

과학사 08주차(08강). 생리학 및 과학방법론

학습목표: 생리학 변혁과 연역 및 귀납을 통한 근대과학지식의 성장을 이해한다.

■과학혁명기의 주요인물 –계속

●르네 데카르트Rene Descartes(1596-1650)



[1648년 데카르트 초상화] http://en.wikipedia.org/wiki/Ren%C3%A9_Descartes

- 프랑스의 작가 수학자 철학자이며 근대철학의 아버지
- 직교좌표계를 도입하여 해석기하학을 창시하고 미적분학의 토대를 마련
- 『방법서설』Discourse on the Method(1637) "나는 생각한다. 고로 존재한다"; 악마의 장난 등으로 인해 우리의 감각이 아무리 신뢰할 수 없다 하더라도 생각하는 나자신의 존재만은 분명하며 이를 모든 철학적 논의의 초석으로 삼았다.
- 감각경험이 지식의 초석이 된다는 영국 경험주의에 반대하여 감각sense경험을 신뢰할 수 없다고 보고 이성reason과 연역deduction을 강조하는 대륙합리론의 창시자이며 라이프니츠Leibniz등에 의해 계승되었다.

[연역법]전제로부터 논리적으로 결론에 이르는 방법

[사례]

(전제1) 만약 "밀폐된 방 안에서 선풍기를 켜놓고 잠이 들면 방안의 사람이 사망한다"(A) 라면, "사람이 사망한 채로 선풍기만 밀폐된 방 안에서 작동하고 있을 것"(B)이다.

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

(결론) 그러므로, "밀폐된 방 안에서 선풍기를 켜놓고 잠이 들면 방안의 사람이 사망한

다”(A)

위의 연역은 논리적으로 합당한가? (즉 유효한 논증인가?)

이 연역은 다음의 구조를 가지고 있다.

(전제1) 만약 A라면 B이다.

(전제2) B이다.

(결론) 그러므로, A이다.

그러나 논리학에서 이런 연역은 “후건긍정의 오류”라고 알려져 있다. 위의 사례에서는 “사람이 사망한 채로 선풍기만 밀폐된 방 안에서 작동하고 있다”(B)할지라도 논리적으로 “밀폐된 방 안에서 선풍기를 켜놓고 잠이 들면 방안의 사람이 사망한다”(A)를 논리적으로 확신할 수는 없다. 다른 이유로 사망할 수도 있기 때문이다. 올바른 논리적인 연역은 다음의 형태가 되어야 한다.

(전제1) 만약 A라면 B이다.

(전제2) B가 아니다.

(결론) 그러므로, A가 아니다.

즉, 연역은 A가 잘못되었다는 것을 증명할 수는 있지, A가 옳다는 것을 절대로 증명할 수는 없다. 그러나 많은 경우에 사람들은 여전히 후건긍정의 오류를 범하며 자신의 주장이 증명되었다고 믿는 경우가 많다. 여기에는 과학자들도 포함된다. 다음의 연역이 이를 보여준다.

(전제1) 만약 “아인슈타인의 일반상대성 이론이 옳다”라면, “태양근처의 별빛이 휘다.”

(전제2) “태양근처의 별빛이 휘다.”

(결론) 그러므로, “아인슈타인의 일반상대성 이론이 옳다.”

위의 연역은 전형적인 후건긍정의 오류이나, 놀랍게도, 영국의 천문학자 에딩턴은 이러한 연역을 통해 아인슈타인의 일반 상대성이론이 증명되었다고 1919년에 발표한다. 연역적으로 볼 때 과학적 주장이 옳다는 증명을 할 방법은 존재하지 않는다. 과학적 주장은 잘못되었다는 것을 증명할 수 있을 뿐이다. 이에 근거하여 영국의 철학자 포퍼Popper는 과학에는 반증falsification만이 가능할 뿐이라고 역설하였다. 이러한 철학적 입장을 반증주의라고 부른다.

[연역법의 한계]

연역은 기본적으로 전제들에 이미 포함된 정보를 다시 뽑아내어 결론에서 부연하는 것에 불과하다. 논리적으로 옳은 결론은 이미 전제들에 포함되어있는 것을 반복하는 것이며 새로운 지식은 절대로 만들지는 못한다. 과학의 활동이 새로운 지식을 만들어내는 것이 라면 연역으로는 불가능하다.

