

과학사 통론 II (2004년 가을)

홍성욱

880-8265

yesterow@freechal.com

주 수업시간: 17:00

이 수업은 뉴튼부터 20세기 과학에 이르는 서양과학사를 뉴튼과학과 계동사조, 화학혁명, 다윈과 진화론, 실험실의 등장, 상대성이론과 양자물리학, 분자생물학의 발전, 원자탄과 20세기 과학 등의 주제를 다루면서 개관하는 것을 목적으로 한다. 할당된 주제에 대한 독서목록은 일차 사료와 이차 사료로 나누어져 있으며, 세미나는 1차 사료에 대한 발표와 토론을 마친 후 2차 사료에 대한 발표와 토론으로 진행된다. 수업을 수강하는 학생들은 1차, 2차 사료에 대한 독서를 바탕으로 각각의 주제에 대한 자신의 분석적이고 독창적인 생각을 발전시켜야 한다.

수업을 수강하는 학생은 주어진 주제에 대해 수업 시간에 적어도 두 번 이상 자신의 이해와 생각을 발표해야 한다. 30분 내외로 이루어지는 발표는 1) 일차사료의 경우에는 독서과제에 대한 요약에 자신의 생각을 덧붙여서 진행되며, 2) 이차사료에 대한 경우는 독서과제 각각에 대한 요약 (2/3), 과제 전체에 대한 종합적인 분석 및 토론 주제 (1/3)로 구성되어야 한다. 발표에 대한 평가는 그 내용과 발표 형식을 종합해서 이루어진다. 발표자는 A4용지 4매의 요약문을 준비해야 한다. 세미나 발표는 전체 평가의 1/3를 차지하며, 참석과 토론이 1/3이다. (발표를 하지 않는 다른 학생들은 논문에 대한 요약문을 가지고 수업에 참석해야 한다) (마지막 주는 발표가 없음) 자기 요약을

이 수업을 수강하는 학생은 세미나에서 토론한 한 가지 주제에 대한 review(종설) 페이퍼를 준비해야 한다. 페이퍼 주제로는 그 주제에 대한 논문이나 책 같은 2차 사료를 국내에서 최소한 10여 편을 구할 수 있는 주제를 잡아야 하며, 담당 교수와 면담을 통해서 그 주제를 확정해야 한다. 종설 논문이라고 다른 사람의 글을 요약정리한 논문을 제출할 경우에는 좋은 성적을 받기 힘들다는 것을 명심해야 하며, 자신의 독창적인 시각, 구조, theme, 비교, 분석, 주장, 해석을 담아야 한다. 기말 보고서는 전체 평가의 1/3이고 분량은 (각주, 참고문 현포함) A4용지로 10장이며, 마감일은 추후 공고.

복사나 구입을 권하는 책

Charles Darwin, *On the Origin of Species* (1859).

Michael Frayn, *Copenhagen* (London, 1998)

James Watson, *The Double Helix* (New York, 1981), first edition in 1968.

2. Newton and the Newtonian Synthesis (repeat)

배경 독서: 홍성욱, 이상욱 외 『뉴턴과 아인슈타인: 우리가 몰랐던 천재들의 창조성』 (창작과 비평사, 2004), 처음부터 119쪽까지.

* * *

I. Newton, *Principia* (1687), *Opticks* (1704) (selections from *Newton: Norton Critical Editions*).

* * *

<http://www.newtonproject.ic.ac.uk/index.html> (Newton Project를 들려서 훑어볼 것) 특히 뉴튼의 전기는 꼭 볼 것. <http://www.newtonproject.ic.ac.uk/bio.html>

- B. J. T. Dobbs, "Newton's Alchemy and His Theory of Matter," *Isis* 73 (1982), 511-528.
- Alexander Koyré, "The Significance of the Newtonian Synthesis," in his *Newtonian Studies* (U. of Chicago Pr, 1968), pp. 3-24.

Newton's Optics

- Simon Schaffer, "Glass Works: Newton's Prism and the Uses of Experiment," in D. Gooding, Trevor Pinch, and Simon Schaffer eds., *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences* (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1989), pp. 67-104.
- Alan E. Shapiro, "The Gradual Acceptance of Newton's Theory of Light and Color, 1672-1727," *Perspectives on Science* 4 (1996), 59-140.

207

Newton's Principia

- D.T. Whiteside, "The Prehistory of the Principia: from 1664 to 1686," *Notes and Records of the Royal Society of London* 45 (1991), 11-61.

* * *

뉴튼 연구자들의 최신 성과는 Dibner Symposium을 엮어서 만든 Jed Z. Buchwald and I. Bernard Cohen eds., *Isaac Newton's Natural Philosophy* (Cambridge, MA: MIT Press, 2001)에 모아져 있다. Cohen이 쓴 이 책의 머리말은 최근 뉴튼 연구의 현황과 방향을 잘 보여주며, 같은 목적으로 A. Rupert Hall, "Pitfalls in the Editing of Newton's Papers," *History of Science* 40 (2002), 407-424도 유용한 길잡이가 된다. 뉴턴의 광학에 대해서는 지금 뉴튼의 광학 텍스트를 편집하고 있는 Alan Shapiro의 여러 논문들을 출발점으로 삼을 수 있다. *Principia*와 역학에 대해서는 말 그대로 수백 편이 넘는 책과 논문이 있는데, 최근 연구 중에는 N. Kollerstrom, B. Pourciau, J. Bruce Brackenridge의 연구를 주목할 만하다. 뉴튼의 프린기피아는 최근에 코헨에 의해 새롭게 번역되었다. I. Newton, *The "Principia": Mathematical Principles of Natural Philosophy* (Berkeley: Univ. of California Press, 1999).

뉴튼에 대한 가장 권위있는 전기는 Richard S. Westfall, *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton* (Cambridge U. Press, 1980)이며, 그의 *The Life of Isaac Newton*은 이를 300쪽 분량으로 출판한 것이다. 국내에서도 번역이 되었다. A. Rupert Hall, *Isaac Newton: Adventurer in Thought* (Cambridge U. Press, 1996)은 역학, 연금술에 대해 Westfall과는 다른 해석을 담고 있다. Milo Keynes, "The Personality of Isaac Newton," *Notes and Records of the Royal Society of London* 49 (1995), 1-56은 미출판자료에 근거

해서 인간 뉴튼을 조망하고 있다.

뉴튼의 연금술과 연금술의 긍정적 영향에 대한 연구는 Betty J.T. Dobbs의 *The Janus Face of Genius: The Role of Alchemy in Newton's Thought* (Cambridge, 1991); *Alchemical Death and Resurrection: The Significance of Alchemy in the Age of Newton* (Washington, D.C.: Smithsonian Institution Libraries, 1990)이 대표적이지만, 최근에는 Dobbs이 뉴튼이 썼던 것으로 추정한 연금술 서적 "Clavis"의 저자가 스타르키로 밝혀지면서 Dobbs의 주장의 설득력이 예전 같지 않은 것 또한 사실이다. Clavis와 스타르키에 대해서는 William Newman, "Newton's 'Clavis' as Starkey's 'Key,'" *Isis* 78 (1987), 564-574나 뉴먼의 *Gehennical Fire: the Lives of George Starkey, an American Alchemist in the Scientific Revolution* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1994)를 참조. 뉴튼의 연금술에 대한 또 다른 긍정적인 평가로는 Westfall, "Newton and Alchemy," in Brian Vickers ed., *Occult and Scientific Mentalities in the Renaissance* (Cambridge, 1984). pp. 315-335가 있다.

최근에는 뉴튼의 영향과 뉴튼 과학의 수용에 대해서 Niccole Guicciardini, *Reading the Principia: The Debate on Newton's Mathematical Methods for Natural Philosophy from 1687 to 1736* (Cambridge U. press, 1999); Patricia Fara, *Newton: The Making of a Genius* (London: Macmillan, 2002); A. Rupert Hall, *Isaac Newton: Eighteenth-century Perspectives* (Oxford U. Press, 1999)와 같은 좋은 연구서들이 출간되었다.

이외에도 뉴튼에 대해서는 수많은 연구가 있지만 Larry Stewart, "Seeing through the Scholium: Religion and Reading Newton in the 18th century," *History of Science* 34 (1996), 34: 123-165; P. Fara, "Isaac Newton Lived Here: Sites of Memory and Scientific Heritage," *British Journal for the History of Science* 33 (2000), 407-426; Rob Iliffe, "'That puzzleing problem': Isaac Newton and the Political Philosophy of Self," *Medical History* 39 (1995), 433-458; Ayval Ramati, "The Hidden Truth of Creation: Newton's Method of Fluxions," *British Journal for the History of Science* 34 (은 각각 뉴튼의 Scholium과 종교, 그래所提供之 케임브리지, 런던 등 뉴튼이 살던 장소에 대한 역사적 기억 (memory), 뉴튼주의의 심신이론에 대해서 신선한 분석을 제공한다. Rob Iliffe는 지금 뉴튼의 manuscript를 디지털화하는 Newton Project의 책임자이다. (www.newtonproject.ic.ac.uk)

3. The Social Meaning of Newtonianism: Newton(Clarke)-Leibniz Dispute

~~3.3~~

Leibniz-Clarke Correspondence (selections)

Voltaire, *Philosophical Letters* (selections)

* * *

Margaret C. Jacob, *The Newtonians and the English Revolution, 1689-1720* (Ithaca: Cornell University Press, 1973), ch. 5, "The Boyle Lectures and the Social Meaning of Newtonianism," pp. 162-200.

Alexander Koyré, "Leibniz and Newton," in Harry G. Frankfurt ed., *Leibniz: A Collection of Critical Essays* (Garden City, NY: Anchor Books, 1972), pp. 239-279.

473

Steven Shapin, "Of Gods and Kings: Natural Philosophy and Politics in the Leibniz-Clarke Disputes," *Isis* 72 (1981), 187-215.

Steven Toulmin, *Cosmopolis: The Hidden Agenda of Modernity* (Chicago, 1992), ch. 3 "The Modern World View," pp. 89-137.

* * *

18세기 뉴튼주의에 대해서는 Betty Jo Teeter Dobbs and Margaret C. Jacobs, *Newton and the Culture of Newtonianism* (Atlantic Highlands, N.J.: Humanities Press, 1995)를 참조. Jacob의 *Scientific Culture and the Making of the Industrial West* (Oxford University Press, 1997)은 뉴튼주의와 산업혁명의 연관을 분석하고 있으며, I. Bernard Cohen, "Notes on Newton in the Art and Architecture of the Enlightenment," *Vistas in Astronomy* 22 (1979), 523-37은 18세기 예술에 나타난 뉴튼의 이미지를 다루고 있다.

라이프니츠의 주요 저술은 Gottfried Wilhelm von Leibniz, *Philosophical Papers and Letters*, ed and tr. by Leroy E. Loemker 2 vols (Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1969)에 번역되어 있다. E.J. Aiton, *Leibniz: A Biography* (Boston: Adam Hilger, 1985)는 라이프니츠에 대한 표준적인 전기이며, 라이프니츠의 자연철학과 과학에 대해서는 N. Jolley ed., *The Cambridge Companion to Leibniz* (Cambridge, 1995) 중 Roger Ariew의 전기와 Daniel Garber의 역학에 대한 장이 도움이 된다. Garber, "Leibniz on Form and Matter," *Early Science and Medicine* 2 (1997), 326-352도 참조. 라이프니츠가 뉴튼을 어떻게 읽고 해석했는지를 Liebniz archives에 근거해서 분석한 좋은 연구로는 Domenico Meli, *Equivalence and Priority: Newton versus Leibniz, including Leibniz's unpublished manuscripts on the Principia* (Oxford: Clarendon press, 1993)가 있다.

라이프니츠-클락 서신은 *The Leibniz-Clarke Correspondence* ed. by H.G. Alexander (Manchester: Manchester University Press, 1998)로 최근에 다시 출판되었다. 이에 대한 가장 최근의 연구로는 D. B. Meli, "Caroline, Leibniz, and Clarke," *Journal of the History of Ideas* 60 1999, 469-486; Ezio Vailati, *Leibniz & Clarke: A Study of Their Correspondence* (Oxford: Oxford University Press, 1997)이 있다. 뉴튼과 라이프니츠의 오랜 기간에 걸친 우선권 논쟁은 A. Rupert Hall, *Philosophers at War: The Quarrel Between Newton and Leibniz* (Cambridge University Press, 1980)을 참조.

