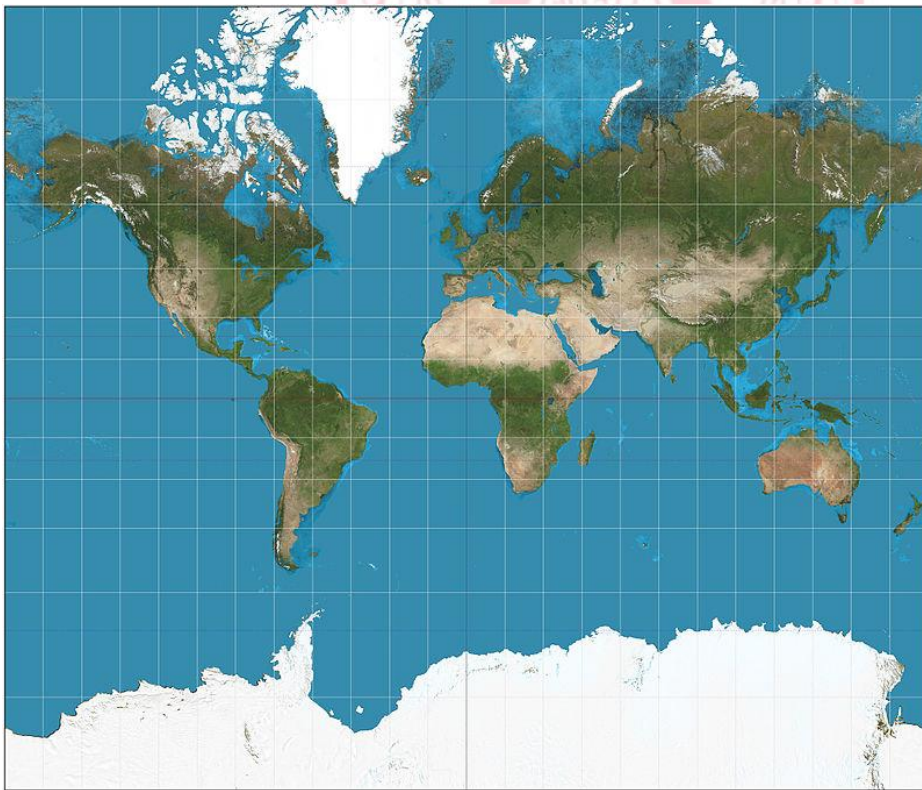


과학사 07주차(07강). 과학혁명기

학습목표: 르네상스 시대 이후 단일 문명권으로 부상한 유럽이 해상을 통한 동방 직접 교역을 시작하며 천문학혁명과 역학혁명에 이어 생리학의 변혁을 통한 근대과학 지식의 성장기로 진입하는 과정을 알아본다.

■해상무역로의 개척

포르투갈과 스페인은 유럽의 서부에 고립된 지리적 환경으로 인하여 직접적인 육로를 통한 동방무역에 가장 불리하였다. 이리하여 이들은 해상교역을 통한 직접적인 동방으로의 해상무역을 시도하였다. 해상 무역을 통한 장거리 항해가 가능해지면서 항해술의 변천과 함께 지도제작기법에도 영향을 주어 메르카토르Mercator(1512-1594) 투영법projection을 출현시켰다.



[메르카토르 도법은 해상항해용 표준 지도로 널리 쓰이나 극지역의 면적을 과대평가하고 적도지역의 면적을 과소평가한다]

http://en.wikipedia.org/wiki/Mercator_projection

먼저 포르투갈이 남하하여 1400년대 초에 아프리카 서해안에 도달하고 1486년 아프리카 남단에까지 이른다. 이후 아프리카 최남단 희망봉을 돌아 1498년에는 인도 서해에까지 도달한다. 곧이어 말레이시아 반도에 들어와 싱가포르에 거점을 확립하고 1500년대에 이르

면 마카오와 중국 남부 광둥까지 포르투갈은 도달한다.

