



과학철학자 앙페르의 업적

An Achievements Of Andre-Marie Ampere

朱 昇 煥*

Choo, Seung Hwan

이 글은 미국 과학 잡지에 실린 미국 코넬대학 과학철학과 피어스 윌리엄 교수의 논문¹⁾을 번역한 것이다. 그의 논문은 위대한 앙드레 마리 앙페르의 생애를 조명한 것으로서 앙페르가 현대 과학에 공헌한 업적들을 과학적 자료를 통해 뒷받침한 논문이므로 전기공학을 전공한 공학자들 뿐만 아니라 일반 과학자들에게도 새로운 용기를 부추기는 에너지의 근원으로 작용 할 것이다.

칸트 철학의 기초에서 출발하여 전기역학의 뿌리인 보이지 않는 전류의 흐름을 발견해 내기까지 그의 확고했던 신념은 사종일관 철학적 기초에 그 뿌리를 두었다는 사실을 우리는 기억해야 할 것이다(역자).

나의 대학 1학년 제자들은 나에게 앙드레 마리 앙페르(André-Marie Ampère)가 누구냐고 질문하는 경우가 가끔 있었다. 그때, “제군들은 아마도 앙페르 보다는 그를, Amps로써 더 잘 알고 있을 것이며, 그것은 15와 35라는 두 개의 크기로 되어있지.”라고 대답하곤 했다. 앙페르는 전기역학의 창시자로 유명하다. 19세기 초에 인류의 역사에서 전류 때문에 생기는 자장(자석의 성질이 미치는 곳)을 체계적으로 연구하여 전류가 흐르는 전선들 사이에서 생기는 힘들을 처음으로 발견하였으며, 그런 힘들의 세기들을 수치로 나타내기도 하였다. 그리고, 영구자석에서 관측되는 자석의 힘은 자석의 성질을 띤 물질의 성분을 이룬 분자들 사이를 돌고 있는 미소한 전류 때문이란 가설을 처음 제안하였다. 그의 업적은 전류의 국제 기본 단위인 -Ampere 또는 Amp-로 표시되고 있다. 이 단위는 전류의 세기를 정하는 것이며, 보통 15와 35 암페어(ampere)로 일러지는 퓨즈의 규격품으로 쓰인다. 앙페르는, 비록 그의 업적들이 어떤 점에서는 그 자체로 의미 심장 했음에도 불구하고, 한 사람의 과학 철학자로서의 업적에서는 그의 명성에 걸맞을 만큼 잘 알려지지는 못 하였다.

그의 이름은 전류의 국제 기본 단위로 쓰임

그는 물리학과 화학 분야에 철학적인 기초를 닦아 놓았던 독일 철학자 임마누엘 칸트의 관점들을 채택한 최초의 주요 과학자 였다. 앙페르는 과학적 발견의 한 실험 방법을 찾아내기 위하여 칸트의 인식론을 출발점으로 잡았던 것이다. 칸트의 인식론은 인간이 알 수 있는 사물과 인간이 그에 이르는 방법에 관한 논리이다. 결국, 칸트 철학은 19세기 후반과 20세기 초기에 물리학 탄생의 시발점이 된 것이다. 전기역학 연구의 길잡이가 되었던 앙페르의 탐구 방법은 오늘에 이르기까지 가장 보편적인 과학적 방법론들 중에서 하나의 다른 모습으로 나타나고 있다.

칸트의 인식론을 실험 방법의 기초로 잡다

1775년에 태어난 앙드레 마리 앙페르(André-Marie Ampère)는 프랑스 리옹(Lyons)의 외곽 뿔리미유(Poleymieux) 마을에서 자랐다. 독학으로 젊은 시절을 보낸 그는 그의 아버지 도서관에서 책을 빌려다 열정적으로 독서를 즐겼다. 새로 출간된 드니 디데로(Denis Diderot)의 백과사전을 탐독하

* 放射線管理技術士, 工學博士(原子力工學), 韓國資源研究所 責任研究員, 本會 弘報委員.

1) P. Williams 1989. "André-Marie Ampère". Scientific American January 1989. PP. 72~79.

여 그 책에 수록된 모든 논문들을 기억할 만큼 독서에 열정을 쏟았다. 그는 특별히 수학에 소질을 지녔으며, 고급 대수학, 확률론 그리고 미적분학에 관한 스위스 수학자 레오나드 유러(Leonhard Euler)의 논문들을 읽으면서 십대 후반기에는 이미 분석역학에 대한 조세프 루이 라그랑지(Joseph-Louis Lagrange)의 획기적인 책에도 숙달되어 있었다. 수학 외에도 그의 흥미는 문자 그대로 백과 사전적이었다. 앙페르는 자연사에 관한 조지 드 뷔퐁(Georges de Buffon)의 업적을 연구하였으며, 그리스어, 라틴어 그리고 이탈리아어를 배워, 언어학에서 최신 원리의 기초가 될 공용어를 개발하려고 노력한 적도 있다. 한때, 불문학에 빠져 시도 썼고, 식물학의 연구, 그리고 자연에 관한 자신의 관찰들을 체계화하는 방법들을 개발하는 등, 이와 같이 그의 폭넓은 취미생활은 일생 동안 계속되었다.

그는 18세에 이르기까지 부러워할만한 전원풍의 가정의 아들로 자랐다. 1793년 그의 남은 여생을 결정 짓는 개인적인 비극이 시작된다. 그해, 그의 아버지는 반혁명자로 몰려 교수형을 당하고 말았다. 1803년 그가 4년간 사랑했던 아내(그의 아들인 장-작크의 어머니)가 죽고 나서, 4년 후 그는 두 번째의 결혼을 하지만 불행하게도 어린 딸 하나만을 남긴 채 헤어지고 만다. 그 후 몇 년 동안은 상대적으로 안정을 되찾는 듯 하였으나, 1819년 그의 아들이 마담 레까미에(Récamier)의 수행원이 되려고 모든 장래를 포기했을 때, 앙페르의 희망은 산산조각이 나고 만다. 마담 레까미에는 수없이 많은 남성 팬을 모집하여 자기의 손아귀에 휘어잡고 있었다. 앙페르의 아들 장-작크(Jean-Jacques)는 20년 동안 그녀의 주위에 매여 있었고, 아버지가 집으로 돌아오기를 간곡히 타이르기도 하였지만, 아버지의 소망을 거절하면서 나름대로 방탕한 생활을 계속하고 있었다. 1827년 앙페르는 그의 후처에서 난 딸을 나폴레옹 군대의 퇴임 장교와 결혼시켰다. 그러나, 나중에 알고 보니 그는 알코올 중독자였다 정신 이상자이기도 하였다.