르네 데카르트 -계속

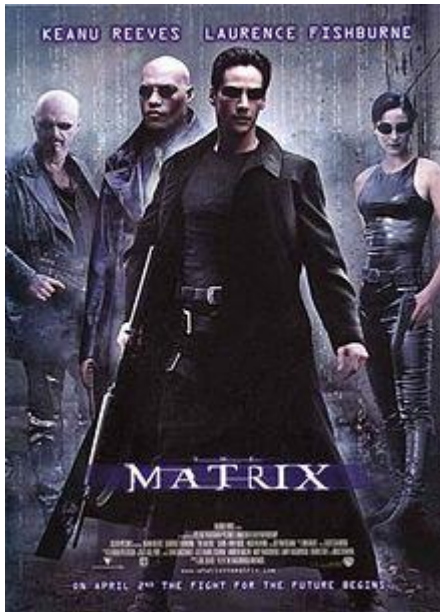
-철학적 회의주의Skepticism의 창시자; 비록 자신의 존재자체가 “나는 생각한다”에 의해 확실해 졌다 할지라도 그런 존재의 구체적 모습과 형태는 시각적으로 보여지는 모습이라 는 보장은 데카르트에게는 없다. 시각적 감각경험을 신뢰할 수 없기 때문이다. 데카르트는 “수조(어항) 속의 뇌”A brain in a vat처럼 우리가 전극이 박힌 두뇌로서 어항 속에 갇혀 있는 상태에서 단지 외부에서 주입되는 전기적 신호를 감각경험이라고 착각할 수 있다고 보았다. [아래 그림 참조] 이를 철학적 회의주의라고 한다.



[컴퓨터에 연결된 전극의 신호로 인해 “수조 속의 뇌”는 지금 자기가 걷고 있는 감각경험을 하는 중이라고 믿고 있다.]

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

(영화 매트릭스는 데카르트에 헌정되는 상징과 은유로 가득 차있으며 여러 미국의 철학자들이 직접 출연하였고 지금도 철학개론수업의 자료로서 활용된다.)



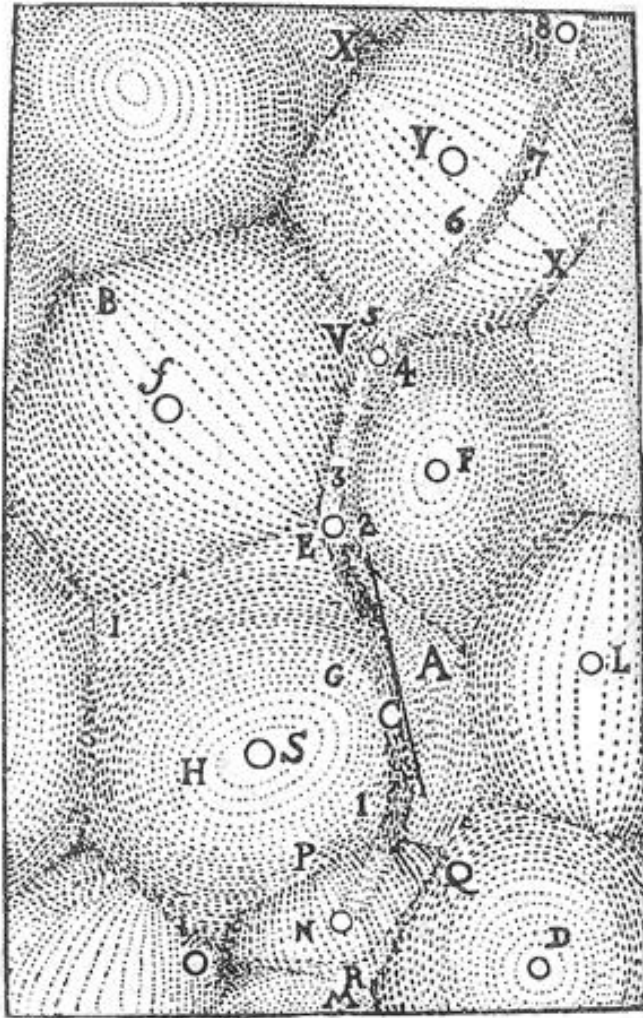
["저 지금 좀 짱이져? 그쵸? 근데 제가 지금 설마 어항 속의 뇌? 헐~~"]

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

-데카르트는 역학에도 영향을 미쳐 관성의 법칙과 운동량quantity of motion(질량×속력)보존의 법칙을 제시하였다.

