양이 지평선 아래로 살짝 지고 금성은 아직 지평선상 위에 살짝 걸려있는 상황
→ 지평선상 위치한 천체 관측 시, 금성의 빛은 지평선상 대기권을 통과하며 엄청난 빛의 산란을 받게 됨
지평선상 대기권 > 바로 머리 위 대기권 (통과거리)
지평선상 공기의 흐름 매우 불안정 (정상적인 관측 불가능)

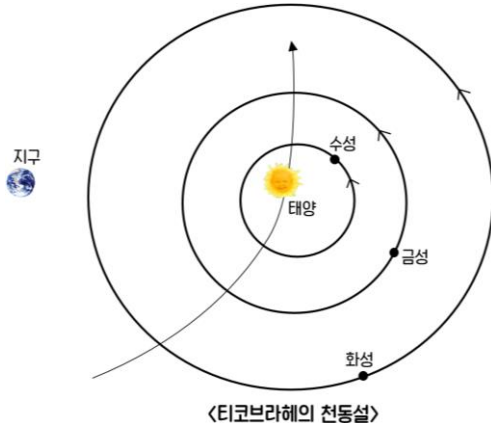


▶ 파이어래반트

- 미국의 과학철학자
- 지동설에서 나타나야 하는 연주시차의 부재는 지동설의 큰 약점

▶ 티코 브라헤의 천동설 (지구중심설)

1. 지구는 운동하지 않으며 우주의 중심



- 연주시차 현상이 나타나지 않은 것에 주목
- 지구를 중심으로 태양이 지구를 공전하지만 다른 모든 행성들은 그러한 태양을 중심으로 공전함
- 특징
 - 1) 주전원 제거 : 매우 간단한 모델
 - 2) 금성이 보름달 모양으로 관측됨
 - 3) 화성의 궤도가 매우 커서 중심에 지구가 있지 않으므로 화성의 타원궤도 흉내 낼 수 있음
⇒ 당대 최고의 모델
- 역사적 주목X

▶ 과학혁명기

천동설에서 지동설로의 전환 (코페르니쿠스의 모델의 승리)

소수의 무리가 다수의 세력을 우연히 이기고 승리하게 되는 극소수의 성공한 정치적 반란과 매우 유사

▶ 토마스 쿤의 패러다임 (1922-1996)

- <과학혁명의 구조> (1962) : 과학자들의 삶의 방식/세계관을 패러다임이라 칭함 (과학자들은 이러한 안경을 통해 세계를 이해한다 주장)
- 한 패러다임이 큰 영향력을 가지고 있을 때 과학자들은 그 패러다임을 통해서만 세상을 해석, 문제를 풀어감
- 모든 패러다임에는 반드시 잘 설명되지 않는 변칙사례가 존재함 (변칙사례가 없는 패러다임은 존재X)
- 변칙사례가 많아지면 한 패러다임의 위기 도래 → 과학혁명 발생 → 이후 다른 패러다임을 통해 세계 해석, 문제 풀어감
- 새로운 패러다임은 과거의 패러다임과는 동일척도상 비교불가능 (공약불가능성 ; incommensurability)
- 한 패러다임 vs 다른 패러다임 : 논쟁 해결은 논리적으로 불가능 (즉, 과학에서의 논쟁은 사회문화정치적 논쟁과 다르지X)
- e.g.
 - 사례1. 천동설에서의 변칙사례 : 연주시차X
 - 사례2. 지동설에서의 변칙사례
- 패러다임들 간에는 우수와 열의 관계X, 차이와 다름의 문제
- 과학의 역사는 한 패러다임에서 다른 패러다임으로 변화해 나가는 것 (발전X, 진보X)
- 과학의 진리 : 우주에 대해 인간의 여러 패러다임들 중, 그 시대에 관심을 더 가지게 된 패러다임일 뿐임

5강. 고대의 종말과 중세

▶ 고대의 종말 : 고대 그리스의 자연철학

- 고대 이집트 + 이라크 문명의 직접적 영향 (문자체계 유입)
- 민주적 정치제도 기반 자유로운 토론 및 비판 문화 속 크게 성장
- 정점 : 아프리카의 헬레니즘 문화
- 하이페시아의 죽음 (마지막 도서관장) + 플라톤의 이데아 철학(기독교적 이상세계와 융합 가능) 제외 잡신사상(paganism)으로 계승되어 탄압
- 자연철학적 지식은 이슬람 문화권에 의해 계승

▶ 잡신사상 (paganism / pagan philosophy)

- 초기 기독교의 입장 : 고대 이집트 및 그리스 신화체계에 대한 부정적 묘사
- 수 많은 신들의 인간적인 갈등 (⇔ 기독교의 유일신 사상)
- 이교도 사상으로 탄압 (by. 기독교인)
- 헬레니즘의 자연철학적 과학전통 전체에 대한 억압으로 이어짐

▶ 하이페시아 (370경-414AD)

- 이집트 알렉산드리아의 마지막 도서관장
- 여러 학문에 능한 팔방미인 + 자유연애주의자
- 광신적 기독교도들에 의해 살해 (415)
- 현대의 고대 재구성 : 당시 200만권의 파피루스 장서들 중 불타고 남은 일부 책들 + 중동 이슬람 문화권에서 보존된 책들
- 1960년대 ~ : 미국 여성학자들이 크게 주목

▶ 알렉산드리아의 과학 VS 로마의 기술

| 알렉산드리아 (과학) | 로마 (기술) |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> · 헬레니즘 문화는 전적으로 자연철학(과학)의 문화 · 일부 기술 분야 다루어짐 <ul style="list-style-type: none"> a. 아르키메데스(기원전 3세기) - 지렛대, 도르래 b. 헤론(기원전 60년) - 증기를 이용한 기계 | <ul style="list-style-type: none"> · 고대최고의 기술자 · 시멘트의 발명에 기인한 각종 건축물 (원형경기장, 다리, 하수도, 상수도시설) · 자연철학적 전통(과학) X |

⇒ 과학과 기술이 필연적으로 항상 연결되는 것은 아니다.

⇒ 과학과 기술이 동시에 융성한 나라

- 20세기의 독일 (제철, 철강, 기계공업, 양자역학 및 상대성이론)
- 미국 (전기, 원자력, 석유, 자동차, 컴퓨터, 반도체, 제약 산업 및 입자물리학, 생명과학 등 다양한 기초과학)
- 21세기 동북아시아 (일본, 중국, 한국, 대만)

▶ 유럽에서의 자연철학적 전통의 단절 원인

1. 기독교도들에 의한 자연철학의 이단화 (잡신사상 ; 이집트와 그리스 전통 종교) → 금욕주의 & 이데아 사상에 근거한 플라톤의 형이상학적 우주관만이 세계관 속에서 생존가능

2. 기독교에 의한 자연철학전통의 종속화 및 신비주의화

3. 서로마 멸망 (476) ; 동로마는 1453년까지 지속

a. 중국역사 개관 (은 → 주 → 춘추전국 → 진 → 한 → (신) → 후한 → 삼국 (위촉오시대, 3c) → 5호 16국 → 남북조 → 수 → 당 → 송 → 남송 → 원 → 명 → 청)

b. 흉노역사 개관

흉노(기원전 206년, 몽고지역) → 동, 서 흉노로 분리(기원전 60년) → 서 흉노는 중국에 흡수 → 동 흉노는 다시 남, 북 흉노로 분리 → 남 흉노 : 중국으로 남하, 중국의 5호 16국 시대 시작
북 흉노 : 서쪽으로 이동, 동유럽을 침입하는 훈족으로 알려짐(4세기 중엽) → 훈족으로 게르만 민족은 서부 유럽으로 이동 → 서로마제국(로마가톨릭교회전통)의 멸망 (476) by. 게르만 민족
→ 동로마제국은 비잔틴제국(그리스 정교회 전통)으로 지속 → 비잔틴 제국 멸망 (1453) by. 투르크족 → 비잔틴 문화는 동유럽 & 러시아에 계승

▶ 이슬람 자연철학의 성장과 쇠퇴

1. 마호메트 (570년경-632)

· 이슬람교 창시 (622)

· 우마이야 왕조 (661년 건국) : 유럽, 아프리카, 아시아에 걸친 당시 역사상 가장 광범위한 단일문화권의 제국 형성

2. 이슬람교도는 기독교도와 유대교도들에 대해 관용적, '책의 사람들'

3. 스페인 이슬람 왕국의 중심지, 톨레도 함락 (1085) by. 유럽인

4. 이슬람제국 아바스 왕조의 수도 바그다드의 함락 (1258.02.10) by. 몽고 훌라구 군대

a. 바그다드 대도서관 파괴

b. 이슬람 제국의 황금시대 끝

c. 유럽-동방간 직교역 중계무역 → 중계무역지대로서의 경제적 지위 상실

▶ 이슬람 학자

· 이븐 하이안 : 연금술

· 애비시나 : 의학, 눈에서 나온 빛 (안광)이 닿아 보게 된다는 시각이론

· 알 하이젠 : 광학, 물체에서 나온 빛이 눈에 닿아 보게 된다는 시각이론

· 애버로즈 : 스페인의 이슬람학자, 아리스토텔레스 논평자

⇒ 스페인의 이슬람왕국 수도 톨레도 함락 (1085) 이후, 유럽으로 번역되어 전파

영어 내 이슬람 기원의 단어 생성 (e.g. 연금술, 알코올, 알칼리, 대수학, 알고리즘, 방위각, 알고리즘)

▶ 애비시나 vs 알 하이젠

· 현대의 시각이론 : 알 하이젠 입장 (눈을 통해 수동적으로 빛 수용) <<< 애비시나적 입장 (우리가 대상에 개입, 적극적으로 이미지를 재가공)

· 본다는 것은 우리의 마음이 사물과 교류하여 적극적인 시각적 해석을 이미지로서 만들어내는 과정

▶ 13세기 아리스토텔레스 금지령 (1215, 1270, 1277) by. 작은 르네상스 & 로마 카톨릭 교황청

· 로저 베이컨 (1219-1292)

a. 영국 출신

b. 아리스토텔레스에 대한 논의 : 아랍어 → 라틴어 번역 소개 (by. 애버로즈)

c. 13세기 작은 르네상스 시기 이름

d. 전 생애는 아리스토텔레스의 금지령 기간에 해당

e. 그 당시 유럽 : 군사적(몽고), 문화적(이슬람)에 압도

f. 고대의 지식을 되찾기 위해 이슬람으로부터 배움 시작

g. 13세기 유럽 사상 : 교부철학적 기독교 전통 (by. 아우구스티누스)

ㄱ. 기독교 신학체계 + 플라톤 철학

ㄴ. 신학적 지적 ↔ 아리스토텔레스 철학 (① 결정론 : 4원소간의 운동, 천구의 운동 등)

ㄷ. 신학적 창조 및 종말론 ↔ 아리스토텔레스 철학 (② 시간적으로 영원, 공간적으로 무한한 우주)

▶ 신학적 논쟁사례

· 아리스토텔레스

- a. 물체의 운동속력은 주변 저항에 반비례
- b. 저항이 완전히 없다면 운동 속력은 무한대
- c. 진공은 존재 X : 무한대의 속력은 관찰X
- d. 전 우주를 오른쪽으로 수평이동 X
 - ↔ 전 우주는 제 5원소인 에테르로 가득 참, 따라서 전 우주를 오른쪽으로 수평 이동시키면 우주는 이동, 새로이 생겨난 왼쪽 지역에서 진공 생성
- e. only 절대적 유일신만이 전 우주를 오른쪽으로 수평이동 O
- f. 신학과 충돌

· 토마스 아퀴나스 (1224-1274)

- a. 중세 가톨릭 교리 체계의 완성
- b. 아리스토텔레스 철학 + 그리스도 신학 (로마 카톨릭 신학)의 종합적 체계화 시도
- c. 스콜라 철학 완성
 - ㄱ. 신학적, 사변적, 추상적 학풍 형성
 - ㄴ. 중세를 대표하는 철학체계 (13세기)
 - ㄷ. 르네상스 운동 (인문적, 경험적, 실용적 전통) 전까지 크게 번성 (~15세기)

· 스콜라 철학 시대 (유럽)

- a. 활발한 시장 형성 : 척박한 농지, 말 관련 농기구의 도입 → 농업 생산성 향상, 인구 증가, 항해술 등장(대형범선)
- b. 길드
 - ㄱ. 배타적 거래조합(협동조합)
 - ㄴ. 상인, 수공업자들의 세력 형성
 - ㄷ. 12세기 유럽대학의 시초 (esp. 종교 조직 내 길드조직)
 - ㄹ. 프랑스 파리대학(1200), 이탈리아 볼로냐대학(1150), 영국 옥스포드대학(1220)
 - ㅁ. 800년의 역사 지닌 대학들이 스콜라학파 주도

· 대학의 출현

- a. 배경
 - ㄱ. 12세기 이전 유럽 : 경제,문화 지식의 낙후지역
 - ㄴ. 중세유럽의 지식문화 : 수도원 중심, 비전문적인 학자에 의해 주도
- b. 대학의 시작 : 세속적 금전거래 형식의 자치공동체
 - ㄱ. 금전적으로 여유 있는 학생들의 길드 형성, 돈이 필요한 교사와 계약 혹은 고용 (볼로냐 대학)
 - ㄴ. 돈이 필요한 교사들이 길드 형성, 금전적으로 여유 있는 학생들 모집 (파리대학)
- c. 교양학부 : 논리학, 산수, 기하학, 천문학, 음악 (기초교양지식)
- d. 선별된 학생들 : 신학, 의학, 법학
- e. 사명 : 스콜라 철학 방어
 - ㄱ. 이교도 잡신사상 (아리스토텔레스 대변)
 - ㄴ. 전통적 기독교 세계관
- f. 신학적 세계 의문시X
- g. 과학 = 신학의 하녀

6강. 중세와 르네상스

▶ 중세 자연철학

1. 장 뷔리당(뷔리당) (1297-1358)

· 프랑스 신부

| 장 뷔리당(뷔리당) | | 아리스토텔레스 |
|------------|--|-------------------|
| 투사체의 운동 원인 | 비물질적인 임페투스(임피투스) like 공기 [현대역학적 관점] 운동량/관성과 매우 유사한 개념 | 공기가 뒤쪽에서 투사체를 밀어줌 |

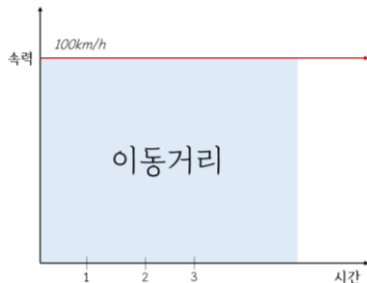
2. 오컴 (1287-1347)

- 영국의 스콜라 철학자, 신학자, 논리학자, 물리학자
- 면도날 : 가장 간단한 설명이 최선의 설명
- 현대과학의 '최소의 변수로 모델을 설명하는 것이 최고의 설명'이라는 원칙으로 이어짐
- 직접 관찰할 수 없는 신의 세계인 형이상학적(이론적) 내용 최소화
- 인간세계의 지식은 경험할 수 있는 내용으로만 설명되어야 함

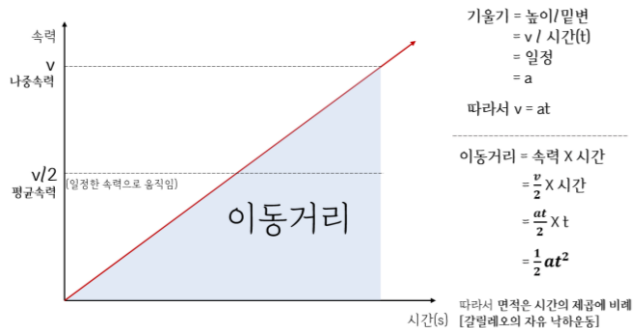
3. 니콜 오렘 (1320-1382)

- 프랑스의 철학자, 신학자, 천문학자, 수학자
- 일정하게 속력이 증가하는 운동에서의 이동거리는 시간의 제곱에 비례 (갈릴레오가 17세기에 이룸)
- 일정하게 증가하는 운동 : 일종의 지적인 퍼즐문제로 여김 (실제세계의 운동과 연관X)