4. Science and the Enlightenment

배경 독서: Charles C. Gillispie, "Science and the Enlightenment," *The Edge of Objectivity* (Princeton: Princeton Univ. Press, 1960), pp. 151-201. (이필렬 교수가 번역한 번역본이 있음).

18

* * *

D'Alembert, *Preliminary Discourse*, [selections].

* * *

William Clark, Jan Golinski, and Simon Schaffer eds., *The Sciences in Enlightened Europe* (Chicago, 1999), pp. 3-47.

J.L. Heilbron, "The Measure of Enlightenment," in Tore Frägsmyr, J.L. Heilbron, and Robin E. Rider eds., *The Quantifying Spirit in the 18th Century* (Berkeley: Univ. of California press, 1990), pp. 207-42.

Simon Schaffer, "Enlightened Automata," in *The Sciences in Enlightened Europe*, pp. 126-165.

Nancy Leys Stepan, "Race and Gender: The Role of Analogy in Science," *Isis* 77 (1986), 261-277.

Paula Findlen, "Science as a Career in Enlightenment Italy: the Strategies of Laura Bassi," *Isis* 84 (1993), 440-469.

* * *

계몽사조 시기의 과학에 대한 좋은 입문서는 Thomas L. Hankins, *Science and the Enlightenment* (Cambridge University Press, 1985)이다. 최근에는 Hankins의 책이 계몽사조와 과학의 '관계'를 심도 깊게 다루지 못했다는 비판에 근거해서 William Clark, Jan Golinski, and Simon Schaffer eds., *The Sciences in Enlightened Europe* (Chicago, 1999) 이 편집되었다. 이 책은 이는 계몽사조 시기의 과학과 자연철학의 다양한 측면에 대한 상세한 최근 연구를 제공해준다. 자연철학과 과학에 비중을 두어 계몽사조를 다룬 책으로는 Roy Porter, *Enlightenment: Britain and the Creation of the Modern World* (London: The Penguin Press, 2000); Dorinda Outram, *The Enlightenment* (Cambridge Univ. Press, 1995)가 있다.

18세기 계몽사조와 과학의 관련에 대해서는 최근에 Patricia Fara, *Sympathetic Attraction: Magnetic Practices, Beliefs and Symbolism in Eighteenth-century England* (Princeton, 1996); Mary Terrall, *The Man Who Flattened the Earth: Maupertuis and the Sciences in the Enlightenment* (University of Chicago Press, 2002); Jessica Riskin, *Science in the Age of Sensibility: The Sentimental Empiricists of the French Enlightenment* (University of Chicago Press, 2002); Geoffrey Sutton, *Science for a Polite Society: Gender, Culture, and the Demonstration of Enlightenment* (Boulder: Westview, 1995) 등 주목할만한 저서들이 여럿 출판되었다.

조금 오래된 책 중에 아직 유용한 것은 계몽사조기의 스코틀랜드 자연철학을 다룬

고 있는 Robert Schofield, *Mechanism and Materialism: British Natural Philosophy in an Age of Reason* (Princeton, 1970)와 18세기 과학 전반에 대해 길잡이 역할을 할 수 있는 G.S. Rousseau and Roy Porter, eds., *The Ferment of Knowledge: Studies in the Historiography of Eighteenth-Century Science* (Cambridge University Press, 1980)이다. 널리 알려진 Foucault의 *The Order of Things: An Archaeology of the Human Sciences* (New York, 1970)은 18세기 분류생물학과 정치경제학에 대한 흥미있는 논의를 담고 있다. 18세기 물리과학에서 널리 사용된 무게가 없는 물질(imponderable fluids)에 대해서는 J.L. Heilbron, *Weighing Imponderables and Other Quantitative Science around 1800 (Historical Studies in the Physical and Biological Sciences 24[1], suppl)* (Berkeley: University of California Press, 1993)을 참조.

세부적인 주제에 대해서도 최근에 많은 연구들이 이루어졌는데, 예를 들어 William R. Shea ed., *Science and the Visual Image in the Enlightenment* (Canton: Science History Publications, 2000)은 계몽사조기의 과학적 이미지에 초점을 맞추고 있으며, Ken Alder, *Engineering the Revolution: Arms and Enlightenment in France, 1763-1815* (Princeton University Press, 1997)은 프랑스의 military engineering과 표준화에 관련된 논쟁, Robert Darnton, *The Business of Enlightenment: A Publishing History of the Encyclopédie, 1775-1800* (Harvard Univ. Press, 1987)은 백과전서의 출판을 분석하고 있다. Richard Yeo, "Reading Encyclopaedias: Science and the Organization of Knowledge in British Dictionaries of Arts and Sciences, 1730-1850," *Isis* 82 (1991), 24-49; *Encyclopaedic Visions: Scientific Dictionaries and Enlightenment Culture* (Cambridge University Press, 2001)은 계몽사조 시기의 과학사전 전통에 대한 연구서이다. 『백과전서』의 일부가 최근 Michel Delon ed., *Encyclopedia of the Enlightenment 2 vols* (London: Fitzroy Dearborn, 2001)로 번역되어 나왔다. 백과전서의 서문격인 Jean Le Rond d'Alembert, *Preliminary Discourse to the Encyclopedia of Diderot* 도 새롭게 번역되어 나왔고 (Translated by Richard N. Schwab, with the collaboration of Walter E. Rex. With an introduction and notes by Richard N. Schwab. Univ. of Chicago Press, 1995), 달랑베르와 함께 백과전서 편집인 중 한 명이었던 디드로의 자연의 해석도 최근 영문 번역본이 출판되었다. Denis Diderot, *Thoughts on the Interpretation of Nature and Other Philosophical Works* (Manchester, Clinamen, 1999). Jeff Loveland, "Mathematics and Practice: Diderot and d'Alembert Argue Probability," *Studies in Eighteenth-Century Culture* 25 (1996), 99-116는 백과전서의 두 편집인 달랑베르와 디드로의 논쟁을 분석하고 있다.

계몽사조 시기의 과학 분야에 대한 연구로는 다음과 같은 것이 있다. 측정에 대해서는 독서과제로 지정된 Heilbron의 논문과 Mary Terrall, "Representing the Earth's Shape: The Polemics Surrounding Maupertuis's Expedition to Lapland," *Isis* 83 (1992): 218- 237참조. 계산과학에 대해서는 Peter Buck, "Political Arithmetic in the Eighteenth Century," *Isis* 73 (1982), 28-45; Lorraine Daston, "Enlightenment Calculation," *Critical Inquiry* 21 (1994), 182-202이 유용하고, 생물학과 '괴물'에 대해서는 Francesca Rigotti, "Biology and Society in the Age of Enlightenment," *Journal of the History of Ideas*, 47 (1986), 215-233; E.C. Spary, "The 'Nature' of Enlightenment," in *The Sciences in Enlightened Europe*, pp. 272-311; Lorraine Daston, "Marvelous Facts and Miraculous Evidence in Early Modern Europe," *Critical Inquiry* 18 (1991), 93-124; Michael Hagner, "Enlightened Monsters," in *The Sciences in Enlightened Europe*, pp. 175-217이 도움이 된다. 계몽사조기의 대중의 과학에 대한 심취는 Michael R. Lynn, "Divining the Enlightenment: Public Opinion and Popular Science in Old Regime France," *Isis* 92 (2001), 34-54; Geoffrey Sutton, "Electric Medicine and Mesmerism," *Isis* 72 (1981), 375-92등의 저술이 도움이 되고, 지질학은 Michael Bravo, "Ethnographic Navigation and the Geographical Gift," in David Livingston and Charles W.J. Withers eds., *Geography and Enlightenment* (Chicago, 1999), pp. 199-235; Anne M.C. Godlewska, "From Enlightenment Vision to Modern Science? Humboldt's Visual Thinking," *ibid.*, pp.

236-275, 기술에 대해서는 M. Norton Wise, "Mediations: Enlightenment Balancing Acts or the Technologies of Rationalism," in Paul Horwich ed., *World Changes* (MIT Press, 1993), pp. 207-256; William H. Sewell, "Visions of Labor: Illustrations of the Mechanical Arts before, in, and after Diderot's Encyclopédie," in S.L. Kaplan and C.J. Koepp eds., *Work in France: Representations, Meanings, Organizations, and Practice* (Cornell U. Pr., 1986), pp. 258-86; John R. Pannabecker, "Representing Mechanical Arts in Diderot's 'Encyclopédie,'" *Technology and Culture* 39 (1998), 33-73를 참조. 인간에 대한 과학은 P. Foot, "Locke, Hume, and Modern Moral Theory: A Legacy of Seventeenth- and Eighteenth-Century Philosophies of Mind," in G.S. Rousseau ed., *The Languages of Psyche: Mind and Body in Enlightenment Thought* (University of California Press, 1990), pp. 81-106; S. Schaffer, "States of Mind: Enlightenment and Natural Philosophy," *ibid.*, pp. 233-290를 볼 것.

계몽사조의 개별 과학자, 철학자에 대해서는 다음과 같은 연구가 있다. Leonard M. Marsak, *Bernard de Fontenelle: The Idea of Science in the French Enlightenment*. *Transactions of the American Philosophical Society*, n.s. vol. 49, part 7. (Philadelphia: American Philosophical Society, 1959); Thomas L. Hankins, *Jean d'Alembert: Science and Enlightenment* (Oxford: Clarendon Press, 1970); Robert H. Hurlbut III, *Hume, Newton, and the Design Argument* (Lincoln: University of Nebraska Press, 1965); Adam Vartanian, *Diderot and Descartes: A Study of Scientific Naturalism in the Enlightenment* (Princeton: Princeton University Press, 1953); Michael Friedman, *Kant and the Exact Sciences* (Harvard University Press, 1992); Keith M. Baker, *Condorcet: From Natural Philosophy to Social Mathematics* (Chicago, 1975). 바르타니앙의 A. Vartanian, *Science and Humanism in the French Enlightenment* (Charlottesville: Rookwood Press, 1999)는 풍트넬, 디드로, 라메트리를 다루고 있다. 계몽사조 시기의 진보 개념과 과학기술의 발전의 관련에 대해서는 Rosalind Williams, "The Politics and Feminist Dimensions of Technological Determinism," in M. R. Smith and Leo Marx eds., *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism* (MIT Press, 1994), pp. 217-235 참조.

계몽사조에 대한 20세기의 해석은 낭만주의의 역할을 강조한 Ernst Cassirer, *The Philosophy of the Enlightenment* (Princeton University Press, 1951; German edition in 1932)에서 시작되었다. 널리 읽히는 또 다른 연구서로는 뉴튼주의보다 문예인의 역할을 강조한 Peter Gay, *The Enlightenment: An Interpretation* 2 vols. (New York, 1977)이 있다. 카시러와 게이의 해석은 Cassirer, "Enlightenment," in *The Encyclopedia of the Social Sciences* 547-552와 Gay, "The Unity of the French Enlightenment," in *The Party of Humanity: Essays in the French Enlightenment* (NY, 1971), pp 114-132에 잘 정리되어 있다. 이것 이외에도 널리 인용되는 연구로는 Paul Hazard, *European Thought in the Eighteenth Century: From Montesquieu to Lessing*, trans. by J. Lewis May, 1st ed., 1946 (Cleveland: World Pub. Co., 1963); John Herman Randall, *The Career of Philosophy, Vol. 1: From the Middle Ages to the Enlightenment* (New York: Columbia University Press, 1962); P. Smith, *A History of Modern Culture, Vol. II: The Enlightenment, 1687-1776*. 1st edition 1930 (New York: Collier Books, 1962) 등이 있다. Cassirer, Gay, Hazard의 저술은 Lester G. Crocker, "Interpreting the Enlightenment: A Political Appraisal," *Journal of the History of Ideas* 46 (1985), 211-230에 비판적으로 소개되어 있다.