-케플러의 행성운동을 가능하게 하는 원인으로서는 태양으로부터의 인력을 상정하고 이 힘이 우주에 가득 찬 플레넘plenum이라는 물질의 소용돌이vortex작용을 통해 태양에서 행성으로 기계적으로 전달된다고 보았다. 그는 아무 물질도 없는 진공이란 불가능하다고 확신하였다. (기계적 철학의 시조로 우리는 데모크리터스와 같은 그리스 시대의 원자론자를 이미 소개하였다. 원자론자들은 작은 당구공과 같은 입자인 원자가 공간 속을 불규칙하게 움직이며 서로 충돌하는 기계적인 과정mechanical process을 가진다고 보았다.)

SEJONG UNIVERSITY



[데카르트의 플레넘이 만드는 소용돌이] <http://plato.stanford.edu/entries/descartes-physics/>

이렇게 물질의 소용돌이가 중력을 기계적으로 전달한다는 생각은 뉴턴이 제시한 중력의 원격작용(action at a distance)의 개념과 정면으로 충돌한다. 원격작용이란 아무 물질도 없는 빈 공간 속을 중력은 무한히 빠른 속력으로 순식간에 퍼져나간다는 비기계론적 생각이다. 뉴턴은 신비적 헤르메티시즘의 신봉자로서 마술 혹은 연금술과 같은 신비주의의 영향 하에 있었기에 가능했던 생각이었다.

-네델란드의 **호이겐스** Christiaan Huygens(1626-1695)는 이러한 소용돌이의 개념에서 회전 운동이 일으키는 원심력의 개념을 제시하고 독일의 **라이프니츠** Leibniz(1646-1716)와 함께 데카르트적인 기계적 철학에 근거하여 뉴턴과는 다른 동역학(dynamics)을 건설하려는 시도를 하였다. 비록 당시에는 뉴턴과의 경쟁에서 패배한 것처럼 보였던 데카르트 호이겐스 라이프니츠의 물질적 (기계적) 중력개념은, 시간과 공간을 물리적 대상으로 보는 아인슈타인의 중력장 개념으로서, 현대물리학에 다시 나타나 지금까지 계속되고 있다. 현대 물리학자들은 여전히 중력의 직달작용을 피하고자 노력하고는 있으나, 중력에 대한 기계적

설명에는 아직 이르지 못하고 있다. 현대물리학의 전분야를 통틀어 중력은 여전히 가장 이해되지 않는 어려운 현상으로 남아있다.

[생리학의 변혁]

●갈레누스Galenus(129-216); 고대의 생리학을 체계적으로 완성한 로마제국 시대의 의학자



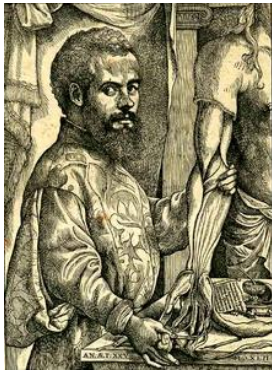
[1865년경에 만들어진 갈레누스의 석판화] <http://en.wikipedia.org/wiki/Galen>



[정리] 정맥, 동맥, 신경은 분리된 독립조직

영양분은 자연력으로서 정맥을 통해 온몸을 순환
열은 생명력으로서 동맥을 통해 온몸을 순환
정신은 정신력으로서 신경을 통해 온몸을 순환

그러나 16세기에 해부학의 지식이 성장하며 **베살리우스** Andreas Vesalius(1514-1564) 등은 정맥과 동맥이 분리된 독립조직이라는 갈레누스 체계의 문제점들을 지적하기 시작했다.



[의심하는 베살리우스] http://en.wikipedia.org/wiki/Andreas_Vesalius

● **윌리엄 하비** William Harvey(1578-1657)