<일정한 속력을 가진 운동에서의 이동거리>



<일정하게 증가하는 속력을 가진 운동에서의 이동거리>



▶ 중세의 농업혁명

- 유럽의 평원지대, 세 부분으로 나누어 3년 주기의 밭 농사
- 윤작체계 도입 : 귀리, 콩, 보리, 채소 등을 교대로 심음 (봄에 경작)
- 쟁기 사용
- 유럽의 경우 큰 강이 없어 건조한 밭 형태의 경작지 가짐
- 견인동물의 변화 : 소 → 말
- 농업의 복유럽 확산
- 마을단위 경제 형성 (장원제)
 - ㄱ. 배경 : 공동소유 공동경작, 공동 사축사육
 - ㄴ. 마을단위의 지방분권적 봉건관계
 - ㄷ. 중세유럽체제 기본
 - ㄹ. 영주 : 장원제의 정점 (계약을 통해 기사 고용)
 - ㅁ. 기사 : 장원 내 치안·사법 책임, 대가로 장원의 일부 토지 직접 관리 (토지에 대한 세금 및 소작료 수취)
 - ㅂ. 십자군침략 (최초원정 1096, 최후원정 1270) : 만아들 토지 상속제도로 인한 잉여 기사 수 증가
 - ㅅ. 기계에 대한 관심 (수차 → 제분기 동력, 풍차 → 경작지 증가)
 - ㅇ. 자연 = 인간을 위해 기술적으로 이용할 대상 (군사 기술에 대한 관심 및 혁신)
- 가슴걸이 (말 어깨) : 중국에서 도입
- 말 편자 (horseshoe)

· 등자 (stirrup)

- ㄱ. 5세기 경, 중국에서 발명 → 중세 유럽 전파
- ㄴ. 말에서 타고 내리는 과정 쉽게 함
- ㄷ. 안정적인 기마 : 말에 탄 사람의 체중 균형 있게 분산 (기마돌격전 가능)
- ㄹ. 화약 이전 시대의 가장 강력한 무기 (like 현대의 탱크)

▶ 화약의 정치,사회,경제학

- 중국에서 발명 (9세기) → 몽고, 중앙아시아 → 중국, 이슬람 → 마르코 폴로(중국 황제 아래)와 같은 여행자들을 통해 유럽에 전파 (1275~1292)
- 유럽의 최초 대포 발명 (1310-1320)
- 화약기술의 원조인 아시아 능가, 역으로 중동 및 아시아로 빠르게 확산
- 중앙정부 및 왕 역할 비중 증가 : 화포 군대 유지에 필요한 막대한 비용
- 15세기 후반 : 서유럽 정부의 세금 2배 증가 (화약 신무기 비용 감당)
- 소총의 도입 (1550년대)
 - ㄱ. 일제 장전사격 가능
 - ㄴ. 기마병 완전히 대체
 - ㄷ. 소총수 및 기마부대 : 전장 주역 (1600년~)
 - ㄹ. 이후 2백년 동안 수십만 명의 보병부대로 확대
- 중세의 성, 별 모양 형태의 요새로 개조
 - ㄱ. 대포 공격 방어
 - ㄴ. 중앙집권적 민족 국가들만 해당 비용 감당 가능
- 즉, 화포무기 제작 및 요새 관리는 유럽의 중앙집권적 문명화 효과 일으킴 (15세기 이후)
- 유럽 군대 유지를 위한 국민모병제 (징병제) = 강제노역 (고대 이집트 피라미드 건설 / 고대 중국 만리장성 건설)
- 15세기 : 단일 문명권역
- 상호 견제 (다양한 인종 및 언어의 민족국가들의 경쟁) → 현대 군사적 분쟁의 원인

▶ 해상전술의 변화

- 레판토 해전 무렵 (1571) : 충돌 후 적의 배에 옮겨 타 공격
- 영국해군의 스페인 무적함대 격파 (1588) : 포격전 전술 (일렬로 전열을 맞춘 배들이 측면 대포를 일제히 발포, 적 공격)
- 갤리(galley : 많은 인력이 노를 저어 움직이던 배) → 대형범선(갤리언 : 바람을 이용해 적은 인원이 탑승하는 배)
- 나침반/북극성 고도 : 위도 확인 기술

▶ 르네상스 : 문예부흥기

- 르네상스 이전 : 비잔틴 제국
- 15세기, 이탈리아 중심 (지중해 상업활동 중심지)
- 인문적, 경험적, 실용적 경향의 문화 활동
- 예술가, 상인, 장인들의 사회/정치/문화적 지위 향상
- 미술 : 사실적 원근법, 다채로운 빛, 그림자 효과 묘사
 - ㄱ. 필리포 브루넬레스키 (1377-1446) : 이탈리아의 건축기사
 - ㄴ. 레오나르도 다빈치 (1452-1519) : 이탈리아의 화가, 발명가, 기술자, 해부학자
- 신플라톤주의 : 신비적 관념론
- 헤르메티시즘 : 신비주의 전통 (like 마술, 연금술)
 - ㄱ. 태양중심주의 : 빛의 근원인 태양에 대한 특별한 생각 → 코페르니쿠스 혁명의 문화적 배경
 - ㄴ. 자연에 대한 실험적 태도 : 선한 자연마술 (natural magic)에 대한 관심 → 귀납적 근대과학의 방법론에 대한 관심

7강. 과학혁명기

▶ 해상무역로 개척

- 포르투갈/스페인의 동방과의 해상무역 시도 (직접적 육로): 유럽 서부의 고립된 지리적 환경
 - a. 장거리 항해 가능
 - b. 항해술의 발전
 - c. 메르카토르 투영법 (1512-1594)
 - ㄱ. 위·경선이 정확히 90도가 되도록 함
 - ㄴ. 아프리카 대륙, 상대적으로 작게 표현
 - ㄷ. 해상항해용 표준 지도로 널리 사용
 - ㄹ. 극지역 면적 : 과대평가, 적도지역 면적 : 과소평가
- 포르투갈
 - a. 아프리카 서해안 (1400년대 초)
 - b. 아프리카 남단 (1486)
 - c. 아프리카 최남단 희망봉, 인도 서해 (1498)
 - d. 말레이시아 반도, 싱가포르 거점 확립
 - e. 마카오 및 중국 남부 광둥 (1500년대)
 - f. 마젤란 (1480-1521)
 - ㄱ. 스페인 국왕 카를로스 1세의 지원
 - ㄴ. 포르투갈 출신
 - ㄷ. 남아메리카 동부 해안을 따라 남하 with 5척의 배, 300명 (1519.8.10)
 - ㄹ. 필리핀 도착 (1521.4)
 - ㅁ. 마젤란의 사망 후, 남은 인원들의 인도, 아프리카 항해 (3년간의 항해)
 - ㅎ. 유럽 귀환 (1522)
- 스페인
 - a. 서쪽으로 곧장 대서양을 가로질러 인도에 이르는 길 모색
 - b. 콜럼버스 (1450-1506)
 - ㄱ. 스페인 여왕 이사벨라의 지원
 - ㄴ. 이탈리아 출신
 - ㄷ. 서인도 항로 개척 시도 (1492): 아시아에서의 금 발견 및 채취 목적 (but 아시아 도착 X)
 - ㄹ. 바하마 제도 섬, 쿠바, 아이티에 도착: 많은 원주민 학대 및 살육
 - ㅁ. 유럽에 의한 신대륙 침략의 상징적 인물
 - c. 코르테스 (1485-1547)
 - ㄱ. 현 멕시코 동남부 유카탄 반도 상륙 with 병사 500명 & 10여 마리의 말 (1519)
 - ㄴ. 아즈텍 문명 침략 및 파괴 (당시 수학 및 천문학적 지식이 유럽보다 뛰어났음) → 천연두와 같은 전염병 전파
 - d. 피사로 (1475-1541)
 - ㄱ. 잉카문명 점령 (당시 유럽문명 능가) with 100여 명 & 10여 마리의 말 (1531)
 - e. 신구대륙을 아우르는 제국으로의 성장 (중미, 남미대륙 점령)
 - f. 대량 금·은 유입 (from 신대륙) → 화폐 제조
 - g. 물가 폭등
 - h. 소규모 농지소유자, 농부 노동자 몰락
 - i. 상업, 수공업의 확대 → 상인, 수공업자들의 세력 확장
 - j. 세계무역중심지: 근동(유럽과 가장 가까운 아시아의 서쪽 지역), 지중해 → 대서양, 인도양
 - k. 유럽경제중심지: 이탈리아 (지중해 국가) → 포르투갈, 스페인 (대서양 국가)
 - l. 국제적 교역: 본격적인 자본주의 시대 시작, 유럽국가들의 제국주의화 가속화

▶ 중국 명나라 : 정화 함대

- 초기 : 황제 영락제(재위 1402-1424)의 지원
- 대규모 아프리카 해상 원정 전개 (1405-1433)
- 중국남부 출항 → 베트남, 타이, 인도네시아, 스리랑카, 인도, 페르시아, 동아프리카 홍해 → 아프리카 동남부 모잠비크에 정착촌 건설
- 정화제독의 사망 (이슬람교인/환관) → 명나라의 해외원정 중단 명령 (1433) : 후속세력 견제
- 중국 수군 : 내륙 수로 개발 및 관리에 동원
- 이후 동북아 해상주도권 상실 → 1500년대 조선의 주도권 보유 (판옥선 보유)

▶ 천문학 혁명 & 역학 혁명

· 천문학 혁명

- 코페르니쿠스 (1473-1543)** : 폴란드의 수학자, 천문학자
- 오시엔더 (1498-1552)**
 - 독일의 신부
 - <천구의 회전에 관하여> (1543) : 지동설 발표 (*지동설은 이론의 단순성으로 인해 일부 지속적인 관심 받음)

· 브루노 (1548-1600)

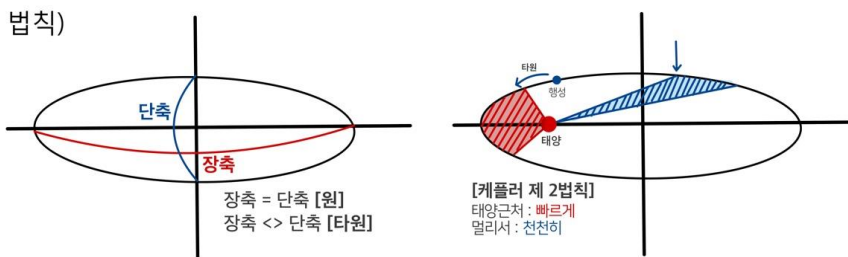
- 이탈리의 신부, 철학자, 수학자, 시인, 점성술사
- 신비주의적 코페르니쿠스 주의자
- 로마 카톨릭 교회와 충돌 → 이단자로 화형 (but 지동설 신봉이 원인X)

· 티코 브라헤 (1546-1601)

- 덴마크 귀족
- 망원경 시대 이전 최고 관측가
- 케플러 후원자
- 천동설 발표 : 연주시차의 부재, 금성의 보름달 모양 설명 가능
- 방광이 터져 사망

· 요하네스 케플러 (1571-1630)

- 독일의 수학자, 천문학자, 점성술사
- 코페르니쿠스가 시작한 천문학 혁명을 이론적으로 완성
- 케플러의 제 1법칙** : 행성은 태양을 한 초점으로 하는 타원궤도를 공전한다.
- 케플러의 제 2법칙** : 행성은 태양 가까이에서는 빠르게, 멀리서는 천천히 공전한다. (면적속도 일정한 법칙)



- 케플러의 제 3법칙** : 행성주기의 제곱은 그 행성과 태양 간 평균거리 세제곱에 비례한다. (수학적 법칙) *구체적인 근거에 대해서 관측자료 이상의 것 제공X

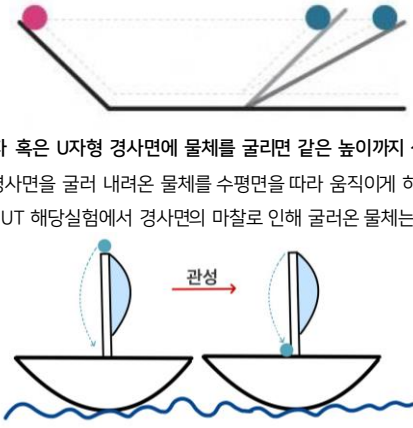
$$\frac{(\text{행성주기})^2}{(\text{행성} - \text{태양 평균거리})^3} = \frac{p^2}{a^3} = \text{일정} \Rightarrow \text{가까이에 있는 행성은 비교적 빨리 돌}$$

= 궤도 장반경 (장축거리의 반) 즉, a가 작아질수록 p도 작음

· 갈릴레오 갈릴레이 (1564-1642)

- 달표면의 분화구 관찰 (w. 망원경)
- 달도 지상계와 유사한 모습을 가진다 : 천상계, 지상계 구분에 의문 제공 (1610)
- 목성의 위성들 (이오, 유로파, 가니메데, 칼리스토) 관찰 (1610)
- 태양의 흑점 관찰 (1612)
- 약간 의심스러운 금성의 보름달 모양 관찰
- 지동설 지지
- 사고실험

| | 갈릴레오 | 아리스토텔레스 |
|-------------|---|---|
| ① 사고실험 | [피사의 사탑 낙하실험 : 실제 실험 X] 같은 크기, 다른 무게의 공 (쇠공/나무 공) 동시에 낙하 ⇒ 동시에 땅에 떨어짐 BUT 크기가 같다 하더라도 나무공의 표면이 쇠공 표면보다 훨씬 더 거칠어 결국 공기의 저항을 많이 받는 나무공이 늦게 떨어짐 | [자연철학] 돌(무거운물체 M)과 깃털(가벼운물체 m) 동시에 낙하 ⇒ 무거운 물체가 더 빨리 낙하 ∴ 돌 : 공기 중에 떨어트리면 흙 본연의 위치로 돌아가려 함 이 경향은 양이 많을수록 더 증가 |
| M-m 막대연결 | 연결된 물체는 M이 떨어지는 속력과 m이 떨어지는 속력의 중간 값으로 떨어짐 $= \frac{M+m}{2}$ BUT 동시에 이 두 물체는 연결되어 있으므로 <u>두 물체의 합인 M+m의 속력으로 떨어질 수 있음</u> | 무거운 물체(M)가 더 빨리 낙하 BUT 두 물체는 연결되어 있으므로 <u>천천히 떨어지려는 m이 더 빨리 떨어지려는 M을 방해</u> |

| | |
|-------------------|--|
| ② 사고실험 [관성] |  <p>· V자 혹은 U자형 경사면에 물체를 굴리면 같은 높이까지 상승 ⇒ 경사면을 굴러 내려온 물체를 수평면을 따라 움직이게 하면 이 물체는 같은 높이까지 상승하기 위해 영원히 굴러갈 것임 ⇒ BUT 해당실험에서 경사면의 마찰로 인해 굴러온 물체는 <u>절대로</u> 같은 높이까지 상승 X</p> <p>· 앞으로 움직이고 있는 선박의 돛대 꼭대기에서 배의 바닥으로 포탄 떨어트림 ⇒ 배는 앞으로 진행, 포탄은 배의 뒤에 떨어지지 않고 배가 정지해 있을 때와 완전히 동일한 위치에 떨어짐 ⇒ 포탄은 허공 속을 떨어지는 동안에도 배와 함께 앞으로 이동 중</p> |
|-------------------|--|

h. 일생

- 의대포기(1585)
- 피사대학 수학교수 (1589-1592)
- 파도바대학 : 수학, 천문학, 건축, 기계, 역학 등을 강의 (1592-1610)
- 목성의 4개 위성 발견 (1609)
- 토스카나 대공을 후견자로 임명, 그의 궁정 수학자, 철학자가 됨 (1610)
- 우루바누스 8세와 절친 사이 (미래 교황) (1611)
- 종교재판관 벨라르미노의 명령 : 코페르니쿠스 학설의 교육 및 전파 금지 (1616)
- <대화> 집필 후원 from. 교황 우루바누스 8세 (1624)
- <대화> 출판 (1632) : 자신의 캐릭터(살비아티), 자신의 친구(사그레도), 교황(심플리치오)의 천동설, 지동설에 대한 논의
- 종교재판 후 가택연금형 받던 중 사망 (1642)

▶ 과학혁명 (천문학/역학혁명) : 대학교 밖, 교회에서의 발생

- 코페르니쿠스 : 성직자
- 케플러 : 티코 브라헤의 지원, 점성술사, 실업자
- 갈릴레오
 - a. 대학을 떠나 교황의 후견 받음
 - b. 교회의 후원 및 지지

▶ 머튼 (1910-2003)

- 미국의 사회학자
- 17세기 영국 종교개혁에 따라 '청교도주의'라 불리는 새로운 개신교윤리가 과학혁명에 기여했다고 주장 (1938)
- 영국의 3대 종교
 - ① 로마 카톨릭(구교)
 - ② 청교도(개신교)
 - 경험주의 : 이성 & 경험 강조
 - 자연지식의 탐구 : 인간복지에 기여
 - 과학혁명 & 자본주의 발전에 크게 기여
 - ③ 영국 국교도(only 영국)

8강. 생리학 및 과학방법론

▶ 르네 데카르트 (1596-1650)