스페인은 포르투갈이 갔던 길을 따라가기 보다는 서쪽으로 곧장 대서양을 가로질러 인도에 이르는 길을 모색하려 시도한다. 스페인 여왕 이사벨라의 지원으로 이탈리아인 **콜럼버스** Christopher Columbus(1450-1506)는 1492년 아시아로 가서 금을 찾겠다며 서인도 항로 개척에 나선다. 그러나 지구의 크기를 너무 작게 상상했기에 그는 결코 아시아에 도착할 수는 없었다. 다행이 운 좋게 바하마 제도의 섬들 및 쿠바와 아이티에 도착하여 많은 원주민을 학대하고 살육(당시 “아이티 원주민 25만명 가운데 절반이 목숨을 잃었다.” [p.21, 하워드 진, **미국민중사** 1])하여 유럽에 의한 신대륙 침략의 상징적 인물로 역사에 남게 되었다. 이어 스페인 국왕 카를로스 1세의 지원 하에 포르투갈인 **마젤란** Ferdinand Magellan(1480-1521)은 1519년 8월 10일 5척의 배에 300여명을 이끌고 남아메리카 동부 해안을 따라 남하하여 1521년 4월에 필리핀에까지 이른 후에 사망하지만 나머지 인원들은 결국 포르투갈이 갔던 길을 거꾸로 돌아 인도와 아프리카를 거쳐 다시 1522년에 3년간의 여행 끝에 유럽으로 귀환하였다.

코르테스 Hernan Cortes(1485-1547)는 1519년 불과 병사 500여명과 십여 마리의 말을 이끌로 현재 멕시코 동남부의 유카탄 반도에 상륙한 후 아즈텍 문명을 침략하여 압도적인 무기로 공격하고 천연두와 같은 전염병을 퍼트리며 당시에 이미 수학과 천문학적 지식이 유럽보다 뛰어났던 문명을 완전히 파괴하고 약탈한다.

피사로 Francisco Pizarro(대략 1475-1541)도 1531년 불과 백 여명과 이십여 마리의 말을 끌고 유럽문명을 능가했던 잉카문명을 점령한다.

이렇게 중미와 남미대륙을 침략한 스페인은 신구대륙을 아우르는 제국으로서 성장한다. (스페인어는 현재까지도 중국어 영어와 함께 세계에서 가장 많이 쓰이는 언어이다. 미국의 제1소수민족은 흑인들이 아니라 스페인어를 쓰는 멕시코계 사람들이다. 스페인어 인구가 가장 많은 도시는 멕시코시티 다음이 미국의 LA이며 3위가 스페인의 수도 마드리드이다.) 이때부터 스페인으로는 대량의 금과 은이 신대륙으로부터 유입되어 화폐의 제조에 쓰였으며 이에 따라 물가는 폭등하고 소규모 농지소유자나 농부 노동자 등은 몰락했으며 상업과 수공업이 확대되면서 상인과 수공업자들이 큰 세력으로 성장한다. 세계무역중심지는 동방교역에서 핵심적인 역할을 하던 근동이나 지중해를 벗어나 대서양과 인도양 쪽으로 바뀐다. 이에 따라 유럽경제의 중심지도 지중해에 위치한 르네상스의 나라 이탈리아에서 대서양 국가인 포르투갈과 스페인으로 이동한다. 이런 국제적 교역은 본격적인 자본주의의 시대를 열고 유럽국가들의 제국주의화를 가속화시킨다.

■그러나 당시 중국대륙에선 이미 ; 중국 명나라의 정화鄭和 함대

그런데, 르네상스를 거친 유럽이 이렇게 스스로를 세상의 주인이라고 선언하기도 전, 중국에서는 이미 명나라 초기에 황제 영락제(재위 1402-1424)의 지원을 받는 환관 정화鄭和의 함대가 1405년부터 1433년까지 대규모의 아프리카 해상원정을 조직적으로 전개하고 있었다.



