

미국물리협회(AIP)와 순수/응용 물리학자들의 갈등

박민아†

1. 잔인하지만 아름다웠던 대공황?

미국 물리학자 반 블랙(J. H. Van Vleck, 1899-1980)은 미국 물리학이 1920-1930년대에 완숙기에 들어섰다고 회고했다. 유럽 주도의 양자역학과 상대성 이론의 발전에 “미국의 젊은 이론 물리학자들이 참여”하기 시작했고 “질적으로나 양적으로 이 나라가 일류 수준에 올라섰다”는 것이다.¹ ‘완숙기’에 진입한 이론 물리학과 이미 그 토대가 탄탄했던 실험 물리학이 결합한 결과, 미국 물리학은 1936년, 1937년, 1939년 연거푸 노벨 물리학상 수상자를 배출하며 물리학의 국제적인 중심지로 두각을 나타내기 시작했다.² 미국 물리학의 역사에서 1930년대는 세계적인 명성을 쌓은 연구 성과들을 낳은 아름다운 시절

이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 사업임(NRF-2008-357-H00001).

† 한양대학교 기초·융합교육원(과학철학 교육위원회), bamiya@gmail.com

¹ 반 블랙은 1963년 제 1회 앨버트 마이켈슨 상(Albert A. Michelson Award) 수상 기념 연설에서 이와 같이 회고했다. J. H. Van Vleck, “American Physics Comes of Age,” *Physics Today* 17 (1964), pp. 21-26.

² 1936년 칼 앤더슨(Carl Anderson)이 양전자 발견으로, 1937년에는 클린턴 데이비슨(Clinton Davisson)이 전자 회절 발견으로, 1939년에는 어니스트 로렌스(Ernest Lawrence)가 가속기 연구로 노벨상을 수상했다. 1930년대까지 미국의 노벨 물리학상은 모두 실험 물리학 분야에서 배출되었다.

이었다.

하지만 1930년대는 미국 물리학자들에게 매우 잔인한 시절이기도 했다. 대공황의 여파 속에서 대표적인 정부 연구소였던 국립 표준국(National Bureau of Standards, 현재의 National Institute of Standards and Technology)은 소수의 산업체를 위한 테스트에 공공의 예산을 낭비하고 있다는 비난을 받았다. 1933년 여름, 대폭적인 예산 삭감의 결과 국립 표준국은 절반 가까운 기술 직들을 일시 해고(furlough) 시켜야 했다. 산업체 연구소에 고용되어 있던 물리학자들도 잔인한 시절을 피해가지는 못했다. 1933년 제너럴 일렉트릭은 연구 인력의 50%를, AT&T는 40%를 해고했다. 대학의 경우 역시 정도는 약했지만 예외는 아니었다. 박사후 연구원 자리를 보장해 주던 국립 연구위원회 장학금(National Research Fellowship)의 수혜자는 1933년 165명에서 1936년 49명으로 감소했다. 줄어든 일자리 앞에서 미국물리학회 연례 모임은 “과학자 모임이라기보다는 직업 소개소 같았고”, 막 박사 학위를 받은 물리학자들의 일자리 상황은 “악몽”처럼 끔찍했다.³

같은 시대에 대한 이런 상반된 경험이 어떻게 공존할 수 있었을까? 과학사학자 스펜서 위어트(Spencer Weart)는 1930년대에 대한 미국 물리학자들의 장밋빛 기억과 사회가 경험했던 대공황 기억 간의 괴리에 의문을 품고, 1930년대 미국 물리학자들의 상황을 통계적으로 분석한 바 있다. 물리학 박사 학위자 수, 연구비, 교수들의 임금 변동, 산업체 연구소의 고용 상황 등에 대한 분석 결과를 바탕으로, 위어트는 미국 물리학계의 발전에 대공황은 별 타격을 주지 않았다고 결론지었다.⁴

하지만 그는 시야를 좁혀 개별 물리학자 집단을 보면 그 경험들에 차이가 난다는 점 또한 잊지 않고 지적했다. 대학의 물리학자들은 임금 삭감에도 불구하고 디플레이션으로 인해 오히려 구매력이 증가한 반면, 산업체 물리학자들은 고된 시간을 겪어야 했다. 이런 상반된 경험에 대해 위어트는 다음과 같은 추측을 남겼다.

³ Daniel J. Kevles, *The Physicists: The History of a Scientific Community in Modern America* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1995), pp. 250-251.

⁴ Spencer Weart, “The Physics Business in America, 1919-1940: A Statistical Reconnaissance,” in Nathan Reingold ed., *The Sciences in the American Context: New Perspectives* (Washington D.C.: Smithsonian Institution Press, 1979), pp. 295-358.

몇 년간 산업계 물리학자들은 고된 시간을 겪었다. 그들의 경험이 물리학 교수들이 경험했던 것과는 무척 달랐기 때문에, 물리학계 내부적으로 이에 대한 압력이 나타나지 않았을까 싶다.⁵

위어트가 제기했던 “내부적인 압력”은 무엇이었을까? 그것은 실제로 존재했던 것일까? 존재했다면, 어떤 형태로, 어떤 방식으로 나타났을까? 미국 물리학계는 그 압력에 어떻게 반응하고 그 압력을 조정했을까? 이 논문에서는 1931년 설립된 미국물리협회(American Institute of Physics, 이하 AIP)와 이 기관의 주도 하에 이루어졌던 응용 물리학 진흥 캠페인을 통해 1930년대 미국 물리학계 내부에 작용했던 이 압력을 살펴볼 것이다.

특히, 이 논문에서는 이 압력을 대학에서 연구하는 순수 물리학자들과 산업체에 종사하는 응용 물리학자들 사이에 나타난 갈등의 측면에서 살펴볼 것이다. 미국 물리학의 발전 속에서 분화되어 가던 순수 물리학자들과 응용 물리학자들은 대공황을 계기로 AIP에 모이게 되는데, 이 자리가 순수 물리학자들과 응용 물리학자들 간의 갈등이 공개적으로 표출되는 자리가 되었던 것이다. 이 논문에서는 물리학계 내부의 압력이 표면적으로는 대학의 순수 물리학자와 산업체의 응용 물리학자 사이의 갈등으로 제기되지만, 그 이면에는 구시대 물리학과 최신 물리학 사이의 세대 갈등, 물리학에 대한 학문적 요구와 사회적 요구 사이의 갈등 등 복합적인 요소가 내재되어 있음을 보일 것이다.