- 프랑스의 작가, 수학자, 철학자 (근대철학의 아버지)
- 최초로 직교 좌표계 도입 : 해석기하학 창시, 미분학 토대 마련
- <방법서설> (1637) : '나는 생각한다, 고로 존재한다' ⇒ 감각은 신뢰할 수 없으나 나 자신의 존재는 분명, 이를 모든 철학적 논의의 초석으로 삼음
- ⇔ 영국 경험주의 (감각경험이 지식의 초석)
- 대륙합리론의 창시자 : 이성과 연역(deduction) 강조
- 라이프니츠 등에 의해 계승
- 철학적 회의주의의 창시자
 - a. 자신의 존재 자체가 '생각한다'에 의해 확실해 졌다 할지라도 그런 존재의 구체적 모습과 형태가 시각적으로 보여질 것이라는 보장 X
 - b. 시각적 감각 경험 불신
 - c. 수조(어항) 속의 뇌 : 전극이 박힌 두뇌로서 어항 속에 갇혀 있는 상태에서 단지 외부에서 주입되는 전기적 신호를 감각 경험이라 착각할 수 있음
- 관성의 법칙 & 운동량 보존의 법칙 (질량X속력) : 역학에 영향
- 태양으로부터 인력 상정
 - a. 케플러의 행성 운동을 가능케 하는 원인
 - b. 이로부터 발생한 힘은 우주에 가득 찬 플레넘이라는 물질의 소용돌이 작용을 통해 태양에서 행성으로 기계적 전달
 - c. 아무 물질도 없는 진공은 불가능
 - d. ⇔ (뉴턴) 중력의 원격작용
 - ㄱ. 중력은 아무 물질도 없는 빈 공간 속을 무한히 빠른 속력으로 순식간에 퍼져 나감
 - ㄴ. 비기계론적 생각
 - ㄷ. 신비적 헤르메티시즘의 신봉자
 - ㄹ. 마술 혹은 연금술과 같은 신비주의의 영향 아래 가능

▶ 호이겐스 (1626-1695)

- 물질의 소용돌이가 중력을 기계적으로 전달한다는 개념 ⇒ 회전 운동이 일으키는 원심력 개념 제시
- 라이프니츠 (1646-1716) 와 데카르트적 기계적 철학에 근거 : 동역학 건설 시도 (⇔ 뉴턴)

▶ 데카르트/호이겐스/라이프니츠 : 물질적 (기계적 중력개념)

- 아인슈타인의 중력장 개념 : 시간과 공간을 물리적 대상으로 봄
- 현대물리학에 다시 등장, 지금까지 계속됨
- 현대물리학자
 - a. 여전히 중력의 직달작용 피하고자 노력
 - b. 중력에 대한 기계적 설명에는 이르지 X

▶ **연역법** : 전제로부터 논리적으로 결론에 이르는 방법

a. 예시

(전제1): 밀폐된 방 안에서 선풍기를 켜 놓고 잠들면 사망한다.

(전제2) : 사람이 사망한 채로 선풍기만 밀폐된 방 안에서 작동하고 있다.

(결론): 밀폐된 방 안에서 선풍기를 켜 놓고 잠 들면 방안의 사람이 사망한다.

b. 후건공정의 오류 : 위 사례에서, 다른 이유로 사망할 수도 있기 때문 구조

c. 올바른 구조

(전제1): 만약 A 라면 B 이다

(전제2): B 가 아니다.

(결론): 그러므로, A 가 아니다.

d. 과학적 주장은 잘못되었다는 것을 증명할 수 있을 뿐 (과학적 주장이 옳다는 증명을 할 방법은 존재 X)

e. 한계

- 가. 기본적으로 전제들에 이미 포함된 정보를 다시 뽑아내 결론에 부연하는 것에 불과
 나. 논리적으로 옳은 결론은 이미 전제들에 포함되어 있는 것을 반복
 다. 새로운 지식 생성 X

▶ 에딩턴

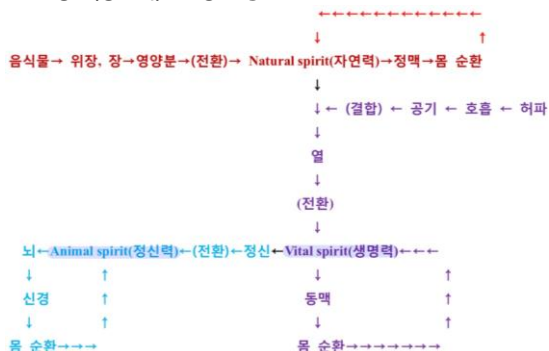
- 연역을 통한 아인슈타인의 일반 상대성이론의 증명 발표 (1919)
 - a. 후견금정의 오류
 - b. 예시
 - (전제1): 아인슈타인의 일반상대성 이론이 옳다면 태양근처의 별빛은 휘다.
 - (전제2): 태양 근처의 별빛은 휘다
 - (결론): 아인슈타인의 일반상대성 이론은 옳다

▶ 포퍼 (20세기)

- 영국의 철학자
- 반증주의 : 과학에는 반증만이 가능할 뿐

▶ 갈레누스 (129-216)

- 고대의 생리학 체계적으로 완성
- 로마제국 시대 의학자
- 석판화 제작 (1865)
 - a. 정맥, 동맥, 신경은 분리된 조직
 - b. 영양분(자연력): 정맥을 통해 온몸 순환
 - c. 열(생명력): 동맥을 통해 온몸 순환
 - d. 정신(정신력): 신경을 통해 온몸 순환



▶ 베살리우스 (1514-1564)

- 16세기 해부학 지식의 성장
- 갈리누스 체계 (정맥과 동맥이 분리된 독립조직이라는 주장)의 문제점 지적

▶ 윌리엄 하비 (1578-1657)

- 기계적 철학의 전성기
- 파도바 대학 (1600-1602)
- 혈액 순환설 (1628)
 - a. 동물 심장에 대한 실험 관찰 근거
 - b. 대동맥에서 방출되는 피의 양이 상당함을 정량적으로 파악
 - c. 혈액이 동맥에서 온 몸을 돌아 정맥으로 순환하지 않는다면 이 양은 너무 과다
 - d. 아리스토텔레스의 원운동 → 순환운동으로 확장
 - e. 심장 : 순환 운동을 일으키는 기계적 펌프 (인간의 내장기관을 기계 부속에 비유)
 - f. 한계
 - ㄱ. 여전히 동맥과 정맥 사이 모세혈관의 존재 파악 X
 - ㄴ. 호흡을 통한 산소의 전달, 소화를 통한 영양분의 전달이 혈액순환과 어떤 관계에 있는지 파악 X
 - ㄷ. 갈레누스와 같은 체계적인 인체 이해에 도달 X
 - ㄹ. only 혈액과 심장 간의 관계만 정량적 분석 접근
- g. 실험적, 경험적, 실제적 지식의 성장 (기계적 철학의 전성시대)

▶ 보일 (1627-1691)

- 기체와 같이 눈에 보이지 않는 미시적 입자들에 대한 기계적 설명 시도 (기계적 철학)
- 여러 실험적 방법 활용, 자연철학 = 기계철학 (실험철학) 로 인식되는 시대 개척
- 보일의 법칙 : 이상기체에서 기체의 부피는 압력에 반비례 (작은 기체 입자의 충돌로 압력 설명)

▶ 프란시스 베이컨 (1561-1626)

- 23세 경 하원의원
- 정적들 사형, 엘리자베스 여왕의 총애
- 소크라테스의 인간적 관심은 철학의 잘못된 방향
- 아리스토텔레스의 자연철학과 플라톤적 관념론 및 중세의 종교 모두 비판
- 헤르메티시즘의 신비주의 비판 : 자연을 통제 할 수 있는 기술은 마술과 분리하여 옹호
- 지식을 얻기 위한 수단으로서 수학 강조
- 코페르니쿠스의 우주론 옹호 X, 원자론 부정 (실제적이지 않기 때문)
- 종족(tribe), 동굴, 시장, 극장의 우상을 극복하여 참된 지식을 얻자고 주장
- 귀납법
 - a. 개별적 사례들로부터 일반적 원리를 도출해내는 방법론
 - b. 예시 : 지난 수 천년 동안 해는 매일 동쪽에서 떴다. 그러므로 해는 늘 동쪽에서 뜬다.
 - c. 오류 : 북극,남극에서 해는 뜨지 않음, 지평선과 나란하게 이동
북극/남극에서 동쪽이라는 방향마저 지정 할 수 X (모든 방향이 북쪽)

▶ 흄 (1711-1776)

- 귀납은 논리적으로 정당화 되지 못함
- 반복되는 현상에 대한 심리적인 믿음이 귀납의 기저 (e.g. 귀납거위)
- 귀납의 순환논리의 오류 지적 : 귀납을 써서 귀납을 옹호

▶ 과학방법론

- 연역법 : 새로운 지식 창조 X
- 귀납법 : 논리적 근거 X
- 철학자들 : 중도적 과학방법론 제시 (연역 + 귀납 적절히 혼용)
- 탈근대주의자들 : 일체의 과학방법론 거부, 과학의 실제 현장 모습에는 특정 방법론 존재 X

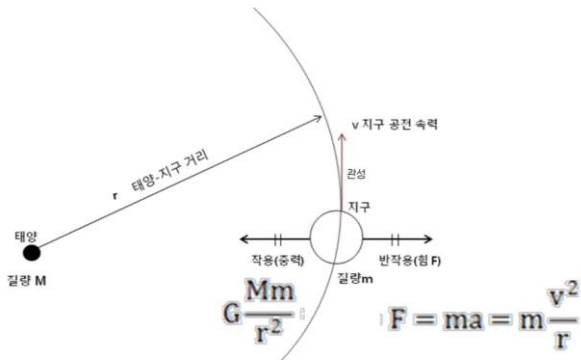
▶ 과학단체의 등장 : 근대과학 형성기

- 문학동호회
 - a. 17세기 : 과학단체의 전신
 - b. 영국 왕립협회 (1660)
 - ㄱ. 비전임 연구원들로 구성
 - ㄴ. 임의의 자발적 단체
 - ㄷ. <Philosophical Transactions>라는 이름의 서신 교환활동이 학회 공신회보로 발전 → 과학 학술지 대명사 지위로 승격
 - ㄹ. 과학지식의 사회적, 정치적 공식 확인 기관 : 최초 발견자 인증, 이론의 실험적 검증선언
 - ㄴ. 아인슈타인의 일반 상대성 이론의 공식 확인 (1919) from. 영국 왕립협회 & 영국 천문학회 검증선언
 - ㄷ. 20세기 전 : 왕립협회의 승인 (정치적 과정) 이 과학지식 생존여부에 필수적 (20세기 후반 정점 찍음)
 - ㄹ. 21세기 : 영국 왕립협회의 정치적 선언 위력의 실효성 상실
 - ㄹ. 여전히 학술단체의 학회지를 통한 논문 출판 : 현대 과학자 능력 측정 최고 지표
 - ㅈ. 현대의 과학자 : 과학단체로부터의 인정 <<< 국가로부터의 독점적 인정
 - 언론과 인터넷 환경에서의 노출 → 국가의 지원 및 연구비의 독점적 획득에 점점 더 결정적
 - c. 프랑스 왕립과학아카데미 (1666)
 - ㄱ. 왕의 직속기관으로 시작
 - ㄴ. 초기 : 정부의 지원을 받는 전임연구원 확보
 - ㄷ. 과학저술 출판, 특허 심사
 - ㄹ. 체계적, 조직적 협동연구의 동기 제공 사회기관으로 작동
- 과학자들이 개인을 넘어, 자신들의 공동 이익을 위한 조직화, 집단화의 길을 걷고 있음
- 서로의 지식을 조직적으로 상호교환 및 비판
- 과학을 사회적으로 제도화, 기관화 → 서서히 권력화 (과학지식 교육을 회피하는 이는 책임있는 사회구성원으로서의 자격 어려움)
- 권력적 과학자의 등장 (e.g. 뉴턴)

9강. 근대과학과 계몽주의

▶ 뉴턴 (1642-1726)

- 세계사 3대 수학자 & 물리학자
- 과학단체 동원, 자신의 업적 칭송 및 홍보
- 자신의 과학적 견해를 법칙으로 과감히 공언
- 왕권에 필적하는 과학적 권위 선언
- 뉴턴의 법칙
 - a. 뉴턴의 제1법칙 : 관성의 법칙 (움직이는 물체는 계속 움직이려 하고 서 있는 물체는 계속 서 있으려 한다)
 - b. 뉴턴의 제2법칙 : $F = ma$ (힘 = 질량 X 가속도)
 - c. 뉴턴의 제3법칙 : 모든 작용에 대해 반대의 힘인 반작용 존재, 작용/반작용의 크기는 같고 방향은 반대
 - d. 뉴턴의 만유인력의 법칙
 - ㄱ. 중력은 두 물체 질량의 곱에 비례, 두 물체 사이 거리 제곱에 반비례하는 인력
 - ㄴ. $G \frac{Mm}{r^2}$ (M, m : 두 물체의 질량 / r : 두 물체 사이의 거리 / G : 비례 상수 또는 만유인력의 상수)
 - ㄷ. 중력 : 아무것도 없는 빈공간 속이 무한히 빨리 순식간에 전달된다는 원격 작용 / 직달 작용 (action at a distance)
 - ㄹ. 직달작용에 대한 기계적 설명 거부
 - ㄹ. '나는 가설을 상정하지 않는다'는 선언 : 실험이나 관측으로 경험할 수 있는 설명만을 추구 (경험적으로 검증할 수 없는 가설 배격)
 - ㄷ. 중력을 현상적으로 기술 : 거리의 제곱에 반비례, 두 질량의 곱에 비례
 - ㅈ. 중력에 대한 가설적인 본질 및 원인에 대한 고심 X
- 원운동가속도 = $\frac{v^2}{r}$ (v : 원운동속력, r : 원의 반지름)
 - a. 자동차 회전 시, 운동 가속도를 줄여 전복사고를 피하는 방법
 - ① 속력 v 를 아주 많이 줄이기
 - ② 회전반경 r 를 크게 하여 회전
- 뉴턴의 제1,2,3법칙 & 만유인력의 법칙 : *케플러 제 3법칙을 유도해내기 위한 그림 맞추기 퍼즐 조각
 - (행성 주기의 제곱은 행성-태양 간 평균거리 제곱에 비례)
- 사과나무에서 사과가 떨어지는 것을 보고 위 법칙을 깨닫게 되었다는 유명한 천재적 일화 포장 통해 자신을 스스로 충분히 천재화 할 만큼의 권력
- 현재 18세기 프랑스에서 시작된 이성, 합리성의 상징인 계몽주의의 아버지라 평가됨



- **관성 (제 1법칙)**: 붉은색 화살표 방향으로 계속 운동하려는 지구의 성질
- **만유인력 (태양의 중력)**: 지구를 왼쪽 방향으로 끌어당김
- **중력 작용에 대해 반대쪽으로 반작용의 힘이 같은 크기로 생겨나 지구에 대해 균형 (제 3법칙)**: 만유인력에도 지구가 태양으로 떨어지지 않음
- **제 2법칙 (F=ma)**: 반작용의 힘 = 질량 X 가속도
- **원운동의 가속도**: $a = \frac{v^2}{r}$

$$\begin{aligned}
 \cdot G \frac{Mm}{r^2} (\text{작용}) &= F (\text{반작용}) \\
 &= ma \\
 &= m \frac{v^2}{r} \\
 &= \frac{m}{r} (\text{속력})^2 \\
 &= \frac{m}{r} \left(\frac{\text{거리}}{\text{시간}} \right)^2 \\
 &= \frac{m}{r} \left(\frac{1\text{회공전거리}}{1\text{회공전시간}} \right)^2 \\
 &= \frac{m}{r} \left(\frac{\text{원둘레}}{\text{공전주기}} \right)^2 \\
 &= \frac{m}{r} \left(\frac{2\pi r}{p} \right)^2 \\
 &= \frac{m}{r} \left(\frac{4\pi^2 r^2}{p^2} \right)
 \end{aligned}$$

[케플러의 제 3법칙]

$$G \frac{Mm}{r^2} = \frac{m4\pi^2 r}{p^2}$$

↓ 양변 m 약분

$$G \frac{M}{r^2} = \frac{4\pi^2 r}{p^2}$$

↓ P(주기), r(거리) 한쪽으로 정리

$$\frac{p^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM} = \text{일정} \quad (G: \text{만유인력 상수}, M: \text{태양 질량 [상수]})$$