앙페르는 일생 동안 허약체질 때문에 고통을 견

더내야 했으며, 그의 건강은 그의 과학적인 연구를 수행하는 데 큰 부담이 되기도 하였다. 설상가상으로 그의 삶의 대부분은 재정적으로 궁핍하여 닥치는 대로 일을 찾아 생활을 꾸려가야만 하였는데, 그런 일들은 주로 여러 수준의 학생들에게 수학을 가르치는 일이었다.

과학자인 앙페르의 성장 시절은 그런 개인적인 환경뿐만 아니라 그의 타고난 지적 활동에 의해서도 지장을 받고 있었다. 최근에 찾아낸 자료들을 보면 그가 20세에 썼던 편지들은 그가 이론역학을 떠나 실험역학의 구성, 날으는 술개의 이론, 인위적 언어, 음악, 천문학, 식물학, 분류체계 등으로 건너 뛰고 있었음을 알게 된다. 그가 선택한 어떤 한 분야에도 정통하지 못 하였을 뿐만 아니라 그의 모든 재능을 효과적으로 나타낼 수도 없었던 것으로 나타나고 있다. 그는 열광적으로 전기역학에 몰두하면서도 추상론과 철학의 문제들에 깊이 빠져 있곤 하였다. 그런 까닭은, 한 기초 단위의 근원이란 모든 다양한 지식들에 터잡고 있다고 확신하고 있었기 때문에, 철학의 문제들은 그에게 어떤 모순된 틈도 주지 않았다. 독자는 알게 되겠지만, 그의 마지막 연구는 그 점을 논증해 보려고 기도하였다.

과학적 사고의 기초 단위는 다양한 모든 지식들에 바탕을 두고 있다

앙페르가 과학적 연구를 시작했을 무렵, 프랑스 철학은 이데올로기를 경멸하던 나폴레옹의 작위를 받은 학자들이 지배하고 있었다. 이데올로기는 적절한 과학적 절차를 위한 완전한 규범을 확립했다고 공언하고 있었다. 그들의 신념에 따르면, 인간의 마음이란 지각적 감명의 수동적 감각기관에 불과하다. 이런 감명들에 터잡고, 마음은 외부 세계를 나타내고 연결되는 현상들(냄새, 소리, 맛 그리고 느낌을 포함)의 한 계열을 이룬다. 영상들의 차이점들을 결정하고 나서 시간이 지남에 따라 영상들의 연결이 어떻게 변화하는 지를 확인하기 위하여 마음은 그 현상들을 다시 불러내어 서로 견주어 볼 수

있다. 그때, 어떤 관측된 규칙들은 과학적 법칙에 대한 터전이 된다. 아직은 실제로 하나의 외부 세계 인지 말해주지 않고, 단지 알려진 실체는 영상으로만 남아 있을 뿐이다.

관측된 어떤 규칙들은 과학적 법칙에 대한 터전이다

이런 세계관에서 영상들의 연결만 가지고는 원인과 효과의 상호관계를 깨닫지 못 한다. 그래서 하나의 감각으로 현상을 설명하는 -어떤 한 원인이 특정 효과를 일으키는- 물리적 힘들을 따지기는 불가능하다. 그러므로 언어의 현대적 감각으로 어떤 과학적 이론들을 보여 줄 수는 없다. 한 편으로 과학은 분류학적이다: 과학자는 순수하게 조직된 그룹들 속에서 유사한 감정들을 배열시킨다. 다른 편으로 그것은 실증 철학적이다. 즉, 과학자는 논리적 법칙에 의하여 관측된 규칙들을 수학적으로 표현한다. 과학의 첫째 부류에서 잘 어울리는 한 예로는 화학에서 안토니 라브와지에르(Antoine Lavoisier)의 체계이며, 그의 체계는 정확한 기술, 정밀한 이름 짓기 그리고 화학적 원소들과 화합물들의 고유한 분류 등에 터잡고 있다. 두 번째 부류는 장-밥티스뜨 폴리(Jean-Baptiste Fourier)의 열 연구가 전형이다. 폴리는 열이 생기는 원인을 경시했고, 그 대신 열이 전달되는 것을 수학적으로 결정하는 일에 집중하였다. 그러한 이성적인 뼈대 위에서의 출발은 과학적 연구의 여러 부문에서 적절하겠지만, 그러나 기본적으로는 미시물리학과 같은 영역을 벗어난다. 미시물리학은 원자나 분자들과 같이 직접 관찰 될 수 없는, 이론적으로 가정된 실체들에 의존한다.

과학자는 논리 체계로 관측된 법칙들을 수학적으로 나타낸다

처음에 앙페르의 과학적 업적은 이런 틀에 제한받지는 않았다. 그는 수학자로서 그의 경력을 시작하였으며, 수학은 어떤 외적인 물리적 사실을 인용

할 필요는 없다. 앙페르가 발표했던 최초의 논문은 1802년에 작성되었으며, 그 논문 덕분에 리용에 있는 나폴레옹 고등학교의 선생이 될 수 있는 명예를 얻게 되었던 것이다. 그의 논문은 도박판의 수학적 논리에 관한 것이다. 이 짧은 논문에서 앙페르는 일정량의 돈을 가지고 있는 도박사는 무한대의 돈을 가진 한 사람 또는 한정된 돈을 가진 절대 다수와 겨루면, 한정된 시간 안에 가진 돈을 모두 잃게 된다는 사실을 수학적으로 증명해 낸 것이다. 또한 앙페르는 이론적 역학에 관한 논문들을 썼다. 그러므로 프랑스 과학원이 선정해 낸 그의 가장 폭넓게 다룬 수학의 업적은 부분미분방정식에 관한 논문이 뽑혔다. 이러한 그의 위상은 그가 발표했던 다른 대다수의 수학 논문들 속에 넘치고 있다. 만약 그가 수학에 그의 모든 노력을 한정시켰더라면, 지금 그와 같은 시대에 살던 라플라스(Laplace), 프와송(Poisson), 코시(Cauchy) 그리고 폴리(Fourier) 등과 함께 유능한 수학자로 알려질 수도 있었을 것이다.

앙페르는 유능한 수학자의 자질도 갖추고 있었다

1805년까지 앙페르는 수학에서 그의 새로운 터전을 마련하지는 못하였다. 그래서 그가 두 개의 새로운 열정의 대상을 찾게 된 것은 추상론과 화학이다.