[대륙 고자의 웅대한 기상을 보이시는 정화제독]

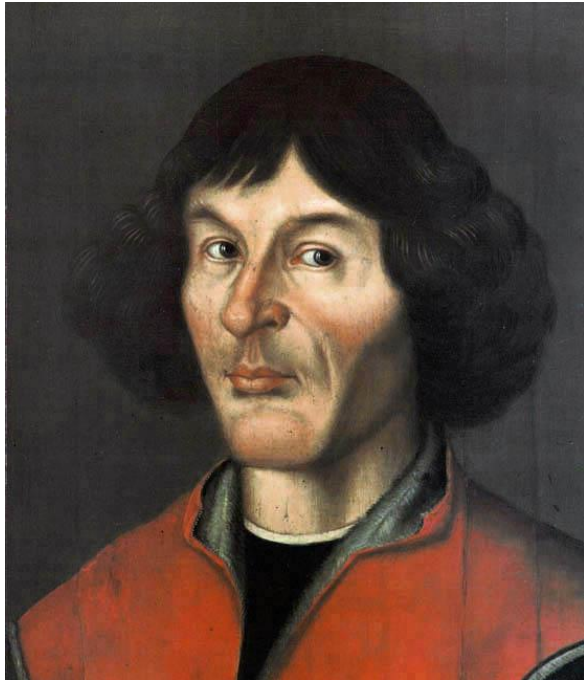
<https://mirror.enha.kr/wiki/%EC%A0%95%ED%99%94>

정화는 수십 척의 배들을 동원하여 최대 2만명의 선원을 이끌고 중국남부를 출항하여 베트남 타이 인도네시아 스리랑카 인도 페르시아를 거쳐 동아프리카의 홍해에까지 이르는 대규모 해외원정항해에 나서 아프리카 동남부 모잠비크에 정착촌을 건설하기도 한다. 그러나 이슬람교인이며 환관이었던 정화제독이 죽자 그의 후속세력을 견제하고픈 명나라는 1433년부터 해외원정을 중단시키고 그의 함대를 불에 태웠으며 중국 수군은 이후 내륙 수로의 개발과 관리에 주로 동원된다. 이에 따라 이후 명나라는 동북아 해상주도권을 상실한다. 1500년대에는 판옥선을 보유한 조선이 동북아해상권의 한 축을 가지고 있었다고 보아야 한다. 이런 역사적 관점에서 볼 때, 임진왜란에서 보여진 조선 수군의 혁혁한 전과는 이순신과 같은 단 한 명의 장수가 이루어낸 것은 결코 아닐 것이다.

■천문학 혁명과 역학혁명의 주요인물

폴란드의 수학자이지 천문학자였던 코페르니쿠스Copernicus(1473-1543)와 독일의 신부 오시엔더Osiander(1498-1552)가 지동설을 『천구의 회전에 관하여』(1543)라는 책을 통해 발표함으로 천문학 혁명은 시작된다. 지동설은 이론의 단순성으로 인하여 일부로부터 계속적

인 관심을 받게 된다.



[높은 코와 멋진 피부의 코페르니쿠스^^]

http://en.wikipedia.org/wiki/Nicolaus_Copernicus

브루노 Giordano Bruno (1548-1600); 이탈리아의 신부, 철학자, 수학자, 시인, 점성술사로서 신비주의적 코페르니쿠스 주의자였으나 자신의 종교적 신념을 굽히지 않고 로마 카톨릭 교회와 충돌하면서 종교재판을 통해 이단자로서 화형 당하였다. 그러나 지동설 신봉 자체가 화형의 죄에 이르게 한 것은 아니다.



