

물리교육의 과제와 개선방안

장 회의
서울대 물리학과 교수



1. 물리교육의 문제점

대학교육에서 차지하는 물리교육의 중요성은 아무리 강조하여도 지나치지 않는다. 그러나 이러한 대학 물리교육은 몇 가지 이유로 위기 국면을 맞이하고 있다. 그 하나는 물리교육계 자체가 자초한 문제점이며, 다른 하나는 외적인 상황이 야기하는 문제점이다.

먼저 물리교육계가 자초한 문제점을 살펴보면, 물리교육의 목적을 주로 물리학자 양성이라고 보아 물리 전공 학생 및 학과의 수만 크게 팽창시키면서, 오히려 일반 학생들을 위한 물리교육은 상대적으로 소홀히

해 온 경향을 보였다는 점이다. 이와 더불어 대학의 물리학 교수들은 물리학 자체에 대한 연구에는 적지 않은 관심을 기울이면서도 물리학 교육 및 그 교육 방식에 대한 연구에는 대체로 소홀한 경향이 있다. 다른 분야의 학문과 달리, 특히 물리학의 경우는 학생들이 공부하기가 매우 어려울 뿐 아니라 교육 그 자체를 위해서도 전문적인 관심과 연구가 크게 요청되고 있다. 그럼에도 불구하고 물리교육자들은 대체로 '알면 가르칠 수 있는 것'으로 생각하고 자신의 앎만을 추구하며, 또 배우는 학생들을 으레 가르치는 자신과 같은 '학자를 지향하는 사람'으로 간주하여 이에 맞는 교육만을 염두에 두고 있는 것이다. 물리교육자들의 이러한 자세는 결과적으로 소수의 의욕적인 물

* 학과별 교육과제 칼럼에 실린 내용에 대해 이견이나 반론이 있는 분은 8,000자 이내 분량으로 『대학교육』지 편집실에 투고해 주시면 편집자문위원회의 심의를 거쳐 게재해 드립니다.

리학자 지망 학생 이외의 대다수 학생들에 대한 물리교육을 방기하거나 극히 비효과적으로밖에 수행할 수 없도록 만들고 있다.

이와 더불어 물리교육계의 외적인 상황 또한 결코 호의적이지 않다. 우선 학생들은 무거운 학습부담을 회피하고 적은 노력을 들여 신속한 효과를 얻으려는 경향이 강해지고 있는데, 이는 지속적인 노력과 인내를 통해 깊은 이해를 추구해야 하는 물리학 학습을 위해서는 결코 유리한 상황이 아니다. 뿐만 아니라 기초교육을 희생하면서도 자기 분야의 전공지식을 조속히 학생들에게 주입시켜야 하겠다는 일부 타전공 분야 교수들의 자세가 깊이있는 물리교육을 어렵게 만들고 있다.

이러한 몇몇 원인들이 누적되어 이제 물리교육에는 위기가 닥쳐오고 있는 것이다. 지금까지 과학 진흥이라는 순진한 구호 아래 무분별하게 증설시키던 물리학과도 폐쇄의 압력을 받게 되고, 학생의 전공 수업시간도 줄여 어학과 컴퓨터 교육으로 돌리려는 움직임이 일어나고 있다. 물론 지나치거나 비효과적이었던 교육에 대한 조정은 얼마든지 필요하며 환영해야 할 일이다. 그러나 오늘의 상황에서 물리교육 그 자체의 중요성이 감소된 것은 결코 아니며, 오히려 미래 사회의 성격을 고려할 때 과학적 이해의 기반이 될 물리교육은 더 한층 강화해야 할 시점이다. 그렇다면 오늘날 물리교육이 안고 있는 이러한 문제를 어떻게 해결해 나가야 할 것인가?