- 케플러의 제 3법칙 유도에 뉴턴의 제1,2,3법칙 & 만유인력의 법칙은 꼭 필요한 퍼즐 조각
- 뉴턴은 원운동 가속도 정도만을 추가로 계산

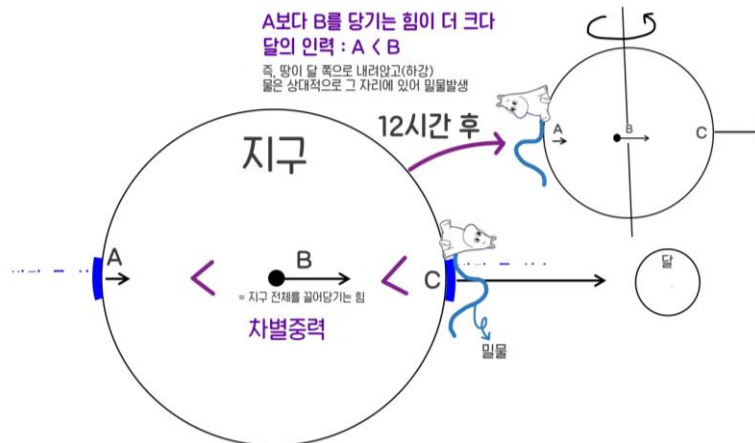
· 일생

- **1642**: 출생 (갈릴레오가 사망한 해)
아버지: 소지주 집안, 어머니: 지방농촌의 상류층 가문
- **1661**: 케임브리지 대학의 장학생
- **1665**: 미적분, 빛과 색에 관한 광학이론 (렌즈나 프리즘은 빛을 굴절시키며 백색광은 모든 광선이 합쳐진 것) 및 중력의 법칙 구상
ㄱ. 배경: 흑사병으로 인한 2년간 학교 휴교
ㄴ. 완벽하게 정립 X (완성된 업적 X)
- **1669**: 26세 나이로 케임브리지 대학 제2대 루카스 수학 석좌 교수로 임명
- **1672**
- 반사망원경 고안 (광학이론 근거) 후 왕립협회 회원으로 선출
- Hooke(1635-1703)과의 실험결과 해석에 대한 수 십년간의 논쟁 → 공적인 삶 기피, 종교적 은둔의 삶 추구
- 이단적 종교관: 기독교의 정통 교리인 삼위일체 거부, 성경 속에는 비밀스럽게 전해진 숨겨진 암호 존재
- **1670년대 중반 ~ 1680년대 중반**: 연금술에 대한 관심
- **1684**
- 거리의 제곱에 반비례하는 인력(중력, 만유인력) 하, 행성계도운동에 대한 서신 헬리에게 전달
- <프린키피아> 저술

- **1687**
 - 헬리에게 보낸 서신 확장 → <프린키피아>를 왕립학회(왕립협회)의 승인 하 출판
 - Hooke와 중력의 역제곱법칙에 대한 2차 논쟁 시작
- **1688**
 - 네덜란드 개신교도 윌리엄, 메리에 대한 공개적 지지를 통한 정치적 입지 강화
 - 배경 : 명예혁명 (카톨릭 왕 제임스 2세의 퇴위, 네덜란드의 개신교도 윌리엄과 메리 왕위에 오름)
- **1693**
 - 은둔생활 중 심각한 신경쇠약
 - 배경 : 미적분학 발견 우선권에 대한 라이프니츠와의 논쟁
 뉴턴 : 1665-1666
 라이프니츠 : 1676
- **1696** : 정부관료로의 변신 (by. 윌리엄 왕) → 조폐국장 (위폐단속 및 주화제작업무)
- **1703**
 - 오랜 경쟁자 Hooke의 사망
 - 왕립협회 회장 임명
 - 사망 전까지 조폐국장직 & 왕립협회장직 동시에 역임
- **1705** : 아이작 뉴턴 경으로 임명 (by. 앤 여왕)
- **1714** : <서신 교환 보고서에 대한 해설> 이라는 장문의 글 작성 후 왕립학술 기관지 <철학적 교류>에 익명으로 발표
- **1716** : 라이프니츠의 사망 및 이후 라이프니츠의 주장 철저히 탄압
- **말년** : 이단적 성경해석에 근거한 신학에 다시 깊게 몰두

· 뉴턴 과학의 사례

1. 밀물과 썰물



- 지구에서 달에 가장 가까운 C지점을 달이 끌어당기는 중력 >>> 지구중심 B를 끌어당기는 힘
 *지구는 매우 딱딱하므로 지구 중심부를 끌어당기는 것은 지구전체를 끌어당기는 것과 같음
 ⇒ C가 B보다 달에 더 가깝기 때문
- **밀물**
 - a. 지구중심B(혹은 지구전체) 보다 C가 달 쪽으로 더 강하게 당겨지며, 이에 따라 C지역의 바다 물이 달 쪽으로 상승
 - b. 12시간 후에 다시 발생 (이때 지구가 반바퀴를 자전)
 - c. C지역에 있던 관측자는 A지역에 위치
 - d. 달은 하늘 위가 아니라 지구 속 아래 깊숙이 위치
 - e. 지구중심B(혹은 지구전체) 가 끌어당겨지는 힘 >>> A가 끌어당겨지는 힘
 - f. A지점에서 물 상승X, 땅 속 B가 더 달 쪽으로 내려 앉은 것
- **차별중력 (중력의 차이) = 밀물, 썰물의 힘 = 조석력 (12시간 간격)**
- 일부 과학 교과서의 오류 : 원심력의 영향 (갈릴레오가 제시한 오류)

2. 토성의 테와 소행성의 기원

- 지구에 미치는 달의 중력의 차이 (차별중력)가 매우 커져 지구 자체의 중력보다도 더 커지는 경우, 지구는 파괴됨

· 토성의 테

- a. 토성의 엄청난 차별중력으로 파괴된 토성의 위성
- b. 무수한 작은 조각들로 구성
- c. 테 안쪽에는 위성 존재 X (안 쪽에 있다 하더라도 곧 파괴됨)

· 소행성의 기원

- a. 화성과 목성 사이 무수히 존재
 - b. 태양의 엄청난 차별중력으로 파괴된 태양의 행성
 - c. 무수한 작은 조각으로 이루어져 있는 태양의 테
- 태양의 테 안쪽에 행성이 존재하는 이유 (안 쪽에 있는 행성들은 더 쉽게 파괴될 가능성 존재하기 때문)
⇒ 가설 상정 X, 오직 현상적으로 기술

▶ 라이프니츠 (1646-1716)

- 독일의 수학자, 철학자
- 생존시에는 뉴턴과의 경쟁에서 패배한 듯 보였으나, 그의 미적분 기호는 뉴턴의 것보다 현대에 훨씬 더 자주 사용됨

▶ 볼테르 (1694-1778)

- 계몽주의 운동 시작 in 프랑스 : 근대과학적 진보를 사회과학, 인문학으로 확장
- 표현의 자유에 대한 명언 : '나는 당신의 생각에 반대한다. 그러나 당신이 그런 생각을 표현할 권리를 위해 목숨을 바쳐서라도 싸울 것이다'
- 뉴턴 과학에 입각 : 사회 내 제도적 모순을 해결하자는 사회,문화,정치 운동 주장
- 이성 강조
- 정치적, 사회적 권위 부정
- 사회적 정의와 윤리를 실현하고자 하는 자유주의적 입헌정치의 구현운동 발생

▶ 계몽주의

- 중세 : 미신, 무지, 독단, 편견의 시대로 규정
- 뉴턴 시대 이후 : 근대과학의 시대, 수학적/합리적/경험적/실험적 시대로의 발전
- 계몽주의 세력
 - a. 자유주의적, 진보적, 개혁적, 혁명적
 - b. 미국혁명(1776), 프랑스 대혁명(1789) 역사에 중요한 역할
- 과학의 진흥 및 대중화를 위한 협회(과학진흥협회)와 상시 전시관(자연사박물관)들이 만들어짐
- '과학자'라는 단어 탄생
- 낭만주의
 - a. 계몽주의에 대한 사회문화적 반감 발생 → 수학적, 기계론적 과학에 대한 반발
 - b. 과학의 지나친 전문화, 권력화 우려
 - c. 현대 탈근대주의 : 인간의 감성적 측면에 대한 강조

▶ 샤텔레 (1706-1749)

- 뉴턴의 저작 <프린키피아>를 프랑스어로 번역
- 연인 볼테르와 함께 뉴턴의 과학, 수학 탐구

10강. 산업혁명, 화학혁명, 프랑스대혁명

▶ 과학혁명기

· 원인

- 1) 농업 생산성 향상 (인구급증으로 인한 산림파괴) : 3단계 윤작 (중세) → 4단계 윤작 (18세기)
- 2) 조선업에 필요한 대량 목재사용 (해상국에 필수)
- 3) 제철 산업의 목재사용 (철광석+목재 → 목재 태우기 & 철광석 녹이기 → 철 생산)
- 4) 목탄(숯) 사용 : 빵, 맥주, 유리 생산

· 목재 대신 석탄 사용

- 1) 음식물 생산과정 (빵, 맥주 등) : 그릇 사용을 통한 석탄연기의 확실한 분리
- 2) 철 생산 : 용광로 사용을 통한 석탄연기/철광석 확실한 분리 (바람 세기 증가 → 용광로 온도 ↑ → 석탄 속 불순도 ↓ 철 순도 향상)

⇒ 대량의 석탄을 기반으로 큰 용광로를 활용하여 철을 생산하는 기술 등장

· 석탄채굴의 중요성 부각

· 지하수를 뽑아내는 공기펌프 역할의 중요성 부각 (but 공기펌프는 일정 깊이 이상 작동 한계 有)

▶ 토마스 뉴커먼 (1664-1729)

· 영국의 무명 철물상

· 세계 최초의 증기기관 발명 (1712) (with 조수 배관공 존 콜리)

- a. 석탄채굴용 펌프장치의 일부
- b. 실린더 전체를 가열하고 식히는 과정의 반복 : 비효율적

▶ 제임스 와트 (1736-1819)

· 뉴커먼의 증기기관 개량 (1765) : only 경험 (과학적 이론X)

· 실린더 내 증기를 다른 밸브를 통해 즉각 뽑아내어 압력을 낮춰 피스톤 하강운동 일으킴

· 실린더 내부 늘 뜨겁게 유지 가능 (증기기관 효율성 ↑)

· 덩치가 커 공장 기계나 선박용으로 사용

▶ 리처드 트레비식

· 증기기관 소형화 (1800)

· 기관차용 고압증기기관 고안

▶ 조지 스티븐슨 (1781-1848)

· 고압증기기관을 이용한 최초의 증기기관차 발명

· 탄광에서 석탄 운반

· 제철산업, 철도산업 성장

· 식물 생산용 방직기계 활용 (식물생산의 기계화 및 산업화)

▶ 산업혁명기의 증기기관 기술은 과학지식의 응용? NO

· 산업혁명

- a. 증기기관의 작동원리에 대한 이론적 이해 (열역학) 없이 발생
- b. 과학의 기술적 응용사례X
- c. 증기기술의 발달이 과학자들 자극 → 열역학과 같은 물리 이론의 진보 유도

· 과학과 기술 : 여전히 간접적, 모호한 관계

· 산업혁명 이후

- a. 과학과 기술의 연관성에 대한 심리적 믿음 형성
- b. 과학자들과 기술자들의 인적 교류 강화
- c. 과학의 직접적인 응용이 본격적으로 기술분야로 발현 (19세기 중반)

- 18세기 말 영국의 산업혁명
 - a. 철도산업 (증기기관차, 철로, 교량)
 - b. 직물산업 (증기동력, 방직기)
 - c. 석탄산업 (증기기관 펌프를 통한 채굴)

⇒ 생산의 조직화(감독관 하 엄격한 위계), 계급분쟁 격화, 가정 내 분업, 노동착취 등

- 18세기 말 ~ 19세기 낭만주의 운동
 - a. 파괴적인 산업화에 대한 반발
 - b. 음악과 문학을 통한 인간성 회복 추구 : 자연의 소박함, 가족, 인간의 마음 등에 대한 주제

▶ 칼 마르크스 (1818-1883)

- 자본론(1867)
- 노동자, 자본가 간 계급투쟁은 필연적으로 발생
- 자본주의적 국제시장 형성 → 전세계 확대 (계급 및 민족분쟁)

▶ 프랑스 대혁명

- 루이16세 (1754-1793) : 미국 독립전쟁 지원 → 왕실 재정위기
- 과도한 세금 → 시민계급의 국민의회 결성 (왕 견제)
- 바스티유 감옥 습격 및 민중봉기 (1789.07.14)
- 10월 행진 (1789.10) : 왕실가족 체포 후 구금
- 국민의회를 중심으로 한 유산계급(부르주아)의 지배체제 선언
 - a. 봉건제 폐지
 - b. 교회재산 몰수
 - c. 입헌군주제
- 루이 16세 및 왕비의 단두대 처형 (1793)
- 혁명 세력내 분열 (자코뱅 당 vs 지롱드 당)
- 나폴레옹의 등장
- 루이 18세 즉위 (왕정복고)
- 샤를 10세 의회해산
- 파리 민중봉기
 - a. 7월 혁명 (1830.07.27)
 - b. 6월 봉기 (1832.06)
 - c. 2월 혁명 (1848.02) : 사회주의 세력과의 연합
- 나폴레옹 3세 (루이 나폴레옹 ; 나폴레옹의 조카) 즉위
- 프로이센과의 전쟁에서 패배 (1870)
- 파리코뮌 (세계 최초의 사회주의 혁명) (1871.03.18 - 05.28) 실패
 - a. 3만여 명 이상 처형
 - b. 프랑스 계몽주의자 '미완의 혁명'으로 평가
- 프랑수아 미테랑 대통령 당선 : 최초의 사회주의 정당 출신 (1981)
- 프랑수아 올랑드 대통령 당선 (제 24대) (2012.05.12)
 - a. 유럽 최악 경제 금융위기 속 혁명정신 계승
 - b. 부유층에 최고세율 75%를 부과하는 정책 시도

▶ 나폴레옹 (1769-1821)

- 쿠데타 (1797)
- 황제 즉위 (1804)
- 트라팔가 해전서 영국의 넬슨에 패배 (1805)
- 러시아 원정 패배 (1812)
- 엘바섬 유배 (1814)
- 복귀 후 워털루에서 다시 영국에 패배 (1815)
- 세인트 헬레나에 유배 후 사망

▶ 라브와지에 (1743-1794)

- 세금징수활동, 고리대금업 수행
- 1789년 혁명직전의 왕당파
- 화학혁명을 주도한 근대화학의 아버지
- 단두대 처형 (1794.05.08) by. 혁명세력

| 프랑스 라브와지에 (1743-1794) | | 영국 프리스틀리 (1733-1804) |
|-----------------------|---|---|
| '연소'에 대한 입장 | [프랑스의 개혁적인 젊은 화학자] · 산소와 결합하는 현상 · 기구를 통해 녹은 쇠 무게 측정 시 : 부식은 산소와 쇠가 결합하는 과정이므로 오히려 무게는 증가 | [영국의 보수적인 유명 화학자] · 플로지스톤(phlogiston) 입자가 방출되는 현상 · 나무가 연소하여 재가 될 때 : 플로지스톤 입자가 방출되며 무게 감소 · 밀폐된 공간에서 연소가 멈춤 : 플로지스톤의 방출 제한 · 녹은 쇠의 부식과정 : 플로지스톤 방출 but 이는 음의 무게를 가져 녹은 쇠 무게 증가 |
| 정치적 입지 | · 라브와지에의 새 패러다임이 기존 프리스틀리의 패러다임을 교체하는 화학혁명의 사례 · 현대물리학의 관점에서 라브와지에의 주장도 지극히 파상적인 설명일 뿐임 ⇒ 물리학자들의 환원론적 믿음 (물리학을 기반으로 화학 현상 전부를 설명할 수 있다) · 보수적 왕당파 : 프랑스 혁명 세력에 의해 처형 | · 현대물리학 (연소현상이 결국은 광자라는 빛 입자의 방출 현상)과 더 유사 · 개혁적 공화주의자 : 프랑스 혁명 지지 · 정치혁명의 이상을 찾아 신대륙 이주 (1794) · 미국에서 10년간 자신의 진보적 정치신념 이어감 |
| 그 외 활동 | · 화학혁명을 이끈 근대화학의 아버지 a. 정량적 측정기구 활용 (천칭/중량계, 온도계/열량계) b. 배경 (1) 뉴턴 과학 이후 물리학의 체계화 (2) 화학 (혹은 화학자 집단)의 독자화 (3) 화학 관련 기술 및 산업의 성장 · 화학물질에 대한 새로운 명명법 도입 : 고정된 공기 → 산화탄소, 플로지스톤이 없는 공기 → 산소 · 수학적 공식을 흉내 낸 화학물 기호 도입 (feat. 물리학 영향) · 수학의 방정식처럼 보이는 화학반응식 개발 · 새 교과서(화학원론 1789), 새 학회지(화학연보 1789) 발행 | |