계몽사조 시기 프랑스의 low-culture에 초점을 맞추어 계몽사조를 새롭게 조망한 연구자가 Robert Darnton인데, 그의 해석이 잘 요약되어 있는 논문이 "The High Enlightenment and the Low-life of Literature in Pre-revolutionary France," *Past & Present* 51 (May 1971), p. 81-115이다. 특히 18세기 프랑스에서 논란이 되었던 문학적 현상 중 하나가 메스더주의인데 이에 대해서도 Darnton, *Mesmerism and the end of the Enlightenment in France* (Harvard University Press, 1968)이 고전적인 연구이다. 메스더

주의에 대한 프랭클린과 라부아지에의 보고서는 Benjamin Franklin, Antoine Lavoisier, et al., *Report of the commissioners appointed by the King. of the examination of Animal Magnetism* (1784)로 *Sceptic* vol. 4 #3에 번역되어 있다. Darnton의 *The Great Cat Massacre and Other Episodes in French Cultural History* (New York and London 1984)는 계몽사조에 대한 그의 논문을 모아둔 책으로 국내에서도 번역되었다.

계몽사조에 대한 최근 연구로는 J. I. Israel, *Radical Enlightenment: Philosophy and the Making of Modernity, 1650-1750* (Oxford, 2001); Darrin M. McMahon, *Enemies of the Enlightenment: the French counter-Enlightenment and the Making of Modernity* (Oxford, 2001); Thomas Munck, *The Enlightenment: A Comparative Social History 1721-1794* (New York, 2000) 등이 있다.

5. Electricity and Magnetism in the 18th and 19th centuries

Benjamin Franklin, *Experiments and Observations on Electricity* (Letters I - X) (1747-1752). 자기

* * *

J. L. Heilbron, "Franklin as an Enlightened Natural Philosopher," in J. A. Leo Lemay ed. *Reappraising Benjamin Franklin* (U. of Delaware, 1993), pp. 197-217. EMH

Thomas L. Hankins, *Science and the Enlightenment* (Cambridge University Press, 1985), pp. 46-80. EMH

M. Pera, *The Ambiguous Frog: The Galvani-Volta Controversy on Animal Electricity* (Princeton University Press, 1992), pp. 117-175.

S. Hong, "Once Upon a Time in Physics When Both Mathematics and Experiment were Helpless: A Strange Life of Voltaic Contact Potential," *Physics in Perspective* 2 (2000), 269-292.

* * *

프랭클린에 대해서는 I. Bernard Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia: American Philosophical Society, 1956; Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1966)이 선구적인 연구이며, 17-18세기의 전기학, 자기학에 대한 가장 권위있는 연구인 J. L. Heilbron, *Electricity in the 17th & 18th Centuries: A Study of Early Modern Physics* (Berkeley: University of California Press, 1979)도 프랭클린의 전기학에 대한 상세한 논의를 담고 있다. Willem D. Hackmann, *Electricity from Glass: The History of the Frictional Electrical Machine, 1600-1850* (Alphen aan den Rijm, Netherlands: Sijthoff & Hoordhoff, 1978)은 정전기 기계의 역사를 자세히 서술하고 있으며, Lissa Roberts의 최근 논문 "Science Becomes Electric: Dutch Interaction with the Electrical Machine during the Eighteenth Century," *Isis* 90 (1999), p. 680-714는 네델란드의 대중 문화 속에서 전기, 특히 정전기 기계의 위치와 역할을 분석하고 있다.

전기의 communication의 개념을 정립한 Gray에 대해서는 Michael Ben-Chaim, "Social Mobility and Scientific Change: Stephen Gray's Contribution to Electrical Research," *Studies in History and Philosophy of Science* 23 (1992), 533-555가 있으며, 볼타의 전지의 발명에 대해서는 G. Pancaldi, "Electricity and Life: Volta's Path to the Battery," *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 21 (1990), 123-160을 참조할 것. 볼타가 비판했던 Galvanism에 대한 연구로는 Maria Trumpler, "Verification and Variation: Patterns of Experimentation in Investigations of Galvanism in Germany, 1790-1800," *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* 1996(2), 75-84이 있으며, 19세기에 볼타 전지의 cultural use에 대해서는 Joost Mertens, "Shocks and Sparks: The Voltaic Pile as a Demonstration Device," *Isis* 89 (1998), 300-311을 볼 것.

과학사학자 Olivier Darrigol은 19세기 전자기학의 역사에 대한 자신의 연구를 최근에 *Electrodynamics from Ampère to Einstein* (Oxford, 2000)으로 출판했다. 19세기 장론

(field theory)의 발달에 대해서는 William Berkson, *Fields of Force: The Development of a World View from Faraday to Einstein* (New York: Wiley, 1974); Mary Hesse, *Forces and Fields* (Totowa, NJ: Littlefield, Adams, 1965); Barbara Doran, "Origins and Consolidation of Field Theory in Nineteenth Century Britain: From the Mechanical to Electromagnetic Views of Nature," *Historical Studies in the Physical Sciences* 6 (1975), 133-260; L. Pearce Williams, *The Origins of Field Theory* (New York: Random House, 1966)를 참조할 것.

페러데이에 대한 표준적이고도 가장 자세한 전기는 Williams, *Michael Faraday* (New York: Basic books, 1965)이다. David Gooding이 1970년대부터 쓴 여러 논문들은 Williams의 책을 보완하며, 페러데이에 대한 수정주의적 연구들이 David Gooding and Frank A. J. L. James eds., *Faraday Rediscovered: Essays on the Life and Work of Michael Faraday, 1791-1867* (New York: Stockton Press, 1985)에 모아져 있다. Geoffrey Cantor, *Michael Faraday: Sandemanian and Scientist: A Study of Science and Religion in the Nineteenth Century* (London: St. Martin's Press, 1991)는 페러데이의 샌디메니언교에 초점을 맞춘 전기로 Williams를 보완한다.

William Thomson에 대한 가장 좋은 전기는 Crosbie Smith and M. Norton Wise, *Energy and Empire* (Cambridge: Cambridge UP, 1985)이다. 맥스웰에 대한 전기로는 그의 친구였던 캠블과 가넷이 쓴 전기가 아직도 무척 유용하다. L. Campbell and W. Garnett, *The Life of James Clerk Maxwell* (Macmillan: London, 1882). 이 전기는 인터넷에서 볼 수 있다. hrshowcase.com/maxwell/directory.html 혹은 sonnetusa.com/bio/maxbio.pdf 맥스웰에 대한 최근의 전기로는 C. W. F. Everitt, *James Clerk Maxwell: Physicist and Natural Philosopher* (New York: Scribner, 1975)가 있으며, 맥스웰의 전자기학에 대한 가장 좋은 연구로는 Jed Buchwald, *From Maxwell to Microphysics* (Chicago, 1985)이다. Thomas K. Simpson, *Maxwell on the Electromagnetic Field: A Guided Study* (New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 1997)은 맥스웰의 전자기학을 현대 물리학의 용어로 해설하고 있으며, D. M. Siegel, *Innovation in Maxwell's Electromagnetic Theory* (Cambridge, 1991)은 "변위전류"와 전자기파에 초점을 맞추고 있다. Bruce J. Hunt, *The Maxwellians* (Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1991)은 Heaviside, Lodge, FitzGerald 를, Buchwald, *The Creation of Scientific Effects: Heinrich Hertz and Electric Waves* (Chicago, 1994)는 Hertz를 다루고 있다. 19세기 에테르 이론에 대해서는 G.H. Cantor and M. J. S. Hodge eds., *Conceptions of Ether* (Cambridge, 1981)을 참조.

6. Chemistry and the Chemical Revolution

Antoine Lavoisier, *Elements of Chemistry* (1789), selections

* * *

Check and browse the Website "Panopticon Lavoisier" at <http://moro.imss.fi.it/lavoisier/> (for example, try to see what happened in the year of 1772).

Frederic L. Holmes, "The Boundaries of Lavoisier's Chemical Revolution," *Revue d'Histoire des Sciences et leurs Applications* XLVIII/1-2 (1995), 9-48.

J. B. Gough, "Lavoisier and the Fulfillment of the Stahlian Revolution," *Osiris* 4 (1988), 15-33.

C. E. Perrin, "Research Traditions, Lavoisier, and the Chemical Revolution," *Osiris* 4 (1988), 53-81.

Jessica Riskin, "Rival Idioms for a Revolutionized Science and a Republican Citizenry," *Isis* 89 (1998), 203-232.

Marco Beretta, "Pneumatics vs. Aerial Medicine: Salubrity and Respirability of Air at the End of the Eighteenth Century," *Nuovo Voltiana* 2 (2000) 49-71.

* * *

Lavoisier와 화학혁명에 대한 연구의 최근 동향을 보기 위해서는 M. Beretta, "Lavoisier and His New Biographers," *Lychnos* (1994), 153-160가 유용하다. 이 주제에 대한 historiography가 지난 한 세대 동안에 어떻게 바뀌었나를 보려면 Beretta의 논문과 Henry Guerlac, "Lavoisier and His Biographers," *Isis* 45 (1954), 51-62의 논문을 비교해 보라. 화학혁명은 버터필드에 의해서 다른 근대과학에 비해 "지연된 혁명"(delayed revolution)이라 불렸으며, 코난트에 의해 ("The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution of 1775-1789," in *Harvard Case Histories in Experimental Sciences*. Harvard U. Press. 1957. pp. 67-115) 과학혁명의 대표적인 사례로 분석되었다. 당시 코난트의 작업을 도왔던 조교가 토마스 쿤이었으며, 쿤이 라부아지에의 화학혁명을 과학 혁명의 뚜렷한 사례로 언급했음을 잘 알려져 있다. 그렇지만 쿤은 산소를 언제 발견했는지 꼭 집어서 얘기할 수 없다고 하면서, 과학적 발견이라는 것이 신대륙의 발견과는 성질이 다른 것임을 강조하기도 했다.

Lavoisier에 대한 표준적인 전기는 Henry Guerlac, *Antoine-Laurent Lavoisier, Chemist and Revolutionary* (New York: Scribner, 1975)이며 Arthur L. Donovan, *Antoine Lavoisier: Science, Administration, and Revolution* (Blackwell, 1993)은 이를 보완한다. Guerlac의 *Lavoisier--The Crucial Year: The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772* (Ithaca: Cornell University Press, 1961)은 라부아지에가 calcination 실험을 통해서 산소를 발견했다고 간주되는 1772년에 초점을 맞추고 있다. 1772년에 대한 또 다른 자세한 연구로는 Perrin, "Lavoisier's Thoughts on Calcination and Combustion, 1772-1773," *Isis* 77 (1986), 647-666이 있다. 반면에 Frederic L. Holmes, *Lavoisier and the Chemistry of Life: an Exploration of Scientific Creativity* (Madison and London: University of Wisconsin Press, 1985)는 이러한 '발견의 순간'을 찾으려는 시

도가 큰 의미가 없다고 간주하고 1772년부터 1777년까지 라부아지에의 실험들 속에서 생명 현상과 관련된 화학의 'investigative framework' 혹은 'investigative network'이 발전한 과정을 자세히 검토하고 있다. 그의 논문 "Lavoisier's Conceptual Passage," *Osiris* 4 (1988), 82-92는 흄스의 주장을 잘 요약해 놓았다.

라부아지에의 화학과 물리학과의 관련에 대해서는 H. Guerlac, "Chemistry as a Branch of Physics: Laplace's Collaboration with Lavoisier," *HSPS* 7 (1976), 193-276이 있으며, Evan M. Melhado, "Chemistry, Physics, and the Chemical Revolution," *Isis* 76 (1985), 195-211는 Guerlac과는 다른 해석을 제공한다. 라부아지에의 화학에 중요한 개념으로 도입된 caloric에 대해서는 Robert J. Morris, "Lavoisier and the Caloric Theory," *BJHS* 6 (1972), 1-38을 참조. Lissa Roberts, "A Word and the World: The Significance of Naming the Calorimeter," *Isis* 82 (1991), 199-222는 calorimeter라는 말에 착안해서 라부아지에와 라플라스가 함께 만든 기구를 분석하면서, 한번 붙여진 이름이 독특한 생명력을 가짐을 강조한다.