[매우 쿨해 보이시는 하비 선생님의 초상화] http://en.wikipedia.org/wiki/William_Harvey

-파도바대학 1600-1602

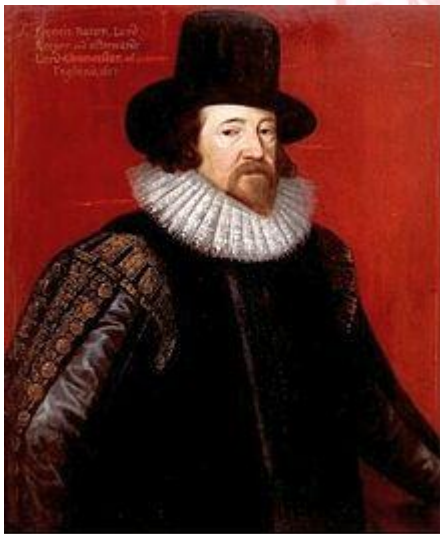
-혈액 순환설 (1628); 동물 심장에 대한 실험 관찰에 근거하여 대동맥에서 방출되는 피의 양이 상당한 양임을 정량적으로 알아냄, 혈액이 동맥에서 온몸을 돌아 정맥으로 순환하지 않는다면 이 양은 너무 과다하다고 판단, 아리스토텔레스의 원운동을 순환운동으로 확장하고 심장을 그런 순환을 일으키는 기계적 펌프로 보는 은유 속에서 혈액순환설을

제기, 그러나 여전히 동맥과 정맥사이에 있는 모세혈관의 존재를 알지 못하였으며 호흡을 통한 산소의 전달과 소화를 통한 영양분의 전달이 혈액의 순환과 어떤 관계가 있는지 알아내지는 못했다. 이리하여 갈레누스와 같은 체계적인 인체의 이해에는 도달하지 못하고 오직 혈액과 심장간의 관계에만 정량적 분석적으로 접근하였다.

천문학혁명과 역학혁명 이은 하비의 생리학 변혁은 실험적 경험적 실제적 지식의 성장을 이끌며 기계적 철학의 전성시대를 열었다

●**보일** Robert Boyle(1627 –1691); 기계적 철학에 입각하여 기체와 같은 눈에 보이지 않는 미시적 입자들에 대한 기계적 설명을 시도하고 여러 실험적 방법을 활용, **자연철학이 기계철학** 혹은 **실험철학**과 동의어로 인식되는 시대를 연다. 특히, 그의 이름을 딴 보일의 법칙(이상기체에서 기체의 부피는 압력에 반비례한다)을 설명하는데 있어서 작은 기체 입자의 충돌로 압력을 설명하였다.

●**프랜시스 베이컨** Francis Bacon (1561-1626)



[1617년에 그린 프랜시스 베이컨의 초상화] http://en.wikipedia.org/wiki/Francis_Bacon

-23세 하원의원

-정적들을 사형시키며 엘리자베스 여왕의 총애를 받음

-검찰총장, 대법관, 남작, 자작 등에 올랐으나 뇌물로 인해 몰락

-모든 권력을 잃고 귀향하여 눈 속에 닭을 열려 오래 보관하는 실험을 하던 중 폐렴으로 사망

-소크라테스의 인간적 관심은 철학의 잘못된 방향이며 아리스토텔레스의 자연철학과 플라톤적 관념론 및 중세의 종교를 모두 비판

-연금술, 마술 같은 헤르메티시즘의 신비주의를 비판하며 자연을 통제할 수 있는 기술을 마술과는 분리하여 옹호

- 지식을 얻기 위한 수단으로서 수학을 강조
- 코페르니쿠스의 우주론을 옹호하지 않았고 원자론도 실제적이지 않다며 부정
- 종족(tribe), 동굴(cave), 시장(market place), 극장(theatre)의 우상(idol)을 극복하여 참된 지식을 얻자고 주장
- 개별적 사례들로부터 일반적 원리를 도출해내는 방법론이라고 알려진 귀납법(induction)을 주창

[귀납법의 사례] 지난 수 천년 동안 매일 해가 동쪽에서 떴다. 그러므로 해는 늘 동쪽에서 뜬다.

이러한 결론은 너무나 자명하며 타당해 보인다. 그러나 북극과 남극에서 해는 뜨지 않고 지평선과 나란하게 이동한다. 더군다나 북극(혹은 남극)에서는 동쪽이라는 방향마저 지정될 수 없다. 모든 방향이 남쪽(혹은 북쪽)이기 때문이다. 따라서 지구상의 최소 두 곳에서 해는 동쪽에서 뜬다라는 너무나 자명한 귀납적 지식이 무너진다. 또 태양은 50억년쯤 후의 어느 날 죽어 없어져서 아예 더 이상 존재하지 않게 된다. 그렇다면 과연 귀납은 독립적인 논리적인 근거가 있긴 있는 것일까?