▶ 에콜 폴리테크닉

- 대혁명기의 교육개혁을 통해 탄생 (1794)
- 군대내의 공학자(공병) 양성을 위한 프랑스의 과학전문교육기관으로서 뉴턴역학의 수학적 체계화에 큰 공헌 (1804~) by. 나폴레옹
- 교수진
 - a. 암페어 (1775-1836) : 물리학자
 - b. 코우시 (1789-1857) : 수학자
 - c. 푸리에 (1768-1830) : 수학자
 - d. 허릿 (1822-1901) : 수학자
- 졸업생
 - a. 프레넬 (1788-1827) : 물리학자
 - b. 코리올리 (1792-1843) : 전향력을 발견한 물리학자
 - c. 게이루삭 (1778-1850) : 화학자
 - d. 루이빌 (1809-1882) : 수학자
 - e. 포앙까레 (1854-1912) : 위상수학의 발견자
 - f. 포아송 (1781-1840) : 수학자

▶ 카르노 (1796-1832)

- 프랑스의 장교, 물리학자 "열역학의 아버지"
- 에콜폴리테크닉의 학생 생도 (16살)
- 공병장교로서 복무시작 (1814)
- 복무 중 증기기관의 성능을 향상시키는데 명백한 물리적 한계가 있음을 깨달음
- 증기기관의 원리에 대한 최초의 이론 물리학적 연구 (제임스 와트에 의한 개량된 증기기관이 이미 광범위하게 활용중인 시대)
- "Reflections on the Motive Power of Fire"라는 제목의 논문 발표 (1824) but 주목X

▶ 갈루아 (1811-1832)

- 르장드르와 라그랑지의 수학책들을 고등학교때부터 독학
- 다차방정식에 대한 논의 : 당대 최고의 수학자인 코우시(에콜폴리테크닉 교수)에 의해 논문 출판거부
갈루아(근의 공식을 일반적인 n차방정식에 대해서는 찾을 수 없다) vs 코우시(n차 방정식의 해는 n개 있다)
- 7월혁명 가담 중 경찰에 체포되어 투옥 (1830)
- 간통죄 관련 경찰의 음모로 결투신청 받음 (1832.05.30)
- 루이빌(에콜폴리테크닉 출신 수학자)에 의해 논문 가치 인정 (1843)
- '다차 방정식의 근의 공식은 없다', '4칙 연산의 대수적 방법으로 다차방정식의 해를 구할 수 없다' 확립
- 군론의 창시자 (현대 추상대수론의 시작)

▶ 김치호 : 4.19 혁명 당시 우리나라의 수학도 (1939-1960)

- 경무대 앞 시위 중 복부 총상으로 사망 (1960.04.19)

11강. 지질학 혁명과 진화론

▶ 지질학 혁명

1. 격변설 ; Catastrophism

- 전 지구적 커다란 변화의 역사가 지구의 역사 (e.g. 창세기적 천지창조, 지진, 화산, 노아의 홍수)
- 카톨릭 신부 : 성서의 창세기를 문자 그대로 이해하지 않고 은유적 해석 필요
- 개신교 운동 : 성서를 문자 그대로 해석
- 17세기 종교인들 및 학자 : 문자 그대로 해석 (지구는 매우 젊음을 확신)
- 제임스 어셔 (1654) : 성서에 나타나는 인간조상의 연대기를 따져 천지창조의 날짜를 기원전 4004년 10월 22일 오후 6시라 확신 후 발표
- 자연학자
 - a. 암석 속의 화석은 돌로 굳어진 고대 생명체 (육지 퇴적층에서 발견)
 - b. 모든 퇴적암은 노아의 홍수로 퇴적된 물질이 쌓여 만들어진 것이라 주장
- 퇴적층에 나타나는 뒤틀림과 단층으로 인해 퇴적 이후에 암석에 거대한 변형이 일어난 것이 명백 (짧은 지구 나이 속 점진적 과정X)
- 격렬한 변화의 역사로 지구의 역사를 이해

2. 수성설 (해양후퇴설) ; Neptunism [개선된 격변설]

- 18세기 초 계몽주의시대 철학자
 - a. 퇴적층 형성에는 엄청난 시간이 필요
 - b. 카톨릭 교회의 권위 인정X
 - c. 창세기 이야기나 대홍수 이야기에 대한 도전 시작
 - d. 예전의 지구는 거대한 바다로 뒤덮여 있었음
 - e. 바다가 점차 줄어들며 따라 깊이가 낮아지면서 오늘날과 같은 퇴적암의 드러나게 됨

· **휘풍 (1707-1788)**

- a. 뉴턴의 추종자
- b. 프랑스의 저명한 자연학자
- c. <자연사> (1749)
 - ㄱ. 혜성으로 인해 태양에서 떨어져 나온 덩어리가 냉각되어 지구가 생겨남
 - ㄴ. 거대한 물체가 용광로에서 나온 뒤 얼마나 빠르게 냉각하는지 관찰
 - ㄷ. 지구의 현재 온도로 냉각되기까지 걸린 시간 추산 → 7만년
 - ㄹ. 당시 종래의 시간 규모를 무려 10배나 확장한 것
- d. 뜨거웠던 지구에 있던 과거의 바다는 뜨겁게 끓고 있었다가 점차 육지로부터 멀어져 감

· **18세기 말, 채광산업의 성장**

a. 층서학

- ㄱ. 퇴적된 암석의 서열을 식별
- ㄴ. 옛 암석 위에 새 암석이 쌓인다는 지층 누층의 원리(Principle of superposition) 전제

b. 아브라함 베르너 (1749-1817)

- ㄱ. 수성설 신봉 : 머나먼 과거의 거대한 바다가 마르면서 바다에 있던 화학물질들이 특정한 서열을 이루며 침전
- ㄴ. 동일 유형의 암석이 다른 역사시기에도 퇴적되었음을 보여주는 증거들이 발견됨에 따라 그의 주장 반박됨

▶ **수성설의 약화, 강화되는 격변론**

· 19세기 초 : 수성론의 유지 어려움

· **알렉산드르 폰 훔볼트 (1769-1859)**

- a. 프랑스와 스위스 경계지역인 쥐라 산맥에서 발견된 독특한 암석에 쥐라기 지층이라는 이름 붙임
- b. 해양 후퇴설(수성설) 대신 퇴적암이 격변적으로 융기하여 육지를 형성했다 주장
= 천천히 융기하면 바람과 비에 의해 땅은 침식되어 사라짐

· 이후 과학자들은 암석의 새로운 층이 형성될 때마다 암석에는 층을 구분할 수 있게 하는 고유의 화석들이 담기며, 초창기 생물 종의 다수는 이제 사라지고 대체되었다는 사실 당연하게 받아들임

⇒ 1830년대 무렵 : 어느 누구도 지구의 껍데기가 엄청난 퇴적층들로 구성되어 있으며, 각 퇴적층이 지질학적 시간의 특정 시기 전체를 표상한다는 점을 부정하지 못했음

· **조르주 퀴비에 (1769-1832)**

- a. 프랑스의 유명한 고생물학자, 비교 해부학의 창시자
- b. 지층 사이의 경계가 갑작스럽게 출현 → 화석들의 변화도 순식간에 발생
- c. 생물종의 갑작스러운 사멸 : 격변적인 지반 운동 및 해일 때문
- d. 퀴비에의 추종자들 : 성서상 대홍수의 재도입 시도 (정작 퀴비에에는 X)
⇒ 기이한 모양을 한 대규모의 육식들과 암석 조각들, 자각들로 이루어진 거대 언덕들이 많은 유럽북부의 빙하 지형 설명 위함

▶ **현대 지질학의 정립 : 화성론(Vulcanism)과 동일과정설(Uniformitarianism)**

· **제임스 허튼 (1726-1797)**

- a. 스코틀랜드의 지질학자
- b. 수성론의 해양 후퇴설 배격
- c. 용암이 분출되는 화산활동에 관심
- d. 화성론
 - ㄱ. 로마의 불의 신 (Vulcan) 이름에서 비롯
 - ㄴ. 지구내부의 열이 화산 활동, 육지의 융기, 산의 형성을 일으킴
 - ㄷ. 암석 형성 과정들이 오늘날 우리가 관측하는 속도로 발생
- e. 역사순환 모형 (정상상태모형) : 지구는 영원함 (결코 멈추지 않는 영구 운동 기계처럼, 과거로부터 비슷한 사건들이 영구히 순환함)
- f. 동일과정설
 - ㄱ. 지질학은 현재 일어나고 관측 가능한, 일정하고 점지적인 조그만 변화 (e.g. 퇴적 침식)으로만 과거의 지구 역사를 기술해야 함
 - ㄴ. 지구의 시간규모는 엄청나게 확장됨

· 찰스 라이엘 (1797-1875)

a. 근대 지질학의 아버지

b. <지질학의 원리> (1830-1833)

- ㄱ. 이탈리아 시칠리 섬의 에트나 화산이 용암분출의 결과로 서서히 형성
- ㄴ. 충분한 시간만 주어진다면 보통의 느린 변화들도 누적되어 격변처럼 보이는 결과 만들어 낼 수 있음
- ㄷ. 한 지층에서 다른 지층으로의 갑작스러운 전이도 겉으로만 그려할 뿐, 방대한 시간의 결과가 만들어낸 점진적 변화의 결과
- ㄹ. 현존하는 지질학적 기록은 무한 순환하는 지구 역사에서 마지막 순환의 일부
- ㅁ. 이전 단계들은 모두 파괴되고 왜곡되어 알 수 X
- ㅂ. 다윈의 스승이자 인기 작가로서 일반대중에게 큰 영향

▶ 허튼 & 라이엘 (동일과정론자 / 현대지구과학 정립) = 위대한 진실의 수호자

이들을 방해한 격변론자 = 편협한 종교적 신념만을 지키려 했던 고집불통자 ???

· 훔볼트 & 퀴비에 : 격변론자

- a. 퇴적층의 서열 확립에 큰 기여
- b. 자연에서 격변의 원인을 찾고자 함
- c. 지구의 역사가 1억년 정도의 규모를 가진다 생각, 인간 역사보다는 훨씬 더 길다고 확신
- d. 이미 '거대한 지질학적 시간'이라는 현대적 개념의 모습을 갖추
- e. 뜨거운 지구의 내부가 식어가며 부피가 줄어, 쪼그라들면서 갑작스럽게 지각이 무너져 격변적으로 산이 만들어진다는 이론
- f. 지구 내부는 매우 뜨거움 : 이는 지각을 불안정하게 만들어 지속적인 화산활동 및 지진의 원인
- g. 지구의 고온 초기상태 : 현대 지질학의 지구 탄생과정에 보다 더 가까움 (따라서 현대 지질학은 동일과정설 & 격변설 요소 동시에 갖추)

· 라이엘

- a. 지구의 중심부가 뜨겁다는 가정
- b. 지구내부가 매우 서서히 냉각될 수 있다는 점 부정 (즉, 늘 일정한 정상상태를 유지할 것)
- c. 정치적 자유주의자
- d. 보수주의자들이 격변설을 이용하여 기독교 및 귀족 특권 옹호한다고 주장
- e. 인간 진화에 대한 다윈의 견해 강하게 거부
- f. 창조주 : 고칠 필요도 없이 영원히 작동하는 우주를 설계하는 온화하고 자비로운 영적인 존재

· 허튼

- a. 지구 내부의 냉각처럼, 지구가 전체적으로 어떤 방향성을 가지고 변화를 일으킨다는 주장 과학의 영역X (동일과정설에서 용인X)

⇒ 라이엘 & 허튼 : 영어권 밖, 이들의 영향력 적음

시간규모도 현대 지질학과 비교해보면 여전히 매우 작음

▶ [부록] 지질학

1. 동일과정설

- a. 만물의 기원과 과거의 변화과정은 현재 작용하고 있는 자연법칙이나 자연의 변화과정과 동일한 법칙으로 설명될 수 있음
- b. 진화론자
- c. 현재 지구표면의 모든 산, 계곡, 지층은 바람이나 강, 파도 등의 '자연력'에 의해 무한히 긴 시간에 걸쳐 침식,퇴적,운반의 반복된 결과로 생성
- d. 현재 계곡과 지층 : 지구의 나이가 오래되었음을 증명
- e. 허튼, 라이엘

2. 대격변설

- a. 현재의 지층은 노아시대 홍수로 인한 대격변의 사건으로 인해 형성됨
- b. 기독교인
- c. 현재 지구의 모습은 자연력에 의한 것 X
- d. 퀴비에

▶ [부록] 수성론 vs 화성론

1. 수성론

- a. 모든 암석은 물에 녹아 있는 물질이 침전되어 만들어짐 (지구를 덮던 원시 바닷속, 아주 짧은 시간 내)
- b. 큰 폭풍우 발생 → 지구의 표면을 이루는 암석의 표면 가루로 만들 → 과도기적 암석(화강암)
- c. 폭풍우가 잠잠해진 뒤 → 잔잔해진 바다에 가라앉은 침전물로부터 퇴적암 생성
- d. 베르너

2. 화성론

- a. 암석은 지구 내부 열에 의해 용융된 물체로부터 만들어짐
- b. 지구는 기본적으로 평형상태 유지 (과거와 현재의 모습 차이 X)
- c. 지층의 침식, 용기는 일시적X, 긴 순환 (끊임없이 순환하는 침식과 용기)
- d. 침식에 의해 암석 표면에서 깎여져 내린 것들이 바다로 운반되어 퇴적
- e. 지하의 열작용에 의해 암석으로 변함 & 용기 통해 새로운 지표 형성
- f. 제임스 허턴

▶ 지구나이 논쟁

· 윌리엄 톰슨 / 켈빈 경 (1824-1907)

- a. 당대 최고의 물리학자
- b. 라이엘 공격 (1860)
 - ㄱ. 냉각속도는 온도차이에 비례
 - ㄴ. 지구가 더 뜨거웠던 과거에 냉각도 좀 더 빨리 진행되었을 것
 - ㄷ. 지질변동의 속도 또한 과거에 좀 더 빨리 진행되었을 것
 - ㄹ. 결과적으로 동일과정설이 가정하는 정상상태는 오류
- c. 태양과 지구의 나이는 2천 5백만년 이하가 분명
 - (1) 지구의 열 전도율과 냉각속도
 - (2) 태양이 에너지원은 석탄

· 방사선 발견 (1896)

· 퀴리 (1903) : 방사능 물질이 열과 에너지를 발산함을 발견

· 레일리 경 (1906)

- a. 방사능 물질이 지구 내부에서 상당한 에너지를 발생
- b. 켈빈 경의 냉각속도 계산이 오류라 지적
- c. 지구 자체의 시간 규모가 엄청나게 확장되어 격변들 불필요

· 방사선 연대측정 기술 발달 : 지구 나이는 수십 억년이라는 추산 등장

· 현대 미국지질학 : 석유산업을 기반으로 하는 미국경제의 이론적 축

▶ 진화론

· 배경

1. 창조론

- a. 17세기 경 : 창세기를 문자 그대로 해석하려는 움직임
- b. 우주자체를 거대한 기계로 취급
- c. 하나님 : 우주의 창조자, 지혜롭고 지적인 설계자, 우주와 생물을 설계함 (자연신학과 유사한 입장)

2. 지질학의 성장

- a. 퀴비에 : 수많은 지질학적 시대마다 그 시대의 고유한 동·식물이 존재, 시간이 지남에 따라 멸종
- b. 뷔퐁
 - ㄱ. 과거의 지구가 훨씬 더 뜨거웠음
 - ㄴ. 지구가 전체적으로 식어가며 생명체들은 새로운 자연조건에 적응 할 수 있는 상당한 유연성 지니고 있었을 것
 - ㄷ. <동물의 퇴화에 대하여> (1766) : 사자와 호랑이는 아주 큰 고양이目の 변종 (하나의 조상으로부터 탄생)
- c. 이래즈머스 다윈 (찰스 다윈의 할아버지)
 - ㄱ. 영국의 내과의사, 시인
 - ㄴ. 18세기 말, 그의 인기 시 : 생명체가 시간이 지나며 점진적으로 발전

3. 화석 표본의 발견 및 전시

- a. 자연사 박물관의 건설/관리는 유럽국가들의 자존심 경쟁
- b. 멸종된 것으로 보이는 고대 생명체 화석들 vs 성서적 세계관

4. 생물 분류법의 출현

- a. 신대륙 등지 : 새로운 종들의 발견 (분류법의 혼란 가중)
- b. 린네 (1707-1778)
 - ㄱ. 스웨덴의 자연학자
 - ㄴ. 모든 동식물을 하나의 체계로 분류, 각각의 종들의 명명법 고안
 - ㄷ. 분류체계 : 신의 신성한 창조를 증거

▶ 초기 진화론자

· 라마르크 (1744-1829)