아버지와 아내가 사망한 이후, 1804년 리용에서 파리로 이사를 했을 때, 추상론에 대한 앙페르의 열정은 이데올로기 학파에 소개되면서 유감없이 분출되었다. 앙페르는 이데올로기 학파의 창설자 아베드 콘딜락(Abbe de Condillac)의 업적을 논의하기 위한 오페이유(Auteuil)의 외곽 마을에 모였던 철학자들의 소그룹에 속해 있었다. 그는 곧바로 이데올로기의 견해들에 반발하였다. 그 이유는 그들이 신의 존재와 불멸의 영혼을 부정하였으므로 그는 별개의 연구를 해볼 작정으로 그가 속한 소그룹을 떠나고 만 것이다. 그는 칸트의 저서들에서 자신의 철학적 영감을 찾게 된다.

칸트는 세계관을 두 개의 영역: 현상들의 영역과 실체들의 영역으로 나누고 있다. 현상들은 인간의 마음에 의해 지각된 사건들 - 그들은 감각들이다. 실체들은 현상들의 원인과 결과들이다. 원인과 결과들은 소위 그 자체인 물질이고 실제로 존재하는 대상들이다. 인간은 실체들을 직접 볼 수는 없다: 실체들은 우리의 감각에 작용하는 신호들의 근원이다. 그래서 우리는 오로지 그 신호들을 감지할 수 있을 뿐이지, 실체들을 직접 감지하는 것은 아니다. 따라서 칸트에 따르면, 실체에 관한 어떤 정의도 실제로 내리기는 불가능하다.

칸트로부터 앙페르가 깨달은 바는 바로 그 점이다. 앙페르는 현상들 사이에는 종종 영적 교통-그의 표현을 빌린다면, "rapports"라는 상호관계가 있다고 지적하였다. 그가 믿는 이들 "rapports"는 이들 현상들을 저변에 깔고 있는 실체들 사이의 "rapports"와 유사할 것임에 틀림이 없다.

그러므로, 현상의 "rapports"를 연구함으로써 보이지 않는 실체들 사이에서 일어나는 상호 작용²⁾들을 알 수가 있다고 믿고 있었다.

영적 교통(rapports)의 인식

이런 철학적 주장은 앙페르가 과학적 발견의 탐구방법을 설정했던 바탕이 되었다. 1810년 그의 오랜 친구였던 마리 프랑소와 뻬에르 맨느 드 비랑(Marie Francois Pierre Maine de Biran)에게 편지를 썼고, 그 편지에서 그의 방법을 설명하고 있다. 앙페르 방법에서 과학자는 어떤 실체적 본체들의 존재를 가정하여 현상들을 상세하게 설명한다. 그 때, 과학자는 연역 과정에 몰두하게 된다. 이론적인 실체들의 존재를 받아들이면서, 새로운 실험적 결과들 - 현상들 -에서 무엇을 기대할 수 있을까? 그 연역은 그때, 실험으로 검증된다. 이론적인 실체들은 측정할 수 있는 현상으로 나타나는 동안까지 존

재한다고 가정이 될 수 있다. 그 이론이 진실일 확률은 실험적 공격에 견디어 낼 그의 능력이 논증됨으로써 높아진다. 앙페르의 방식은 지금 '가상-연역적 접근법(hypothetico-deductive approach)'으로 알려져 있으며, 그 방법은 많은 이들에게 과학적 연구를 수행하는 적절한 방식으로 쓰이고 있다.

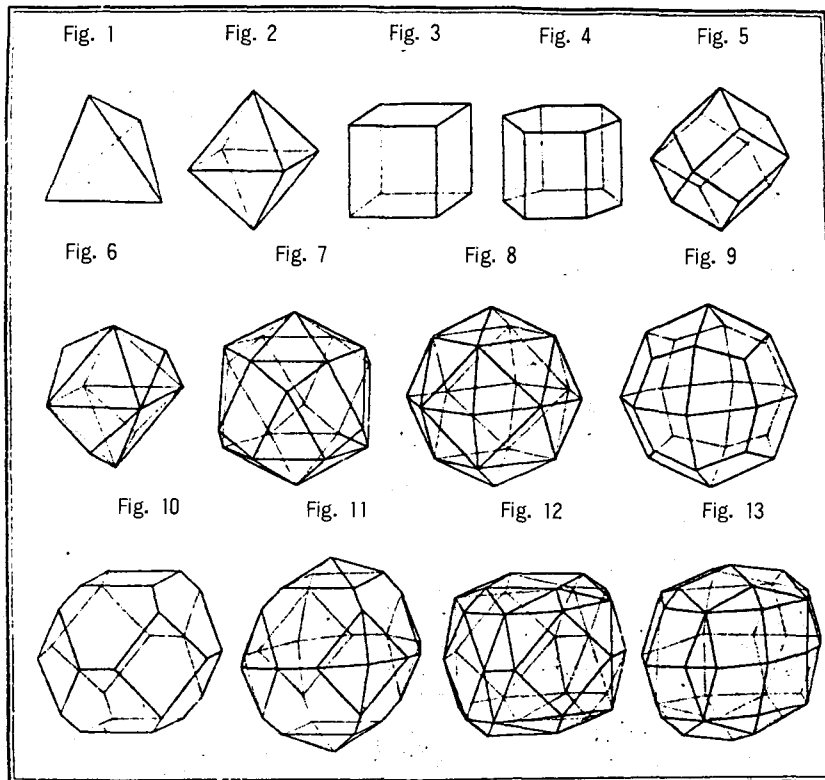
앙페르 방식의 가상-연역적 접근법

실행 방법의 좋은 예는 화합시킬 체적들에 관한 게이 뤼삭(Joseph-Louis Gay-Lussac) 법칙에 대한 앙페르식 분석이다. 이런 현상 법칙에 따라 정수 배인 가스 체적들이 반응할 때, 그들은 반드시 정수 배의 체적으로 생성물을 만든다: 예컨대 2리터의 수소가 1리터의 산소와 합칠 때, 생성물물은 정확히 2리터의 물이 된다. 이데올로기 방식이라면, 그것은 한 쪽이 진행할 수 있는 데까지 계속 가야만 된다. 한 쪽은 그 법칙이 어떻게 사실인지 설명하지 못 한다. 앙페르는 더 멀리 가기로 방침을 정했다. 1814년 그는 이론화학에 관한 초창기의 현대적 모습의 논문들 중의 한 편에서, 같은 온도, 같은 압력에서 다른 기체들의 동일한 체적은 반드시 동일한 수의 분자들을 포함한다고 가정함으로써 현상을 설명할 수 있다고 주장했다. 분자들의 존재 - 보이지 않는 실체는 게이 뤼삭에 의하여 설명된 그런 현상에 대한 앙페르식 표현의 바탕이기도 하다. 앙페르는 곧바로 화학에서 혁신적인 이론의 골격을 개발하는 데 그가 고안했던 방법을 적용시켰다. 칸트는 과학이 먼저 수학적 원리들에 바탕을 두어야 한다고 주장했다. 칸트가 믿고 있던 원리들은 인간의 마음 구조 속에서 타고 난 것이지, 관찰에 바탕을 두고 있는 것은 아니라는 것이다. 칸트의 가르침에 따라 앙페르는 현존하는 기하학적인 가상의 분자들의 존재를 가정하여 화학적 친화력의 법칙들을 유도하려고 노력하였다.