'화학혁명'이라는 용어와 개념에 대해서는 I. Bernard Cohen, "Lavoisier and the Chemical Revolution," in *Revolution in Science* (Cambridge, Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press, 1985), pp. 229-236을 참조. 당시 프랑스의 정치적 상황과 과학의 혁명이라는 개념과의 관련은 A. Levin, "Venus, Lavoisier, Fourcroy, Cabanis and the Idea of Scientific Revolution: The French Political Context and the General Patterns of Conceptualization of Scientific Change," *History of Science* 22 (1984), 303-320에서 분석되어 있으며, C. E. Perrin, "Revolution or Reform: The Chemical Revolution and Eighteenth Century Concepts of Scientific Change," *History of Science* 25 (1987), 395-423도 과학의 발전에 대한 18세기 사람들의 관념을 화학혁명의 예를 들어 설명하고 있다. Maurice Crosland, "Lavoisier, the Two French Revolutions and 'The Imperial Despotism of Oxygen,'" *Ambix* 42 (1995), 101-118는 화학혁명의 역사(해석)에 내재된 (프랑스) 민족주의를 지적하고 있다.

18세기 화학의 배경에 대해서는 M. Beretta, *The Enlightenment of Matter: The Definition of Chemistry from Agricola to Lavoisier* (Canton: Science History Publications, 1993)을, 화학적 언어에 대한 연구로는 Maurice Crosland, *Historical Studies in the Language of Chemistry* (Harvard University Press, 1962); Wilda Anderson, *Between the Library and the Laboratory: The Language of Chemistry in Eighteenth-Century France* (Baltimore: Johns-Hopkins University Press, 1984)가 있다. 라부아지에와 관련해서도 콩디약의 언어철학의 영향이 중요했는데, 이에 대해서는 Lissa Roberts, "Condillac, Lavoisier, and the Instrumentalization of Science," *Eighteenth Century: Theory and Interpretation* 33 (1992), 238-251; Trevor Levere, "Lavoisier: Language, Instruments, and the Chemical Revolution," in Levere and W.R. Shea eds., *Nature, Experiment, and the Sciences* (Kluwer, 1990), pp. 207-223을 참조.

플로리스톤 이론에 대한 최근의 백락적 연구로는 Simon Schaffer, "Measuring Virtue: Eudiometry, Enlightenment and Pneumatic Medicine," in A. Cunningham and R. French eds., *The Medical Enlightenment of the Eighteenth Century* (Cambridge: Cambridge University Press, 1990), pp. 281-318; Holmes, "Phlogiston in the Air," *Nuova Voltiana* 2 (2000), 73-113이 있다.

새로운 화학의 수용에 대해서는 화학혁명에 대한 *Osiris* 4호 (1998)의 제 3부와 Bernadette Bensaude-Vincent and F. Abbri eds., *Lavoisier in European Context: Negotiating a New Language for Chemistry* (Canton: Science History Publication, 1995)를 참조. 이 책에 있는 McEvoy의 논문은 언어 체계가 다른 프리스틀리가 라부아지에의 새로운 화학을 거부한 과정에 대한 분석을 담고 있다. Jan Golinski, "The Chemical Revolution and the Politics of Language," *Eighteenth Century: Theory and Interpretation* 33 (1992), 238-251; *Science as Public Culture: Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820* (Cambridge, 1992)는 화학혁명 시기의 영국의 화학을 다루고 있다.

7. From Natural Philosophy to Sciences in the 19th-century

Michael Faraday, *Experimental Researches in Electricity* [selections].

* * *

David Cahan ed., *From Natural Philosophy to the Sciences: Writing the history of 19th-century Sciences* (Chicago, 2003) -- David Cahan의 Introduction과 Jed Buchwald and Sungook Hong의 물리학에 대한 챕터.

L. Daston and P. Galison, "The Image of Objectivity," *Representations* 37 (1992), 67-106.

George H. Daniels, "The Process of Professionalization in American Science: The Emergent Period, 1820-1860," *Isis* 58 (1967), 151-66.

Steven R. Turner, "The Growth of Professorial Research in Prussia, 1818-1848: Causes and Context," *HSPS* 3 (1971), 137-182.

Soraya de Chadarevian, "Graphical Method and Discipline: Self-Recording Instruments in Nineteenth-Century Physiology," *Studies in History and Philosophy of Science* 24 (1993), 267-292.

* * *

19세기 과학사에 대해서 공부할 때 꼭 등장하는 주제가 과학의 전문직업화 즉 professionalization이다. 이에 대한 초기 논의는 E. Mendelsohn, "Emergence of Science as a Profession in 19th-Century Europe," in K. Hill ed., *Management of Scientists* (Boston, 1964), pp. 3-48이 있다. 전문직업이라는 개념에 대해서는 Sheldon Rothblatt, "How 'Professional' Are the Professions? A Review Article," *Comparative Studies in Society and History* 37 (1995), 194-204를 볼 것. 프랑스, 독일, 영국, 미국을 비교하면서 과학의 전문직업화를 다룬 입문서로 Joseph Ben-David, *The Scientist's Role in Society: A Comparative Study* (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1971)가 있다. Charles C. Gillispie, *The Professionalization of Science: France 1770-1830 Compared to the United States 1910-1970*. 3rd Neesima Lectures (Kyoto, Japan: Doshisha University Press, 1983)는 과학의 전문직업화가 18세기 말-19세기 초엽의 프랑스에서 진행되었음을 주장한다. 독일에 대해서는 Charles E. McClelland, *The German Experience of Professionalization: Modern Learned Professions and Their Organizations from the Early 19th Century to the Hitler* (Cambridge Univ. Press, 1991); Timothy Lenoir, "Revolution from Above: The Role of the State in Creating the German Research System, 1810-1910," *American Economics Association Papers and Proceedings* 88 (May 1998), pp. 22-27; Robert Fox, "The Rise and Fall of Laplacian Physics," *HSPS* 4 (1974), 89-136; D. Outram, "Politics and Vocation: French Science, 1793-1830," *BJHS* 13 (1980), 27-43을 참조. 프랑스에 대해서는 길리스피와 폭스의 연구 이외에도 Gerald L. Geison, *Professions and the French State, 1700-1900* (Philadelphia: Univ. Pennsylvania Press, 1984)와 Maurice Crosland, "The French Academy of Sciences in the 19th Century," *Minerva* 16 (1978), 73-102를 참조. Frank M. Turner는 빅토리아 시기의 과학과 종교와의 갈등을 과학의 전문직업화와 관련해서 살펴보고 있다. Frank M. Turner, "The Victorian Conflict between Science and Religion: A Professional Dimension," *Isis* 69 (1978), 356-376.

‘과학자’(scientist)라는 단어는 William Whewell에 의해서 1833년에 만들어졌는데. 이에 대해서는 Sidney Ross, "Scientist": The Story of a Word," *Annals of Science* 18 (1962), 65-85와 Robert K. Merton, "De-gendering 'Man of Science': The Genesis and Epicene Character of the Word 'Scientist'," in Kai Erikson ed. *Sociological Visions* (Lanham, MD: Rowman & Littlefield, 1997), pp. 225-253을 참조. Simon Schaffer, "Scientific Discoveries and the End of Natural Philosophy," *Social Studies of Science* 16 (1986), pp. 387-420는 19세기 초엽의 ‘자연철학’의 종언과 전문화된 ‘과학’의 등장을 발견에 대한 담론의 변화와 연관지어 분석하고 있다.

19세기 과학을 프랑스 → 영국 → 독일 순으로 기술하는 것은 John Theodore Merz, *A History of European Thought in the Nineteenth Century* 4 vols. (Edinburgh: Blackwood, 1896-1914)에서 시작했다. 이 책의 첫 두 권은 과학을 다루는데, 19세기 과학의 흐름을 개괄하는 데에는 지금도 유용하다. 프랑스 물리학이 영국으로 이전된 과정에 대한 분석은 M. Crosland, "The Transmission of Physics from France to Britain: 1800-1840," *HSPS* 9 (1978), 1-61이 있다.

Anson Rabinbach, *The Human Motor* (New York: Basic Books, 1990)은 피로(fatigue)에 대한 19세기의 연구를 분석하고 있으며, 생리학, 기구, 사진 등 여러 주제와 연관이 있는 Marey에 대해서는 John W. Douard, "Marey's Visual Rhetoric and the Graphic Decomposition of the Body," *Studies in History and Philosophy of Science* 26 (1995), 175-204가 출발점이 될 수 있다. 생리학에서 쓰인 실험기구의 발달에 대해서는 Timothy Lenoir, "Models and Instruments in the Development of Electrophysiology, 1845-1912," *HSPS* 17 (1987), 1-54를, 19세기 독일을 중심으로 실험 심리학이 발달한 과정은 Warwick의 웹사이트 <http://serendip.brynmawr.edu/Mind/Consciousness.html>를 볼 것. 19세기 화학은 David Knight and Helge Kragh eds., *The Making of the Chemist: The Social History of Chemistry in Europe, 1789-1914* (Cambridge University Press, 1998)을, 독일대학을 중심으로 한 이론물리학의 형성 과정은 C. Jungnickel and R. McCormmach, *Intellectual Mastery of Nature* 2 vols. (University of Chicago press, 1986) 참조.

19세기 과학사에 대한 최근 성과들을 개괄하기에 가장 적절한 책은 독서과제에서 언급된 David Cahan의 편저이다.

8. The Emergence of the Laboratory

- Edward C. Pickering, "Physical Laboratories," *Nature* 3 (Jan. 26, 1871), 241.
- W.G. Adams, "Physical Laboratories," *Nature* 3 (Feb. 23, 1871), 322-3.
- J.T. Bottomley, "Physical Science in Glasgow University," *Nature* 6 (May 9, 1872), 29-32.
- James Clerk Maxwell, "Introductory Lectures on Experimental Physics," in W.D. Niven ed., *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell* (New York: Dover, 1965), pp. 241-255.
- [anonymous], "The New Physical Laboratory of the University of Cambridge," *Nature* 10 (Jun. 25, 1874), 139-142.
- Oliver Lodge, "An Ideal Physical Laboratory for a College," *Electrician* (Nov. 14; Nov. 21, 1890), 32-33, 66-68.

* * *

Owen Hannaway, "Laboratory Design and the Aim of Science: Andreas Libavius versus Tycho Brahe," *Isis* 77 (1986), 585-610.

Myles W. Jackson, "Illuminating the Opacity of Achromatic Lens Production: Joseph Fraunhofer's Use of Monastic Architecture and Space as a Laboratory," in P. Galison and E. Thompson eds., *Architecture and Science* (Camb. Mass.: MIT Pr., 1999), pp. 141-163.

Morrell, J.B., "The Chemist Breeders: the research schools of Liebig and Thomas Thomson" *Ambix* 19 (1972): 1-46.

Sungook Hong, "Forging Scientific Electrical Engineering: John Ambrose Fleming and the Ferranti Effect," *Isis* 86 (1995), 30-51.

Peter Galison and Alexi Assmus, "Artificial Clouds, Real Particles," in *Uses of Experiment*, pp. 225-274.

Robert E. Kohler, "Drosophila: A Life in the Laboratory," *Journal of the History of Biology* 26.2 (1993): 281-310.

* * *

실험실에 대한 과학사학계의 관심은 1980년대 이후에 본격적으로 표출되었다. 라투어의 *Laboratory Life* (1979)와 해킹의 *Representing and Intervening* (1983)은 실험실에 대한 초기의 사회학적, 철학적 분석을 제공한다. 위에서 독서과제로 지정한 하나웨이의 논문도 실험실에 대한 초기 연구 중 널리 인용된 것이다. 하나웨이의 논문은 이에 대한 비판적 논문인 Joel Shackelford, "Tycho Brahe, Laboratory Design, and the Aim of Science: Reading Plans in Context," *Isis* 84 (1993), 211-30와 함께 읽을 필요가 있다. 17세기 왕립 학회에서의 실험 공간의 등장과 '관객'의 '배재'에 대한 흥미있는 사례 연구로 Steven Shapin, "The House of Experiment in Seventeenth-Century England," *Isis* 79 (1986), 373-404가 있다.

