

# 世界科學技術史 (西洋篇)

## 뉴튼의 綜合

宋 相 庸

<韓國科學史學會 幹事>

뉴튼(Isaac Newton, 1642—1727)은 西洋知性史의 轉折點을 이룬 과학자이다. 과학혁명에 그에 의해 마무리지어졌고 그로부터 근대과학이 궤도에 올랐다. 과학은 물론 다른 분야에까지 미친 거대한 영향과 19세기까지 계속된 權威는 아리스토텔레스에 비할 만하다.

뉴튼은 1642년 크리스마스에 울즈톱(Woolsthop)에서 태어났다. 그러나 이것은 율리우스曆으로 친 것이고 지금 우리가 쓰는 그레고리오曆으로 그의 생일은 1643년 1월 4일이다. 뉴튼은 遺腹子였는데 팔삭둥이어서 아주 작고 말할수 없는 弱質이었다. 그를 받은 산파는 하루도 못넘길거라고 예언했지만 그는 85살까지 살았고 가족을 데 여린머리는 世紀의 과학적 두뇌임이 증명되었다. 뉴튼의 족보를 캐보면 어떻게 이런 천재가 나왔는지 이해할수 없다고 한다. 아버지는 小地主였고 어머니는 평범한 농부였다. 그의 재능은 늦게 나타나서 학교성적은 거의 바닥이었다.

### 奇蹟의 해 1666年

뉴튼이 케임브리지의 트리니티대학(Trinity College)에 들어간 것은 18살때였다. 대학에서 뉴튼은 유클레이데스와 데카르트의 幾何學을 공부했다. 그가 읽고 영향을 받은 사람들가운데는 수학자 배로우(Isaac Barrow), 왈리스(Goha Wallis), 천문학자 케플러, 역학자 보렐리(Giovanni Alfonso Borelli), 화학자 보일등이 있다. 갈릴레오는 原典으로 읽은 증거가 없다. 대학성적은 기록에 없지만 별로 좋았던 것같지는 않다. 그는 기하학 성적이 나빠 장학금시험에 떨어지기도 했

다. 그러나 배로우가 뉴튼의 뛰어난 재능을 인정해 몫시 아껴주었다. 천재를 알아본 스승 배로우도 평범한 사람은 아니었다.

1665년 영국에는 페스트가 유행해서 전국민의 1할이 희생되었다. 케임브리지는 문을 닫았고 학생들은 집으로 돌아갔다. 뉴튼도 1년반 동안 어머니의 농장에 머물게 되었다. 여기서 그는 깊은 사색에 빠질수 있었고 이것이 뒷날 그의 연구의 기초를 이루었다. 1666년은 영국해군이 네덜란트를 대파했고 런던이 大火災로 부터 다시 일어난 「奇蹟의 해」(annus mirabilis)로 알려져 있다. 그러나 얼마 떨어지지 않은 곳에서는 23살난 젊은이의 가슴 속에서 또 하나의 기적이 일어나고 있었다. 믿어지지 않을지 모르나 뉴튼은 바로 이때 운동의 법칙, 普遍重力의 법칙, 미적분법, 혜성의 궤도, 潮汐理論, 빛의 성질등을 착상했다고 한다. 이 18개월이야 말로 과학사에서 가장 생산적이던 기간이라 할수 있다. 뉴튼은 남은 생애를 이 발견들의 설명, 확장, 응용에 보낸 셈이다. 그러나 그는 이때의 연구를 바로 발표하지 않았기 때문에 뒤에 큰 논쟁거리가 되기도 했다.

뉴튼은 대학으로 돌아와 펠로우(Fellow)로 있다가 1669년 배로우가 그를 위해 물려준 수학교수에 취임했다. 이때 그의 나이 겨우 26살이었으니 영국에서는 좀 처럼 볼수 없는 파격적인 일이었다. 이 자리에 그는 30년동안 봉직했다. 그러나 뉴튼은 20년뒤 「프링키피아」(Principia)를 낼 때까지는 평범한 수학교수에 지나지 않았다. 교수가된 다음 2년동안 뉴튼은 그의 광학에서의 발견을 상세히 설명하는 공개강연을 했다. 1672년 그는 王立學會에 첫 광학 논문을 제출했는데 그 해에 회원이 되었다.