● **흠** David Hume(1711-1776); 귀납이 논리적으로 정당화되지 못한다고 주장하면서, 반복되는 현상에 대한 심리적인 믿음이 귀납의 기저라고 생각하였다.



[제 두건 멋지죠?^^] http://en.wikipedia.org/wiki/David_Hume

흠: 지난 수 천년간 매일 해가 동쪽에서 뜬다는 것을 관찰하고 해는 언제나 동쪽에서 뜬다고 귀납하였다. 이런 귀납법은 정당한가?

학생: 네! 정당합니다. 왜냐하면 자연에는 **반복적 일관성** Uniformity of Nature이 존재하기 때문입니다.

흠: 자연에 반복적 일관성이 존재한다는 근거는 무엇인가?

학생: 그건 봄 여름 가을 겨울의 계절변화도 일관적으로 반복되고, 개구리도 올챙이 때 부터 생로병사를 일관적으로 반복하며, 달의 모양도 초승달에서 보름달로 일관적으로 반복하기 때문입니다.

흠: 그런데 말이야 계절, 개구리, 달의 몇 가지 사례들로부터 따라서 자연전체에 반복적 일관성을 가진다고 자네처럼 주장하면 그런 일반화가 바로 귀납이라네. 내가 애초에 물 었던 것이 바로 귀납은 과연 정당한가였다네. 자네는 지금 계절, 개구리, 달의 몇 가지 사례들로부터 귀납을 써서 자연에는 반복적 일관성이 존재한다고 주장하고 다시 그 반복적 일관성을 근거로 귀납 자체를 다시 옹호하려 한다는 거지. 즉 귀납을 써서 귀납을 옹 호하려는 순환논리를 쓰고 있다네. 자네는 귀납에 대한 독립적인 논리적 근거를 전혀 제 시하지 못하고 있네. 실제로 해가 동쪽에서 뜬다는 당연해 보이는 이 귀납도 지구상의 두 지점 북극과 남극에서는 사실이 아니라네.

[흠의 귀납거위]

“귀납거위”라는 한 거위가 있었다. 이 거위의 주인은 매일 아침 종을 울리고 문을 연 다 음 거위에게 먹이를 주었다. 이 똑똑한 귀납거위는 여러 관찰을 통해 주인이 아침에 종 을 치고 문을 열면 먹을 게 생긴다고 귀납하였다. 어느 날 아침에도 종을 치며 주인이 문을 열고 나타났다. 귀납거위는 당연히 먹을 것을 귀납적으로 기대하였다. 그러나 불행 하게도 그날은 추수감사절 날이었고 주인의 손에는 먹이가 아니라 칼이 잡혀져 있었다. 귀납은 이렇게 하루아침에 허무하게 무너질 수도 있다. 귀납자체에 논리적 근거는 전혀 없기 때문이다. 귀납거위는 반복되는 현상에 대한 심리적인 믿음을 가지고 있었을 뿐이 다.

[과학방법론]

앞에서 보았듯이 연역은 새로운 지식을 만들지 못하며 귀납에는 논리적 근거가 없으므로 과학의 방법론으로서 연역과 귀납을 제시하는 것은 불완전해 보인다. 이에 철학자들은 연역과 귀납을 적절히 혼용하는 중도적 과학방법론을 제시하거나 아예 새로운 제3의 과 학방법론을 제시하고자 오랜 기간 시도해왔다. 그러나 탈근대주의자들은 일체의 과학방 법론을 거부하고 과학의 실제 현장 모습에는 특정 방법론이 존재하지 않는다고 주장한다.

[근대과학의 형성기에 등장한 조직]과학단체의 등장

-인문학자들의 독서모임과 같은 문학동호회가 17세기부터 서서히 과학단체의 전신이 되 어 1660년에 영국의 왕립협회와 1666년 프랑스의 왕립과학아카데미가 창립되었다.

-영국의 왕립협회(혹은 왕립학회)는 비전임 연구원들로 이루어진 임의적 자발적 단체로 시작하여 『Philosophical Transactions』라는 이름의 서신 교환활동이 학회의 공신회보가 되고 점차 이 회보가 과학학술지의 대명사와 같은 지위로까지 승격된다.

-왕립협회는 최초발견자 인증이나 이론의 실험적 검증선언과 같은 과학지식의 사회적 정치적 공식확인기관으로서의 역할을 수행하였다.