[로마에 있는 브루노의 동상] http://en.wikipedia.org/wiki/Giordano_Bruno

티코 브라헤 Tycho Brahe (1546-1601); 덴마크의 귀족으로서 망원경 시대 이전에 최고 관측가였으며 케플러의 후원자였다. 연주시차의 부재와 금성의 보름달 모양을 동시에 설명할 수 있는 천동설을 발표했으나 연회에서 손님들에게 예의를 지키려 화장실에 가지 않다가 갑자기 방광이 터져 사망하였다.



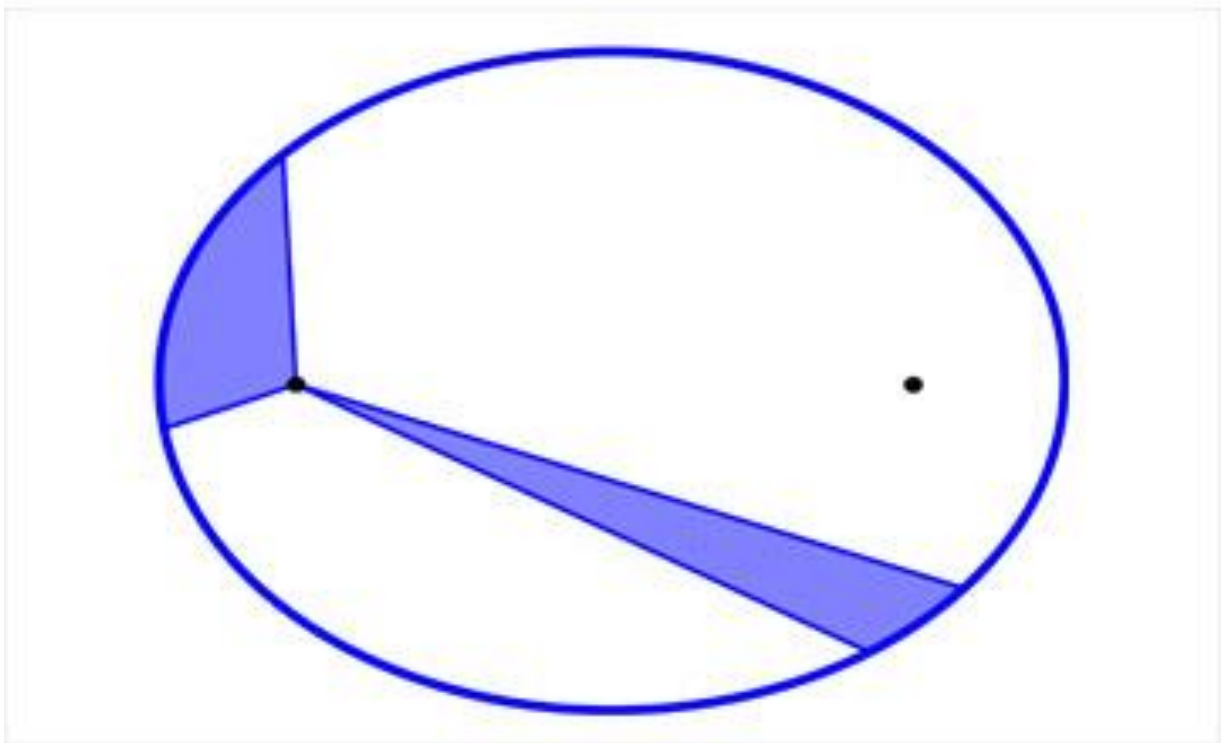
[체코의 수도 프라그에 있는 케플러와 티코 브라헤의 동상]

http://en.wikipedia.org/wiki/Tycho_Brahe

요하네스 케플러 Johannes Kepler (1571-1630); 독일의 수학자, 천문학자, 점성술사로서 케플러의 제 1,2,3법칙으로 알려짐

-제 1법칙: 행성은 태양을 한 초점으로 하는 타원궤도상을 공전한다.