2. 가능한 개선 방안

1) 일반교육 중심으로의 방향 전환

이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 물

리교육에서의 획기적인 방향 전환이 요청된다. 즉, 기존의 전공교육 중심의 물리교육으로부터 일반교육 중심의 물리교육으로의 전환이 요청되는 것이다. 물리교육은 소수의 학자 지망생을 제외하고는 전문교육이라기 보다는 일반교육으로 제공되어야 할 것이다. 사실상 직업인으로서의 '물리학자'는 그 사회적 수요가 별로 크지 않다. 물론 소수의 뛰어난 재질을 지닌 사람들에게는 물리학 연구만을 전적으로 수행해 갈 기회가 부여되어야 하겠으나, 물리교육을 받는 대다수의 사람들은 이를 바탕으로 여타의 지식이나 기술을 익혀 사회에 봉사하며 살아가게 된다. 그러므로 물리교육의 주된 관심사를 이들 대다수의 사람에게 두지 않을 수 없으며, 이들이야말로 물리학습의 단단한 기반 위에 각 분야에서 요청되는 전문적 능력을 발휘할 수 있어야 한다.

그럼에도 불구하고 지금까지 우리나라의 물리교육이 대학의 전공교육 위주로 자리잡게 된 것은 그간의 과학 진흥 정책과도 무관하지 않다. 마치 기초과학의 육성이 기초과학 전공자를 다수 배양함으로써 성취되는 듯한 착각에 빠져 대학의 기초과학 전공자의 정원을 무분별하게 증원시킴으로써, 오히려 기초과학 교육을 파행으로 몰고 갈 뿐 아니라 이를 전공한 졸업자들의 실업 사태를 유발하고 있는 것이다.

물론 기초과학, 특히 물리학은 학문 또는 여타 사회활동을 위한 기본적 소양 내지 능력을 배양시키는 데 이바지하므로 물리학을 전공한 인력은 타분야에 진출하더라도 응분의 기능을 할 것이라는 측면도 없는 것은 아니다. 그러나 이러한 우회적인 인력 공급이 그 정도가 지나치면 사회적 손실을 가져올 것임은 물론 우선 그 당사자들이 감당해

야 할 희생이 너무도 크리라는 점을 직시하지 않을 수 없다. 더구나 이러한 정원 과잉 상황에 밀려 부득이 물리학 전공을 택하게 된 학생들의 경우, 물리학에 대한 학습욕구가 부족할 뿐 아니라 이를 성공적으로 학습해 낼 기본적인 자질마저 갖추지 못한 경우가 허다하다는 사실을 간과해서는 안 된다.

이와 함께 지금까지 대학의 물리교육자들은 그들의 주된 관심사를 물리학 전공학생들을 위한 교육에 두어왔다. 입학 당시부터 '물리학과'로 학생을 뽑고 이들은 마치도 '물리학자'로 운명지워진 사람들처럼 교육을 받게 되어 있으며, 대학 물리학 교수의 교육적 기능이 이들을 물리학자로 길러내는 것이라는 관념에 잡혀 있었다. 이는 물론 대학의 기능이 소수의 학자 양성이었던 몇 세대 전의 상황에서는 타당한 생각이었을 수도 있으나, 대학교육이 이미 대중교육의 일부로 자리잡은 현재 그리고 앞으로의 상황에서는 전혀 타당하지 않은 것이다. 그리고 설혹 전업적인 물리연구자 양성을 위한 교육의 측면에서 보더라도 현행의 물리교육은 그리 효과적이지 않다. 창의적인 물리학자들이란 사실상 교육된다기보다는 '스스로 만들어지는' 사람에 가까운 존재들이다. 따라서 서툰 교육훈련에 의해 이들의 창의력을 말살시킬 것이 아니라 오히려 개인적 학습지도를 통해 이들의 자체적 학습 의욕을 북돋우어 주는 것이 더욱 유익할 것이다.

그러므로 적어도 물리교육의 관점에서 볼 때 대학의 전공을 현행과 같이 입학 당시부터 고착시킬 것이 아니라, 학습의 진행에 따라 서서히 결정해 나가는 방식을 택하는 것이 더욱 바람직하다. 전공 여부를 가능성으로만 열어놓은 상태에서 교육함으로써 희망에 따라 얼마든지 깊이 공부할 수도 있는

반면에, 필요나 흥미를 느끼지 않는 경우에는 학습을 언제나 그만둘 수도 있게 하는 것이 학생의 주관적 요청에 따른 학습 방법이 될 것이며, 이렇게 함으로써 적어도 학생의 내적 동기를 유지시키는 결과를 가져올 것이다.