(여기서 과학적 진리는 정치적 승인 선언 여부와는 상관없이 진리자체의 순수한 논리적 힘에 의해 그 가치가 자연스럽게 스스로 드러날 것이라고 믿는 과학적 순결주의자가 있다면 1919년 아인슈타인의 일반상대성이론이 공식 확인된 과정이 바로 영국 왕립협회와 영국 천문학회의 상대성이론 검증선언을 통하여서임을 지적해두자. 20세기 초반까지도 왕립협회의 승인과 같은 정치적 과정이 과학지식의 생존여부에 꼭 필요한 과정 중 하나였다. 아인슈타인은 그런 사회적 승인을 통해 국제적인 인정을 얻게 된 마지막 과학세대의 최대 수혜자 중 한명이었다. 그러나 21세기의 현대에 이르러 영국 왕립협회의 이런 정치적 선언은 더 이상 위력을 갖지 못한다. 그럼에도 불구하고 여전히 학술단체의 학회지를 통한 논문의 출판은 현대 과학자의 능력을 측정하는 최고의 지표로 남아있다. 그러나 학회지 발표이전에 언론매체와 SNS를 통해 자신의 연구를 직접 홍보하는 과학자들도 점차 늘어나고 있다. 언론과 인터넷 환경에서의 노출이 국가의 지원과 연구비의 독점적 획득에 점점 더 결정적이 되어가기 때문이다. 현대과학자들은 이제 과학단체로부터의 인정보다는 국가로부터의 독점적인 인정이 훨씬 더 중요하다고 알고 있다.)

-프랑스의 왕립과학아카데미는 왕의 직속기관으로 시작되어 초기부터 정부의 지원을 받는 전임연구원들을 확보하며 시작하였다.

-과학아카데미는 과학저술 출판과 특허심사 등을 수행하였으며 체계적 조직적 협동연구의 동기를 제공하는 사회기관으로서 작동하였다.

-과학단체의 등장은 과학자들이 이제는 더 이상 개인을 넘어 자신들의 공동 이익을 위한 조직화와 집단화의 길을 걷고 있음을 말한다. (호랑이는 죽어 가죽을 남기고 활동가는 죽어 조직을 남긴다면 이제 과학자들은 죽어서 조직의 쓴맛을 보게 할 수 있다.)

-과학단체를 통해 과학자들은 서로의 지식을 조직적으로 상호교환 및 비판하면서 과학을 사회적으로 제도화하고 기관화Institutionalization하여 서서히 과학을 권력화하는 길로 접어든다. 따라서, 과학지식에 대한 교육을 회피하는 사람은 책임있는 사회구성원으로서의 자격이 어려워지기 시작한다.

-더 나아가 뉴턴과 같은 권력적 과학자가 나타나 과학단체를 동원하여 본격적으로 자신의 업적을 칭송하고 홍보하는 시대도 열린다.

-뉴턴은 자신의 과학적 견해를 법칙으로 과감히 공언하며 왕권에 필적하는 과학적 권위를 선언한다.

-뉴턴의 제 1법칙: 관성의 법칙(움직이는 물체는 계속 움직이려 하고 서있는 물체는 계속

서있으려 한다.

-뉴턴의 제 2법칙: $F=ma$ (힘은 질량 곱하기 가속도이다)

-뉴턴의 제 3법칙: 모든 작용에 대해 반대의 힘인 반작용이 존재하며, 작용과 반작용은 크기는 서로 같고 방향은 반대이다.

-뉴턴의 만유인력의 법칙: 중력은 두 물체 질량의 곱에 비례하고 두 물체 사이 거리의 제곱에 반비례하는 인력이다; 즉, $G\frac{Mm}{r^2}$ 이다. 이때 M 과 m 은 두 물체의 질량이며 r 은 두 물체 사이의 거리, G 는 비례상수로서 만유인력의 상수라고 불리는 숫자이다.

-뉴턴의 1,2,3법칙과 중력의 법칙은 케플러의 제 3법칙을 유도해내기 위한 그림 맞추기 퍼즐의 조각들이었다. 그러나 그는 사과나무에서 사과가 떨어지는 것을 보고 그런 법칙들을 깨닫게 되었다는 유명한 천재적 일화로 그 과정을 포장하여 자신을 스스로 충분히 천재화 할만큼의 권력을 소유할 수 있게 된다. 뉴턴의 사과나무는 전세계에 보내져서 뉴턴을 영웅화하고 대영제국의 영화를 직접적으로 나타내는 권력의 상징물처럼 쓰인다.

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