2. 미국 물리학의 발전과 응용 물리학자들의 소외

1931년 설립된 AIP는 미국 물리학 관련 학회들의 연합체로, 오늘날 미국물리학회(American Physical Society, APS)를 비롯해 10개 학회와 그 학회들에 가입한 10만여 명의 회원이 소속되어 있다. 자체 직원만 500명 가까이 되는 거대한 조직을 가진 AIP는 소속 학회들과 회원들을 대상으로 저널 출판 업무, 구직, 교육 등의 서비스를 제공하고 물리학과 관련된 각종 통계 조사를 실시하며 『피직스 투데이(Physics Today)』 등 물리학 대중 잡지를 출판하고 있다.

⁵ Weart, “The Physics Business in America,” p. 318.

AIP는 학회들을 회원으로 하는 독특한 기관으로, 미국 물리학 관련 학회들의 공동의 이해관계를 대변하고 이를 위해 활동하는 “동업 조합(trade association)”, 혹은 서비스 기관으로 이해할 수 있다.⁶

AIP의 설립은 20세기 미국 물리학계의 성장 및 전문화와 깊은 관련이 있다. 1920년대 들어 미국 물리학은 양적으로나 질적으로 빠른 성장기에 들어섰다. 미국 대학에서 한 해 배출되는 물리학 박사의 수는 1920년 직전 한 해 30명 정도에 불과했으나, 1920년대에 급격하게 증가하여 1930년대에 이르면 한 해 100명이 넘게, 1940년대에 다가서면 거의 200명 가까운 물리학 박사를 배출했다(그림 1).⁷

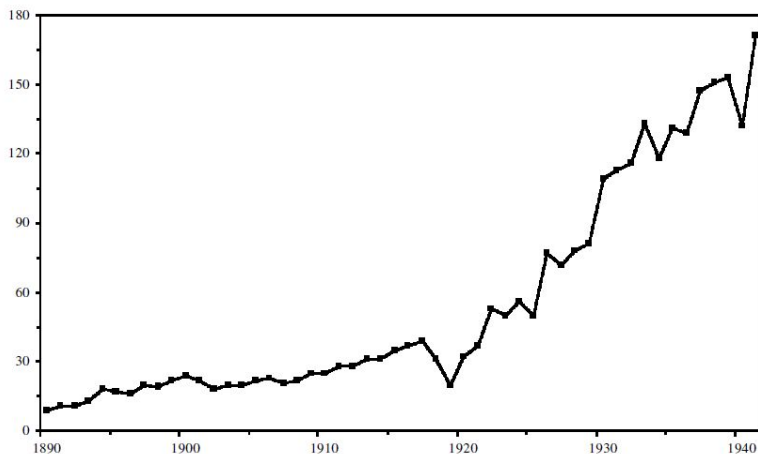


그림 1. 1890-1941년 사이 미국 대학들이 매년 배출한 물리학 박사의 수. (출처: David Kaiser, “Cold War Requisitions, Scientific Manpower, and the Production of American Physicists after World War II,” *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 33:1 (2002), pp. 131-159 중 p. 134)

⁶ Kevles, *The Physicists*, p. 253.

⁷ 위어트는 1920-1930년대 미국 물리학 박사 학위자의 증가에 주목하며 제2차 세계대전 이후 미국 물리학의 연속적 성장을 주장한 반면, 카이저(David Kaiser)는 2차 대전 이후 미국에서 물리학 전공자가 폭발적으로 팽창한 것에 비하면 1930년대까지의 증가율이나 그것이 물리학계에 미친 영향은 크지 않았다고 주장했다. David Kaiser, “Cold War Requisitions, Scientific Manpower, and the Production of American Physicists after World War II,” *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 33:1 (2002), pp. 131-159. 2차 대전 이후의 성장에 비해 1920-1930년대의 성장은 작은 규모였지만, 그렇다고 해서 1920-1930년대 물리학계의 성장을 부인할 수는 없다. 특히, 그 이전 시기 미국 물리학의 토대가 약했던 것에 비추어 볼 때 이 시기의 성장률은 숫자 이상의 의

양적인 증가에 질적인 성장도 동반되었다. 제1차 세계대전까지만 해도 미국 물리학자들은 유럽으로 공식적으로든, 비공식적으로든 유학 가는 것을 당연시했다. 하지만 1920년대에 들어서면 유럽 학계에 대한 의존성, 유럽 물리학에 대한 열등감이 서서히 극복되기 시작한다. 박사후 연구 장학금 수혜자 중에 미국 대학을 선택한 사람의 수가 점점 증가했으며, 미국물리학회에서 발행하는 『피지컬 리뷰(Physical Review)』의 인지도도 유럽 유수의 학술지에 점점 근접해갔다.⁸

산업계에 진출하는 물리학자들의 수도 증가했다. 1913년 미국물리학회 회원의 1/10에 불과했던 산업체 물리학자들은 1920년이 되면 전체 회원의 1/4을 차지할 정도로 늘어났다. “상업화된 과학에 대한 열광”이 다수의 미국 물리학자들을 산업체로 이끌었던 것이다.⁹

미국 물리학자들의 구성과 관심이 변해가고 있었지만 이들을 대변하는 미국 물리학회는 이런 변화에 유연하게 대처하지 않았다. 미국 물리학계의 변화에도 불구하고 1899년 설립된 미국물리학회는 “순수 과학 연구 장려”라는 설립 목표를 고수했다. 순수 연구를 제외한 부분들은 학회의 관심사 밖으로 밀려났다.¹⁰

순수 물리 이외의 영역들, 즉 의학이나 산업체의 문제에 물리학을 응용하는 연구들은 상대적으로 그 중요성을 인정받지 못했다. 산업체 물리학자들도 마찬가지였다. 일례로 제너럴 일렉트릭의 엘리후 톰슨(Elihu Thomson)은 미국 물리학회 부회장직을 2년 간 맡았지만 거기까지가 산업체 물리학자들에게 허용된 자리였다.¹¹

미국물리학회의 순수 물리 중심의 기조는 거기에 속하지 못한 물리학자들의 소외감과 불만을 낳았다. 이스트만 코닥 연구소(Eastman Kodak Research Laboratory)의 존스(Lloyd A. Jones)도 그런 소외된 물리학자 중 한 명이었던

미를 지닌다고 할 수 있다.

⁸ Ruth H. Hooker, “A Study of Scientific Periodicals,” *Review of Scientific Instruments* (이하 *RSI*) 6 (1935), pp. 333-338.