부득이 전공 여부를 미리 정해야 하는 경우라면 물리학을 전공으로 택한 학생들이 보다 높은 학습동기를 유지할 것은 당연한 일이다. 그러나 사회적 수요 면에서 볼 때 순수한 물리 전공자로 요구되는 학생의 수는 소수일 수밖에 없을 것이며, 대부분의 교육적 요구는 물리학 비전공자에게서 온다고 하지 않을 수 없다. 그러므로 물리교육자의 일차적 관심은 이러한 물리학 비전공자의 학습동기를 어떻게 고양시키며 또 이들에게 적합한 교육과정을 어떻게 설정하느냐에 두지 않을 수 없다. 이미 잘 알려져 있는 바와 같이 물리학에 대한 깊이있는 학습을 위해서는 강한 집중력과 집요한 노력 및 인내가 요청되며, 이를 위해서는 물리학 학습에 대한 강한 동기과 흥미가 수반되지 않으면 안 된다. 그러므로 물리교육자가 관심을 가지고 연구해야 할 과제는 바로 어떻게 하면 이러한 흥미나 동기를 유지해 나갈 것인가 하는 점이 될 것이다.

이와 아울러 물리학의 내용을 효과적으로 학습시키는 학습방법의 개발도 매우 중요하다. 이는 물론 어느 분야의 학문을 교육할 때에도 마찬가지로 요구되는 사항이겠으나, 특히 물리학의 교육에서는 더욱 전문적으로 교육방식 그 자체에 대한 연구와 개발에 관심을 돌릴 필요가 있다. 그만큼 물리교육은 기술적으로 어려운 과업이기도 한 것이다.

마지막으로 물리교육이 누구에게, 왜, 그리고 얼마만큼 필요한 것인가에 대한 보다

본격적인 연구가 필요하다. 이는 물리교육자뿐 아니라 교육정책 입안자, 그리고 교육을 지원하는 일반 대중에게 깊이 인식되어야 할 문제이며, 특히 교육을 받는 학생들에게 철저히 이해되어야 한다. 결국 학습을 위한 가장 중요한 동기는 우선 그 학습의 필요성을 철저히 인식하는 데서 온다고 할 수 있기 때문이다.

2) 교육의 수요 산정 및 교육과정의 개선 방향

물리교육의 주된 관심사를 일반 학생들을 위한 일반교육에 둔다고 할 때 우리는 먼저 얼마나 많은 학생들이 어떠한 교육을 받아야 할 것인지에 관해 추산해 볼 필요가 있다. 이러한 과제는 물론 이것 나름대로 한 연구 주제가 되겠으나, 여기서는 개략적인 논의만을 위해 주관적 어림산을 통한 결과만을 제시해 보겠다. 현재 만일 물리교육자들의 총 교육부담을 물리 전공교육(대학원 포함)과 전체 대학의 기초물리 교육에 각각 50%씩 부과하고 있다면, 앞으로는 이를 각각 대략 20%와 80%의 비율로 재조정해야 할 것으로 보인다.¹⁾

우리는 이제 이러한 교육 업무의 조정을 바탕으로 이들에 대한 교육내용과 교육방법을 새롭게 모색해 보지 않을 수 없다. 일반적으로 말해 전공으로서의 물리교육은 여타 학문들과의 경쟁 및 조정을 감안할 때 그 내용을 대폭 축소하여 핵심사항 위주의 중점적 교육을 시행하는 방향으로 조정되어야 할 것이며, 특히 학생들의 자발적인 참여를 좀더 적극적으로 유도하는 활동 위주의 교

육방법으로 전환시켜 나갈 필요가 있다. 이는 이미 선진국에서도 대체로 시행하고 있는 것으로서, 바로 이러한 점을 염두에 두고 서울대학교 물리학과에서는 1992년 이래 교육과정의 전면적인 개편작업에 착수하여 현재 이를 점진적으로 시도하고 있다.²⁾ 한편, 기존의 전공교육에 안주하지 않고 물리학을 바탕으로 둔 첨단기술교육과의 효과적인 제휴를 통해 학생들의 새로운 진로를 모색할 필요가 있다. 이미 일부 대학에서 성공리에 시행하고 있는 반도체, 광물리, 음향학 등에 관련된 실용적 교육이 그 좋은 예라고 할 것이다.³⁾