라이프니츠와의 싸움

뉴턴은 빛에 관한 프리즘실험으로 유명해졌다. 그는 자기의 망원경의 像에 빛깔을 띤 테두리가 생겨 뚜렷하지 않은 것이 마음에 걸렸다. 그래서 이 문제를 해결하려고 3각프리즘을 써서 빛에 관한 본격적인 연구를 시작했다. 그의 프리즘실험은 다음과 같은 것이었다. 뉴턴은 우선 暗室의 구멍을 통해 태양광선이 들어 오게 했다. 거기에 프리즘을 놓았을 때 흰 광선이 무지개와 같이 나누어지는 것을 보았다. 그는 이것을 스펙트럼(spectrum)이라 불렀는데, 빛깔은 빨강, 주황, 노랑, 초록, 파랑, 남, 보라의 순서였다. 그는 보라를 빼놓고 모든 빛깔을 막아 보았다. 보라빛이 또 하나의 프리즘을 지나게 하니까 휘었지만 빛깔은 달라지지 않았다.

그는 다른 빛깔을 가지고 똑같은 실험을 되풀이했다. 빛깔들은 흰빛의 경우처럼 나누어지지 않았다. 그러나 모든 빛깔이 들쭉 프리즘을 지날때 휘는 정도는 다 달랐다. 뉴턴은 여기서 간단하고도 놀라운 결론을 얻었다. 그것은 태양의 흰빛이 실은 스펙트럼의 여러 빛깔이 혼합된 것이라는 사실이었다. 프리즘의 유리는 빛깔의 굴절률을 다르게 함으로써 서로 분리시키는 것이다. 그가 決定的 實驗이라 부른 이 실험에서 뉴턴은 빛깔을 띤 테두리가 없는 렌즈를 만드는 것이 불가능하다는 결론을 내렸다. 한편 그는 反射望遠鏡을 고안했는데 이것은 별빛을 집중시키는 사발모양의 금속거울을 쓴 것이었다. 이 경우에는 빛이 유리를 통과하지 않으므로 빛의 불균형한 굴절은 없었고, 따라서 빛깔 있는 테두리도 없었다.

뉴턴은 1672년부터 4년동안 그의 광학연구를 둘러싼 논쟁에 휘말려 큰 상처를 입었다. 칭찬도 많았지만 날카로운 비판도 받았다. 특히 그는 하이헌스와 흑의 집요한 공격을 막아내야 했다. 이때 하도 혼이 나서 그는 좀처럼 연구결과를 발표할 생각을 하지 않게 되었다. 그는 일종의 被害妄想症에 걸려 있었다. 뉴턴의 신경증세는 어려서 편모슬하인테다가 어머니에게서도 떨어져 할머니손에 자라났기 때문에 생긴 것으로 짐작된다.

그의 성격에 관련된 것으로 微分法의 발명을 둘러싼 논쟁이 있다. 뉴턴은 울즈담에 있을때 이미 미분법을

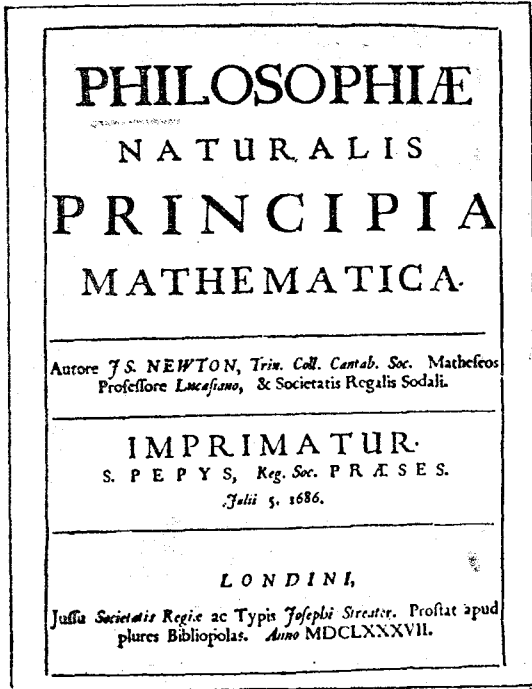


아이작 뉴턴(1642—1727)