- a. 18세기 말, 프랑스의 자연학자
- b. 프랑스 혁명정부가 세운 자연사 박물관에서 근무
- c. 프랑스 혁명정부의 급진적 이념과 잘 부합 (사회개혁) : '세대를 거듭하며 동물들은 약간씩 더 복잡하게 만들어지는 발전적 경향있음'
- d. 획득형질의 유전설 (용불용설) : 개개 생명체의 개체변화 (작은 몸의 변화)가 세대를 거듭, 누적되어 기린의 출현과 같은 변화 유발 (사슴 → 기린)
- e. 나폴레옹 쿠데타 시대 : 보수적 정치 성향의 득세로 라마르크의 이론 무시됨

· 오언 (1804-1892)

- a. 상동관계 개념 고안 (1848) : 동일한 구조가 다른 목적으로 다른 동물들에게서 변화되어 나타나는 관계
- b. 동일한 뼈들이 원래의 형태에서 다른 환경으로 인해 복잡하게 변형 가능함
 - e.g. 사람의 손, 고양이 앞발, 물개의 앞다리, 박쥐 날개, 고래 앞 지느러미, 너구리의 오리발 등

· 루이 아가시 (1807-1873)

- a. 스위스의 자연학자
- b. (인간) 수정란으로부터 형성되는 초기 배아가 어류, 파충류, 포유류와 비슷한 단계를 거쳐 점점 더 복잡한 구조를 갖춰가는 과정 = 화석기록에 나타나는 생명의 변화과정
- c. 신이 모든 생명체를 신성하게 계획 후 창조, 마지막 단계에 인간을 목표로 삼음

▶ 자연선택에 의한 진화론

· 찰스 다윈 (1809-1882)

a. 5년간의 비글호 여행 (1831-1836)

- ㄱ. 영국 성공회 성직자 준비과정 중, 식물학과 및 지질학과 교수의 도움으로 자연학자 자격을 얻어 승선
- ㄴ. 배가 해안 측량을 하는 동안 내륙을 여행하며 라이엘의 <지질학원리>를 읽고 **동일과정설**의 지지자가 됨

b. 안데스 산맥의 지진

- ㄱ. 안데스는 긴 세월을 걸쳐 천천히 상승함
- ㄴ. 변화하는 환경에서 생명체가 생존하기 위해서는 ① 더 나은 환경을 찾아 이주, ② 멸종, ③ 변화하는 환경에 맞춰 생명체 자체도 적응하며 변형 될 가능성

c. 태평양 갈라파고스 군도

- ㄱ. 섬들마다 육지 거북들의 등껍질이 현저히 서로 다른 모양을 함
- ㄴ. 섬들마다 완전히 다른 부리 구조를 가진 다양한 형태의 핀치새들이 존재
- ㄷ. 같은 종의 소규모 새들이 남미대륙으로부터 건너와 적응하던 중, 부리의 작은 변화 (돌연변이)를 겪게 되고 이는 각 섬의 새로운 환경에서 먹이를 찾는데 더 유리하여 각 섬들마다 서로 다른 부리를 가지게 됨
- ㄹ. 즉, 핀치는 섬들마다 다른 방식의 변화를 통해 환경에 적응하며 새로운 종으로 분화해갈 것
- ㄱ. 충분한 시간이 주어지면 더 큰 변화 (진화)로 이어질 것

d. 육종학

- ㄱ. 사육사들이 생물에게 인공적인 변화를 일으킴
- ㄴ. 개개의 생명체들에는 다양한 변이가 자연적으로 발생하는데, 사육사는 그들이 원하는 방향으로 자연적 변이를 일으킨 소수의 생명체들을 뽑아 다시 번식시킴 (e.g. 더 화려한 꽃, 더 단맛의 과일, 더 살찐 칠면조)
- ㄷ. 특정 특성이 계속해서 여러 세대에 걸쳐 선택되어 유전될 때, 새로운 종 출현함

- e. 자본주의적 생존경쟁 개념
 - ㄱ. 각각의 개체는 환경에 의해 자연선택됨
 - ㄴ. 세대를 거듭할수록 생명체의 신체기관과 생활습성은 변화되고 결국 새로운 종도 만들어질 것
 - ㄷ. 종들 간의 불변성 X
- f. 자연선택에 근거한 집화론 집필 시작 (1850년대 중반)
- g. 월리스로부터 매우 유사한 진화 이론에 관한 편지 수신 후 실망 (1858)
- h. 자연선택에 의한 근거론은 다윈 & 월리스의 공동 발견으로 인정 (feat. 라이엘 등의 중재 노력)
- i. <종의기원> 출간 (1859)
- j. 인간과 영장류의 조상은 동일
 - ㄱ. 최초의 생명체 변화는 우연히 발생
 - ㄴ. 이는 대부분 해당 생명체에 유리X
 - ㄷ. 유리한 변화는 자연에 의해 선택
 - ㄹ. 주어진 특정환경에 더 잘 적응함 ≠ 절대적 의미로 더 적합함
 - ㄴ. 자연선택이 발전이나 진보를 보장X
 - ㄷ. 자연선택은 무수한 여러 세대에 걸쳐 발생할 때 궁극적으로는 인간까지 진화

· 토마스 맬서스 (1766-1834)

- a. <인구론> (1798)
 - ㄱ. 식량공급을 초과하는 인구의 증가로 다수는 늘 굶어야 하고 빈곤을 필연적으로 발생하는 자연현상
 - ㄴ. 사회적 불평등을 없애려는 사회개혁이나 혁명은 모두 헛수고
 - ㄷ. '생존경쟁'은 반드시 발생, 능력있는 자만이 '적자생존' 할 것
 - ㄹ. 굶주림의 원인 : 식량자체의 부족함 (현대에 이르러 명백한 오류)
 - ㄴ. 현대의 영미권 (+ 한국, 대만, 일본) 에서 여전히 인용
 - ㄷ. 거대 자본가들의 지지
- b. ⇔ 현대 : 전 지구적 식량 공급량 >>> 전 인류의 소비량

12강. 진화론, 유전학, 생물학

▶ 과학의 동시발견 어떻게 가능한 것인가?

- 전통적 답변 : 과학은 진리이므로
- 과학사적 답변 : 과학적 발견이 사회,경제, 사상 등의 외적 요건에 좌우되므로

▶ 월리스 (1823-1913)

- 진화론의 공동발견자
- 영국의 자연주의자, 박물학자, 생물지리학의 아버지
- 1858년 - 진화개념의 확립

▶ 허슬리 (1825-1895)

- 영국의 생물학자, 연설가
- 다윈에 대한 광범위한 대중적 지원 (인간기원 논쟁)
- 다윈의 불독
- 1860년 - 유명한 논쟁을 통해 진화론의 대중화에 기여 with 영국 국교회 주교 윌버포스 (1805-1873)
- 영향력은 결정적X
- 진화의 개념 자체는 폭넓게 수용 → 보수적 종교인들 사이에서도 포용
- '자연선택을 통한 무작위적인 변이가 최종적으로 인간을 유발한다' 는 주장 받아들여지지X
- 라마르크적 생각 유행 - '자연선택의 개념은 종교적 관점에서 적대시, 진화는 신성한 계획에 의해 미리 결정된다'

▶ 19세기 진화론에 대한 비판

(1) 인간의 기원에 대한 비판

- 다윈 (1871) - '직립보행이 손을 자유롭게 만들어 도구를 가능케 하면서 지능을 발전시킴'
즉, 인간은 개선된 동물에 불과하다 ⇔ 인간은 영원불멸의 영혼을 지닌 영적인 존재
- 인간만이 가진 정신적, 도덕적 기능을 포기 → 전통 가치 및 도덕 붕괴 (사회 혼란 유발하는 유물론자) from 창조론자
- 생태주의적 철학 (인간도 자연계의 한 구성원으로서, 환경과 생명의 한 부분에 불과하다) : 위의 비판 무력화

(2) 연결고리 화석 부족에 근거한 비판

- 고대 조상에서 현생 생물체로 이어지는 단계별 연결고리 화석의 직접적 증거 없이 진화 받아들이기 어려움 (화석증거가 불완전하다는 점 고려 불가)
- 진화의 실증적 연결고리 증거 발견
 - a. 1870년대 파충류-조류 연결시켜주는 시조새의 화석 독일에서 발견
 - b. 미국에서 말들의 여러 다양한 화석들이 현대 말과 연결

(3) 적자생존 개념에 대한 맑스주의적 비판

- 맑스주의자들의 시선 : 다윈은 무한 경쟁적 자본주의 이데올로기인 생존경쟁을 정당화하려는 지배 계급 출신의 의심스러운 꿈수 과학자
- 다윈을 가장 강력히 비판하는 창조론자 대부분 자본 지배자 및 자본경쟁에 대한 강력한 지지
- 미국내 창조론 가장 열광적 신봉 지역 : 동남부 지역 (거대 사탕수수 농장주들의 최대 밀집 지역)

(4) 유전적 희석에 근거한 비판

- 희석론 : 새로운 형질이 자연선택을 받아 번성하기는 불가능
- ⇒ 부모세대의 특성이 반반 혼합되어 다음 세대로 전해진다면, 한 개체에서 새 형질이 나타났더라도 그런 형질이 없는 짝을 만날 경우, 다음 세대에는 그런 형질의 특성이 반으로 줄어들고 세대를 거듭할수록 더 희석되어 점차 특성 자체가 사라질 것

▶ 진화론

- 라마르크의 발전적 진화 : 전반적으로 인정
- 다윈의 자연선택적 진화 : 점점 더 집중적으로 공격받음
- 1880년 경 : only 윌리스가 다윈의 자연선택설 지지
- 19세기 후반 : 강력한 신 라마르크주의 운동의 부활 (다윈주의의 암흑기)
- 1900년대
 - a. 대부분의 생물학자 = 진화론자 (다윈주의의 사망)
 - b. 대다수의 생물학자들이 사회적 지위 강화를 위해 유전학과 같은 실험적 연구로 선회
 - c. 라마르크주의의 붕괴 → 다윈주의의 재등장 토대 마련

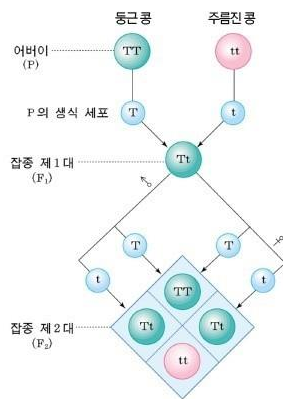
▶ 다윈주의의 부활

- 배경 : 20세 초 - 유전학의 정립, 20세기 중반 - 분자생물학의 출현

▶ 멘델 (1822-1884)

- 다윈의 종과 종을 뛰어넘는 진화론의 개념 혐오
- 완두 교배 실험 (1866)
 - a. 종의 경계를 뛰어넘는 진화는 불가능
 - b. 교배의 법칙 : 완두의 부모로부터 자손으로 어떤 특징들이 어떤 식의 법칙으로 나타나는지 분석
 - c. 유전자의 법칙 테스트X (당시 유전자 이론 자체 존재X)
- 세대에 걸쳐 전달되는 쌍을 이룬 물질 입자 (현대의 유전자) 언급X, 가설로도 제시X → 다윈적 진화에 대한 도전으로서 의의
- 유전학의 선구자 X : 당시 원예학자들 + 자연주의자들에 의해 이미 수행
- 논문 발표 (1866) : 오랫동안 거의 완전히 무시
- 논문 다시 알려짐 (1900) by. 네덜란드 식물학자 휘호 더프리스 & 독일 식물학자 칼 코렌스
- 에리히 폰 체르마크 : 세번째 재발견자라 주장 but 멘델의 법칙 충분히 이해X → 재발견자 명단에서 제외

▶ 현대의 유전자 개념



- 3:1의 비율로 큰 완두, 작은 완두 나타남
- 그러나 생명체의 특징은 난잡하게 섞인 수많은 유전자에 의해 나타남
- 멘델의 경우에서처럼 '크다', '작다'로 뚜렷하게 구분되는 이분법적 특징은 매우 비현실적
- 다윈이 관찰했듯, 다양한 연속적인 변위 만들

▶ 휘호 더프리스 (1848-1935)

- ⇔ 당시 다윈주의자 (개체의 변이가 연속적이고 점진적)
- 돌연변이설 처음으로 제안
- 진화는 새로운 변종 혹은 완전히 새로운 종이 갑자기 만들어지는 변이에 의해 진행
- 진화는 갑작스런 도약 혹은 격변을 통해 발생
- 돌연변이 형질이 반드시 멘델의 법칙을 따르지 않는다는 사실 깨달은 후 그에 대한 지지 철회

▶ 베이트슨 (1861-1926) from 영국

- 멘델의 논문 영어로 번역
- 유전학 용어 창시 (1905)
- 케임브리지 대학에서 유전학 교수로 재직 (1916)
- 부모세대의 특징을 다음세대로 전하는 암호화된 정보를 가진 물질(유전자)이 존재할 가능성에 반대

▶ 요한센 (1857-1927)

- 덴마크 식물학자
- 유전자 용어 도입
- 유전자는 물질이 아니라 일종의 에너지

▶ 토마스 모건 (1866-1945)

- 미국의 생물학자
- 초파리 연구
 - a. 난자와 정자가 결합하여 한 쌍의 염색체 만들어짐
 - b. 이곳에 암호화된 여러 유전자들 위치
 - c. 이에 대한 지도 작성
 - d. 노벨 의생리학상 수상 (1933)
- 돌연변이-자연선택간 관계 확립 (1920)
 - a. 방사능 등에 의해 갑자기 새로운 암호를 저장한 유전자가 출현하는 돌연변이 발생
 - b. 이러한 변형된 유전자는 번식과 생존에 더 유리할 특징을 만들 경우 자연선택 되어 더 퍼져 나가게 됨
 - c. 20세 초 : 다윈주의의 부활, 현대유전학 및 자연선택적 진화론의 통합
- 배아의 발생 도중 유전자 암호가 해독되는 과정에서 환경적 요소가 관여할 가능성 완전히 무시
 - a. 환경적 요소가 유전자의 발현에 영향을 주어 성체 특성까지 변화시킬 수 있는 가능성 부정
 - b. 유전자만이 모든 특성의 결정자
 - c. 우생학적 프로그램

▶ 방사능의 역할

- 생물 돌연변이 및 지질활동 전반에 걸친 에너지의 원천
- 지구내부의 방사선 에너지로 인하여 맨틀이 대류 → 그 위에 떠있는 판들이 서로 움직이며 충돌 → 대륙의 이동 & 화산 및 지진 발생

▶ 골드 (1920-2004)

- 석유의 기원이 고대생명체의 화석이 아니라 우주에 원래 있던 탄화수소류 물질이 50억년 전 이미 지구 생성시부터 지구내부에 갇혀있다
지금 조금씩 계속 방출되는 것 (현대 지질학자들의 지지X)

▶ 현대 진화론

- 현대 유전학/분자생물학 : 방사능이나 바이러스와 같은 외부 환경인자가 어떻게 DNA라는 분자기계에 우연한 변화를 일으켜 돌연변이를 유발하는지에 관한 구체적인 물리적/화학적 연구 진행
- 대부분의 돌연변이는 치명적 BUT 극소수의 돌연변이는 생존에 오히려 유리, 이후 자연선택됨
 - a. 돌연변이는 유전체의 본질인 DNA 자체의 변화에 의해 발생
 - b. 다음세대에도 유전, 또 다시 다른 돌연변이들이 반복되면 진화의 형태로 나타남
 - c. 따라서 진화는 갑작스런 도약을 통해 누적적으로 발생
- DNA : 유전의 암호 및 RNA 생성
RNA : 단백질 생성
⇒ 단백질의 변화가 거꾸로 유전자의 변형을 초래하지 못하므로 개체변이는 유전X
- 분자생물학
 - a. 생명현상을 미시적 화학분자의 작용으로 설명
 - b. 물리학적 환원주의 : 생명현상은 기저에 있는 미시적 물리적 과정을 이해함으로써 전부 설명 가능함
 - c. 생태주의자들의 반대 (자연전체의 조화 속에서 생명현상을 이해)
- 미 연방정부의 최대지원 과학분야 : 물리학 → 분자생물학 및 생화학분야
- 미국 동남부 개신교도 : 성서에 기반한 창조론을 통한 활발한 사회적 논쟁 진행

▶ 창조론

- 원숭이 재판 사건
- 존 스코프 (1900-1970)
 - a. 테네시주 고등학교 과학 교사
 - b. 테네시주의 진화론 교육 금지 법안에도 불구하고, 진화론을 학교에서 가르쳤다는 이유로 입건 후 유죄 선고받음
- 이후 재판 과정이 대형 정치 논쟁 → 미국 전역으로 확대
- 아직까지 미국 동남부 지역에서 여전히 강력히 주장됨

▶ 생물학의 정립 (19세기 중반 이후 말기 무렵)