2) 유사한 개념으로 "과학자들은 크고 작은 모든 물질 단위들이 자연으로부터 오는 어떤 힘을 받고 있다고 믿고 있다. 그 힘에 의하여 물질들끼리 서로 에너지를 주고 받는것을 상호작용이라한다." 주승환·제원목 저 「라돈 방사능과 생활환경」, P.61, 계축문화사.

앙페르는 각각의 분자가, 4면체, 8면체 또는 입방체들처럼, 단순한 기하학적 고체의 꼭지점으로써 공간에 배열된 점 같은 원자들로 구성되었다고 가정했다. 오로지 일어날 화학적 결합들은, 어떤 3차

원의 대칭과 규칙성을 가진 기하학적 고체를 만드는 것이다. 화학적 반응의 종잡을 수 없는 임의성도, 앙페르 이론의 뼈대에서는 수학적 공식 속에 별 수 없이 들어올 수 밖에 없다.



〈그림 1〉 다각체 분자들은 앙페르의 초창기 연구였던 이론화학의 개념적 기초로 모습을 갖추었다. 진실된 과학은 반드시 수학적 원리들에 터잡아야 한다는 임마누엘 칸트의 확신에 자극 받은 앙페르는 화학을 기하학으로 설명하려고 시도했다. 앙페르의 도식에서 대부분의 기본 분자들은 이 차트(Annales de Chimie에 실린 앙페르의 논문에서)의 윗줄에서 보통 또는 거의 보통과 다름없는 고체들의 꼭지각들로 배열된 점들로 이루어진다. 이들 분자들 사이에서 반응들은 오직 그들이 그 다음의 두 줄에 있는 그들과 같은 균형 또는 대칭의 등급인 고체들로 만들어질 수 있어야 일어난다.

칸트는 화학이 기하학에 터를 잡은 수학의 가장 순수한 형태라고 믿고 있었다. 저자는 앙페르의 화학에 관한 논문들이 그의 사색과 수학 분야, 양쪽 모두에 대해 호의적이 아니던 화학자들로부터 많은 지지를 이끌어 내지 못 했음을 밝힌다.

화학은 기하학에 바탕을 둔 수학의 가장 순수한 형태

그가 44세가 되던 1819년까지 앙페르의 업적들은 물리학의 역사에서 그 비중으로 보면 단지 주석

정도에 불과 했다. 그와 같은 시대에 살고, 39세와 36세에 사망한 오거스틴 프레넬(Augustin Fresnel; 앙페르의 가까웠던 한 친구이며 빛의 파동설의 창시자)과 사디 카르노(Sadi Carnot; 열 역학의 창시자)들과는 달리 앙페르가 가장 위대한 과학적 업적을 이룬 것은 그가 절망의 수렁에서 허덕이다가 빠져나온 이 후인 중년에 이르러서였다.

전기역학에서 앙페르의 첫 실험은 1800년 알르쌍드로 볼타(Alessandro Volta)가 만든 건전지(Voltaic pile)가 포함된다. 그 건전지는 전기화학의 셀로서 지금의 자동차에 쓰이는 배터리와 아주 닮았다. 만일 건전지의 두 극들이 전선으로 연결된다면, 셀 속에서 일어나는 화학적 반응들이 두 극들 사이에 걸리는 전압 차이를 보존하려고 작용하는 동안, 한 전류는 전선을 따라 흐르게 될 것이다.

19세기 초엽에는 연속적으로 흐르는 전류가 새로운 현상으로 부각되어 나온 것이다. 전류에 대한 처음 이론은 정전기의 원리가 지배하고 있었다. 1780년대 샤를르 드 쿨롱(Charles de Coulomb)은 전기와 관계 있는 힘들은 자석의 힘과는 다르다는 사실을 보여준 적이 있었기 때문에, 어떤 자장(자기의 힘이 미치는 곳)의 효과를 나타내는 전류를 예상했던 사람은 거의 없었다. 단지 몇 명의 독일사람들과 그들의 영향을 받은 몇 명의 “자연 철학자들”만이 모든 힘들이 일체임을 믿고 전기와 자성 사이의 관계를 탐구하고 있었다.

이들 철학자들 중에는 덴마크의 한스 크리스찬 에르스테트(Hans Christian Oersted; 자석의 단위로 쓰임)도 포함되어 있었다. 그는 1807년과 1812년에 철학적 배경으로부터 전기와 자석의 성질은 반드시 관계가 있다는 논문들을 발표하였다. 1820년 겨울과 봄에 에르스테트는 긴 전선 가까이에 나침반을 매달고 서로의 관계를 마침내 측정해 낸 것이다. 전선에 전류가 흐를 때, 바늘이 휘어졌다. 에르스테트의 발견은 그날 모든 주력 과학잡지들에 소개되었다.

전류가 연속적으로 흐른다는 사실은 19세기 초엽에 확인되다

이 소식은 앙페르의 친구이던 프랑소와 아라고(Francois Arago)가 제네바 방문기간 중에 그 효과를 목격하면서 파리에 전해졌다. 과학원의 회원들은 아라고의 보고를 의심했다. 그래서 그들은 그해 9월 11일 그 효과를 실제로 재현시켜 확인하였다. 앙페르는 그 시범장에 참석하였으며, 집으로 돌아와 혼자서 그 효과를 연구하였다. 그는 에르스테트가 그의 실험 결과를 완전하게 이해하지 못한 사실을 발견해 내었다. 에르스테트는 지구의 지자기를 고려하지 않았던 것이다. 그의 나침반 바늘이 휘 것은 전류가 흐르는 전선과 지자기 사이의 각에 의존하고 있었다.