독일의 물리기술제국연구소(PTR), 영국 켄싱턴 과학대학의 실험실 등에 대한 간략

한 연구들이 Frank A. J. L. James ed., *The Development of the Laboratory: Essays on the Place of Experiment in Industrial Civilization* (Basingstoke, Eng.: Macmillan, 1989)에 모아져 있다. 대표적인 물리학 연구소인 캐번디쉬 연구소에 대해서는 R. Sviedrys, "The Rise of Physics Laboratory in Britain," *HSPS* 7 (1976), 127-145; Dong-Won Kim, *Leadership and Creativity: A History of the Cavendish Laboratory, 1871-1919* (Dordrecht: Kluwer, 2002) 등의 연구가 있다. 영국의 '표준 연구소'인 NPL에 대해서는 Eileen Magnello, *A Century of Measurement: an Illustrated History of the National Physical Laboratory* (Bath: Canopus Publishing, 2000); 홍성욱, "영국 과학진흥협회의 '전기표준위원회'(1861-1912) - 19세기 후반의 과학과 기술, 정부와의 관련을 중심으로" 『한국 과학사학회지』 13권 1호, 5-33쪽을 볼 것.

생물학 실험실에서의 실험에 대한 테리다주의적인 분석이 Hans-Jörg Rheinberger, "Experimental Systems, Graphematic Spaces," in Timothy Lenoir ed., *Inscribing Science: Scientific Texts and the Materiality of Communication* (Stanford University Press, 1998), pp. 285-303; idem., "Experiment, Difference, and Writing I & II," *Studies in History and Philosophy of Science* 23 (1992), 305-331, 389-422에 있다. 생물학에서 실험실의 발달 과정은 Keith R. Benson, "From Museum Research to Laboratory Research: The Transformation of Natural History into Academic Biology," in R. Rainger et al. eds., *The American Development of Biology* (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1988), pp. 49-83를, 생물학에 실험적 방법이 도입되면서 불러일으킨 논쟁에 대한 사례 분석은 Soraya de Chadarevian, "Laboratory Science versus Country-house Experiments: the Controversy between Julius Sachs and Charles Darwin," *BJHS* 29 (1996), 17-41을 참조.

젠더와 실험실을 다룬 연구로는 Marsha L. Richmond, "A Lab of One's Own": The Balfour Biological Laboratory for Women at Cambridge University, 1884-1914," *Isis* 88 (1997), 422-455이 있다. 생물학과 지리학 등의 과학에서는 실험실과 현장(field)과의 관계가 중요한데 이는 *Osiris* 11호(1996) "Science in the Field" 특집 이슈와 Robert E. Kohler, *Landscapes & Labscapes: Exploring the Lab-field Border in Biology* (University of Chicago Press, 2002)에서 다루어지고 있다.

생리학에서의 실험실과 실험의 역할은 Daniel P. Todes, "Pavlov's Physiology Factory," *Isis* 88 (1997), 204-246; idem., *Pavlov's Physiology Factory: Experiment, Interpretation, Laboratory Enterprise* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2002); Otniel E. Dror, "The Affect of Experiment: the Turn to Emotions in Anglo-American Physiology, 1900-1940," *Isis* 90 (1999), 205-237; Marcos Cueto, "Laboratory Styles in Argentine Physiology," *Isis* 85 (1994), 228-246에서 다루어지고 있으며, 심리학 실험실의 역사에 대한 연구로는 Serge Nicolas and Ludovic Ferrand, "Wundt's Laboratory at Leipzig in 1891," *History of Psychology* 2 (1999), 194-203; E. R. Valentine, "The Founding of the Psychological Laboratory, University College London: 'Dear Galton ... yours truly, J. Sully,'" *History of psychology* 2 (1999), 204-218을 볼 것. 의학에서의 실험실의 역할과 실험과학의 도입이 불러온 혁명에 대해서는 Andrew Cunningham and Perry Williams eds., *The Laboratory Revolution in Medicine* (Cambridge University Press, 1992)가 가장 좋은 출발점이다. 개별 사례에 대한 연구로는 P.F. D'Arcy, *Laboratory on the Nile: A History of the Wellcome Tropical Research Laboratories* (London: 1999); Thomas Schlich, Linking Cause and Disease in the Laboratory: Robert Koch's Method of Superimposing Visual and 'Functional' Representations of Bacteria," *History and Philosophy of the Life Sciences* 22 (2000), 43-58 등이 있다.

20세기 미국의 거대 연구소들에 대해서는 지난 몇년 사이에 단행본 연구서들이 출간되고 있다. 오크 리지 연구소에 대해서는 Leland Johnson and Daniel Schaffer, *Oak Ridge National Laboratory: The First Fifty Years* (Knoxville: University of Tennessee Press, 1994)을, 브룩헤이븐 연구소는 Robert P. Crease, *Making Physics: A Biography of Brookhaven National Laboratory, 1946-1972* (Univ. of Chicago Press, 1999)를, 아르곤 국립연구소에 대해서는 Jack M. Holl, *Argonne National Laboratory, 1946-1996* (University

of Illinois Press, 1997)을 참조. 미국의 국립 연구소에 대한 종합적인 분석으로는 Peter J. Westwick, *The National Labs: Science in an American System, 1947-1974* (Harvard University Press, 2003)이 있다. 2차 대전 동안의 Los Alamos Lab은 원자탄 역사를 다룬 연구소에서 자세히 다루어져 있지만, 그 이후의 역사에 대해서는 아직 좋은 단행본이 나오지 않았다. 2차 대전중의 Los Alamos Lab은 Robert Seidel이 집필한 "50th Anniversary Articles" in <http://www.lanl.gov/worldview/welcome/history.html>도 도움이 된다. (이 논문은 원자탄에 대한 세미나에 독서과제로 지정되어 있음.)

실험실의 구조에 대한 건축사적인 연구로는 Sophie Forgan and Graeme Gooday, "Constructing South Kensington: the Buildings and Politics of T.H. Huxley's Working Environments," *BJHS* 29 (1996), 435-468; Forgan, "The Architecture of Science and the Idea of a University," *SHPS* 20 (1989), 405-434; R. W. Home, "Learning from Buildings: Laboratory Design and the Nature of Physics," in G. Mazzolini ed. *Non-verbal Communication in Science Prior to 1900* (Firenze: Olschki, 1993), pp. 587-608가 있다.

9. Darwin and Darwinism

Charles Darwin, *On the Origin of Species* (1859): Introduction, chapters 3-4, conclusion.

* * *

<http://www.bbc.co.uk/education/darwin/index.shtml>

Visit BBC Darwin Website (read the essays in the section "Darwin: The Man and his Legacy")

A. Desmond and J. Moore, *Darwin* (Harmondsworth: Penguin, 1992), ch. 8-13.

Frank Sulloway, "Darwin's Conversion: The Beagle and Its Aftermath," *Journal of the History of Biology* 15 (1982), 325-396.

Ralph Colp Jr., "'Confessing a Murder': Darwin's First Revelations About Transmutation," *Isis* 77 (1986), 9-32.

Barry G. Gale, "Struggle for Existence: A Study in the Extrascientific Origins of Scientific Ideas," *Isis* 63 (1972), 321-344.

Paul Elliott, "Erasmus Darwin, Herbert Spencer, and the Origins of the Evolutionary Worldview in British Provincial Scientific Culture, 1770-1850," *Isis* 94 (2003), 1-29.

* * *

다른 Cambridge 시리즈와 마찬가지로 Jonathan Hodge and Gregory Radick, *The Cambridge Companion to Darwin* (Cambridge Univ. Press, 2002)은 다윈에 대한 좋은 출발점을 제공한다. 다윈 연구에 대한 historiographic survey로는 Antonello La Vergata, "Images of Darwin: A Historiographic Overview," in David Kohn ed., *The Darwinian Heritage* (Princeton and Guildford, Surrey: Princeton University Press with Nova Pacifica, 1985), pp. 901-972; Ralph Colp, Jr., "Notes on Charles Darwin's *Autobiography*," *Journal of the History of Biology* 18 (1985), 357-401가 있다.

Desmond and Moore의 전기가 다윈에 대한 사회적 요소의 영향에 초점을 맞추었다면, P.J. Bowler, *Charles Darwin: The Man and His Influence* (Oxford: Blackwell, 1990)는 다윈이 사회에 미친 영향에 초점을 맞추었다. Janet Browne, *Charles Darwin. Vol. 1. Voyaging* (London: Jonathan Cape, 1995)는 사료와 편지를 광범위하게 이용했다. Browne는 최근에 종의기원 출판 이후 다윈의 생애에 대한 전기를 출판했다. J. Bowlby, *Charles Darwin: A Biography* (London: Hutchinson, 1990)도 널리 읽힌 전기이다. 다윈의 진화론을 잘못 이해했다는 점 때문에 비판을 받은 Gertrude Himmelfarb, *Darwin and the Darwinian Revolution* (New York: Doubleday, 1962)은 다윈을 당시 농업혁명과의 연관 속에 살펴보고 있다. J. A. Secord, "The Discovery of a Vocation: Darwin's Early Geology," *BJHS* 24 (1991), 133-57은 지질학의 영향을 살펴보고 있으며, Frank J. Sulloway, "Darwin and His Finches: The Evolution of a Legend," *Journal of the History of Biology* 15 (1982), 1-53은 다윈이 갈라파고스군도에서 관찰, 보고한 편치와 관련된 신화를 비판하고 있다.

<http://www.nceas.ucsb.edu/%7Ealroy/lefa/expeditions.html>는 19세기 생물학적 탐험을 이해하는 데 도움이 되는 그림을 담고 있다. Robert Young, "Malthus and the

Evolutionists: The Common Context of Biological and Social Theory," *Past and Present* 43 (1969), 109-145는 생존경쟁과 관련해서 다윈에 대한 맬더스의 영향을 강조하며, John Cornell, "Newton of the Grassblade? Darwin and the Problem of Organic Teleology," *Isis* 77 (1986), 405-421은 생물학의 목적론적인 경향의 문제를 분석하고 있다. Martin Rudwick, "Charles Darwin in London: The Integration of Public and Private Science," *Isis* 73 (1982), 186-206; Silvan Schweber, "The Origin of the *Origin* Revisited," *Journal of the History of Biology* 20 (1977), 229-316도 진화론의 기원을 이해하는 데 도움이 된다.

A.O. Lovejoy, *The Great Chain of Being* (Harvard University Press, 1953)은 18세기 생물철학에서 '진화론'으로 이어질 수 있는 '존재의 대 연쇄' 개념을 분석하고 있다. 진화라는 개념이 다윈 이전에 런던의 의사들 사이에서 널리 퍼져있었다는 주장이 A. Desmond, *The Politics of Evolution: Morphology, Medicine, and Reform in Radical London* (University of Chicago Press, 1989)에 의해 설득력있게 제기되었다. 다윈과 그의 친구들이 월러스의 발견을 평가절하했다는 주장에 대해서는 D. Quammen, *The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions* (New York: Scribner, 1996)을 참조. 다윈이 독일 발생학자들의 영향을 받았다는 주장에 대해서는 Robert Richards, "The Emergence of Evolutionary Biology of Behavior in the Early 19th Century," *BJHS* 15 (1982), 241-280; idem., *Darwin and the Emergence of Evolutionary Theories of Mind and Behavior* (University of Chicago Press, 1987); idem., *The Meaning of Evolution: The Morphological Construction and Ideological Reconstruction of Darwin's Theory* (University of Chicago Press, 1992)를 볼 것. Richards는 최근에 독일 낭만주의 생물학에 대해서 좋은 연구서를 출간했다. *The Romantic Conception of Life: Science and Philosophy in the Age of Goethe* (Chicago, 2002).

William Irvine, *Apes, Angels, and Victorians: Darwin, Huxley, and Evolution* (New York: McGraw-Hill, 1955)은 다윈과 헉슬리를, James Moore, *The Post-Darwinian Controversies* (New York: Cambridge University Press, 1979)는 다윈의 진화론이 일으킨 지적, 종교적 논쟁을 분석하고 있다. E. Mayr, *One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought* (Harvard University Press, 1988)과 Bowler, *Evolution: The History of an Idea*, revised edition (University of California Press, 1989)는 진화이론의 철학과 역사를 자세히 다루고 있다. D.L. Hull, *Darwin and his Critics: The Reception of Darwin's Theory of Evolution by the Scientific Community* (University of Chicago Press, 1973)은 다윈 이론이 당시 과학자 사회에 의해 수용된 과정에 대한 가장 상세한 연구서이다. 다윈 이론이 러시아에 수용된 과정은 Daniel Todes, "Darwin's Malthusian Metaphor and Russian Evolutionary Thought, 1859-1917," *Isis* 78 (1987), 537-551을 참조.