⁹ 이는 국립 표준국의 물리학자 윌리엄 메거스(William Meggers)가 했던 말로 다음 글에서 재인용했다. Weart, “The Physics Business in America,” p. 301.

¹⁰ 미국물리학회는 순수 물리 이외의 영역들은 학회에서 배제시켰다. 한 예로, 1907년 미국 물리학회는 “물리 교육 문제는 학회의 소관 영역 밖에 있다”고 선언했다. Melba Phillips, “The American Physical Society: A Survey of Its First 50 Years,” *American Journal of Physics* 58:3 (1990), pp. 219-230 중 p. 222 참고.

¹¹ Phillips, “The American Physical Society,” p. 221.

데, 그는 당시 미국물리학회의 분위기를 다음과 같이 전했다.

내 생각에 나는 응용 물리학자입니다. 대략 15년쯤 전에 응용 물리학 분야에서 일하는 한 그룹의 물리학자들이 있었는데, 우리에게는 물리학회 모임이 편치 않았습니다. 물리학회에서 발표를 한 번 했었는데, 물리학회가 관심을 갖지 않는 게 분명해 보였습니다. 그 후, 우리는 보금자리의 필요성을 느껴서 미국 광학회(Optical Society of America)를 결성했습니다. 물리학회가 광학 분과를 만들었다면 그렇게 하지는 않았을 것입니다. 새로운 학회를 필요로 할 이유는 없었으니까요. 그저 보금자리를 원했을 뿐입니다.¹²

이스트만 코닥 등 산업체 연구소가 몰려있던 로체스터의 산업체 물리학자들을 중심으로 1916년 미국 광학회가 설립되면서 미국물리학회 중심의 기존 물리학계에 균열이 생겨나기 시작했다. 하지만 미국물리학회는 소외된 물리학자들을 끌어안으려는 노력을 하지 않았다. 당시 진행되고 있던 양자역학과 상대성 이론 등이 너무나 빠르고 눈부시게 발전하고 있어서, 그것을 쫓아가기에도 바빴던 ‘순수’ 물리학자들에게 그 바깥의 세상을 볼 여유는 없었을지도 모른다. 미국물리학회는 미국 물리학자 전체를 대변하는 기관이 아니라, 전문화, 세분화 되어 가는 물리학의 일부만을 대변하는 기관으로 점점 더 축소되어 갔다.

1929년이 되자 미국 물리학계의 균열은 매우 분명하게 드러났다. 그 해, 미국 음향학회(Acoustical Society of America)와 유동학회(Society of Rheology)가 결성되었다. 그 다음 해에는 미국물리교사협회(American Association of Physics Teachers)까지 설립되었다. 대공황의 초입에서, 미국 물리학계는 분열에 직면해 있었다.

12 존스의 증언은 1935년 열린 응용 물리학 자문위원회에서 이루어졌고, 이 내용은 AIP의 협회장이었던 헨리 바턴(Henry Barton)이 정리한 컨퍼런스 보고서에 수록되어 AIP의 기관지였던 『과학기구 리뷰(Review of Scientific Instruments)』에 게재되었다. Henry A. Barton, “Report of Conference on Applied Physics,” *RSI* 7 (1936), pp. 113-123 중 p. 118. 존스는 미국광학회의 초대 총무(secretary)를 맡았었고, 1930-1931년에는 회장을 맡고 있었다.

3. 대공황이 가져온 물리학계의 위기와 AIP의 설립

미국 물리 ‘학회들의 학회(society of societies)’라는 독특한 지위를 지닌 AIP는 1931년 설립되었지만, 실제 그 역사는 1년 전인 1930년에 시작된다. 1930년, 대공황 속에서 미국물리학회의 공식 학술지인 『피지컬 리뷰』는 재정 적자에 시달렸다. 이 문제를 해결하기 위해 미국물리학회에서는 위원회를 만들었다. MIT 총장이었던 컴프턴(Karl T. Compton)을 필두로 위원회에 소속되었던 물리학자들은 화학재단(Chemical Foundation)의 가반(Francis P. Garvan)을 찾아가 학회지 출판에 필요한 재정 지원을 요청했다.¹³ 가반은 즉각적인 수락을 하는 대신, 한 가지 요구 사항을 제시했다. 물리학회 뿐 아니라 물리학 분야의 다른 학회들에서도 비슷한 요청을 하고 있으니 그 학회들이 모여서 같이 지원을 받는 방안을 모색해 보라는 것이었다.

처음에는 미국화학회(American Chemical Society)를 모델로 삼아 거대하고 강력한 단일 학회를 결성하는 방안이 논의되기도 했으나, 결국 기존 학회들의 자율성을 훼손하지 않는 쪽으로 가닥이 잡혔다. 1931년 5월 3일 뉴욕의 화학재단 내 사무실에서, 미국물리학회, 미국광학회, 미국음향학회, 유동학회 등 4개 학회의 ‘느슨한’ 연합체로서 AIP는 문을 열게 되었다. 1932년 미국물리교사협회가 새로 참여하고, 법인 등록까지 하게 되어 AIP는 5개 학회, 4000여 명의 회원을 거느린 단체로 공식적인 역사를 시작했다.¹⁴

AIP가 해결해야 할 가장 시급한 문제는 학회지 출판의 재정 적자를 해소하는 일이었다. 구독료 인상에 대한 설문 조사에서 각 학회의 소속 회원들이 부정적인 반응을 보이자, AIP는 출판 비용을 절감하는 방안을 모색했다. 5개 학회의 모든 학술지의 편집 업무 및 운영 업무 창구를 AIP 사무실로 통합, 단일

¹³ 1차 세계대전 당시 독일에 적대적인 분위기 속에서 미국 정부는 Office of Alien Property를 통해 독일 화학 회사들의 특허를 몰수했는데, 이 특허를 기반으로 화학재단이 설립되었다. 비영리단체였던 이 재단은 미국의 화학과 화학 산업 증진을 그 설립 목표로 삼았다. Kathryn Steen, "Patents, Patriotism, and 'Skilled in the Art': USA v. The Chemical Foundation, Inc., 1923-1926," *Isis* 92:1 (2001), pp. 91-122. 미국 물리학회에 대한 화학재단의 지원은 1934-1935년 무렵 재단의 재정 악화로 중단되었다.

¹⁴ AIP의 설립에 대해서는 다음을 참고하라. H. A. Barton, "The Story of the American Institute of Physics," *Physics Today* 9:1 (1956), pp. 56-66. AIP의 공식 홈페이지에도 간략한 역사가 소개되어 있다. "A Short History of the American Institute of Physics," (<http://www.aip.org/aip/history>, 2015년 2월 24일 접속).