- 전성설 (17세기 후반) : 생명체는 수정되는 순간부터 아주 작은 성체의 형태로 이미 존재하기 시작함
⇒ 현대의 관점 : 수정된 난자 속의 유전자 내에 암호화된 정보가 발생 과정 중에 해독되어 생체기관으로 실현된다
- 후성설 (18세기 후반) : 수정된 이후 생체질서를 부여하는 비물질적인 힘을 통해 배아의 기관들이 점진적으로 나타남
 - a. 생명체와 물질 간에는 근본적인 차이 존재
 - b. 생기론 : 생명현상은 물리학이나 화학으로 설명X

▶ 생물학의 배경

1. 생리학

- ▶ 갈레누스 (129-216) : 고대 의학의 완성
- ▶ 하비 (1578-1657) : 혈액 순환설
- ▶ 헬름홀츠 (1821-1894) : 동물의 영양섭취 → 동물의 열 에너지 신경작용 및 내분비계 등에 대한 신경생리학적 연구 (열역학 제 1법칙 확립)

- 기계론/유물론의 출현
- 물리학적 환원주의
 - a. 생명현상은 더 근본적으로 물리학적 현상으로 설명 가능
 - b. 실험적/분석적 방법에 의한 생명 연구 풍토 정립
 - c. 신경전달(전기신호), 눈(렌즈), 심장(펌프)
- 비물질적 생기론 (혹은 후성설)
 - a. 생명체와 물질간 근본적인 차이 존재
 - b. 생명현상은 물리학이나 화학으로 설명X

2. 자연사 지식의 성장

- 생물학적 표본 및 화석 기록 → 분류학, 비교해부학, 생물지리학의 성장
- 진화론이 이러한 지식들을 통합

3. 의학의 성장

- 라이덴 대학 (네덜란드, 18세기 초)
- 에든버러 대학 (영국, 18세기 후반)
- 파리 및 독일 대학 (19세기 말)

⇒ 생물학은 이를 바탕으로 생명현상에 대한 실험적·분석적·정량적 접근을 표방하며 시작

- ⇒ 이후 다양하게 분화 : ① 동식물생리학 → 변형단백질 프리온 연구
 ② 발생학 → 인간 체세포 복제, 만능줄기세포
 ③ 유전학 및 세포학 → 현대진화이론
 ④ 생화학 → 유전자조작 생물(GMO), 생화학무기 개발
 ⑤ 분자생물학 → 강력한 물리학적 환원주의
 ⑥ 생태학 → 강력한 비환원주의적 환경운동

▶ 개별과학의 역사

1. 천문학 혁명
 - a. 코페르니쿠스의 지동설
 - b. 케플러의 법칙
 - c. 갈릴레오의 대중적 활동
2. 역학 혁명 : 갈릴레오의 관성 및 낙하법칙
3. 근대물리학(근대역학)의 완성 by 뉴턴
4. 화학혁명 by 라브와지에
5. 지질학 혁명 by 다윈, 월리스
6. 생물학의 정립
7. 유전학 및 분자생물학의 출현

▶ 과학과 기술

| 특성 | 과학자 | 기술자 |
|----|---|--|
| 철학 | 이론적 보편성 | 실용적 구체성 |
| 문화 | 원리적 일관성 | 주어진 문제의 해결력 |
| 사회 | 논문 공표를 통한 개방성 | 특허인증을 통한 폐쇄성 |
| 역사 | 르네상스기 : 상인 근대사회 : 부르주아 & 시민계급 현대사회 : 대학 및 연구소 | 르네상스기 : 장인 & 수공업자 산업혁명기 이후 사회 : 기술자 현대사회 : 생산현장 및 기업 |

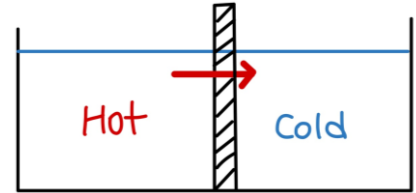
13강. 에너지와 에테르

▶ 열과 일의 관련성

- **조셉 블랙 (1728-1799)** : 열 현상은 칼로릭이라는 물질 입자의 방출
- **사디 카르노 (1796-1832)**
 - a. 증기기관과 같은 열 기관에서 칼로릭은 없어지지 않고 보존 (칼로릭 보존)
 - b. 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 물질처럼 이동
- **헬름홀츠 (1821-1894)**
 - a. 1840년대 초 : 베를린 대학에서 공부
 - b. '물질을 태워 만들어낸 열의 양 = 동물이 그런 물질을 영양분으로 섭취하여 발생시킨 열의 양' 주장 물리학회지에 발표 but 거부 (1847)
 - c. 위의 주장 책으로 출간, '생명체 내에서의 힘(에너지)의 보존' 주장
 - d. 열역학 제 1법칙을 확립한 사람중의 한 명
 - e. 쾰니히스베르크대학 생리학 교수로 재직 (1849)
 - f. 40대 무렵, 물리학자와의 교류를 통해 물리학자로 인정, 베를린 제국물리기술연구소 책임자 (1860년대 무렵)
- **제임스 줄 (1818-1889)**
 - a. 맨체스터에서 양조장집 아들로 출생
 - b. 열과 일의 연관성에 주목
 - c. 물갈퀴 바퀴를 물이 든 통 안에 담고 바퀴 축에 도르래로 무거운 물체 연결하여 낙하하는 실험
 - ㄱ. 바퀴가 회전하며 물에 열 발생
 - ㄴ. 물체의 낙하운동이 만든 '활력(살아있는 힘/에너지)'이 물 속에서 열로 변화됨
 - d. 힘(에너지)는 새로 생겨나거나 파괴 X
 - e. 힘(에너지)는 하나의 힘에서 다른 힘으로 변환되는 신의 창조방식 보임
 - f. 열역학 제 1법칙 : 열과 일은 상호 변환될 수 있다. ($1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$)
- **율리우스 마이여 (1814-1878)**
 - a. 독일 의사
 - b. 네덜란드 동인도회사로 가는 자바호 선상에서 의사로 활동 (1840)
 - c. 운동(역학적 일)과 열은 서로 변환될 수 있다 (선원의 작업 관찰 토대)
- **윌리엄 톰슨 (켈빈 경) (1824-1907)**
 - a. 열 손실에 관심 (배경 : 증기기관에 대한 카르노의 이론(칼로릭 보존) 연구)
 - b. 열역학 제2법칙
 - c. 열 : (낮은 곳 → 높은 곳으로 흐르며 발생한 일) = (높은 곳 → 낮은 곳으로 흐르면서 발생한 일)
 - d. 일을 할 수 있는 힘 (force) = 동력 (power) = 에너지
- **존 허셀 (천왕성 발견자 윌리엄 허셀의 아들)**
 - a. '에너지는 실체가 없으며 힘은 여전히 핵심적인 물리적 개념' (톰슨 비판)
 - b. 열역학 제1법칙 = 에너지 보존의 법칙 (재해석)
 - c. 열역학 : 열현상에 대한 체계적 학문
 - d. 물리학 및 화학 전반 통일적으로 설명 (에너지 개념 바탕)
 - e. 낙하운동
 - ㄱ. 힘의 직달작용을 통한 낙하운동 <<< 위치에너지가 운동에너지로 전환됨 (새 역학적 시각)
 - ㄴ. 물리학과 화학 전반 재구성
 - f. 과학관 : 효율의 최대화 & 낭비의 최소화 (영국 빅토리아 여왕시대 산업문화의 요구)
- **클라우지우스 (1822-1888)**
 - a. 엔트로피 개념 도입 (헬름홀츠의 영향) (1865)
 - b. 톰슨의 열역학 제2법칙 재정의 : 열의 비가역성 법칙 → 엔트로피 증가의 법칙
- **볼츠만 (1844-1906)**
 - a. 엔트로피가 무질서의 정도 (통계학적 의미)
 - b. 열역학 제2법칙은 통계(확률)법칙임을 주장 (통계역학의 출현)

▶ 열역학 제1법칙

- 열과 일의 상호 변환성
- 에너지 보존의 법칙
- 헬름홀츠, 줄, 마이어
- 미지근해진 물이 가지고 있는 전체 에너지 = 뜨겁고 차가운 물이 각각 가지고 있는 에너지의 합
- 전체적인 열(에너지)의 양은 칸막이 제거 전후 변하지 않음

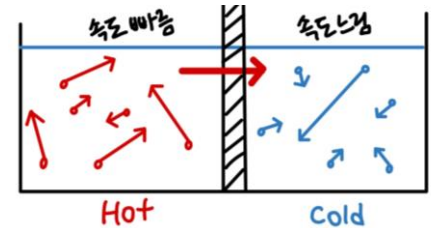


▶ 열역학 제2법칙

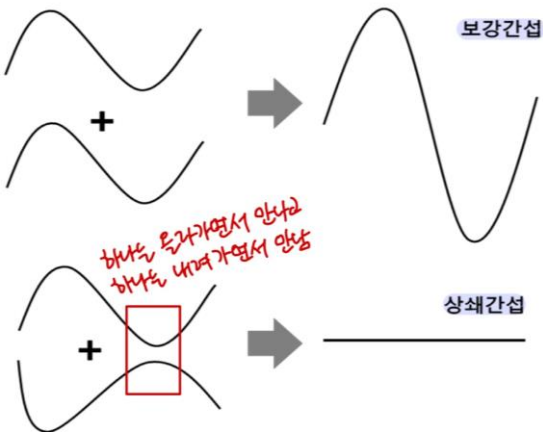
- 열 이동의 비가역성 (방향성), 시간의 화살 (흐름)
- 엔트로피 (무질서) 증가의 법칙
- 열은 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐른다 (이때 일 발생)
- 통스, 클라우지우스
- 칸막이 제거 전 : 질서 있게 세분화
- 칸막이 제거 후 : 뜨거운 물 → 차가운 물 ; 어항 속 물은 양쪽에서 모두 미지근해짐 (어항 내 무질서/엔트로피 증가)

▶ 통계역학적 해석

- 뜨거운 물 분자 : 대부분 빠르게, 소수만이 느리게 움직임
- 차가운 물 분자 : 대부분 느리게, 소수만이 빠르게 움직임
- 칸막이 제거 후
 - 빠르게 움직이는 물 분자와 느리게 움직이는 물 분자 서로 뒤섞이며 전체적으로 무질서
 - 뜨거운 물 : 빠르게 움직이는 차가운 물 분자의 이동
 - 차가운 물 : 느리게 움직이는 뜨거운 물 분자의 이동
 - 뜨거운 물은 더 뜨겁게, 차가운 물은 더 차갑게 (가능성은 매우 작음)



▶ 파동의 성질 : 보강 및 상쇄(소멸)간섭



· 빛과 같은 파동

- 같은 위상, 보강간섭, 밝은 무늬
- 반대 위상, 상쇄간섭, 어두운 무늬

▶ 빛의 파동설

· 토마스 영 (1773-1829)

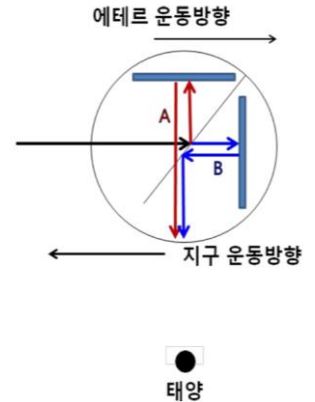
- 간섭무늬실험
 - 두 개의 슬릿에서 퍼져 나온 파동이 스크린에 보강/상쇄간섭 하면서 밝고 어두운 무늬가 교대로 나타남
 - 빛 = 파동
- 빛의 파동설 확립 : 파동을 전달하는 물질(매질)로서 에테르 상정

· 맥스웰

- 에테르의 흐름 : 전기장 및 자기장 개념 제안 (전기력/자기력의 직달 작용 피하고자 함)
- 전자기학의 완성 (19세기 중후반)

· 에테르

- a. 전기력 & 자기력의 기계적 전달장치 (like 데카르트 중력의 전달장치)
- b. 빛의 전달 물질
- c. 전기와 자기현상에 대한 통합적 설명
- d. 빛은 전자기파
- e. 검출 실험 (1881, 1887)
 - ㄱ. 마이켈슨 (1852-1931) : 노벨 물리학 수상 (1907)
 - ㄴ. 물리 (1838-1923)
 - ㄷ. 에테르의 흐름 : 지구 운동과는 반대 방향 (정지한 에테르가 전 우주를 가득 채우고 있음, 지구가 태양 주위 공전)
 - ㄹ. 빛
 - i) 왼쪽 → 오른쪽 (=에테르의 흐름)
 - ii) 대각선 방향으로 위치한 반투명 유리에 의해 반사, 경로 A를 따라감
 - iii) 나머지 반은 유리 통과 후 경로 B 따라감
 - iv) ii), iii)의 빛들은 각각 다시 반사, 반투명 유리에 의해 다시 모임
 - v) A경로 길이 = B경로 길이 (B경로를 다녀온 빛이 조금 더 오래 지체, 약간 더 늦게 도착)



- ㄴ. 빛은 애초에 같이 출발 → but B경로 빛이 지연, A경로 빛과 만남 → 서로 **상쇄 간섭** → **어두운 무늬**
- ㄷ. 하루 여러 시간, 1년의 여러 계절마다 측정
- ㄹ. 수직,수평 경로를 일정하게 유지하기 위한 모든 노력 경주
- ㄷ. 장치물질(철)의 자기효과 고려
- ㄹ. 온도와 진동 통제
- ㄷ. 높은 산에서의 관측 (고도 차이에 따른 효과)
- ㄹ. 유리로 된 건물 내 측정 (원활한 에테르 흐름)
- ㄷ. 상쇄간섭효과(검은 무늬) 발견 X

f. 검출 실험 (교과서적 해석)

- ㄱ. 전자기학이 제시한 에테르 존재 부정 설명 가능한 실험 성공 but 실험자의 에테르 개념 고수 → 물리학의 위기 (19세기 말)
- ㄴ. 아인슈타인의 특수상대성이론 : 에테르 완전 폐기, 물리학의 위기 혁명적 해결

g. 검출 실험 (새로운 해석)

- ㄱ. 과학자들의 물리 실험 재해석 : 에테르 검출 실험 (광속도 일정 원리 확인)
- ㄴ. 아인슈타인 이전
 - i) 에테르 존재 유무에 더 이상 관심 X
 - ii) 에테르가 완전히 사라질 경우, 전기력&자기력의 직달작용 → 심각한 문제로 발생
 - iii) 전기장 & 자기장의 물리적 의미 완전히 사라짐
- ㄷ. 아인슈타인 이후
 - i) 에테르에 대한 언급 X
 - ii) 'Don't-ask-Don't-tell-policy' (DADT)

<마이켈슨-물리 실험 (1881, 1887)>

| 특수상대성이론 이전 | 특수상대성이론 이후 |
|---------------------|------------------------------------|
| 에테르 검출에 실패한 무의미한 실험 | 특수상대론의 제1가정 (추축, 감, 뿔, 통뿔)을 증명할 실험 |

<에테르>

| 특수상대성이론 이전 | 특수상대성이론 이후 | |
|-----------------------|---|---|
| 전기, 자기 빛의 현상을 통합하는 존재 | 기존해석 | 새로운 해석 |
| | · 없다 · 에테르가 없으므로 자기장, 전기장의 의미가 사라짐에도 불구하고 여전히 사용되는 모순적인 상황 | · Don't ask, Don't tell · 전기장, 자기장을 여전히 유용하게 활용하면서 에테르를 완전히 포기한 것이 아닌 애매모호한 상황 |

<밀러의 실험 (1925)>

| 현재 | 미래 |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 존재하지 않는 에테르를 검출했다고 주장하는 무의미한 실험 | 미래 누군가의 가정 (추축, 감, 뿔, 통뿔)을 증명할 실험? |

▶ 아인슈타인 (1879-1955)

- 특수 상대성 이론 (1905)
- 제 1가정 (추측 ; postulation) : 광속도 일정(불변)의 원리
 - a. A 혹은 B의 어느 경로를 따라가더라도 광속도는 일정
 - b. B의 경로를 따라간 빛이 늦게 도착 X
 - c. 상쇄간섭무늬 결코 발생 X

| 아인슈타인 | 하이젠베르크 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> · 평화주의자로 인식됨 · 독일 출생, but 병역 면제 후 스위스 국적 취득 · 독일 베를린대학 교수 재직 | <ul style="list-style-type: none"> · 독일을 떠나지 않고 원자물리연구를 계속 · 2차 세계대전에서 독일 패전 직후, 전범으로 체포되어 물리학활동 포기 |

▶ 밀러 (1866-1941)

- 에테르 검출 성공발표
- 물리 & 밀러 실험 계속 (1900년대 초)
- 월슨 산 정상(2000m) 에서 에테르 검출 성공 (1925)
- 미국과학진흥협회가 주는 그 해 Science지 최고 논문상 수상 (1925)
- 현존하는 최고 학술논문 Science에 발표 (1926)
- 실험결과를 놓고 마이켈슨과 의견대립 (1928)
- 대부분 물리학자들도 밀러의 결과에 주목 X (다만 아인슈타인은 적극적 관심)
- 물리학이 에테르의 존재를 인정하던 시기 (19세기) : 중요한 실험으로 여기지 X
- 특수상대성 이론 발표 후 : 특수상대성이론을 검증하는 주요 연구 성과로 재해석 (관찰의 이론 의존성)