스펜서의 Social Darwinism에 대한 가장 자세한 연구서는 M. Hawkins, *Social Darwinism in European and American thought, 1860-1945* (Cambridge University Press, 1997)이며, Steven Shapin and Barry Barnes, "Darwin and Social Darwinism: Purity and History," in B. Barnes and S. Shapin eds. *Natural Order: Historical Studies of Scientific Culture* (London, 1979), pp. 125-142와 Leslie Johns의 "Social Darwinism Revisited," *History Today* (Aug. 1998) in findarticles.com/af_dls/m1373/n8_v48/21031902/print.jhtml도 도움이 된다. Spencer에 대한 Victorian Web 65.107.211.206/philosophy/spencer.html 도 참조.

10. Einstein's Relativity

배경 독서: 홍성욱, 이상욱 외 『뉴턴과 아인슈타인: 우리가 몰랐던 천재들의 창조성』 (창작과 비평사, 2004), 아인슈타인에 대한 3 챕터.

* * *

Albert Einstein, "Autobiographical Notes," in P.A. Schilip ed., *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (New York, 1951).

* * *

Gerald Holton, "On the Origins of the Special Theory of Relativity," in Holton, *Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein* (Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press, 1988), pp. 191-236.

Peter Galison, "Einstiens Clocks: The Place of Time," *Critical Inquiry* 26 (Winter 2000), 355-89.

Andrew Warwick, "Cambridge Mathematics and Cavendish Physics: Cunningham, Campbell and Einstein's Relativity. Part I: The uses of theory," *SHPS* 23 (1992): 625-656.

John Earman and Clark Glymour, "Relativity and Eclipses: The British Eclipse Expeditions of 1919 and Their Predecessors," *HSPS* 11 (1980), 49-85.

Bruno Latour, "A Relativistic Account of Einstein's Relativity," *Social Studies of Science* 18 (1988), 3-44.

* * *

아인슈타인에 대해서도 뉴튼, 다윈만큼이나 많은 연구가 있다. 아인슈타인의 생애와 업적, 그의 영향을 짧은 분량에 잘 정리한 책으로는 David Cassidy, *Einstein and Our World* (Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press, 1995)가 있다. 물리학 내용에 가장 충실한 아인슈타인의 전기는 Abraham Pais. "Subtle is the Lord....": *The Science and the Life of Albert Einstein* (New York: Oxford University Press, 1982)이며, 생애에 대한 가장 상세한 정보를 담고 있는 전기는 Albrecht Foelsing, *Albert Einstein: A Biography* (New York: Viking, 1997)이다. Lewis Pyenson, *The Young Einstein: The Advent of Relativity* (Boston: Adam Hilger, 1985)는 아인슈타인의 청년 시절에 초점을 맞추고 있다. *The Collected Papers of Albert Einstein*은 1987년부터 출간되기 시작해서 현재 제 8권까지 나왔다.

아인슈타인의 생애와 업적에 대해서는 Gerald Holton and Yehuda Elkana, eds. *Albert Einstein: Historical and Cultural Perspectives* (Princeton Univ. Press, 1982); Schilpp, ed. *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* 2 vols. (Open Court, 1969)에도 도움이 되는 논문, 에세이들이 많이 있다. Jamie Sayen, *Einstein in America: The Scientist's Conscience in the Age of Hitler and Hiroshima* (New York, 1985)는 원폭과 관련한 아인슈타인의 고민과 갈등을 다루고 있으며, 최근 국내에서도 번역된 Fred Jerome, *The Einstein File: J. Edgar Hoover's Secret War Against the World's Most Famous*

Scientist (New York: St Martin's Press, 2002)는 FBI가 아인슈타인을 의심하고 감시했음을 보여준다. 아인슈타인이 인문학에 미친 영향은 Dennis P. Ryan, ed. *Einstein and the Humanities* (New York: Greenwood Press, 1987)을 참조할 것.

특수상대론의 배경이 되는 'electromagnetic view of nature'는 R. McCormach, "H.A. Lorentz and the Electromagnetic View of Nature," *Isis* 61 (1970), 459-97; T. Hirose, "The Ether Problem, the Mechanistic Worldview and the Origins of the Theory of Relativity," *HSPS* 7 (1976), 3-82을, 로렌츠의 영향과 아인슈타인의 독창성에 대해서는 R. McCormach, "Einstein, Lorentz, and the Electron Theory," *HSPS* 2 (1970), 41-87; Michel Janssen, "Reconsidering a Scientific Revolution: The Case of Einstein versus Lorentz," *Physics in Perspective* 1 (2001), 1-24를 볼 것.

특수상대론의 성립 과정에 대한 분석으로 좋은 연구로는 Arthur I. Miller, *Albert Einstein's Special Theory of Relativity: Emergence (1905) and Early Interpretation (1905-1911)* (Reading, MA: Addison-Wesley, 1981); Stanley Goldberg, *Understanding Relativity: Origin and Impact of a Scientific Revolution* (Cambridge, MA: Birkhauser, 1984); Robert Rynasiewicz, "The Construction of the Special Theory," in Don Howard and John Stachel eds., *Einstein: The Formative Years, 1879-1909* (Boston, 2000)가 있다. 밀러는 최근 국내에서도 번역된 아인슈타인과 피카소를 비교하는 책을 출판했다. *Einstein, Picasso: Space, Time, and the Beauty that Causes Havoc* (New York: Basic Books, 2001). John Stachel, ed, *Einstein's Miraculous Year: Five Papers That Changed the Face of Physics* (Princeton University Press, 1998)은 아인슈타인이 1905년에 출판한 논문들을 수록하고 이에 해제를 붙였다.

겔리슨은 최근에 위에 독서과제로 지정된 논문을 확장해서 *Einstein's Clocks and Poincare's Maps: Empires of Time* (Norton, 2003)으로 출판했다. Galison에 대한 인터뷰가 http://www.edge.org/3rd_culture/galison03/galison_print.html에 있다. 마이컬슨 실험이 아인슈타인의 상대론에 결정적인 영향을 미쳤다는 주장에 비판으로는 G. Holton, "Einstein, Michelson, and the 'Crucial Experiment,'" *Isis* 60 (1969), 133-97을 참조. 특수 상대론이 영국에서 거의 받아들여지지 않았던 이유에 대해서는 Stanley Goldberg, "In Defense of Ether: The British Response to Einstein's Special Theory of Relativity, 1905-1911," *HSPS* 2 (1970), 89-125를 볼 것. 독일 과학자들의 반응에 대한 상세한 분석으로는 Richard Staley, "On the Histories of Relativity: The Propagation and Elaboration of Relativity Theory in Participant Histories in Germany, 1905-1911," *Isis* 89 (1998), 263-299이 좋다.

일반 상대론의 형성에 대해서는 John D. Norton, "How Einstein Found His Field Equations, 1912-1915," *HSPS* 14 (1984), 253-316; John Stachel, "Einstein's Search for General Covariance, 1912-1915," in Don Howard and John Stachel eds., *Einstein Studies Vol. 1. Einstein and the History of General Relativity* (Boston, 1989), pp. 63-100이 널리 인용되는 연구들이다. Jean Eisenstaedt and A.J. Kox eds., *Studies in the History of General Relativity* (Boston, 1992)은 일반 상대론의 역사를 연구한 논문을 모았고, 아인슈타인의 <꺾리히 노트북>을 분석한 최근 연구로는 J. Renn and T. Sauer, "Heuristics and Mathematical Representation in Einstein's Search for a Gravitational Field Equation," in H. Goenner et al., eds., *The Expanding Worlds of General Relativity* (Einstein Studies vol. 7; Boston, 1999), pp. 87-125; J. Renn, Tilman Sauer, Michel Janssen, John Norton, and John Stachel, *The Genesis of General Relativity: Sources and Interpretations. Vol. 1. General Relativity in the Making: Einstein's Zurich Notebook* (Dordrecht: Kluwer, 2002)가 있다. 일반상대론에서 연역된 우주론적인 함의와 이에 관련해서 일어난 아인슈타인 대 디지터의 논쟁에 대해서는 Pierre Kerszberg, *The Invented Universe: The Einstein-De Sitter Controversy (1916-17) and the Rise of Relativistic Cosmology* (New York: Oxford University Press, 1989)를 참조. 1919년 에딩턴의 개기일식 관찰과 관련해서 『The Times』와 같은 언론의 역할을 강조한 연구로는 Alistair Sponsel, "Constructing a 'Revolution in Science': the Campaign to Promote a Favourable Reception for the 1919 Solar Eclipse Experiments," *BJHS* 35 (2002), 439-467이 있다.

11. Quantum Mechanics

- N. Bohr, "The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory," *Nature* 121 (1928), 580-590;
N. Bohr, "Light and Life," *Nature* 131 (1933), 421-23, 457-59.
J. Stark, "The Pragmatic and the Dogmatic Spirit in Physics." *Nature* 141 (1938), 770-772.

* * *

Paul Forman, "Weimar Culture, Causality, and Quantum Theory, 1918-1927: Adaptation by German Physicists and Mathematicians to a Hostile Intellectual Environment." *HSPS* 3 (1971), 1-116 (특히 pp. 1-19, 63-115).

John Hendry, "Weimar Culture and Quantum Causality," *History of Science* 18 (1980), 155-180.

Gerald Holton, "The Roots of Complementarity," in *Thematic Origins of Scientific Thought*, pp. 99-145.

Sungook Hong, "Science as Culture, History as a Science: Revisiting Kuhn," (ms 1996).
이 글을 조금 줄여서 한글로 번역한 것이 홍성욱, 「문화로서의 과학, 과학으로서의 역사 - 쿤 다시 보기」『생산력과 문화로서의 과학 기술』 문학과 지성사 1999, 149-170이다.

* * *

양자물리학의 역사에 대해 물리학 지식이 없어도 읽을 수 있는 개설적인 책이 B. L. Cline, *Men Who Made a New Physics: Physicists and the Quantum Theory* (Chicago, 1987)이다. 최근에는 양자역학 역사에 대해 좋은 두권의 책이 출간되었는데, Helge Kragh, *Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century* (Princeton University press, 1999)는 양자물리학에 초점을 맞추어 20세기 물리학 전반을 리뷰하고 있으며, Mara Beller, *Quantum Dialogue: The Making of a Revolution* (University of Chicago Press, 1999)는 양자역학의 발전을 과학자들 사이에 끊임없이 이루어진 대화(dialogue)를 통해 보아야한다는 독특한 dialogism의 철학에 기반하고 있다. Beller의 책은 그녀가 80-90년대에 쓴 논문들의 주장을 대부분 포함하고 있다. Olivier Darrigol, *From C-Numbers to Q-Numbers: The Classical Analogy in the History of Quantum Theory* (Berkeley, 1993)은 양자역학의 역사를 고전물리학과의 유비(analogy) 관계에 초점을 맞추어 다루고 있다. 물리학 내용이 자세하게 분석된 책으로는 Jagdish Mehra, *The Historical Development of Quantum Theory* 5 vols. (New York: Springer-Verlag, 1982-1987); Max Jammer, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics* (New York, 1966)을 참조. 또 다른 개설서로는 Armin Hermann, *The Genesis of Quantum Theory, 1899-1913* (MIT Press, 1971)이 있다. R. McCormach, *Night Thoughts of a Classical Physicist* rev ed. (Harvard U. Press, 1991)는 소설의 형식을 빌어서 양자물리학의 태동 시기에 고전물리학자가 겪은 지적 혼란을 잘 묘사하고 있다.

막스 플랑크의 전기로는 국내에서도 번역된 John L. Heilbron, *The Dilemmas of an Upright Man: Max Planck as a Spokesman for German Science* (Berkeley: Univ. California Press, 1986)가 있다. 양자물리학의 시발이 되었다고 간주된 플랑크의 복사 법칙(1900)에 대한 수정주의적인 해석이 Thomas S. Kuhn, *Black-Body Theory and the*

Quantum Discontinuity, 1894-1912 (Oxford, 1978)에 의해서 제기되었다. 쿤의 해석이 불러 일으킨 논쟁에 대해서는 독서과제로 지정된 내 논문을 볼 것. 자신의 해석에 대한 비판에 대한 쿤의 재반론이 Kuhn, "Revisiting Planck," *HSPS* 14 (1983-84), 231-252에 있다. Elizabeth Garber, "Some Reactions to Planck's Law, 1900-1914," *HSPS* 7 (1976), 89-126은 플랑크의 법칙에 대한 당시 과학자사회의 반응을 분석하고 있으며, Herbert W. Gernand, "Planck, Kuhn, and Scientific Revolutions," *Journal of the History of Ideas* 47 (1986), 469-485은 쿤의 '과학 혁명'과 플랑크의 과학관 사이의 유사성을 지적한다. 플랑크의 원자론에 대한 연구는 H. Krips, "Atomism, Poincaré and Planck," *HSPS* 17 (1986), 43-63이 있다. 플랑크는 아인슈타인의 상대론을 처음부터 지지한 사람으로 잘 알려져 있는데, 이에 대해서는 Stanley Goldberg, "Max Planck's Philosophy of Nature and his Elaboration of the Special Theory of Relativity," *HSPS* 7 (1976), 125-160을 볼 것.