화 시키는 방안부터 시작하여, 인쇄비 절감을 위해 모든 학술지의 포맷과 스타일을 통일시켜 페이지 당 분량을 50% 증가시키고, 인쇄 업무 전체를 한 업체와 계약하여 전체 인쇄비를 낮추는 방안을 추진했다. 또한 저자들에게 1페이지당 2달러씩 게재료를 받기로 한 『피지컬 리뷰』의 정책을 소속 학술지 전체로 확대 실시했다.¹⁵

학술지 출판과 관련해서 AIP는 돈을 절약하는 데 그치지 않고 학술지를 통해 돈을 벌어들이는 방안도 모색했다. 광고 창구의 단일화도 그 중 하나였다. 당시 AIP에서 내는 학술지 중 3개의 학술지만이 광고를 싣고 있었다. 하지만 그 학술지들도 구독자가 많지 않은 편이어서 광고주들의 호의에 의존하고 있었으나 대공황기에는 그마저도 기대하기 힘들었다. 미국광학회에서 내고 있었던 『과학기구 리뷰』만이 미국과학기구제작자협회(Scientific Apparatus Makers of America)와의 특별한 관계를 통해 광고를 수주하여 수익을 올리고 있었다.

AIP는 『과학기구 리뷰』를 AIP 기관지로 바꾸어 소속 회원들 모두에게 무료로 배부하고 소속 학술지에 실리는 모든 광고를 여기에 집중시키도록 했다. AIP 산하 학회지의 구독자 모두에게 무료로 배포되는 『과학기구 리뷰』에 광고를 실음으로써 광고주로서는 개별 학회지에 싣는 것보다 더 많은 독자를 확보할 수 있고, AIP로서는 늘어난 독자를 근거로 더 많은 광고비를 요청할 수 있을 것이라는 계산이 그 뒤에 작용했다. 광고 창구 단일화라는 AIP의 계획은 실행에 옮겨져 더 많은 광고주를 끌어들이기는 했으나, AIP 소속 회원 모두에게 『과학기구 리뷰』를 무료로 보내는 비용은 늘어난 광고비를 넘어섰다. 1934년, AIP는 『과학기구 리뷰』의 무료 배포를 중단했다.¹⁶

1934년, AIP는 소속 5개 학회의 6종의 학술지 출판을 대행하고 『과학기구 리뷰』와 『화학물리 저널(*Journal of Chemical Physics*)』¹⁷을 직속 학술지로

15 AIP의 출판비 절감 시책에 대해서는 다음을 참고하라. Henry A. Barton, "The Institute's Page," *RSI* 4 (1933), pp. 51-53. AIP의 게재비 정책에 대해서는 다음 글을 참고하라. Tom Scheiding, "Paying for Knowledge One Page at a Time: The Author Fee in Physics in Twentieth-Century America," *Historical Studies in the Natural Sciences* 39 (2009), pp. 219-247 중 pp. 219-227.

16 AIP의 광고 창구 단일화에 대해서는 다음을 참고하라. Henry A. Barton, "The New Review," *RSI* 4 (1933), pp. 1-3; Executive Committee of Governing Board of AIP, "Minutes of Meeting," (15 April 1933), http://www.aip.org/history/nbl/collections/minutes/gb_19330415.html (2015년 3월 7일 접속).

17 재정 적자 속에서도 1933년 AIP는 *Journal of Chemical Physics*를 창간했다. 미국화학

출판하며 소속 5개 학회를 조정, 통합하는 기관으로 자리를 잡아나갔다.¹⁸ 하지만 재정 적자는 계속해서 해결되지 않는 문제였다. 인쇄비 절감과 게재료 회수를 통해 재정 적자를 완화시킬 수는 있었지만, 학술지 출판을 전담하는 AIP의 사무실과 인력을 운영하는 데 추가적인 비용이 발생했다. 『과학기구 리뷰』를 통한 광고 창구 단일화도 별 효과를 내지 못하고 끝나자, AIP는 부족한 재원을 확보하기 위해 록펠러 재단이나 카네기 재단에 눈을 돌리기도 했지만 효과는 미미했다. 재정 적자의 증가 속도는 줄었지만, 해마다 누적되는 적자는 계속해서 커져갔다.

하지만 해결되지 않는 재정 적자에도 불구하고 AIP의 설립은 미국 물리학계의 통합이라는 매우 중요한 의미를 지니고 있다. 미국 물리학의 학문적인 발전에도 불구하고, 아니 그 발전으로 인한 전문화로 인해 미국 물리학계는 각 전문 분과를 형성하며 분화되어 가고 있었다. “양자, 핵, 상대성 물리학의 약진에 따라, 학계의 물리학과 산업계의 물리학의 사이가 멀어지고” 있던 시기에 AIP의 설립은 광학 연구자, 음향학자, 유동학자, 물리 교사 등으로 새로운 이름을 달려던 사람들을 물리학과 물리학자라는 타이틀 안에 머물도록 했던 것이다.¹⁹

분화의 압력이 물리학 세부 분과의 전문화에 의해 물리학 내부적으로 발생한 것이었던 데 비해, 물리학계의 통합을 향한 압력은 대공황이라는 외부적인 조건에서 유래한 것이었다. 대공황 속에서 학회지 출판 비용을 감당하기 어려웠던 몇몇 학회들의 경제적 필요가 통합을 향한 압력으로 작용했던 것이다. 이

회에서 비슷한 성격의 *Journal of Physical Chemistry*를 이미 출간하고 있었음에도 AIP가 이 학술지를 새로 만든 데는 화학재단의 요청이 있었다. 미국화학회가 *Journal of Physical Chemistry*에 재정 지원을 하지 못해 곧 이 저널이 폐간될 것이라 생각했던 화학재단은 물리학계에 새 저널 창간을 요청했던 것이다. 하지만 예상과 달리 미국화학회의 지원을 받은 *Journal of Physical Chemistry*는 건재하였다. 이로 인해 물리학계는 화학의 영역을 침범했다는 비난을 받기도 했다. Interview of Dr. H. A. Barton by Charles Weiner on March 3, 1970, Niels Bohr Library & Archives, American Institute of Physics, College Park, MD, USA, http://www.aip.org/history/ohilist/4494_2.html (2015년 3월 3일 접속).