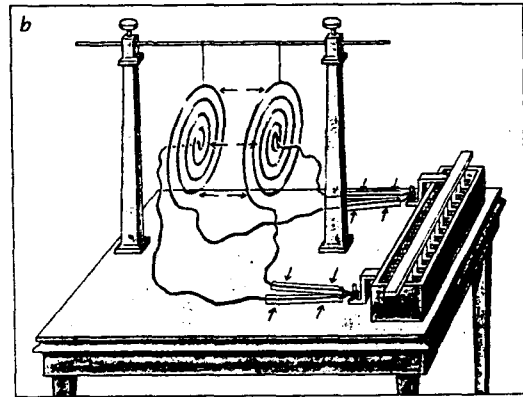
앙페르는 곧바로 작은 구역에 지자기를 차단하고 자유롭게 회전할 자석의 배열을 고안, 나침반의 바늘에 흐르는 전류의 순수한 효과를 찾아내려고 시도하게 된다. 나침반의 바늘이, 그가 실험할 때, 항상 전류가 흐르는 전선의 방향의 직각으로 놓인다는 사실에 그는 흥분하고 말았다. 그는 나침반의 바늘이 전류를 측정하는 도구로 이용 될 수 있음을 알게 되었다. 그의 새로운 도구를 검류계(galvanometer)라고 이름 짓고, 전선과 건전지에 연결된 회로를 통하는 전류를 그렸다. 그때까지 건전지 속에서 일어나는 메커니즘들은 건전지의 두 극에 연결된 전선을 따라 흐르는 전류와는 별개라고 알고 있었던 때였다. 앙페르는 건전지를 통하여 흐르는 전류가 회로에 남은 전류와 같다는 사실을 발견하고는 놀랐다. 하나의 가정이긴 하지만, 만일 그가 회로를 만들어 링처럼 꾸부려 건전지의 플러스(+)에 마이너스(-)를 연결하였다면 무슨 일이 벌어졌을까? 라는 의문을 갖게 되었다. 1820년은 그에게 풍성했던 한 해였다. 그 해 9월 그러한 건전지를 만들면서 대칭되는 자력장이 생겨났던 간접적인 증거에서 나타난다. 이 점 때문에, 앙페르는 그가 여생 동안 방어해야 할 그의 가설에 성큼 뛰어들게 된 것이다. 자력은 회로를 통하여 흐르는 전류보다는

더 크지 않다. 이것은 그가 9월 18일 학술원에 낸 첫 보고서를 읽을 때까지였다. 관심을 기울이는 사람은 아무도 없었다.

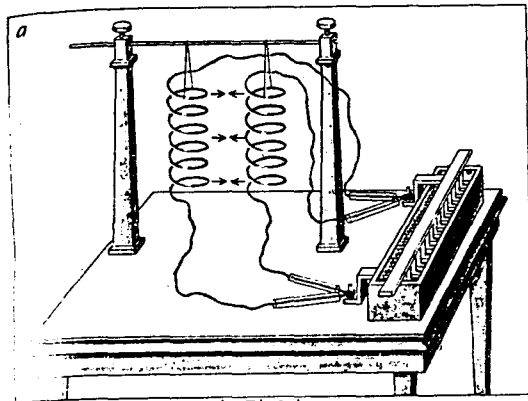
앙페르 학설의 물꼬는 트이다

9월 18일과 25일 사이에 다음의 학술원 총회의 일정이 잡혀 있었기에 앙페르는 그의 실험방법을 사용하였다.

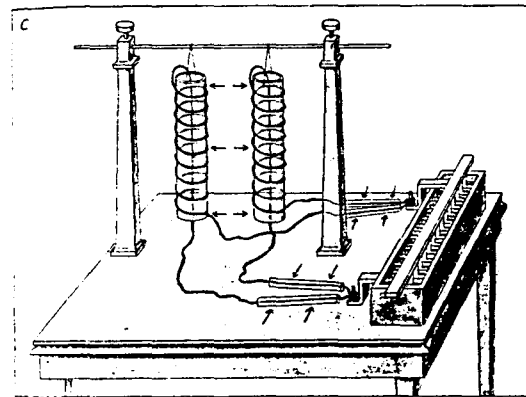
자기의 현상에 대한 실체의 설명이란 가설을 가지고 다음 단계는 가설에 터잡은 추론-회로의 전



<그림 2b>



<그림 2a>



<그림 2c>

<그림 2> 모든 자성들(영구자석의 자성일지라도)은 원형으로 흐르는 전류들 때문이라는 앙페르의 기본 가설을 시험했던 일련의 실험들. 만일 그 가설이 사실이라면, 앙페르의 응답은, 같은 방향에서 S극을 가진 영구자석처럼 그 때, 같은 방향에서(a) 전류를 운반하는 나선들이 서로 밀어낸다는 것이었다. 그대신 그 나선들은 서로 끌어당겼다. 앙페르가 퍼진 나선형들(b)로 실험을 했을 때, 나선형들은 자석처럼 행동했다. 그 실험에서 앙페르는 그의 전지 가까이 같은 방향에서 전류를 운반하는 전선들은 서로 끌어당겼음을 주장했다. 그는 그의 최초의 나선들이 느슨하게 감겼기 때문에 전류의 원형 흐름이 세로의 흐름에 비하여 뚜렷하지 않았으므로, 그 나선들은 직선으로 된 전선처럼 서로 끌어당겼다고 추정하였다. 그는 유리튜브 주위에 나선을 감고 전선을 각 튜브 뒤로 내려 통과시켜 그의 가설을 시험하였다. 그래야 돌아오는 전류는 세로 전류의 효과를 없앨 것이다. 그렇게 감은 나선들은 단순화된 실험방식(c)에서 보여주는 것처럼 서로가 밀어내었던 것이다.

류가 영구자석처럼 같은 효과를 나타내는 사실-을 시범해 보이려는 실험이었다. 그는 처음에는 나선(전선이 용수철처럼 감긴 모습)의 구리선에서 그 효과를 시범해 보이려고 시도했다. 그가 두 개의 나선 모양들을 서로 나란히 놓고 건전지와 연결된 나선 모양의 전선에 전류를 같은 방향으로 흐르게 했을 때, 서로 끌어당기는 현상(인력)이 나타났다(그림

2a)). 사실, 그는 자석들이 같은 극(마치 N극인 같은 점들)끼리 서로 밀어내는 현상(척력)을 기대하고 있었지만, 결과는 다르게 나타났던 것이다.

앙페르는 두 번째로 시도할 때는 앞의 나선 모양과는 다르게 전선을 평평하게 퍼지게 감은 두 개를 마련, 각각에서 전선의 한 끝을 동심원의 중심 밖으로 나오게 하고, 다른 선은 동심원의 가장자리로 끌

어내었다(그림 2b)). 그리고는 서로를 나란히 세워 놓고 전류를 흐르게 하는 순간, 그들 사이에는 자석 처럼 서로 끌어당기는 힘(인력)이 생겼다. 앙페르는 총회의 마지막 날인 9월 25일, 나선모양의 두 전선들에서 전류가 끌어당김과 밀치는 여러 가지 현상들을 그의 동료 학자들에게 시범해 보였던 것이다.