닐스 보어에 대한 가장 상세한 전기는 Abraham Pais, *Niels Bohr's Times, in Physics, Philosophy, and Polity* (Oxford : Clarendon Press, 1991)이다. Finn Aaserud, *Redirecting Science: Niels Bohr, Philanthropy, and the Rise of Nuclear Physics* (Cambridge Univ. Press, 1990)는 보어의 코펜하겐 이론물리학 연구소의 역사를 다루고 있다. 보어의 원자모델에 대한 고전적인 연구로는 J.L. Heilbron and T.S. Kuhn, "The Genesis of the Bohr Atom," *HSPS* 1 (1969), 211-290가 있다. Olivier Darrigol, "Classical Concepts in Bohr's Atomic Theory (1913-1925)," *Physis* 34 (1997), 545-567은 보어 원자모델에서 볼 수 있는 고전 물리학적 개념을 지적하고 있으며, Hettema Hinne, "Bohr's Theory of the Atom 1913-1923: A Case Study in the Progress of Scientific Research Programmes," *HSPS* 26 (1995), 307-323는 보어 원자모델이 연구 전통으로 발전된 과정을 다루고 있다.

상보성 이론에 대해서는 John Hendry, "The History of Complementarity: Niels Bohr and the Problem of Visualization," *Rivista di Storia Della Scienza* 2 (1985), 391-407; Beller, "The Birth of Bohr's Complementarity: The Context and the Dialogues," *HSPS* 23 (1992), 147-180; idem., "The Genesis of Bohr's Complementarity Principle and the Bohr-Heisenberg Dialogue," in Edna Ullmann-Margalit ed., *Scientific Enterprise: The Bar-Hillel Colloquium* (Dordrecht: Kluwer Academic, 1992), pp. 273-293을 참조. 보어와 심리학자 희프딩과의 관련에 대해서는 Jan Faye, "The Bohr-Höffding Relationship Reconsidered," *HSPS* 19 (1988), 321-346; David Favrholt, "Remarks on the Bohr-Höffding Relationship," *HSPS* 22 (1991), 399-414를 참조. David Kaiser, "More Roots of Complementarity: Kantian Aspects and Influences," *HSPS* 23 (1992), 213-239는 상보성 개념의 형성에 칸트 철학이 영향을 주었음을 주장한다.

파울리, 하이젠베르크, 본에 대한 연구로는 다음과 같은 논문들이 유용하다. D. Serwer, "Unmechaniseher Zwang: Pauli, Heisenberg, and the Rejection of the Mechanical Atom, 1923-1925," *HSPS* 8 (1977), 189-256; M. Beller, "Born's Probabilistic Interpretation: A Case Study of 'Concepts in Flux,'" *HSPS* 21 (1990), 563-588; J.L. Heilbron, "The Origins of the Exclusion Principle," *HSPS* 13 (1983), 261-310; Beller, "Pascual Jordan's Influence on the Discovery of Heisenberg's Indeterminacy Principle," *Archive for History of Exact Sciences* 33 (1985), 337-349. Cathryn Carson, "The Peculiar Notion of Exchange Forces I & II," *HSPS* 27 (1996), 23-45; 99-131은 하이젠베르크의 exchange force 개념의 역사를 다루고 있다. 아인슈타인-보어 논쟁과 코펜하겐 해석에 대해서는 David Kaiser, Bringing the Human Actors back on Stage: The Personal Context of the Einstein-Bohr Debate," *BJHS* 27 (1994), 129-152; Mara Beller, "The Rhetoric of Antirealism and the Copenhagen Spirit," *Philosophy of Science* 63 (1996), 183-204을 볼 것. 하이젠베르크에 대한 상세한 전기로는 David C. Cassidy, *Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg* (New York: Freeman, 1992)이 있다.

드브로이의 입자-파동 이중성(wave-particle duality)에 대해서는 Thomas Bonk, "Why Has de Broglie's Theory Been Rejected?," *HSPS* 25 (1994), 375-396을 참조. 슈뢰딩거의 생애와 업적은 Walter Moore, *Schrödinger: Life and Thought* (Cambridge Univ.

Pr., 1990); Moore, *A Life of Erwin Schrödinger* (Cambridge University Press, 1994); Ernst Peter Fischer, "We Are All Aspects of One Single Being: An Introduction to Erwin Schrödinger," *Social Research* 51 (1984), 809-835; Michel Bitbol and Olivier Darrigol, ed., *Erwin Schrödinger: Philosophy and the Birth of Quantum Mechanics* (Paris, 1992)을 참조. 과동 역학의 탄생과 발전에 대한 연구로는 Jagdish Mehra, "Erwin Schrödinger and the Rise of Wave Mechanics. I & II," *Foundations of Physics* 17 (1987), 1051-1112, 1141-1188; Helge Kragh, "Erwin Schrödinger and the Wave Equation: The Crucial Phase," *Centaurus* 26 (1982-83), 154-197; Linda Wessels, "Schrodinger's Route to Wave Mechanics," *SHPS* 10 (1979), 311-40 등이 유용하다.

아인슈타인의 양자물리학에의 기여는 Silvio Bergia, "Early Quantum Concepts and the Theorem of Equipartition of Energy in Einstein's Work (1905-1925)," *Physis* 34 (1997), 183-223을, 디랙에 대해서는 Dalida Monti, "Creation and Destruction of Corpuscles," *Nuncius* 14 (1999), 169-200을; 스텐의 공간양자화에 대해서는 Bretislav Friedrich and Dudley Herschbach, "Space Quantization: Otto Stern's Lucky Star," *Daedalus* 127(1), (1998), 165-191을 참조. 크레이머에 대해서는 최근에 자세한 전기가 출판되었다. D. ter Haar, *Master of Modern Physics: The Scientific Contributions of H.A. Kramers* (Princeton Univ. Press, 1998).

'포먼 테제'와 관련해서는 위에서 지정한 포먼과 헨드리의 논문 이외에도 Paul A. Hanle, "Indeterminacy before Heisenberg: The Case of Franz Exner and Erwin Schrödinger," *SHPS* 10 (1979), 225-269; Hans Radder, "Kramers and the Forman Thesis," *History of Science* 21 (1983), 165-182; P. Kraft and P. Kroes, "Adaptation of Scientific Knowledge to an Intellectual Environment: Paul Forman's 'Weimar Culture, Causality, and Quantum Theory, 1918-1927': Analysis and Criticism," *Centaurus* 27 (1984), 76-99; Stephen G. Brush, "Irreversibility and Indeterminism: Fourier to Heisenberg," *Journal of the History of Ideas* 37 (1976), 603-630가 있다. 이 중 Radder는 포먼 테제의 유용성을 주장하며, Kraft and Kroes는 이를 비판하고 있다.

12. The Atomic Bomb

Feynman's recollection in Feynman, Richard P. "Los Alamos from Below." in Lawrence Badash et al., eds., *Reminiscences of Las Alamos, 1943-1945* (Boston: D. Reidel, 1980), pp. 105-132.

Joseph J. Ermenc ed., *Atomic bomb scientists: Memoirs, 1939-1945. Interviews with Werner Karl Heisenberg, Paul Harteck, Lew Kowarski, Leslie R. Groves, Aristid von Grosse, C.E. Larson* (Westport: Meckler, 1989), pp. 1-75 (Heisenberg).

* * *

Los Alamos Laboratory 50th Anniversary articles(#1-#24)을 모두 읽을 것.

<http://www.lanl.gov/worldview/welcome/history.html>

S.S. Schweber, "The Empiricist Temper Regnant: Theoretical Physics in the United States, 1920-1950," *HSPS* 17(1) (1986), 55-98.

Mark Walker, "National Socialism and German Physics," *Journal of Contemporary History* 24 (1989), 63-89.

Michael Frayn, *Copenhagen* (London: Methuen, 1998).

* * *

원자탄을 만든 맨하튼 계획과 함께 2차 세계대전 중 과학자들의 연구가 혁혁한 성과를 올린 사례로 간주되는 레이더 개발과 Radiation Laboratory에 대해서는 Robert Buderi, *The Invention that Changed the World: How a Small Group of Radar Pioneers Won the Second World War and Launched a Technological Revolution* (Simon & Schuster, 1996) 참조. Henry Guerlac, *Radar in World War II* 2 vols. (New York: AIP, 1987)은 레이더 개발에 대한 상세한 기술적인 내용을 담고 있으며, *Rad Lab: Oral Histories Documenting World War II Activities at the MIT Radiation Laboratory* (IEEE, 1993)는 래드랩에 참여했던 사람들에 대한 oral interview의 기록이다. Peter Galison, *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics* (University of Chicago Press, 1997)도 래드랩에 대한 챕터를 담고 있다.

원자탄 개발의 역사에 대해서 오랫동안 널리 읽힌 책이 Robert Jungk, *Brighter than a Thousand Suns: A Personal History of the Atomic Scientists* (New York, 1958)인데, 이 책은 이제 너무 오래되었을 뿐만 아니라 독일과 관련해서는 (하이젠베르크의 회고에 의존한 까닭에) 잘못된 해석도 많이 담고 있다. 이를 대체할 수 있는 최근의 가장 상세한 연구로는 폴리처 상을 수상한 Richard Rhodes, *The Making of the Atomic Bomb* (New York: Simon & Schuster, 1986)이 있다. 1943년의 위기와 로스 알라모스 연구소의 역할에 대해서는 Lillian Hoddeson, "The Discovery of Spontaneous Fission in Plutonium During the World War II," *HSPS* 23(2) (1993), 279-300를 볼 것. Brian Easlea, *Fathering the Unthinkable: Masculinity, Scientists and the Nuclear Arms Race* (London: Pluto Press, 1983), pp. 81-116은 원자탄계획에서 종종 등장한 '남성적인'(masculine) 언어나 은유를 분석하고 있다. 그 이유가 남성 과학자들의 womb-envy라는 이질리의 주장보다 더 설득력이 있는 연구는 Carol Cohn, "Sex and Death in the Rational World of Defence Intellectuals," *Signs* 12 (1987), 687-718이다.

하이젠베르크 '신화'는 Mark Walker, *German National Socialism and the Quest for Nuclear Power, 1939-1949* (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1989); *Nazi Science: Myth, Truth, and the German Atomic Bomb* (New York: Plenum Press, 1995)에 의해서 비판되었다. 그의 견해는 "Heisenberg, Goudsmit and the German Atomic Bomb," *Physics Today* 43 (Jan. 1990), pp. 52-60; "National Socialism and German Physics," *Journal of Contemporary History* 24 (1989), 63-89에 잘 요약되어 있다. 하이젠베르크에 대해서 호의적인 책으로는 Thomas Powers, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb* (New York, Knopf, 1993); Paul Lawrence Rose, *Heisenberg and the Nazi Atomic Bomb Project* (Berkeley : Univ. of California Press, 1998)가 있다. Rose의 책에 대해서는 K. Hentschel의 비판적인 서평 *Annals of Science* 57 (2000), 301-306)을 볼 것. David C. Cassidy, "Heisenberg, German Science, and the Third Reich," *Social Research* 59 (1992), 643-661; James C. O'Flaherty, "Werner Heisenberg on the Nazi Revolution: Three hitherto Unpublished Letters," *Journal of the History of Ideas* 53 (1992), 487-494도 참조. 조르단에 대해서는 Norton M. Wise, "Pascual Jordan: Quantum Mechanics, Psychology, National Socialism," in M. Renneberg and Mark Walker eds., *Science, Technology and National Socialism* (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1994), pp. 224-254를 볼 것.