¹⁸ 이외에도 Institute of Aeronautical Sciences가 AIP에 학술지 출판을 유료로 맡기고 있어, 1934년 기준 총 9개의 학술지를 출판하고 있었다. Executive Committee of Governing Board of AIP, “Minutes of Meeting,” (7 April 1934), http://www.aip.org/history/nbl/collections/minutes/gb_19340407.html (2015년 3월 7일 접속).

¹⁹ Barton, “The Story of the American Institute of Physics,” p. 56.

런 점에서 칼 컴프턴은 AIP를 재정적 어려움과 조직의 분열이라는 두 부모 사이에서 태어난 아이라고 표현했다.²⁰

대공황기 과학 기술에 대한 사회적 반감도 물리학자들의 통합을 촉진시키는 압력으로 작용했다. 1920년대부터 미국 사회에서는 과학과 기술이 인간의 도덕성을 타락시켰다는 비난이 제기되었는데, 여기에 더해 1930년대에는 과학 기술이 경제 공황을 일으켰다며 과학 연구를 중단하자는 “연구 모라토리엄”이나 “연구 휴일” 같은 주장도 제기되었다.²¹ 이런 주장이 사회적으로 얼마나 퍼져 있었는지, 또 얼마나 실제적인 영향력을 발휘했는지 파악하기 어렵지만, 일부 물리학자들은 이 비난을 진지하게 받아들이고 대응할 필요성을 느꼈다. AIP는 “대중들은 물리학을 이해하기 힘들어했고, 오늘날의 전쟁과 경제 붕괴가 과학에 기반을 둔 기술 때문이라고 비난하는 사람들도 있는” 분위기 속에서 “물리학계의 내부적인 협력을 촉진하고 대중의 이해를 향상시키기 위해” 노력할 공동의 기관으로 세워졌던 것이다.²²

AIP가 “학회들의 학회”라는 독특한 형태를 띠게 된 것은 이 시기 물리학계에 작용했던 두 종류의 상반된 압력에 의한 것으로 이해할 수 있다. 분화를 향한 물리학계의 내부적 압력과 통합을 필요로 했던 대공황기의 외부적 압력이 균형점을 찾은 것이 바로 AIP이었던 것이다. 각 학회의 조직과 자율성을 존중하면서도 학회들에 필요한 서비스와 사회적 인식 개선에 공동으로 대응하기 위해 AIP는 학회들의 느슨한 연합체 형태를 띠게 되었던 것이다.

AIP의 초대 협회장을 맡아 20년 넘게 그 자리를 지켰던 헨리 바턴(Henry A. Barton)은 이에 대해 다음과 같이 말했다.²³

AIP는 물리학자들에게 제시된 집중하는 기회와 책임에 대해 단일한 집단으로

²⁰ Karl T. Compton, “The American Institute of Physics,” *RSI* 4 (1933), pp. 57–58.

²¹ Carroll W. Pursell, “The Savage Struck by Lightning: The Idea of a Research Moratorium, 1927–1937,” *Lex et scientia* 10 (1974), pp. 146–158.

²² “A Short History of the American Institute of Physics,” <http://www.aip.org/aip/history> (2015년 3월 3일 접속).

²³ AIP의 최고 의사 집행 기구는 이사회(governing board)로, 소속 학회 별로 각각 3인씩 추천을 하여 이사회가 결성된다. 이사회의 회장(chairman)이 AIP의 최고 결정권자의 역할을 맡는데, 초대 회장은 MIT 총장이었던 칼 컴프턴이 맡았다. 초대 협회장(director)이었던 바턴은 AIP의 운영을 맡는 실무진의 수장으로서, 이사회에서 결정된 사항들을 실천에 옮기는 역할을 담당했다.

대응 노력을 펼칠 경우에만 물리학자들의 통합이 이루어질 수 있다는 점을 깨달았다. 분명, 물리학자들 스스로의 조직이 해결해야 할 일들에 뛰어들지 않는다면, 경계 분야에 있는 조직들이나 새로 만들어진 조직들이 그런 일을 떠맡을 것이고, 그 결과 물리학자들의 관심(interest)과 소속감(loyalty)은 다시 흩어져 버리기 시작할 것이다.²⁴

4. AIP의 응용 물리학 진흥 캠페인

AIP는 학회지 출판의 경제적 어려움 해결이라는 즉각적이고 현실적인 문제를 해결하기 위해 결성되었지만, 점차 물리학자들의 이해가 걸린 공동의 문제에 대해 집단적으로 대응하는 물리학자들의 서비스 기관으로 발전해 나갔다. 물리학자들이 가졌던 공동의 이해 중 절실했던 문제가 바로 물리학자들의 일자리였다. 대공황기 대규모 실업 사태 속에서 AIP는 물리학자들의 일자리를 찾기 위해 활발한 활동을 펼쳤다.²⁵

이런 AIP에게 산업계는 항상 ‘구매’의 대상이었다. 산업계는 학회에 재정적 후원을 해 줄 수도 있었지만, 무엇보다 새로 배출되는 물리학자들의 일자리를 제공해 주었기 때문이다. AIP는 산업계를 끌어들이는 방안을 다각도로 모색했다.²⁶ 1934년에는 산업계의 관심과 지원을 이끌어 내기 위해 산업계 연구소를 대상으로 하는 “연구 준회원(research associates)” 제도를 만들기도 했다.²⁷

²⁴ Barton, “The Story of the American Institute of Physics,” p. 57.

²⁵ 이런 활동 중 하나로 AIP는 물리학과 산업계 일자리를 연결하는 취업 알선 서비스 (placement service)를 제공했다. 1937년 AIP는 규모가 있는 물리학과에 인적 사항 카드를 보내 직장을 구하는 학생들의 인적 사항을 적어서 보내줄 것을 요청했다. AIP에 물리학자를 찾는 요청이 들어오면 AIP는 이 인적 사항이 적힌 카드를 보고 적당한 학생을 고용주에게 추천하는 방식으로 물리학자의 취업을 도왔다.

²⁶ 바턴에 따르면 컴프턴이 자신을 뽑았던 이유도 산업계의 지원을 끌어내기 위해서였다. 산업계에서 일한 경력이 있는 바턴이 산업계 인사들과의 친분을 활용할 수 있을 것이라고 기대했던 것이다. Interview of Dr. H. A. Barton by Charles Weiner (cit, n. 17).