그리고 다음으로 가장 크게 관심을 모아야 할 교육은 역시 다양한 분야로 진출할 대다수의 이른바 비전공 학생들을 위한 물리 기초교육이다. 특히 이 분야 교육에 관련하여 언급할 사항은 이를 단순히 기초 물리교육으로만 끝내지 말고 각자의 진출 방향에 관련된 다양한 활용 전망을 학생과 교수 상황에 맞추어 다양하게 제공하자는 것이다. 이것은 뒤에 소개할 '유네스코 대학 기초물리과정'(UNESCO University Foundation Course in Physics)의 골간이 되는 것으로, 기초물리 교육을 공통된 핵심 기초와 다양한 활용 전망의 두 부분으로 나누어 가르치는 것이 그 한 방안이 될 수 있을 것이다. 만일 이러한 가능성까지 고려한다면 우리가 시행할 수 있는 기초물리 교육은 학생의 필요에 따라 대략 다음과 같은 5가지 형태로 구분해 볼 수 있다.

① 1개 학기 모형 (10%)

1) 장희익, "대학 물리교육의 문제점과 그 해결방안", 『물리학과 첨단기술』, 1996년 3월호, 65~69면.
 2) 서울대학교 물리학과 교과과정 연구위원회, 『물리학과 교과과정 개편을 위한 연구보고서』, 1992.
 3) 물리학회 (충남대), 특별프로그램 "대학 물리교육, 이대로 좋은가?", 1995.

- ② 1+1개 학기 모형 (30%)
- ③ 2개 학기 모형 (10%)
- ④ 2+1개 학기 모형 (10%)
- ⑤ 교양물리 모형(10%)

위에서 ()안의 숫자는 대략 수요로 하는 교육량의 상대적 비율이며, 1+1학기 모형과 2+1학기 등으로 나타난 학기 수는 핵심 기초와 활용 모듈의 학기 수를 표시한 것이다.

3) 교육내용과 교육방식

모든 교육이 다 그러하겠지만, 특히 물리 교육이 지니는 기본적인 문제는 교육의 폭을 넓히면 깊이가 줄어들고, 깊이를 강조하면 폭을 줄일 수밖에 없다는 사실이다. 그러나 이는 학생의 시간과 역량에 비추어 불가피한 상황이므로 교육자는 이에 현명하게 대처할 방법을 강구하지 않을 수 없다. 여기에 대한 가능한 방법으로 다음과 같은 두 가지를 생각해 볼 수 있다. 하나는 그 내용에 있어서 정선된 핵심적 내용들을 깊이있게 가르침과 동시에, 나머지에 대해서는 그 방법론의 골격만을 폭넓게 소개함으로써 학생이 기회와 시간을 가질 때 스스로 학습해 나갈 수 있게 해 주는 방법이다. 다른 하나는 그 활용에 있어서도 주요 활용 내용 몇 가지를 정선하여 깊이있게 가르치고, 나머지는 가능한 사례들만을 폭넓게 소개함으로써 유사한 방식으로 접근해 나갈 수 있는 능력을 키워주자는 것이다. 이는 한편 당연한 이야기이기도 하나, 지금까지의 물리교육은 다분히 평면적으로 많은 것을 포괄하려 한 것이 아니었나 반성해 볼 필요가 있

다.

일단 이와 같이 내용을 설정했다고 하면 다음에는 이를 어떻게 교수할 것인가 하는 문제가 대두된다. 이에 대해서는 현재 국내·외에서 많은 사람들이 여러 방면에서 연구하고 있으나, 여기서는 간단히 세 가지 방식을 제안하겠다.

첫째, 소그룹 중심의 개인교습 방식이다. 이는 현재 미국 워싱턴 대학(University of Washington)의 맥더머드(McDermott)를 중심으로 활발히 연구되고 있는 방식으로 현재까지 매우 좋은 결과를 보여주고 있다고 한다.⁴⁾ 즉, 학생들을 4~5명씩 소집단으로 나누어 소집단마다 조교 또는 상급 학년생을 지도자로 하여 주어진 문제들을 토론으로 해결하도록 하는 방식이다. 이는 학생들이 직접 토론에 참여하여 스스로 문제를 풀어내는 경험을 얻게 해준다.