어떻게 두 나선모습들이 서로 다르게 작용하였을까? 대답은 우연한 관찰에서 나왔다. 나선 모양으로 감긴 두 전선들은 같은 전원에 연결되어 있었고, 그래서 그 전선들은 서로 가까이 지나는 전지의 같은 극에 연결돼 있었다(그림 2b)). 앙페르가 전류를 보냈을 때, 비록 그들은 둥근 모양으로 감긴 것은 아니었지만, 같은 방향에서 전류를 운반하는 전선들이 서로 잡아당기고 있음을 보았다. 직선으로 된 전선들 사이에서 이전에 관찰되지 않았던 그와 같은 새로운 상호 작용들은 앙페르의 머리 속에서 나선의 모양에 관한 문제라고 귀결되었다. 그가 썼던 전선은 절연되어 있질 않았기 때문에 그는 아주 느슨한 나선 모양으로 감고, 각 나선 가까이에서 각 코일선을 상대적으로 멀리 떨어지게 잡아 놓았다. 전류의 원운동은 나선의 한 끝에서 다른 끝까지 세로의 이동과 견주어 보잘 것이 없었다. 그러므로 나선 모습들은 같은 방향에서 전류를 운반하는 두 개의 직선으로 된 전선과 아주 비슷해서 그들은 서로 끌어당긴 것이다.

이런 결론을 실험하기 위하여 앙페르는 유리 튜브 겹면에 나선을 감고 전선의 끝을 튜브의 중심에서 아래로 빠지게 하였다(그림 2c)).

그는 튜브의 중심에서 아래로 통과하는 전류가 나선의 한 끝에서 다른 끝으로 흐르는 전류의 세로 방향의 효과를 없애 줄 것이라고 기대하였고, 전류의 원형 성분의 효과가 결보기로 나타나게 하였다. 나선의 모습들이 영구자석처럼 함께 움직이게 만들어 앙페르의 가설을 확인하였다.

앙페르 가설이 증명되다

이 실험의 결과들은 한 가지 다른 어려운 문제를

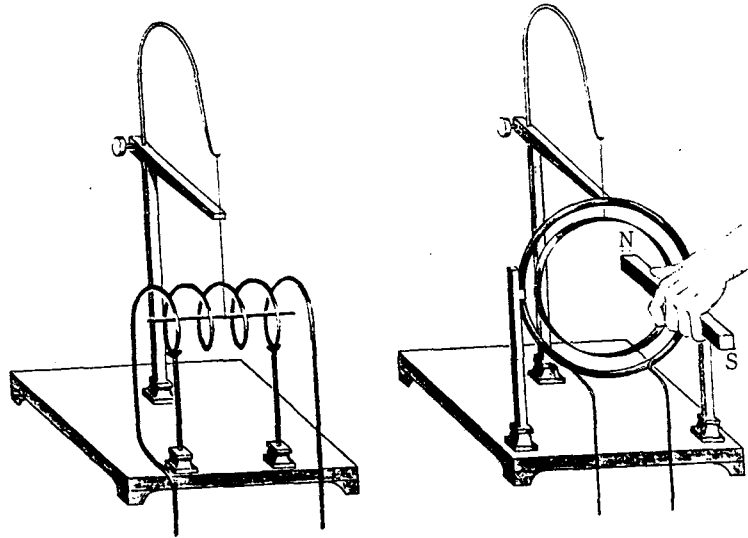
안고 있었다. 영구자석 속에서 전류들은 어느 곳에 머무를까? 실제로 가능성은 두 가지로 압축이 되었다. 전류들이 모두 자석의 축 주위의 회로에 흐르든지, 또는 전류들은 자석을 이룬 입자들 개개의 주위에 아주 적은 원 안에서 흐르든지라는 생각이었다. 프레넬(Fresnel)의 제의에 대해 앙페르는 전류가 자석의 개별 분자 주위를 흐른다고 가정을 하였다. 그런 가정은 실험이 필요하였다: 앙페르는 그의 친구인 아라고가 했던 실험에 기초를 두었다. 아라고는 구리선을 나선으로 감았던 것이다. 그는 나선의 공간 중심에 철침을 띄웠다(그림 3의 왼쪽)). 그가 나선을 건전지에 연결하였을 때, 회로에 흐르는 전류는 철침을 자석으로 만들었다. 그러므로, 만일 앙페르 가설이 맞다면, 나선에선 회로의 전류는 나선의 공간에 놓인 철침 속에서 회로의 전류를 만들어야 한다. 과연 철침의 축 주위 또는 그 철침 속에 개별 분자들 주위의 전류들은 있었을까?

앙페르는 링 속에 구리로 된 얇은 리본을 꾸부려 절연된 구리선의 원통형 코일 안쪽에 그것을 매달고 그 질문에 대한 해답을 얻기로 작정하였다. 링의 지름은 코일의 지름보다 약간 작게 하였으며, 링과 코일은 일직선에 배열시켜 그들은 중심이 같게 나란히 놓였다. 만일 나선 공간에서 아라고의 바늘 축 주위에 회로의 전류가 만들어진다면, 비슷한 전류는 구리 리본 주위에서 흐르게 될 것이고, 찰나에 영구자석처럼 행동한다는 것이 앙페르의 가설이다. 그는 코일 속에 전류가 흐르는 동안, 막대자석을 링에 붙여 그런 전류를 시험하였다(그림 3의 오른쪽)).

만일 링이 자석으로 자화된다면, 링은 막대자석에 의해 기울어졌을 것이다. 그러나 앙페르가 기대했던 바와 같이 기울어지지 않았다. 앙페르는 그의 분자 전류 가설에 대한 아주 중요한 증거로써 이 실험을 공개적으로 인용하였다.

앙페르의 분자전류 가설

그러나 바로 그때, 영구자석의 자성의 원인과 관



〈그림 3〉 자성 아래에 깔린 전류들의 성질은 아라고와 앙페르가 나누어 했던 한 쌍의 실험에서 탐구되었다. 첫 실험(왼쪽)에서 아라고는 구리선의 나선으로 감고, 중심에 철침을 지지해 두고, 그리고 나선에 전류를 흐르게 하였다. 그 침은 자화되었다. 앙페르는 영구자석의 자성과 관계된 원형 전류들이 자석 물질의 각 입자 주위 또는 전체 자석의 축 주위 어느 쪽에 흐르는지를 시험하기로 작정하였다. 그의 실험에서(오른쪽) 그는 절연된 구리선의 코일을 감고, 구리 리본으로 된 링을 그 안쪽에 지지시켰다. 만일 코일의 전류가 그의 중심축 주변으로 전류를 흐르게 하여 침을 자화시켰다면, 앙페르는, 그것은 전류가 그의 축 주위를 순환하기 때문에 구리 링이 자화돼야 한다고 생각하였다. 그는 코일에 전류를 흐르게 하고, 그것이 “영구” 자석으로 될 것인지를 확인하기 위하여 링 가까이 막대자석을 놓았다. 그 영구자석에서 전류들은 개별 알갱이들 주위를 순환하는 것이며 그 자석의 축 주위를 순환하는 것은 아니라는 앙페르의 확신에는 이르지 못 하였다. (그 실험은 -그러나 결론은 아닌- 한 현대적 전망에 금을 굵게 했던 것이다.)