-제 2법칙: 행성은 태양가까이에서는 빠르게 멀리서는 천천히 공전한다(면적속도 일정한 법칙)



[행성은 타원의 두 촛점중 한곳에 위치한다. 행성과 태양을 연결한 선은 같은 시간에 같은 면적을 휩쓰고 지나간다. 이를 면적속도 일정의 법칙이라고 한다.]

-제 3법칙: 행성주기의 제곱은 그 행성 태양간 평균거리의 세제곱에 비례한다

$$\frac{(\text{행성주기})^2}{(\text{행성} - \text{태양 평균거리})^3} = \text{일정}$$

“우리는 새들이 왜 노래를 하는지 묻지 않는다. 새는 노래를 위하여 태어났으며 노래는 새들의 기쁨이기 때문이다. 이와 같이 인간이 왜 하늘의 비밀을 알기 위해 고심하느냐고 물어서는 안된다. 자연현상은 매우 다양하고 하늘에 감춰진 비밀은 대단히 값진 것이므로 이를 탐구하는 인간의 마음은 결코 메마르지 않을 것이기 때문이다.”

“We do not ask for what useful purpose the birds do sing, for song is their pleasure since they were created for singing. Similarly, we ought not to ask why the human mind troubles to fathom the secrets of the heavens. The diversity of the phenomena of nature is so great and the treasures hidden in the heavens so rich precisely in order that the human mind shall never be lacking in fresh nourishment.” — Johannes Kepler

Mysterium Cosmographicum. Translated by A. M. Duncan in The Secret of the Universe (1981), p. 55

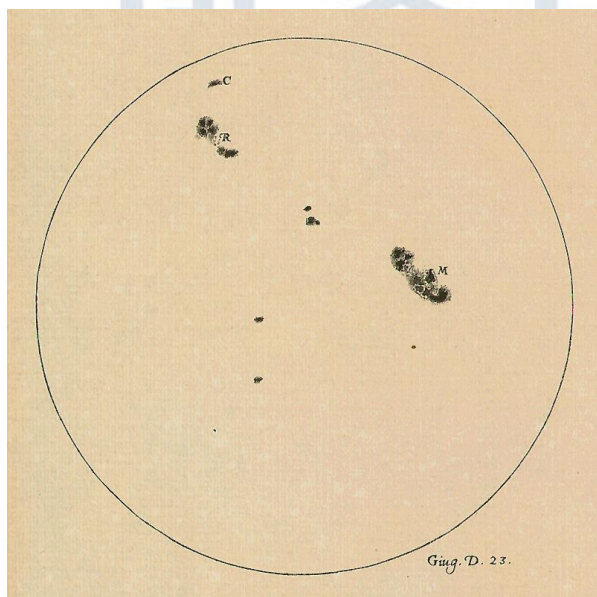
갈릴레오 갈릴레이 Galileo Galilei(1564-1642); 달표면의 분화구들을 망원경을 통해 관찰함으로써 아리스토텔레스의 천상계의 시작이라고 불렀던 달도 지상계와 유사한 모습을 가진다는 것을 보임으로서 천상계와 지상계의 구분에 의문을 던지게 하였다(1610년).



[갈릴레오가 1610년 그의 책 *Sidereus Nuncius* (p. 44)에서 그려서 묘사한 달의 표면]

<http://www.openculture.com/2014/01/galileos-moon-drawings.html>

그 외에도 태양의 흑점(1612), 목성의 위성들(이오Io, 유로파Europa, 가니메데Ganymede, 칼리스트Callisto)(1610), 약간은 의심스러운 금성의 보름달 모양 관찰 등을 통하여 지동설을 지지하였다고 알려져 있다.