²⁷ 준회원은 『과학기구 리뷰』에 그 명단이 오르는 ‘영예’를 누릴 수 있었지만, 재정 적자를 메우거나 특별 프로젝트 비용을 충당해야 할 때가 생기면 ‘자발적으로’ 기부를 하도록 요청받을 수도 있었다. Executive Committee of Governing Board of AIP, “Minutes of Meeting,” April 7, 1934. 이 제도가 효과를 봤는지 1936년 이사회에서는 바턴을 도와 산업계의 참여를 늘릴 인원을 추가로 고용하기로 결정했다. Executive Committee of Governing Board of AIP, “Minutes of Meeting,” (21 March 1936), <http://www.aip>.

AIP는 응용 물리학의 산업적 가치를 강조하는 학술 대회를 기획하기도 했다. “금속 산업에서의 물리학(Physics in Metals)”, “직물 분야에서의 물리학”, “자동차 산업에서의 물리학”, “과학과 산업에서 온도와 이의 측정 및 조절”과 같은 학술 대회를 조직하거나 후원하여 물리학의 산업적 유용성을 강조하고 널리 선전하는 노력을 펼쳤다.

응용 물리학 컨퍼런스도 산업계의 관심을 끌어내기 위한 AIP의 중요한 시도였다. 1934년 12월 14일 AIP는 국립 연구 위원회(National Research Council) 산하 물리학 분과와 공동으로 응용 물리학 컨퍼런스를 개최했다. 이 컨퍼런스에는 학계와 산업계, 정부 기관에서 총 17명의 물리학자들이 초청을 받아 참석했는데, AIP는 초청장과 함께 컨퍼런스에서 논의할 문제들을 미리 참석자들에게 보냈다. 질문지에는 응용 물리학을 발전시키기 위해 어떤 제도적 개선을 해야 하는가(새로운 기관을 설립할 것인가, 아니면 기존 기관을 재정비할 것인가, 새로운 학술지 창간이 필요한가, 아니면 기존 학술지의 진용을 재정비할 것인가, 학회의 프로그램을 개선할 것인가 등등), 응용 물리학 연구의 산업적 가치를 높이기 위해 물리학계는 산업계와 어떤 방식으로 협력해야 하는가, 이를 위해 어떤 식으로 물리학을 교육해야 하는가 등의 문제를 담고 있었다.²⁸

그 다음 해 11월 16일 피츠버그에서 열린 응용 물리학 자문 위원회(Advisory Council on Applied Physics)에는 AIP의 산업체 준회원과 기부 기관, 그리고 관련 11개 학회의 추천을 받아 임명된 36명의 위원들이 모여 산업체 물리학 발전을 위해 무엇이 필요한가에 대해 활발한 논의를 펼쳤다.²⁹

org/history/nbl/collections/minutes/gb_19360321.html (2015년 3월 7일 접속).

²⁸ 컨퍼런스의 참석자와 논의 내용에 대해서는 바턴이 정리한 컨퍼런스 보고서를 참고하라. Henry A. Barton, “A Conference on Applied Physics,” *RSI* 6 (1935), pp. 31–35. 이 컨퍼런스의 회장은 국립 표준국 국장인 브릭스(Lyman Briggs)가 맡고, 바턴을 비롯해 모두 17명이 참석했다. 산업계 쪽에서는 DuPont, Bell Research Laboratory, Carbide and Carbon Chemical Corporation, Brooklyn Edison, GE, United States Steel Corporation, Eastman Kodak 등 산업체 연구소나 산업체를 대표해서 온 7명, 학계에서는 컴프턴을 포함해 6명, 국립 연구 위원회와 국립 표준국에서 각 1명이 참석했고 AIP에서는 바턴이 참석했다. 그 외에 Scripps-Howard Newspaper의 과학 편집장이 이 자리에 참석했다. 초청장에 함께 보낸 질문에 대해서는 다음 글을 참고하라. Henry A. Barton, “Notes on Physics in Industry. Part III,” *RSI* 6 (1935), p. 30.

²⁹ Henry A. Barton, “Report of Conference on Applied Physics,” *RSI* 7 (1936), pp. 113–123

AIP가 주최한 응용 물리학 컨퍼런스와 자문회의는 물리학계 내부에 누적되어 있던 갈등, 특히 대학의 ‘순수’ 물리학자들에 대해 산업체의 ‘응용’ 물리학자들이 가졌던 불만을 표출시키는 계기가 되었다. 특히 이런 갈등은 대학의 물리학 교육에 대한 비판으로 터져 나왔다.

산업체 물리학자들은 양자역학이나 상대성 이론 같은 최신 물리학에 치중되어 있는 대학의 물리학 커리큘럼을 비판했다. 일례로, 1935년 컨퍼런스에서 GE 연구소의 더쉬먼(Saul Dushman)은 “물리학 교육을 받는 사람은 물리학에 원자 구조나 파동 역학 외에 다른 분야도 있다는 걸 깨달아야” 한다면, 고급 수학 대신 물리 화학이나 생물 물리학을 배우는 것이 낫다고 지적했다.³⁰ 같은 자리에서 벨 연구소의 연구 책임자(Director of Research)인 버클리(O. E. Buckley)는 가장 훌륭한 교육을 받은 물리학자는 “화학자로 시작하는 ‘잘못을 범한’ 후에 물리학 대학원 과정을 나온 사람”이라는 말로 물리학 교육의 문제를 꼬집은 후, 충분한 화학 지식, 철저한 기초 수학 교육, 고전 물리학 지식을 산업체 물리학자에게 요구되는 자질로 언급했다.³¹ GE의 고용 담당자는 “물리학 교육을 받은 사람은 평균적으로 매우 비실용적이고, 생산 환경이나 기계를 잘 알지 못해 산업체 일자리를 위한 기초가 불충분”하다며 대학 물리 교육의 비실용성을 비판했다.³²

1936년 열린 응용 물리학 자문 위원회의 기초 연설에 나선 미네소타 대학의 테이트(John T. Tate)는 이 문제를 대학 물리학자 입장에서 언급하면서 그것이 물리학계에 가져온 분열을 지적했다.

지난 30년간 “순수” 물리학 분야에서 일어난 급격한 발전은 너무나 매력적이고 근본적인 것이었지만, 물리학의 응용과 관련해서는 직접적인 합의를 거의 담고 있지 못합니다. 너무나 많은 물리학자들이 너무나 협소하게 물리학의 한 측면에만 관심을 보여서 응용 물리학자들의 관심거리를 등한시하거나 폐를 끼치게 되지 않을까 하는, 실제적인 위험까지는 아니더라도 그런 공포감이 있어 왔습니다. 원자 구조, 스펙트럼, 양자 이론에 관한 논문들이 늘어나고 점점 더 추상적으로 바뀌었기 때문에 많은 물리학자들에게 미국물리협회의 모임은

³⁰ Barton, “A Conference on Applied Physics,” p. 32.