1998년 Michael Frayn의 회곡 *Copenhagen*의 출판과 런던, 뉴욕에서의 성공적인 공연은 하이젠베르크와 보어의 1941년 만남을 세간의 관심사로 다시 부상시켰다. 이 둘의 관계에 대해서는 J. Bernstein, "What Did Heisenberg Tell Bohr about the Bomb?," *Scientific American* 272(5) (1995), 92-97를 볼 것. 『코펜하겐』에 대한 역사적인 분석으로는 Cassidy의 "A Historical Perspective on *Copenhagen*," *Physics Today* 53 (July 2000)을 볼 것. 이 글은 인터넷에서 (<http://www.aip.org/pt/vol-53/iss-7/>) 볼 수 있으며, 같은 호에 Hans Bethe의 회고와 Gerald Holton의 글도 도움이 된다. Hentschel, "What History of Science Can Learn from Michael Frayn's *Copenhagen*," *Interdisciplinary Science Reviews* 27 (2002), 211-216도 참조. Cathryn Carson, "A Scientist in Public: Werner Heisenberg after 1945," *Endeavour: Review of the Progress of Science* 23 (1999), 31-34; Michael Eckert, "Primacy Doomed to Failure: Heisenberg's Role as Scientific Adviser for Nuclear Policy in the FRG," *CHSPS* 21 (1990), 29-58은 2차 세계대전 이후 하이젠베르크의 삶과 역할을 다루고 있다.

322.120904 v88sely

스파이어 역사

623.4571909 R146nkm

영문판

13. History of Molecular Biology

Erwin Schrödinger, *What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell* (Cambridge, 1944).

* * *

Horace F. Judson, "Reflections on the Historiography of Molecular Biology," *Minerva* 18 (1980), 369-421.

Evelyn Fox Keller, "Physics and the Emergence of Molecular Biology: A History of Cognitive and Political Synergy," *Journal of the History of Biology* 23 (1990), 389-409.

Lily E. Kay, "Cybernetics, Information, Life: the Emergence of Scriptual Representations of Heredity," *Configurations* 5 (1997), 23-91.

Diane B. Paul, "Eugenic Anxieties, Social Realities, and Political Choices," *Social Research* 59 (1992), 664-683.

Susan Wright, "Recombinant DNA Technology and its Social Transformation, 1972-1982," *Osiris* 2 (1986), 303-360.

* * *

위에서 독서과제로 지정한 Diane Paul의 논문에서 간략히 다른 우생학에 대해서는 좋은 연구가 많이 있다. 서구의 우생학의 역사를 간단하게 정리한 유용한 글로 Kenneth L. Garver and Bettylee Garver, "Eugenics: Past, Present, and the Future," *American Journal of Human Genetics* 49 (1991), 1109-1118이 유용하다. 영국의 우생학은 Pauline Mazumdar, *Eugenics, Human Genetics, and Human Failings: the Eugenics Society, its Sources and its Critics in Britain* (New York: Routledge, 1992); Donald MacKenzie, "Eugenics in Britain," *Social Studies of Science* 6 (1976), 499-532에서 다루어졌으며, 독일의 우생학(racial hygiene)에 대해서는 Robert N. Proctor, *Racial Hygiene: Medicine under the Nazis* (Harvard Univ. Press, 1988)가 가장 좋은 연구이다. 미국과 캐나다의 우생학은 Daniel J. Kevles, *In the Name of Eugenics: Genetics and the Uses of Human Heredity* (Univ. of California Press, 1985); Angus McLaren, *Our Own Master Race: Eugenics in Canada, 1885-1945* (Toronto, 1990)을 각각 참조. Kevles는 우생학과 1960년대 분자 유전학 사이의 연관을 주장한다. 각국의 우생학의 비교는 Mark B. Adams ed., *The Wellborn Science: Eugenics in Germany, France, Brazil and Russia* (Oxford Univ. Press, 1990)에서 볼 수 있다. 우생학적인 이론에 바탕해서 백인의 IQ가 높다고 주장하는 이론에 대한 반론으로는 R.C. Lewontin, S. Rose and Leon J. Kamin eds., *Not in Our Genes: Biology, Ideology, and Human Nature* (New York: Pantheon Books, 1984)을 볼 것.

분자생물학의 발전에 큰 영향을 미친 슈뢰딩거의 『생명이란 무엇인가?』는 그의 다른 글들과 함께 *What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell. with, Mind and Matter, and Autobiographical Sketches* (Cambridge Univ. Press, 1992)로 다시 출판되었다. 이에 대한 분석으로는 Robert Olby, "Schrödinger's Problem: What Is Life?" *Journal of the History of Biology* 4 (1971), 119-148; E.J. Yoxen, Where Does "What is life?" Belong in the History of Molecular Biology? *History of Science* 17 (1979), 17-52; M.F.

Perutz, "Erwin Schrödinger's *What is Life?* and Molecular Biology," in C.W. Kilmister ed., *Schrödinger: Centenary Celebration of a Polymath* (Cambridge, 1987), pp. 234-251; Michael P. Murphy and Luke A.J. O'Neill eds., *What is Life? The Next Fifty Years: Speculations on the Future of Biology* (Cambridge Univ. Press, 1995); Avshalom C. Elitzur, "Life and Mind, Past and Future: Schrödinger's Vision Fifty Years Later," *Perspectives in Biology and Medicine* 38 (1995) p. 433-458; S. Sigurdsson, "Physics, Life, and Contingency: Born, Schrödinger, and Weyl in Exile," in M.G. Ash and A. Söllner eds., *Forced Migration and Scientific Change* (Cambridge, 1996), pp. 48-70를 참조할 것.

분자생물학의 역사에 대한 개관으로 좋은 것은 Robert Olby, "The Molecular Revolution in Biology," in R.C. Olby, G.N. Cantor, J.R.R. Christie and M.J.S. Hodge, eds., *Companion to the History of Modern Science* (London/New York: Routledge, 1990), pp. 503-520이다. 20세기 후반의 분자생물학의 역사를 다룬 가장 자세한 연구는 Judson, *The Eighth Day of Creation* (New York: Simon and Schuster, 1979)이다. '유전자'의 개념의 역사에 대해서는 Rachel Falk, "What Is a Gene?" *SHPS* 17 (1986), 133-173를 참조. 물리학의 영향과 생물학에서의 환원주의는 Lily E. Kay, "Life as Technology: Representing, Intervening, and Molecularizing," *Rivista di Storia Della Scienza* ser. II 1 (1993), 85-103에서 다루어지며, 델브뢰과 슈뢰딩거가 왓슨을 비롯한 분자생물학자에 미친 영향은 Donald Fleming, "Émigré Physicists and the Biological Revolution," in D. Fleming and B. Baylin eds., *The Intellectual Migration: Europe and America, 1930-1960* (Harvard University Press, 1969), pp. 152-189을 참조.

DNA구조 발견에 관련된 왓슨의 회고는 유명한 James Watson, *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA* (New York: Norton, 1981; first edition in 1968)에 잘 나와있다. 최근 왓슨의 Scientific American 인터뷰 (http://www.sciam.com/print_version.cfm?articleID=00062AB0-2F4F-1E64-A98A809EC5880105)도 참조. 정보' 개념을 중심으로 한 20세기 후반기의 분자생물학의 역사에 대한 Lily Kay의 연구는 최근에 책으로 엮어져 출간되었다. Lily E. Kay, *Who Wrote the Book of Life?: A History of the Genetic Code* (Stanford, Calif.: Stanford University Press, 2000). Soraya de Chadarevian, *Designs for Life: Molecular Biology after World War II* (Cambridge University Press, 2002)는 영국을 중심으로 20세기 후반기의 분자생물학의 역사를 조망한다. 크릭의 central dogma에 대해서는 Robert Olby, "Francis Crick, DNA, and the Central Dogma," *Daedalus* 99 (1970), 938-987을 볼 것.

20세기 후반기 분자생물학의 개별 사건에 대한 최근의 연구로는 다음과 같은 책과 논문이 있다. Jean-Paul Gaudillière, "Rockefeller Strategies for Scientific Medicine: Molecular Machines, Viruses and Vaccines," *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 31C (2000), 491-509; idem., "Molecular Biologists, Biochemists, and Messenger RNA: The Birth of a Scientific Network," *Journal of the History of Biology* 29 (1996), 417-445; Angela N.H. Creager and Jean-Paul Gaudillière, "Meanings in Search of Experiments and Vice-versa: The Invention of Allosteric Regulation in Paris and Berkeley, 1959-1968," *SHPS* 27 (1996), 1-89; H-J. Rheinberger, *Toward a History of Epistemic Things: Synthesizing Proteins in the Test Tube* (Stanford: Stanford Univ. Press, 1997); Michel Morange, "The Transformation of Molecular Biology on Contact with Higher Organisms, 1960-1980: From a Molecular Description to a Molecular Explanation," *History and Philosophy of the Life Sciences* 19 (1997), 369-393; Frederic Lawrence Holmes, *Meselson, Stahl, and the Replication of DNA: A History of "The Most Beautiful Experiment in Biology"* (New Haven: Yale University Press, 2001).

많은 논란을 불러 일으켰던 차크라바티의 기름먹는 박테리아에 대한 특허에 대한 분석은 Daniel J. Kevles, "Ananda Chakrabarty Wins a Patent: Biotechnology, Law, and Society, 1972-1980," *SHPS* 25 (1994), 111-36을, 유전자재조합법 특허를 얻은 과정에 대한

상세한 분석은 Sally Smith Hughes, "Making Dollars out of DNA: The First Major Patent in Biotechnology and the Commercialization of Molecular Biology, 1974-1980," *Isis* 92 (2001), 541-575를 참조. 생명과학의 상업화에 대한 비판적인 연구를 계속 수행한 사람 중 한 명이 Sheldon Krimsky인데 그녀의 논문은 <http://www.tufts.edu/~skrimsky/publish.htm>에서 대부분 볼 수 있다.

14. Science and the Contemporary World

Vannevar Bush, *Science, the Endless Frontier* (1945).

* * *

공통 reading

홍성욱, 「20세기 과학연구의 지형도: 미국의 대학과 기업을 중심으로」 『한국과학사학회지』 24권 (2002년 12월), 200-237.

Sungook Hong, "Man and Machine in the 1960s," *Techné: Journal of the Society for Philosophy and Technology* (2004 forthcoming)

개별 독서과제 (논문 하나를 읽고 발표할 것)

Andy Pickering, "Cyborg History and the World War II Regime," *Perspectives on Science* 3 (1995), 1-48. (on cyborg)

Jessica Wang, "Liberals, the Progressive Left, and the Political Economy of Postwar American Science: The National Science Foundation Debate Revisited," *HSPS* 26 (1995), 139-166. (on the NSF)

B. Bernstein, "In the Matter of J. Robert Oppenheimer," *HSPS* 12(2) (1982), 195-252. (on the Oppenheimer Case)

Peter Galison and B. Bernstein, "In Any Light: Scientists and the Decision to Build the Superbomb, 1952-1954," *HSPS* 19(2) (1989), 267-347. (on the Hydrogen Bomb)

John Krige and D. Pestre, "The Choice of CERN's First Large Bubble Chambers for the Proton Synchrotron," *HSPS* 16(2) (1986), 255-279. (on Big Science)

Stuart Leslie, "Selling Silicon Valley: Frederick Terman's Model for Regional Advantage," *Business History Review* 70 (1996), 435-472. (on Silicon Valley)

Paul Forman, "Behind Quantum Electronics: National Security as Basis for Physical Research in the United States, 1940-1960," *HSPS* 18 (1987), 149-229. (on the militarization of science)

Mark Solovey, "Project Camelot and the 1960s Epistemological Revolution: Rethinking the Politics-Patronage-Social Science Nexus," *Social Studies of Science* 31 (2001), 171-206. (on social science)

Peter Weingart and Ullica Segerstråle, "From 'Social Biology' to 'Sociobiology,'" in Peter Weingart et al. eds., *Human by Nature: Between Biology and the Social Sciences* (London, 1997), pp. 68-87.

E.O. Wilson, "The Biological Basis of Morality," *Atlantic Monthly* (April 1998), available in <http://www.theatlantic.com/issues/98apr/biomoral.htm#Wilson> (on sociobiology)