창안했었다. 그런데 그는 이것을 스승 배로우에게만 알렸을뿐 발표를 하지않았다. 뒤에 독일서 라이프니츠(Gottfried Wilhelm Leibniz)가 미분법을 발명했다고 발표하자 누가 먼저냐는 문제로 시끄러운 논쟁이 시작되었다. 라이프니츠는 독립적인 발견이라 해두자고 양보할 뜻을 비쳤으나 그를 따르는 사람들은 뉴턴의 라이프니츠의 논문을 표절한 것이라고 주장했다. 이에 뉴턴이 격한 반응을 보였고 싸움은 아주 추잡한 것이 되었다. 오늘날 미분법은 두사람의 독립적인 발명으로 인정되고 있다.

프링키피아의 出刊

1679년 뉴턴은 흑과의 서신교환을 통해 역학에 대한 관심을 다시 보여 그 해에 케플러運動의 문제를 해결했다. 均質重力圈은 그 모든 질량이 중심에 있는 것처럼 밖의 점들에서 잡아당긴다는 것을 증명하는 정리(1685)는 「프링키피아」의 주요 기초를 이루었다. 이에 못지 않게 중요한 것이 달의 운동에 대한 중력의 역계 곱법칙을 검증한 것인데 이것은 그의 20페이지 착수해서 미결이었던 것을 삐까르(Jean Picard)에 의한 보다 정확한 지구직경의 측정을 써서 성공했다. 그러나 역학에서 뉴턴의 가장 독창적인 공헌은 정확한 힘의 개념



<프링키피아> 1687年

이며, 이것은 운동의 제 2 법칙으로 정식화되었다.

17세기 후반의 큰 문제는 행성이 어떤 힘의 법칙에 의해 타원궤도를 따르는가였다. 케플러의 법칙들로부터 태양이 어떤 형태를 띠는지 행성의 운동에 영향을 준다는 것이 명백해졌으나 그 이상은 알 수 없었다. 1684년 어느 날 세 사람의 과학자가 런던의 한 다방에서 차를 들며 이 문제를 토론하고 있었다. 핼리(Edmund Halley)는 행성에 가해져서 그것을 궤도에 붙어 있게 하는 힘은 거리의 제곱에 반비례한다고 제안했다. 그러나 이 가설로부터 관측된 천체의 운동을 끌어낼 수 없었다. 핼(Christopher Wren)과 혹은 핼리의 가설에 동의했다. 혹은 이 가설로부터 천체운동의 법칙을 증명하겠다고 큰소리 쳤지만 실패하고 말았다. 핼리가 뉴턴을 찾아가 이 문제를 상의하기로 했다. 중력이 거리의 제곱에 따라 준다면 행성의 궤도는 어떤 곡선이 되겠느냐는 질문에 뉴턴은 대담 타원이라고 대답했다. 놀라서 어떻게 알았느냐고 물으니 옛날에 계산해본 일이 있다고 했다. 전에 해놓은 계산을 찾지 못한 뉴턴은 약속대로 뒤에 궤도를 다시 계산해서 보내주었다.

뉴턴은 핼리의 방문에 자극을 받아 20대에 한 연구를 정리, 발전시켰다. 핼리는 그에게 연구결과를 출판하

라고 압력을 가하면서 비용까지 대겠다고 나섰다. 이렇게 해서 마침내 뉴턴은 「프링키피아」를 쓰기로 결심했다. 「自然哲學의 數學的 原理」(Philosophiæ naturalis Principia mathematica)는 18개월 동안 총력을 기울인 끝에 탈고되어 1686년 왕립학회에 제출되었고 이듬해 여름 선을 보였다.