³¹ Barton, “A Conference on Applied Physics,” pp. 31-32.

³² 이는 GE의 고용 담당자인 보링(M. M. Boring)의 평가였다. Barton, “Report of Conference on Applied Physics,” p. 119.

점점 더 재미가 없어지고, 『피지컬 리뷰』는 점점 더 이해하기 어려워졌습니다. ... 이 결과 응용 분야에 대한 관심을 공유한 일부 물리학자 집단은 개별 학회를 결성하고 독자적인 학술지를 냈습니다. ... 그들(응용 물리학자들)은 집단 결속력(group coherence)이나 책임감을 갖지 못합니다.³³

물리학 커리큘럼에 대한 비판과 함께, 산업계 연구를 경시하는 대학 물리학자들의 풍조와 교육 방향도 산업계 물리학자들의 비판을 받았다. 이런 비판은 AIP가 응용 물리학 모임을 주최하기 전부터 제기되었는데, 예를 들어 1933년 보스턴에서 열렸던 미국물리학회 모임에서 전임 회장 폴 푸트(Paul D. Foote)는 “진리 그 자체를 위한 진리”는 소위 학자라고 하는 사람들의 망상일 뿐”이고 그런 “학자들의 오도된 선전에도 불구하고, 산업과 비즈니스는 물리학을 발전시켜 왔다”며 산업계 물리학자와의 긴밀한 접촉이 대학의 물리학자들에게까지 도움이 된다는 점을 강조했다.³⁴

1935년 산업 물리 학술대회(Conference on Industrial Physics)에서 GE 연구소의 앨버트 헐(Albert W. Hull)은 물리학 대학원생들이 개인주의를 벗어나 산업계에서 필요로 하는 협동 연구를 잘 해낼 수 있을지에 대해 회의를 표하며, “2년도 못되는 [대학원] 경험에서 나오는 판단은 별 가치가 없”으므로 산업계 연구소에서는 자기를 낮출 것을 당부했다.³⁵

1935년 응용 물리학 컨퍼런스의 의장을 맡은 국립 표준국의 브릭스는 산업계 연구에서는 산업계에 얼마나 큰 기여를 했는가로 그 연구의 가치가 정당화된다는 점을 인식해야 한다며 학계와는 다른 산업계의 연구 평가 기준을 언급했다.³⁶

AIP의 주도로 열린 응용 물리학에 대한 논의들은 물리학회 내부에 쌓여 있던 갈등을 수면 위로 드러냈다. 일차적으로 그 갈등은 대학 교수들과 산업계 물리학자들 사이의 갈등으로 나타났지만, 그 안에는 고전 물리학과 최신 물리학 사이의 물리학 세대 갈등이 담겨져 있었으며, 산업적 유용성을 필요로 하는 사회적 요구와 학문 내적인 발전을 중시하는 학문 분과의 요구 사이의 갈등이 들어있기도 했다.

³³ Henry A. Barton, “Report of Conference on Applied Physics,” pp. 115–116.

³⁴ Paul D. Foote, “Industrial Physics,” *RSI* 5 (1934), pp. 57–66.

³⁵ Albert W. Hull, “Putting Physics to Work,” *RSI* 6 (1935), pp. 377–380.

³⁶ Barton, “A Conference on Applied Physics,” p. 33.

“진리 그 자체를 위한 진리”라는 연구 의도의 순수함을 중시하고 응용을 통한 돈벌이를 경시하는 대학 교수들의 오만한 태도는 대공황이라는 경제적 위기와 맞물려 산업체 물리학자들과의 갈등을 만들어 냈다. 대학 교수들보다 사회적으로 더 유용한 연구를 해 왔음에도 불구하고 대공황기 산업체 물리학자들은 대학 물리학자들에 비해 실직과 경제적 어려움을 더 많이 겪어야 했으며, 그들의 연구로 인해 경제 대공황이 야기되었다는 비판을 맞닥뜨려야 했다. 이런 상황이 이 시기 대학 물리학자들과 산업체 물리학자들 사이에 그동안 쌓여왔던 갈등을 터져 나오게 만들었던 것이다.

그런 갈등 아래에는 대학 물리학자들 대 산업체 물리학자의 구도로만 보기는 어려운 물리학 세대 갈등도 담겨 있었다. 이 글의 서두에서 인용한 반 블랙의 말처럼 1930년대 미국 이론 물리학은 양자 역학이나 상대성 이론과 같은 최신 물리 연구가 각광을 받으면서 성년에 도달했고 실험 물리학에서도 양자 역학과 관련되어 있는 핵 물리학 같은 분야에 젊은 연구자들이 몰린 반면, 다른 분야들은 상대적인 쇠퇴를 겪어야 했다. 일례로 1939년 럼포드 메달 수상 소감을 발표하는 자리에서 MIT의 물리학자 조지 해리슨(George Russell Harrison)은 자신이 자동으로 분광 분석을 하는 기계를 발명한 이유로 젊은 연구자들의 감소를 꼽기도 했다. “덜 틀에 박힌 일에 이끌린” 젊은 연구자들은 한때 번성했던 분광학을 떠나 양자 역학이나 상대성 이론, 핵 물리를 연구 주제로 삼았던 것이다.³⁷ 따라서 고급 수학과 상대성 이론이나 양자 역학 같은 분야 대신 기초 수학이나 화학을 가르쳐야 한다는 비판은 산업체 물리학자뿐만 아니라 ‘구세대’ 물리학을 가르치고 연구하던 대학 교수들의 입장도 대변해 주는 것이었다.

대학 물리학자와 산업체 물리학자의 갈등 이면에는 학문 발전의 동학을 중시하는 학문 내적인 요구와 사회적 요구 사이의 갈등과 긴장이 놓여 있었다. 19세기에 고전 역학과 열, 빛, 전기, 자기 현상이 통합되면서 고전 역학, 전자기학, 열역학의 물리학 분야가 형성되었는데, 19세기 말 이렇게 통합된 분야들 사이의 모순과 불일치가 나타나게 된다. 20세기 양자 역학과 상대성 이론은 19세기 통합된 물리학 분야들 간에 나타난 모순과 불일치를 해결하려는 노력의 결과였다. 따라서 물리학이라는 학문적 입장에서 보면 양자 역학과 상대성 이론으로 대표되는 최신 물리학은 고전 물리학으로부터 이어지는 흐름과 논리,

³⁷ George R. Harrison, “New Methods in Spectroscopy,” *Science* 91 (1940), pp. 225-228 중 p. 228.