[1613년 출판된 갈릴레오가 그린 흑점 (History and Demonstrations Concerning Sunspots and their Properties, published 1613)] http://galileo.rice.edu/sci/observations/sunspot_drawings.html

[갈릴레오 사고실험1]

아리스토텔레스의 자연철학에 의하면 돌을 공기 중에 떨어뜨리면 돌은 흙 본연의 위치로 돌아가려 하고 그 돌아가려는 경향은 돌의 양이 많으면 많을수록 더 증가한다. 이리하여 무거운 물체가 더 빨리 낙하한다고 아리스토텔레스는 생각한다. 그러나 갈릴레오는 피사의 사탑에서 같은 크기이나 무게가 다른 쇠공과 나무 공을 동시에 떨어뜨려 두개의 물체가 동시에 땅에 떨어졌다고 주장한다. 그러나 이 주장은 실제의 낙하 실험을 통한 주장이 아니다. 만약 그가 말한 대로 실험을 하면 크기가 같다 하더라도 나무공의 표면이 쇠공 표면보다 훨씬 더 거칠어 결국 공기의 저항을 많이 받는 나무공이 늦게 떨어진다.



[55.86m와 56.67m의 두가지 높이를 가진 피사의 사탑]

http://en.wikipedia.org/wiki/Leaning_Tower_of_Pisa

갈릴레오는 실제로 낙하실험을 하지 않고 다음과 같은 사고실험을 한다. 무게가 각각 m 과 M 으로 다른 두 물체가 있다. (M 이 m 보다는 더 크다고 하자) 이제 이 두 물체를 막대

기로 연결한다. 아리스토텔레스에 따르면 무거운 물체M이 가벼운 물체m 보다 더 빨리 떨어져야 한다. 그런데 두 물체가 연결되어있으므로 더 빨리 떨어지려는 M을 천천히 떨어지려는 m이 방해하는 결과를 초래한다. 이리하여 연결된 이 물체는 M이 떨어지는 속력과 m이 떨어지는 속력의 중간 값으로 떨어질 것이다. (즉, $\frac{M+m}{2}$ 의 물체가 떨어지는 속력으로 떨어질 것이다.) 그러나 동시에 이 두 물체는 연결되어 있으므로 두 물체의 합인 M+m의 물체가 떨어지는 속력으로 떨어질 수도있다. 이런 모순을 해결하려면 결국 물체의 낙하속도는 무게에 무관해야한다.

[갈릴레오 사고실험2]

V자나 U자형 경사면에 물체를 굴리면 같은 높이까지 상승한다. 그런데 경사면을 굴러 내려온 물체를 수평면을 따라 움직이게 하면 이 물체는 같은 높이까지 상승하기 위해 영원히 굴러갈 것이다. 이런 성질을 갈릴레오는 관성이라고 불렀다.



그러나 이 실험에서 경사면의 마찰로 인하여 굴러온 물체는 절대로 같은 높이까지 상승하지 않는다. 갈릴레오는 이 실험도 실제로 실행하지 않았다. 그는 추가로 다음과 같은 사고실험도 진행하였다. 앞으로 움직이고 있는 선박의 돛대꼭대기에서 배의 바닥으로 포탄을 떨어뜨렸다. 배는 앞으로 진행하고 있지만 포탄은 배의 뒤에 떨어지지 않고 배가 정지해 있었을 때와 완전히 동일한 위치에 떨어진다. 즉 포탄은 허공 속을 떨어지는 동안에도 배와 함께 앞으로 이동하고 있었다. 이로부터 갈릴레오는 앞으로 이동하고 있는 포탄의 이런 성질을 관성이라고 부른다.

갈릴레오의 이런 사고 실험은 개념적 논의를 머리 속에서 차근차근 진행한 것으로 과학자들에 의해 높이 평가되긴 하지만, 실험이란 원래 실제로 체험한다는 것을 전제로할 때, 머리 속으로만 진행되는 실험인 사고실험은 여전히 모순적인 개념이다. 앞으로 아인슈타인도 사고실험을 적극 활용하여 상대성이론의 개념적 기초를 확립할 것이다.