계된 그의 모든 가설들은 모순에 부딪치고 말았다. 1821년 후반기까지 알려지지 않았던 전자기학의 한 역사가 영국의 물리학자 패러데이(Faraday)에 의하여 영어로 쓰여져 발간되었으며, 곧바로 프랑스어로 번역되었다. 그 책은 영구자석의 자성은 단순히 회로 전류의 결과라는 앙페르의 중심 가설을 논박하려고 계획된 한 쌍의 실험들로 윤곽을 잡고 있었다. 패러데이에 의하여 실험된 결과들은 영구자석들이 나선으로 운반되는 전류의 자성과는 아주 다르다는 사실을 보여주었다.

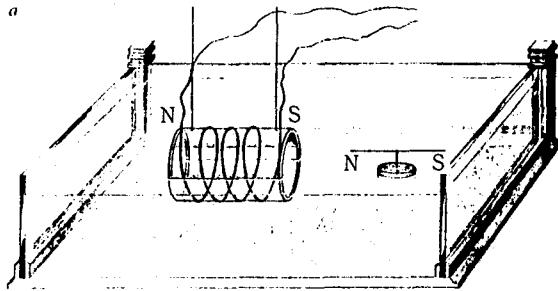
첫 번째 실험은 절연 구리선으로 된 나선을 지름이 넓게 뚫린 유리 튜브 주위에 감았다. 물로 채운 탱크와 가로로 누인 유리 튜브는 물 속에 그의 축이 절반 가량 잠기게 하였고, 그의 긴 축은 물표면

과 나란히 놓여지게 하였다(〈그림 4a〉). 그리고 콜크에 붙여 놓은 자화된 자침은 튜브 가까이 물 위로 뜨게 하고 나서, 전류가 나선으로 흐르게 하였다. 만일 나선이 실제로 자석처럼 행동한다면, 콜크는 유리튜브로 떠오르면서 정지된다고 패러데이는 논박했다. 왜냐하면 바늘의 한쪽 극(북극)은 나선의 반대인 극(남극)에 가능한 접근해야 하기 때문이다. 그 실험에서 그와 같이 되지는 않았다(〈그림 4b〉). 그 대신 콜크는 튜브의 한쪽 끝으로 가서 뚫고, 튜브를 통해 콜크가 이동하여(나선의 중심 쪽으로) 바늘의 양극들이 나선 자석과 같은(반대편이 아님) 극들 바로 아래에서 정지되었다.

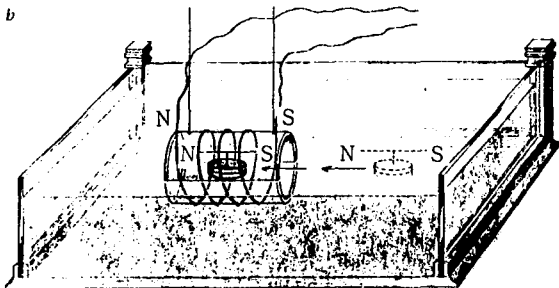
제2의 실험은 영구자석을 써서 그 효과를 확인하는 작업이었다. 얇은 한 장의 강판을 속이 빈 튜브

처럼 되게 감고, 자화(자성을 갖게 만들)시킨 후, 앞의 실험처럼 원통의 축이 물 위에 반 정도 잠기게 하였다(그림 4c). 콜크를 물 위에 띄운 순간 속이 빈 튜브를 향해 곧바로 뚫고, 그 다음 바로 자석의 남극 아래쪽으로 가서 정지되는 순간, 앙페르

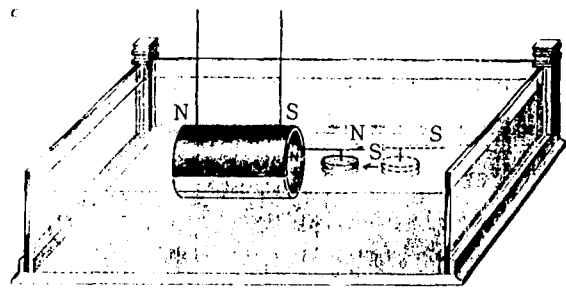
의 주장인 전류를 운반하는 나선들은 영구자석의 자성과는 다름이 확인된 것이다. 패러데이는 전기를 이동시키는 나선들이 영구자석과는 다르며, 그러므로 영구자석의 자성은 전류의 흐름의 결과는 아니라고 단호하게 말하였다.



〈그림 4a〉



〈그림 4b〉



〈그림 4c〉

〈그림 4〉 앙페르의 자성 기본 가설의 결보기 모순은 패러데이가 했던 실험에서 나왔다. 패러데이는 속이 빈 유리튜브 주위에 절연된 구리선의 나선을 감고 물탱크에 튜브를 뜨게 하였다(a). 그리고 나서 그는 튜브 가까이 콜크로 띄운 길고 자화된 침을 부착하고는 나선에 전류를 흐르게 했다. 만일 운반되는 나선 전류가 자석처럼 똑같다면, 콜크는 침을 나선 바로 안쪽에 있게 할 때까지 튜브를 뜨게 하고, 그때 침의 한쪽 자석 극은 나선-자석의 반대 극에 가능한 가까이 있어야 한다고 그는 주장하였다. 그 대신 콜크는 침의 양쪽 극들이 나선의 동일 극들 가까이 있을 때까지 튜브를 통해서 항상 뚫다(b). 다른 실험(c)에서 패러데이는 강판을 튜브처럼 만들고, 그것을 자화시켜 물 위에 뜨게 하였다. 이 때, 기대했던 것처럼 침은 물로 지지 받는 튜브의 한 끝에 떠서 멈췄다. 패러데이는 운반되는 나선 전류와 자석은 그러므로 같지 않다고 주장했다.(앙페르는 나선 속에서 침은 전류의 중심에 있었고, 강판튜브 속에서 침은 전류의 모든 작은 루프 밖에 있다고 지적함으로써 그의 가설에 이 결과를 조정할 수 있었다. 그래서 누구라도 두 상황에서 그 침이 다르게 거동한 것으로 예상했을지도 모른다.