다시 하나가 된 宇宙

「프링키피아」는 「宇宙體系的 틀」이라는 副題가 붙어 있으며 수학자도 이해하기 어려울만큼 난해하게 씌어졌다. 광학논쟁의 기억이 생생한 뉴턴이 조무라기 비판자들에게 시달림을 받지 않기 위해 일부러 그렇게 한 것이다. 「프링키피아」는 3책으로 되어 있다. 제 1책에는 운동하는 물체의 역학의 일반적원리들이 다루어져 있다.

운동의 제 1 법칙은 慣性의 법칙이다. 정지한 물체는 외부의 힘이 작용하지 않는 한 정지한 채로 남아 있고 운동하고 있는 물체는 변화가 없는 한 같은 속도로 같은 방향으로 운동한다는 것이다. 뉴턴은 물체를 운동하게 하기 위해서는 그것이 나무에서 떨어지는 사과든 바닷물이 위로 올라오는 조석이건 힘이 필요함을 알았다. 이 개념은 뉴턴 이전에 데카르트가 알고 있었으나 뉴턴이 완전히 정식화한 것이다. 제 2 법칙은 힘의 양은 운동의 변화율 즉 加速度로 측정될 수 있다는 것이다. 제 3 법칙은 작용이 반작용을 일으키며 이 둘은 같고 방향만 반대라는 것이다. 普遍重力의 법칙은 가장 놀라운 것이다. 뉴턴은 물질의 모든 입자가 다른 입자들을 끌어당긴다고 주장했다. 지구가 사과를 당길뿐 아니라 사과도 지구를 당긴다. 이 법칙은 모든 천체에도 적용된다. 그는 물체 사이에 작용하는 힘은 그 질량의 곱에 비례하고 거리에 반비례함을 수학적으로 보여 주었다.

제 2 책은 제 1 책의 개념들을 발전시켰으나 물체의 저항을 다루고 있다. 流體力學, 예를 들면 가장 작은 저항을 받을 배의 모양을 논하고 있다. 또한 파동운동도 수학적으로 다루었다. 제 3 책은 인간지성의 위대한 승리로 평가된다. 뉴턴은 지구의 물체의 운동에서 연역된 운동과 중력의 원리를 천우주에 확대 적용했다. 그는 태양과 지구의 질량을 계산했다. 지구가 극지방에서 평평하고 적도에서 튀어나온 이유도 설명할 수 있었다. 달의 궤도가 태양의 인력의 영향을 받는 것을 정

확히 보여 주었다. 그는 또한 태양과 달의 인력이 바닷물에 미치는 영향을 설명했으며 조석이론을 수학적으로 해결했다. 그러나 뉴턴은 중력이 존재한다는 것으로 충분하며 그 원인을 알려고 할 필요는 없다고 했다.

天才와 끈기와 洞察力

이렇게 해서 뉴턴은 아리스토텔레스 이래들로 나누어졌던 우주를 하나의 물리학에 의해 완전히 통일하는 데 성공했다. 이제 낡은 물리학, 낡은 우주관은 종말을 고했다. 그렇지만 이 거대한 작업이 뉴턴 한 사람의 힘으로 이루어진 것은 결코 아니다. 다른 위인들처럼 뉴턴도 때를 잘 맞추어 태어났던 것이다. 때마침 왕립학회와 같은 과학학회가 설립되어 협동연구, 정보교환이 가능했고 체계적 실험이 시작되었으며 근대적 수학을 이용할 수 있었다. 뿐만 아니라 데카르트, 케플러, 갈릴레오가 중요한 일을 거의 다 해 놓은 뒤에 뉴턴은 나타났다. 거의 다된 그림에 뉴턴이 마지막 붓을 들어 완성한 것이다. 그렇다고 해서 뉴턴을 별것 없는 사람으로 보아서는 안된다. 그의 천재적인 능력이 아니었다면 이것은 단번에 이루어지기 어려운 거창한 작업이었다. 게다가 뉴턴은 무서운 집중력의 소유자였고 옳은 답을 찾아내는 비상한 직관적 감각도 갖고 있었다. 천재, 끈기, 통찰력이 합쳐져 뉴턴의 과학적성취가 나왔다.