[갈릴레오의 일생]

-1585년 의대포기

-1589-1592년 피사대학 수학교수

-1592-1610년 파도바대학에서 수학 천문학 건축 기계 역학 등을 강의

-1609년 목성의 4개위성 발견

-1610년 토스카나 대공을 후견자(patron)로 두고 그의 궁정 수학자 철학자가 됨

- 1611년 미래에 교황이 될 우루바누스 8세Urbanus VIII와 만나 절친 사이가 됨
- 1616년 코페르니쿠스 학설의 교육과 전파를 금지하라는 종교재판관 벨라르미노의 명령을 받음
- 1624년에 교황이 된 우루바누스 8세와 만나 『대화』Dialogue Concerning the Two Chief World Systems의 집필을 후원 받음
- 1632년 『대화』출판; 책의 등장인물로는 자신의 캐릭터인 살비아티, 자기친구인 사그레도, 교황으로 묘사되는 심플리치오가 서로 대화를 나누며 천동설과 지동설을 논의함
- 종교재판 후 가택연금형을 받던 중 1642년 사망

[질문]갈릴레오의 종교재판은 과학에 대한 교회의 탄압일까?

이 종교재판의 직접적인 계기는 『대화』에서 “살비아티의 명쾌하고 정연한 주장에 대해 심플리치오는 바보스러운 반박을 하며 억지주장을 해대고”(p.144, 『과학사신론』 제 2판, 김영식 임경순 2011년 다산출판사), 또 “심플리치오의 모델이 사실은 교황자신이었던다는 풍문까지 접한 교황의 분노는 정말로 대단했다. [...] 훌륭한 학문을 지녔고 과학에도 조예가 깊다는 평판을 받았고 그것을 자랑으로 여겼던 교황이 그와 같이 우롱당한 것을 알았을 때 크게 분격했을 것임은 쉽게 짐작할 수 있는 것이다. 갈릴레오 자신의 낙관적인 생각과 순진한 면도 이에 기여했다.”(p.145) 따라서 “이를 단순히 과학에 대한 종교의 억압이라는 상투적인 관계로 이해할 수는 없는 것이다.”(p.146)

[과학혁명은 대학교 밖의 교회에서 발생!]

코페르니쿠스는 성직자였으며 티코 브라헤의 지원을 받은 케플러는 점성술사이자 실업자였으며 갈릴레오는 대학을 떠나 결국 교황의 후견을 받았다. 이렇듯 천문학혁명 및 역학혁명과 같은 과학혁명은 유럽의 대학교 밖에서 발생하였고, 특히 갈릴레오의 과학혁명은 교회의 후원과 지지 속에서 가능했다.

[머튼은 종교와 과학간의 또 다른 긍정적 관계를 머튼의 논제로 발표]

1938년에 미국의 사회학자 머튼Robert Merton(1910-2003)은 17세기 영국 종교개혁에 따라 청교도주의puritanism라고 불리는 새로운 개신교윤리가 과학혁명에 기여했다는 주장을 펼친다. (영국의 3대종교는 구교인 로마 카톨릭, 개신교인 청교도와 함께 영국만의 영국국교도이다.) 이중 특히 청교도주의자들은 이성과 경험을 강조하는 경험주의에 근거하여 자연지식의 탐구는 인간의 복지에 기여한다는 확신을 가지고 과학혁명뿐만 아니라 자본주의의 발전에도 크게 기여한 것으로 보았다.



[머튼 “영국 청교도가 과학혁명에 기여했다구요”^^]

http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_K._Merton

참고문헌

『미국민중사1』 Howard Zinn저 유강은 옮김 2010 도서출판 이후

『과학과 기술로 본 세계사 강의』 전대호 옮김 2006 모티브

『과학사 신론』 제2판 김영식 임경순 저 2011 다산출판사

세종대학교

SEJONG UNIVERSITY