앙페르의 아쉬웠던 실책

앙페르는 이를 해결할 한 방법을 찾아내었다. 만일 자석 속에서 전류가 자석을 이룬 개별 분자들 주위를 회전한다면, 그때, 강판으로 된 튜브의 중심

에서 전류의 양은 나선의 중심과는 정량적으로 달라야 할 것으로 생각하였다. 나선으로 된 공간 속에서 자화된 바늘은 회전하는 전류 속에 둘러싸여 있고; 한편, 강판의 튜브 속에서의 자침은 많은 분자 전류들 밖에 있어야 한다. 그래서, 두 사례들에서

바늘이 다르게 행동하고 있다는 것을 예상할 수 있을 지도 모른다. 이런 설명(기본적으로 정확했다)을 했던 앙페르는 분자 전류들의 개념에 공개적으로 깊숙이 빠지게 되었다.

앙페르가 하였던 약속의 강도는 그가 구리 리본 모습의 링과 구리 코일로 실험을 되풀이했을 때인 1822년 여름부터 나타나기 시작하였다. 약한 막대 자석 대신 강력한 말굽자석으로 리본 환을 실험한 결과, 리본이 실제로 기울어졌다. 이 결과에 대한 앙페르의 반응은 어떤 측면에서 당황했다. 그런 현상은 그의 분자 전류 가설에 반대인 것처럼 보였기 때문이었다. 그러나, 그 원리를 더 실험해 보려고 시도하지 않았던 것은 그의 중대한 실책이었다. 더욱 아쉬웠던 점은 그 해 9월, 학계에 제출된 그의 한 논문에서 그가 발견했던 그런 현상은 이론적으로 중요성을 띠지 않는다는 의심스러울만한 주석을 달아 가볍게 지나치는 말로만 언급하고 말았던 것이다. 사실, 앙페르는 무의식 중에 다른 전류에 의하여 한 전류의 전자기 유도 현상이 나타나는 사실을 관측하였으나, 패러데이가 전자기 유도를 발견하려고 연구하던 1832년까지도 앙페르는 그가 중요한 발견의 기회를 아주 좁혀 놓고도 그것을 놓쳐버린 사실을 모르고 있었던 것이다.

앙페르의 학구적인 열정은 시작되다

전기역학에서 앙페르가 생각했던 기초 개념들은 1822년 이후 까지 바뀐 적이 없었다. 앙페르의 가설을 정량화 하는 그의 능력을 바뀌게 만든 것은 무엇이었을까? 그는 그의 영구자석 이론을 공식으로 발표한 이후, 그 다음은 다양한 전자기력의 세기를 결정하는 데 주력하였다. 앙페르는 전기역학에서 기본적인 상호 작용은 전류가 흐르는 두 전선들 사이에서 작용하는 힘이라고 단정했고, 그 힘을 측정해 내리는 어려운 일을 시작하였다. 한 때, 가설화 시키던 그의 초능력이 그에게 다시 한번 주어 졌던 것이다. 단순한 기하학적 점들 사이에서 작용하는 힘들을 수학적으로 다룰 수가 있는 중력들과는 달

리, 전선들 사이에서 작용하는 힘들은 전선을 따라 흐르는 전류에 의한 것이므로 단순한 국부적 현상만으로 다룰 수는 없다.

앙페르의 생각은 전류가 흐르는 전선들의 아주 미소한 부분들을 고려하여 그 부분들 사이 거리의 자승에 역비례로 변화하면서 작용하는 힘이라고 가정하기에 이른다. 그는 그때, 힘이 전선의 휨에 의존하여 작용할지도 모르는 방향을 고려하면서, 힘의 모든 무한소(미소하게 전선의 부분들을 무시하게 쪼갠 한 조각)단위를 적분-수학적으로 합치는 방법으로 두 전선들 사이에 작용하는 전체의 힘을 확인했다. 앙페르는 본래 두 전선들이 같은 평면에 놓인 특수한 경우를 생각해 보았다. 그리고 나서 그는 분리된 평면들에 놓인 그 평면들이 서로 각을 이루는 것과는 상관없이 그의 결과를 일반화시켰던 것이다. 일반화는 어떠한 3차원 공간에서 꼬여진 전선들에 대해서도 적용이 되도록 하였다. 그의 최종 결과는, 전류의 세기와 전선의 기하학적 배치를 알고 있는 한, 두 전선 사이에서 작용하는 전기역학적 힘을 셈할 수 있는 하나의 유명한 단일 공식이었다. 1826년 앙페르는 그가 처음 연구했던 논문들을 다시 검토하여 그의 결정적인 한 권의 책(Theory of Electrodynamics Phenomena Deduced Uniquely from Experiment)을 쓰기 시작하였다.

앙페르가 마지막으로 선택한 과학 철학의 도표들

1827년 이후부터 앙페르의 건강은 급속도로 악화되기 시작했다. 그는 창조적인 과학적 연구 습관을 버리고, 마지막으로 과학철학에 관한 연구로 돌아갔다. 여기에서 그는 그의 한 때, 젊은 시절의 영감을 재발견하기에 이른다. 그는 예정된 조화(preestablished harmony)라는 고틀프리트 빌헤르 폰 라이프니츠(Gottfried Wilhelm von Leibniz) 학설에 도취되었다. 그의 학설은 비록 완속된 것은 아니었지만, 인간의 마음은 신의 마음의 복제품이라는 사실을 담고 있었다. 라이프니츠가 한 말은 인간의

추리 과정들은 신의 여러 추리 과정들 중의 한 영상이고, 신의 분별력은 우주를 창조했기 때문에 사람의 마음은 순수한 추론 과정-다른 말로는 우주의 법칙들과 인류의 추론력들 사이에 기존하는 공통점이 반드시 있어야 한다-을 통하여 우주를 이해할 수 있다고 하였다.

앙페르는 신의 분별력, 인간의 이성 그리고 우주의 고유한 합리성 사이에 통신(correspondence)이 본질적으로는 최고의 진리를 발견하기 위한 분류학의 과정을 이용하게 만드는 것이라고 판단했다. 만일 인간의 마음이 구성할 수 있는 과학들을 모두 개괄할 수 있다면, 그 마음은 우주의 구조와 바로

일치하는 한 방법 속에서 구조화되기 때문에 개인은 가능한 모든 진리에 대한 기본 열쇠를 가질 것이라고 앙페르는 주장하였다. 오직 우주 분류상의 도표에 채울 목록들이 문제로 남게 될 것이라고 생각하고 있었다.

앙페르는 1836년 아마도 폐렴으로 사망하기 전까지, 기초 연구의 도구로 쓸 작정으로 이런 도표들을 수도 없이 만들어 놓았던 것이다. 그러므로 앙페르는 모든 지식의 통일을 위임 받은 한 백과사전 편 집자처럼, 신의 기본 단위의 반사에 불과한 지식의 모두를 위하여 그가 시작했던 대부분의 일들을 마감하였다.