둘째, 정규 실험교육 이외에 다양한 시범 실습 교육을 시행하자는 것이다. 물론 학생이 직접 실험에 참여할 수는 없으나 현상을 직접 눈으로 확인할 수 있다는 커다란 장점이 있으며, 특히 많은 학생에 대해 개별적인 실험 여건을 갖추어주기 어려운 경우, 그리고 실험 준비에 시간이 지나치게 많이 소요되는 경우에 매우 효과적인 방식이라 생각된다. 다음에 소개할 '아시아물리교육연합'에 속한 여러 나라에서 현재 이 방법을 활발히 개발하고 있다.

마지막으로 학생 실험의 분량을 대폭 줄이는 대신 정선된 몇 개의 실험에 대해 깊이있는 탐구의 체험을 제공하자는 것이다. 이제 우리는 실험에 대한 기능적 능력 재고

4) Lilian C. McDermott, "Does how we teach match how students learn?", in *The 3rd Workshop on Students' Conceptual Structures and Changes of in Learning Physics*, Seoul, 1995.

보다는 실험이 주는 교육적 측면에 주목하여 학생들로 하여금 무엇인가 스스로 성취했다는 자신감을 주는 것이 중요하다. 그리고 이를 위해서는 비록 비전공 학생에게나마 일종의 연구 실험에 참여할 기회를 제공해 보는 것이 필요할 것이다.

3. 국제협력의 전망

이러한 개선 작업을 수행하기 위해서는 우리의 국내적 노력도 중요하겠으나, 이에 상응하는 외국의 경향과 함께 국제적 협력을 얻는 것 또한 매우 중요하다. 여기서는 특히 대학 물리교육에 관심을 가지고 형성된 국제기구인 아시아물리교육연합과 미국에서의 최근 물리교육 연구만을 간단히 소개하기로 한다.

1) 아시아물리교육연합(ASPEN)

아시아물리교육연합(Asian Physics Education Network: ASPEN)은 특히 대학의 물리교육에 관심을 가지고 국제적인 협동을 통해 이를 증진시켜 나가자는 취지 아래, 1981년 유네스코의 제안으로 창립된 국제기구로서 현재 우리나라를 비롯하여 21개국이 가입되어 있다.⁵⁾ 주로 아시아 지역에서 대학 물리교육 분야의 상호협력 계기를 마련하자는 취지로 설립된 이 기구는 매년 1~2회의 학술회의 개최를 비롯하여 공동 연구 프로젝트의 수행, 물리교육 실태 조사 정리, 교재 및 코스 개발 등의 사업을

수행하고 있다.

현재 이 기구를 통해 진행되고 있는 주요 사업 가운데 하나는 이미 언급한 유네스코 대학 기초물리과정의 개발이다. 이는 대략한 학기 분량씩에 해당하는 핵심 부분(Core)과 모듈 부분(Module)으로 구성되는데, 핵심 부분은 유네스코의 지원 아래 4개국(중국, 인도, 이집트, 멕시코)에서 개발되고 있으며, 모듈 부분은 현재 각국의 신청을 받아 개발 작업을 하고 있다. 이 교재는 물리 비전공 대학 신입생들을 상대로 대략 180시간에 해당하는 1+1학기용 교재이다. 이 가운데 핵심 부분은 100±30시간, 모듈 부분은 80±30시간을 교수의 재량에 따라 조정할 수 있다. 핵심 부분의 내용은 역학적 세계관, 열통계물리적 세계관, 진동과 파동, 전자기학, 미시세계와 양자적 세계관 등으로 구분되어 있으며, 모듈 부분의 주제는 상대성이론, 레이저, 핵에너지, 에너지 자원과 환경, 초전도성 등 십여 개의 주제가 예시되고 있다.