1704년에 출간된 「光學」(Opticks)은 여러 판을 거듭했으며 가장 영향력이 큰 실험과학책이 되었다. 이것은 철저히 경험적인 책이라는 점에서 수학적 방법으로 일관한 「프링키피아」와 대조적이다. 방법에 관한 뉴턴의 깊은 관심은 「光學」의 質問(Queries)과 「프링키피아」 2판(1713)의 서문에 잘 나타나 있다. 그는 과학적 방법의 기초를 이렇게 말한다. 『과학연구를 하는 가장 좋고 안전한 방법은 사물의 성질을 부지런히 조사하고 실험에 의해 결정한다 다음 그것을 설명할 이론으로 천천히 나아가는 것이다.』 그러나 『나는 假說을 만들지 않는다.』(Htyphoteses non fingo)는 뉴턴의 유명한 선언은 오해를 일으키기 꼭 맞는 말이다. 이것은 그가 가설을 전적으로 배척한다는 말이 아니다. 여기서 뉴턴이 싫어한 가설은 데카르트가 즐겨쓴 가설, 즉 실험에 의해 검증될 수 없는 허황된 가설을 뜻한다. 실제로 그는 많은 가설을 썼다.

神秘主義와 官職

뉴턴은 생물학에는 전혀 무관심했다. 그의 과학은 19세기 화학자보다는 고대철학자의 그것에 더 가까웠다. 그러나 그는 鍊金術연구에 심취했다. 발표한 것은 거의 없지만 연금술에서 사색과 실험에 소비한 시간은 막대했다. 근대과학을 마무리한 사람이 이런 神秘科學에 열중했다는 것은 모순된 일로 보일지 모른다. 그러나 그는 신학에도 조예가 깊었고 성서에 나오는 사건들의 年代를 결정하는데 깊은 연구를 남기고 있다. 따라서 뉴턴은 역사가로도 볼수 있다.

「프링키피아」를 낸 다음 뉴턴은 신경증 때문에 거의 창조적인 연구를 할 수 없었다. 그 대신 그의 다채로운 공직생활이 시작되었다. 뉴턴은 킹즈대학(King's College)학장을 지냈고 1703년 왕립학회 회장에 당선되어 죽을 때까지 그 자리에 있었다. 그에 앞서 케임브리지 출신 하원의원이 되었으나 활동은 거의 없었다. 뉴턴은 여러차례 邑官은동 끝에 造幣局長자리를 얻었는데 주화의 개혁등 활약이 컸다.

1705년 뉴턴은 앤(Anne)여왕은로부터 爵位를 받았다. 과학자로서는 처음 얻은 영예였다. 그러나 개인적으로 뉴턴은 고독한 사람이었다. 1727년 뉴턴이 죽자 영국정부는 國葬으로 대접했고 최고의 명사들만 갈수 있는 웨스트민스트림당에 묻어주었다. 때마침 영국에 와서 뉴턴물리학을 공부하고 있던 프랑스철학자 볼테르(Voltaire)는 장례식에 참석하고 돌아가 사파이야기를 곁들여 뉴턴물리학을 널리 소개했다. 18세기에 뉴턴은 대륙을 휩쓸었고 지식인들에게 거의 신과 같이 떠 받들어졌다.

이리하여 뉴턴은 2천년 내려온 아리스토텔레스의 과학을 쓰러뜨리고 근대과학을 탄탄한 기반 위에 세워 놓았다. 그의 권위는 백년 이상 반석 같은 것이었다. 중력·빛·입자적물질이론에서 뉴턴의 영향은 너무나 컸기 때문에 한세기동안 어떤 연구도 그의 틀을 넘어서지 못했다. 그대신 뉴턴과 무관한 분야들 즉 화학, 생물학 그리고 물리학에서는 열과 전기분야가 18세기에 발전했다. 뉴턴역학의 불가침성에 대한 의심은 19세기 말에야 일어나서 조심스럽게 수정이 시도되었다.

그러나 世紀의 巨人 뉴턴은 겸손한 말을 잊지않았다. 『내가 더 멀리 보았다면 그것은 거인들의 어깨위에 올라섰기 때문이다.』 그는 진리의 大洋에서 작은 조개를 주우며 노는 소년에 자기를 비유하고 있다.