▶ 제 1차 세계대전 (1914-1918)

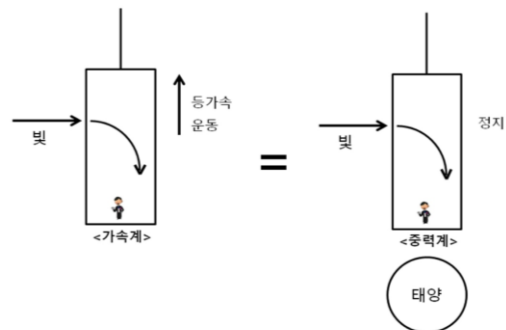
- 배경 : 세르비아 청년이 오스트리아 황태자 부처 암살 (1914.7.28) → 오스트리아, 세르비아에 선전포고
- 독일 : 러시아(1914.8.1) & 프랑스(1914.8.3) 에 선전포고
- 영국 : 독일(1914.8.4)에 선전포고
- 3국 동맹국 (독일, 오스트리아, 이탈리아) & 터키/불가리아 vs 3국 협상국 (영국, 프랑스, 러시아) & 일본/미국/루마니아/그리스
- 이탈리아의 3국 동맹 탈퇴, 3국 협상국 편으로 이동 (1915.5)
- 러시아의 볼셰비키 혁명 성공 (by 레닌) (1917.10)

14강. 일반상대성이론, 양자역학, 맨하탄 계획

▶ 아인슈타인 (1879-1955)

· 일반 상대성 이론 (1915)

- 가속계와 중력계는 동등하다
- 엘리베이터 가속 실험
 - 일정하게 가속하는 엘리베이터(가속계)
 - 왼쪽 위쪽 외부에서 빛이 들어옴
 - 엘리베이터는 위로 점점 더 빨리 속력 올림
 - 관측자는 이 빛이 곡선 경로로 움직인다 관측할 것
 - 정지한 엘리베이터 아래, 거대한 중력 지닌 태양 (중력계)
 - 관측자는 이 빛이 곡선 경로를 따라 움직인다 관측
 - 태양은 별빛을 휘게 함



▶ 에딩턴 (1882-1944)

· 개기일식 동안 태양에 의한 별빛 휘어짐 관측 (1919)

| | 제 1팀 (에딩턴 & 코팅햄) | 제 2팀 (크롬린 & 데이비슨) |
|--------|--|---|
| 관측 장소 | · Principe(서아프리카)에서는 일식 동안 관측사진만 찍고 비교사진은 영국으로 돌아와서 찍음 (관측조건이 변경되므로 관측 신뢰도가 낮아짐) | · Sobral(브라질)에서 비교사진과 관측사진 모두 촬영 |
| 사진 관측값 | · 0.944와 2.276초의 매우 좋지 않은 상태의 사진 2장 | 1차 관측 · 1.713에서 2.247 (평균 1.89초) 사이의 상태 좋은 사진 8장 · 평균값 : 아인슈타인과 뉴턴의 예상 값에 해당 (아인슈타인 : 1.7초 / 뉴턴 : 0.84초) |
| | | 2차 관측 · 0.140에서 1.58 (평균 0.86초) 사이의 좋지 않은 상태의 사진 18장 · 평균값 : 아인슈타인과 뉴턴의 예상 값에 해당 (아인슈타인 : 1.7초 / 뉴턴 : 0.84초) · 상태는 좋지 않으나, 사진 관측 수가 더 많으므로 신뢰도는 1차관측과 비슷 |

- 패전국 독일 출신, 중립국 스위스의 국적을 가진 아인슈타인을 더욱 더 부상시킨 사건
- 관측장비 : 4인치 반사망원경
- 브라질 팀 관측 적극적 활용 X
- 브라질 2차 관측의 18장 사진 공개 X
- 제 1팀의 사진 2장
 - 뉴턴의 예측치와 상당히 부합
 - 아인슈타인의 예측치를 완전히 상회(기준 이상)
 ⇒ 최종관측값 : 두 관측 사진 값들에 대한 평균값 $\left(\frac{0.944+2.276}{2}\right) = 1.76$
- 영국왕립협회 & 왕립천문학회 공동 긴급회동 → 아인슈타인의 일반상대성이론 검증 선언
- 무수한 근사적 방법론(선형화 linearization) 까지 모두 실험적으로 증명되었음을 발표
 - * 아인슈타인이 자신의 예측 값을 얻기 위해 사용
- 관찰의 이론 의존성 (일반상대성이론 검증에 일반상대성이론 활용) : 아인슈타인의 예측값 1.7초 염두, 자신의 두 관측값 평균
- 1.6초 값의 확인 (1952 대형 망원경 관측)
- 발표의 정당성 의혹 : 독일 전쟁배상금 지불 요구를 당위화 하기 위한 정치적, 대중적 목적 의혹

▶ 정리

- 마이켈슨 물리 실험 & 에딩턴의 관측 : 상호 결합 → 아인슈타인의 특수상대성이론, 일반상대성이론에 대한 검증 사례로서 광범위하게 인용
- 아인슈타인은 과학자들의 사회적 동의를 통한 이론검증의 성공을 보여주는 사례일지도 모른다 ?

▶ 다나카 고이치

- 노벨화학상 수상 (2002)
 - 중소기업인 시마즈 제작소 근무 중 발표한 학회자료 → 독일인 화학자(프란츠 힐렌캠프 & 미카엘 카라스 등)의 후속연구로 이어짐
 - 겸손한 태도 (동북아시아 과학자들이 공통된 정서, 주된 미덕)
 - ⇔ 서구 남성 과학자들의 거만할 정도의 자신감
 - 이는 과학 내용 자체의 차이로 나타남

▶ 독일과학의 성장

- 인문학 교육 (고대그리스어, 라틴어) 강조 : '길들이기'를 통한 교육적 통제 강화
- 자연과학 & 공학의 통합교육 : 고등학교 & 대학교 동시 실시
- 정치적 통일 & 과학기술국으로의 성장
- e.g. 유기화학 → 화학염료공업, 전자기학 → 전기공업
- 유럽국가에서 뒤늦게 산업화 성공
- 미국과 함께 과학에서 산업응용 직접 실현한 최초 국가
- 빌헬름연구소(기초과학전문연구소)와 같은 거대 제국 연구소 출현 : 이론물리학 & 실험물리학 각각 분화되어 성장

▶ 양자역학의 출현

- 빈(Wilhelm Wien)의 법칙 : 가열된 물체에서 방출되는 빛의 색은 온도가 높을수록 빨간색 → 파란색
- 플랑크 가설 (Max Planck)
 - a. 가열된 물체로부터 방출되는 빛의 에너지가 플랑크 사수의 정수 배로만 띄엄띄엄 존재
 - b. 띄엄띄엄한(discrete)/양자화 된(quantized) 에너지
- 아인슈타인의 광전효과 (1905)
 - a. 자외선과 같은 빛을 금속 도체의 표면에 쏘면 전자 방출
 - b. 광자 상정 : 에너지의 최소 단위로서의 빛의 입자
 - c. 플랑크의 에너지가 띄엄띄엄한 이유를 광자에서 찾음
- 보어(Niels Bohr)의 원자모델 (1913)
 - a. J.J.톰슨의 전자발견 이후, 러더포드(뉴질랜드 물리학자)가 양의 전기를 가진 원자핵 발견
 - b. 최초의 원자모델 : 원자핵을 태양처럼 중심에 두고 전자가 행성처럼 원자핵 주위를 공전
 - ㄱ. 아무 곳에서 원자핵 주위 공전 X
 - ㄴ. 미리 정해진 띄엄띄엄한/양자화된 궤도를 가짐
 - ㄷ. 광자 흡수 : 낮은 궤도 → 높은 궤도 [순간이동]
 - ㄹ. 광자 방출 : 높은 궤도 → 낮은 궤도 [순간이동]
 - ㅁ. 2개의 전자를 가진 헬륨원자에 적용 X
 - c. 상보성원리 (complementary principle)
 - ㄱ. 관찰자, 관측장비 : 상호보완적으로 보충
 - ㄴ. 경험주의적 입장 : 대상의 본질은 무의미, 현상의 기술로 만족하고 가설의 본질이나 원인에 대해서 다루지 X
 - ㄷ. 관측자의 파동측정장비(이중슬릿) 사용 → 파동적 현상(간섭무늬)
 - ㄹ. 관측자의 입자측정장비(광전효과에서의 금속도체) 사용 → 입자적 현상(전자방출)
 - ㅁ. 비실재론 : 객관적, 독립적, 본질적 존재는 애초부터 존재 X
- 드브로이
 - a. 전자에 대한 이중슬릿 실험
 - ㄱ. 간섭무늬 관찰
 - ㄴ. 물질파의 개념 (matter wave)
 - ㄷ. 모든 입자들이 파동의 성질 지님
- 슈뢰딩거
 - a. 2계선형 상미분 방정식 형식의 파동방정식 도입
 - b. 파동역학 완성(1925) : 원자 및 그 이하의 세계 전체 기술
- 보른/하이젠베르크/조르단 : 행렬역학 개발 (1925) → 이산수학 분야의 선형대수학 활용 (비연속수학)
- 베르터 하이젠베르크 (1901-1976)
 - a. 행렬역학 (1925)
 - b. 불확정성 원리 (1927)
 - c. 노벨물리학상 (1932)
 - d. 20세기 최고 물리학자
 - e. 2차 세계대전 이후, 전범으로 체포
 - f. 불확정성원리 (uncertainty principle)
 - ㄱ. 입자의 속도와 위치는 동시에 정확히 측정 X
 - ㄴ. 입자의 미래를 확장적으로 파악 X (비결정론, 비인과론의 기저)
 - ㄷ. 사례 (시각적 경험의 과정)
 - i) 전등으로부터 광자/전자기파동이 날아오는 것 X
 - ii) 관측자와 관측장비(전등)간의 현상(눈부심)이 상호보완적으로 만들어짐
 - g. 독일 원자폭탄개발계획의 총 책임자일지 모른다는 의혹 → 미국 저격 암살 시도 및 맨하탄 계획(원자폭탄 자체 제작계획)

상호보완적



<현대원자물리학 최대 논쟁>

| 아인슈타인, 드브로이, 슈레딩거 | 보어, 하이젠베르크, 보른, 요르단 |
|--|--|
| 파동역학 | 행렬역학 |
| <ul style="list-style-type: none"> · 아인슈타인 <ul style="list-style-type: none"> (1) 행렬역학의 확률적/비실재론적/비결정론/비인과론적 해석 통렬히 비판 (신은 주사위 놀이를 하지 않는다) (2) 고전물리학을 지키려 고집부리는 구시대 물리학자로 평가 | <ul style="list-style-type: none"> · 하이젠베르크 : 파동역학과 행렬역학이 서로 완전히 동등함을 수학적으로 증명 · 보른 <ul style="list-style-type: none"> (1) 파동방정식(슈레딩거)은 실재파동X, 확률파동의 변화를 기술하는 방정식이라는 재해석 (2) 두 역학을 자신의 행렬역학 중심으로 재통합 ⇒ 양자역학 (quantum mechanics) 탄생 선언 : 새로운 현대물리학 탄생 / 20세기 최고의 물리이론 (w. 상대성이론) |

| 파동역학 | 행렬역학 |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 연속수학 분야 : 미적분학 기초 | 비연속수학(이산수학) 분야 : 선형대수학 기초 |
| 단순조화진동자 → 이미 익숙한 2계 선형 상미분방정식의 형태 | 매우 생소한 행렬연산자 & 확률기대치 계산과정 |
| 실재론적 파동에 기초 | 확률만을 계산하는 비실재론 |
| 파동의 인과론적·물리적 전파과정 상정 | 확률만을 계산하는 비결정론, 비인과론 |

▶ 데이비드 보姆 (1917-1992)

- 양자역학 이론을 자신의 '숨은변수이론' 발표
 - a. 아인슈타인과 공감
 - b. 양자역학의 확률적/비실재론적/비인과론적 해석 비판
 - c. 실재론적, 인과론적 해석
- 공산주의자 : 당시 공산주의 활동에 대한 미국의 대대적 정부조사 → 프린스턴대학 물리학과 교수직 해임
- 브라질, 이스라엘, 영국으로의 망명길
- 물리학자들에게 전혀 인정X
- 현재 반도체 작동과정 시뮬레이션 등에서 그의 양자역학 일부 사용 ⇒ 본격적인 양자역학의 세계 반도체 공학이 곧 도달할 것임을 의미
e.g. 기가급메모리(from. 나노급 미세공정하 양산), 테라급메모리(피코급 미세공정에 도달할 예정)

▶ 맨하탄 프로젝트

- 총 인원 : 13만명
- 연구소 위치 : 미국 뉴 멕시코 주의 로스 알라모스
- 과학책임자 : 오펜하이머 (1904-1967)
- 총 비용 : 당시 20억 달러 (현재 추산 약 250억 달러 = 한화 약 30조원)
- 핵심물질
 - ① 원자번호 04번 : 플루토늄-239, ② 원자번호 92번 : 우라늄-238, 우라늄-235
- 핵심공정 : 우라늄-235를 농축 분리 ⇒ 임계질량 이하 아주 작은 질량으로 나누어 보관 ⇒ 다시 합침 ⇒ 자연폭발
- 목표선정 (1945.5.28)
 - (1) 고쿠라, (2) 히로시마, (3) 나가타, (4) 교토
- 플루토늄-239 폭탄의 시험폭발 성공 (1945.7.16 미국 뉴멕시코주, 암호명 'Trinity')
- 미 전쟁성 장관, 헨리 스티븐 : 교토 → 나가사키 추가 (1945.7.25)
- 우라늄-235 (Little Boy)
 - a. 히로시마 (1945.8.6 오전 8시 15분)
 - b. Paul Tibbets 대령이 조종한 B-29 폭격기가 9400m에서 투하, 600m 상공에서 폭발
 - c. 6만 6천명 현장 즉사, 45년 말 까지 10만명 사망, 5년 후까지 20만명 가까이 사망
- 플루토늄-239 (Fat Man)
 - a. 1945.8.9
 - b. 7만명 즉사

▶ **미군의 일본 본토 침공계획 (Operation Downfall)**

1. 큐슈 상륙작전 (Operation of Olympic) (1945.10.1)
2. 도쿄 인근 Kanto 평야 상륙작전 (Operation Coronet) (1946.3.1)

▶ **넵코 작전 (Napko Project)**

- 미정보부 OSS(Office of Strategic Services) & 대한민국 임시정부간 연합작전
- 작전 책임자 : 김구
- 미군의 큐슈 상륙작전 직전, GIMIK (2인용 잠수정)에 광복군 및 재미조선인 55명 국내 침투
 - a. 만주-신의주-경성-부산-후쿠오카를 연결하는 일본의 병력증강 및 보급선을 후방에서 최대한 차단
 - b. 총독부 요인 암살 및 납치를 통한 대규모 혼란을 노린 국내 교란 작전
- 김구
 - a. 별도 더 큰 규모의 광복군 국내침공 작전 동시에 성공 → 대한민국의 승전국 지위 확보
 - b. 전후 연합군과의 협상에서 독립국으로서의 대우 얻고자 노력
- 서울 침투 1조 (Einco조) : 조장 유일한, 이초, 변일서, 차진주, 이종홍
- 평양 침투조 (Charo조) : 이근성, 김강, 변준호
- 외곽섬 침투조 (Mooro조) 및 함경남도 비행장 침투조 (Charmo조) : 장석윤, 최진하, 박순동, 이종실, 박형무, 이태모(전명운 의사 사위)
- 원자폭탄 투하 직후 일본의 항복, 넵코작전과 함께 광복군의 국내침공작전 모두 실행 X
- 연합국 측으로부터 승전국 지위 및 독립국으로서의 대우 X

▶ **대한민국 임시정부 주석 : 김구 (1876-1949)**

- 광복군의 OSS 훈련 참여 승인 (1945.4)
- 광복군의 국내침공작전에 미국과 합의, 승전국의 지위 얻고자 함 (1945.8)

▶ **대한민국 원자폭탄 개발책임자 : 이휘소(벤라민 리) (1935-1977)**

- 시카고 대학 물리학과 교수 및 미 국립 페르미입자가속기 연구소 연구원
- 유일한 한국인 제자 : 강주상 (전 고려대 물리학과 교수)
- 강주상 교수의 제자 : 김영기 (시카고대 물리학과 종신 교수, 미국 국립 페르미 입자가속기연구소 부소장/대한민국 여성물리학자)