2) 미국의 물리교육 연구동향

미국에서는 앞의 워싱턴 대학을 위시하여 여러 주요 대학에서 물리교육에 대해 상당한 관심을 가지고 연구에 주력하고 있다. 현재 대략 20개 정도의 대학이 독자적인 물리교육 연구 프로그램을 운영하고 있는데, 이 프로그램들은 대체로 수 명의 교수와 수 명의 포스트닥, 그리고 수 명의 석·박사 학생들로 구성되어 있다.⁶⁾

5) 우리나라는 이 기구의 창립 회원국의 하나로 박생제 교수가 초대 한국 국가대표(NPC)를 맡아 왔고, 현재는 필자가 이를 맡고 있다. 이 기구의 참가국은 아프가니스탄, 오스트레일리아, 방글라데시, 부탄, 중국, 인디아, 인도네시아, 이란, 일본, 대한민국, 라오스, 말레이시아, 네팔, 뉴질랜드, 파키스탄, 파푸아 뉴기니, 필리핀, 러시아, 싱가포르, 스리랑카, 타이 등 총 21개국이다.

4. 결론 및 제언

이상의 고찰을 통해 볼 때 우리도 시급히 그리고 좀더 많은 관심을 가지고 대학 물리 교육에 대한 개혁 방안을 모색해 나가지 않을 수 없다. 이제 결론적으로 몇 가지 구체적인 내용을 요약해 보면 다음과 같다.

첫째, 보다 실용적인 교육체제로의 전환이 필요하다. 우선 물리 전공자의 수요에 관한 연구에 착수하여 과연 몇 명의 물리 전공자가 배출되어야 할 것인지에 대한 계획이 마련되어야 할 것이며, 수요에 넘치는 부분에 대해서는 과감히 응용물리로의 전환을 모색해야 할 것이다.

둘째, 교육과정 및 교육방법의 개선을 서둘러야 할 것이다. 좀더 구체적으로 대학 및 학회의 전폭적인 지원 아래 시범 교육 및 사례 발표 프로그램도 마련해 볼 수 있을 것이다. 아직까지 중등교육 이하에서의 시범 교육은 종종 실시되었으나, 대학교육 수준의 시범 교육은 실시된 바가 없다. 그러나 교육의 발전을 위해 이는 깊이 고려해 볼 만한 사항이다.

셋째, 물리교육 연구 활성화를 들 수 있

다. 대학 물리교육의 개선을 위한 국내 및 국제 학회 활동을 적극 권장할 필요가 있으며, 앞서 언급한 아시아물리교육연합과 같은 국제기구를 좀더 적극적으로 활용하는 방안도 가능할 것이다. 그리고 현재 물리교육방법 연구에서 좋은 성과를 얻고 있는 워싱턴 대학과 같은 대학과의 협동 연구도 생각해 볼 만하다. 이를 위해서는 학회의 선도적 활동 아래 주요 재단의 지원을 확보하는 것도 좋은 방법이 될 것이다.

마지막으로 가장 중요한 점은 물리교육에 대한 전반적인 의식의 전환이다. 물리교육자를 포함한 대학행정 당국자, 여타 분야의 교수 및 학생들이 물리교육이 어떠한 측면에서 얼마만큼 필요한가에 대한 새로운 이해가 이루어져야 한다. 지금까지의 막연한 생각과 같이 대학의 물리교육이 물리 전문가를 위한 교육으로 이해되는 상황에서 조속히 탈피해야 하는 것이다. ■

장희익/서울대학교 물리학과를 졸업하고 미국 루이지애나 주립대에서 박사학위를 받았다. 미국 텍사스 대학 포스트닥을 지내고, 현재 서울대 물리학과 교수로 재직중이다. 주요 저서로 『과학과 메타과학』 등이 있고, 물리학과 과학철학 분야의 논문을 다수 발표했다.

6) 물리교육 연구 프로그램을 운영하는 미국의 주요 대학은 Arizona State Univ., U.C. Berkeley, Boise State Univ., Carnegie Mellon Univ., Indiana Univ., Kansas State Univ., Univ. of Maryland—School of Edu., Univ. of Maryland—Dept. of Physics, Univ. of Massachusetts at Amherst, Montana State Univ., Univ. of Nebraska, North Carolina State Univ., Ohio State Univ., Univ. of Oregon, RPI, San Diego State Univ., Tufts Univ., Univ. of Washington 등이다.