존재 이유를 가지고 있었다.

물리학이라는 학문의 발전과 물리학 교육을 통해 사회가 기대했던 것은 이와는 달랐다. 마이클 데니스(Michael Aron Dennis)는 미국 최초의 연구 중심 대학이 세워진 19세기 말부터 20세기 전반까지 미국 사회가 대학의 과학 교육을 통해 키워내려고 했던 인재상이 어떻게 바뀌었는지를 산업체 연구소와 관련지어 논의한 바 있다. 그에 따르면 19세기 후반 존스 홉킨스 대학과 같은 연구 중심 대학에서조차 실험실 연구, 세미나와 같은 새로운 교수법을 통해 키워내려고 했던 인재는 점점 더 상업화되어 가는 미국 사회에서 시장의 힘에 휘둘리지 않는 올바른 시민이었다. 이런 사회적 기대는 1차 대전을 기점으로 변하게 되었는데, 이제 과학자와 과학 연구로부터 사회는 유용성을 기대하게 되었던 것이다.³⁸

AIP의 설립과 AIP의 주도로 열린 응용 물리학 관련한 일련의 논의들은 물리학에 대한 학문적 요구와 사회적 요구 사이의 간극을 확인하고 이를 조율해 나가는 과정이었다고 볼 수 있다. 그런 조율의 결과, 1936년 미국물리학회 산하에 응용 물리학 분과(Division of Applied Physics)를 만들기로 결정했다.³⁹ 또, 대학의 커리큘럼도 사회적 요구에 맞춰 바뀌어 나갔다. 일례로 MIT에서는 응용 물리학자 양성을 위해 물리학과 과목 내에 응용 물리학 과정(Course VIII)을 신설하여 화학과 금속학 교육을 강화하고 수학을 줄이는 새로운 교과 과정을 마련했다.⁴⁰

5. 결론

AIP의 설립과 AIP의 주도로 이루어진 응용 물리학 진흥 캠페인은 20세기 미국 물리학의 성장 과정에서 1930년대에 미국 물리학이 일종의 조율기를 거쳐 갔음을 보여준다. 학문적 발전의 결과로 나타난 전문화로 인해 학문 내적인 논

³⁸ Michael Aaron Dennis, "Accounting for Research: New Histories of Corporate Laboratories and the Social History of American Science," *Social Studies of Science* 17:3 (1987), pp. 479-518.

³⁹ Barton, "Report of Conference on Applied Physics," p. 118.

⁴⁰ MIT에서는 이밖에도 응용 물리학 박사 학위를 신설하고, 응용 물리학 교수좌를 만들어 해리슨을 임명했다.

리와 요구에 맞춰 발전해 가던 미국 물리학은 대공황기 학계의 재정적 위기와 유용한 성과를 기대하는 사회적 요구를 만나 균형점을 찾아갔고, 이를 통해 각 전문 분과로 분열될 뻔 했던 물리학계는 통합을 이룰 수 있었다.

AIP의 독특한 조직 구조와 기능은 미국 물리학계가 찾은 균형점이 무엇이었는지를 보여준다. 물리학자 개개인이 아니라 그들이 소속된 학회를 회원으로 하는 AIP의 조직 구조는 각 전문 학회의 학문적 독립성을 존중하면서도 공동의 이해관계를 위해 협력하는 수준에서 균형점이 찾아졌음을 의미한다. AIP의 기능이 저널 출판과 구직 등 실용적인 업무에 국한되어 있는 것 또한 AIP를 통한 물리학자들의 통합이 학문적인 수준이 아니라 실용적이고 실무적인 수준에서 이루어졌음을 보여준다.

그동안 상대적으로 무시되고 소외되어 왔던 응용 물리학자들의 불만이 제기될 수 있는 자리를 마련하고 이를 통해 학부 물리 교육과 미국물리협회의 조직에 변화를 줌으로써, AIP는 물리학이 지나치게 학문 분과의 관심사에 매몰되지 않고 사회적인 요구에도 관심 가질 수 있도록 균형점을 찾아갔다. 최신 물리학에 대한 지나친 강조에 대한 반성, 대학 물리학자들의 오만함에 대한 비판, 산업체 물리학과 그들의 연구에 대한 존중을 강조함으로써 순수 물리학과 응용 물리학 사이의 균형을 찾아갔다.

미국 물리학자이자 노벨상 수상자이기도 한 반 블랙은 1930년대 미국 물리학은 성년에 도달했다고 말했는데, 그의 이런 평가는 미국 물리학의 이론적인 발전에 초점을 맞춘 평가였다. 하지만, 반 블랙과는 다른 의미에서 우리는 미국 물리학이 1930년대에 성년에 도달했다고 말할 수 있을 것이다. 물리학 내적인 관심과 물리학에 대한 사회적인 요구 사이에 새로운 균형점을 찾음으로써, 미국 물리학은 성년에 도달했던 것이다.

(투고: 2015년 3월 7일, 심사 및 게재 확정: 2015년 4월 8일)

The AIP and the Conflict between Pure Physicists and Applied Physicists

PARK Mina (Hanyang University)

Abstract. The American Institute of Physics (AIP) was founded in 1931 as a loose association of five societies in physics. The original aim of the AIP was to achieve economies of scale in the publication of its journals, but it soon broadened its boundaries and sought to legitimize physics' contribution to American society during and after the Great Depression.

The promotion of applied physics was one of AIP's efforts to achieve the social legitimization of physics in the 1930s. It was mainly targeted at industry to make industrial leaders recognize the value of physics in industry and to secure financial support and jobs from industry. AIP organized several conferences, which emphasized practical benefits of physics to industry. At the same time, AIP organized conferences on applied physics, mainly to receive advice from leaders of industrial laboratories on problems of physics education and necessary qualifications for industrial physicists.

In highlighting the benefits of physics to industry and discussing the appropriate qualifications of applied physicists, AIP exposed conflicting ideas among American physicists on the purpose of physics education for college students. It revealed the tension between academic physics professors and industrial physicists, the generation gap between classical and modern physics, and the shifting balance between the needs of society and those of the discipline. The tension, gap, and shifting balance were most clearly and sharply presented in how to teach physics students, what subject to teach, and what moral ethos to be cultivated in college.

Keywords. American Institute of Physics (AIP), American physics in the 1930s, American Physical Society (APS), physics and the Great Depression, applied physics, applied science vs. pure science.