

물리학, 21 세기 물리학, 그리고 포스텍 물리학과

물리학과 주임교수 정윤희

물리학: 자연현상의 근본원리 탐구와 첨단 기술의 창조

물리학은 인간의 자연현상을 이해하고자 하는 노력이 이룩한 학문체계이며, 따라서 물리학이 추구하는 불변의 목표는 자연현상의 이해에 있다. 물리학은 자연현상에 대해 근본적 원리에 입각한 이해와 설명, 그리고 합리적 예측을 가능하게 한다. 또한 물리학은 근본적인 법칙과 보편성을 추구하므로, 거의 모든 공학분야를 포함하는 이공계 학문의 기초가 된다. 특히 현대물리학은 첨단 기술의 발전을 선도할 뿐 아니라 우주와 생명의 근원에 그 어느 때보다 더 가까이 접근하고 있다. 이러한 눈부신 성과를 바탕으로 20 세기 최고의 물리학자 중의 한 사람이었던 R. P. Feynman¹은 물리학은 "the greatest adventure that the human mind has ever begun"이고, "a major part of the true culture of modern times"라고 자신 있게 주장하였다.

물리학은 방법론적으로는 현상을 수학적으로 기술하여 그 기본법칙에 대한 통일된 이론을 추구하는 이론 물리학과 이론을 검증하거나 새로운 현상을 실험을 통해 발견하고자 하는 실험 물리학으로 크게 나누어진다. 이 두 분야는 상호 보완적인 것으로 물리 현상의 완전한 이해를 위해서 긴밀하게 서로 연관되어 있다. 또한 최근에는 매우 빠르게 발전되고 있는 컴퓨터를 이용하여 자연현상을 모델화하여 시뮬레이션 하거나 또는 종전의 해석적 방법으로는 접근이 불가능한 비선형물리 현상을 이해하려고 하는 전산물리 분야가 새로운 제 3의 방법으로 자리매김 하고 있다.

21 세기 물리학

"20 세기는 물리학의 시대, 21 세기는 생명과학의 시대"라는 말이 있다. 이를 21 세기에는 물리학보다 생명과학이 더 많은 관심의 대상이라는 뜻으로 이해하는 것은 너무 좁은

¹ 1965 년 노벨 물리학상 수상자. 뛰어난 일반물리 교과서인 "The Feynman Lectures on Physics"의 저자이기도 하다.

해석이다. 좀 더 적극적인 해석은 '생명과학의 궁극적인 목적이라 할 생명의 이해는 성숙한 학문인 물리학의 토대 위에서만 가능하다'일 것이다. 물리학의 최근 동향은 전통적인 비생명 물리적 현상의 연구를 넘어서서, 생명현상을 포함한 모든 자연현상을 그 연구 대상으로 하고 있다.

사실 20 세기 전반까지 물리학의 주류적인 사고는 간단한 법칙이 모든 것을 지배한다는 결정론(決定論, determinism)과 각 부분을 알면 전체가 보인다는 환원론(還元論, reductionism)에 바탕하고 있었다. 따라서 물리학의 목적이 모든 현상을 지배하는 간단한 원리나 법칙의 발견인 것처럼 인식되고 있었다. 이러한 인식은 지금까지도 일정 부분 지속되어 "Theory of Everything"의 추구는 계속되고 있다. 그러나 환원론에 입각한 간단한 원리와 법칙의 발견이 곧 자연현상의 이해를 의미하지 않으며, 수적으로 많은 구성요소를 포함하는 다체계(many-body systems)는 여러 현상들이 예측 불가능성과 창발성(創發性, emergent behavior)을 포함하고 있음은 20 세기 후반의 뛰어난 물리학자인 P. W. Anderson²에 의하여 강조되고 다음과 같이 표현되었다.

"The ability to reduce everything to simple fundamental laws does not imply the ability to start from those laws and reconstruct the universe."

21 세기 물리학의 중심에는 응집물질(condensed matter), 복잡계(complex systems), 생명체(biological systems) 등 상호작용하는 많은 수의 구성요소들로 이루어진 다체계가 자리하고 있다. 이러한 다체계의 중요한 특성은 구성요소의 수가 많음으로써 자연적으로 나타나는 집단현상이다 (emerging collective behavior). 이러한 집단현상은 구성요소 하나 하나로 부터 또 그들 사이에 작용하는 근본적인 법칙에서는 결코 유추할 수 없는 성질이다. 결국 21 세기 물리학의 흐름은 간단하고 아름다운 법칙의 발견을 추구하는 전통적인 환원주의적 연구방식과 함께, 또한 이를 뛰어 넘어 현상의 이해라는 물리학 본연의 목표에 충실하려는 방향으로 진행되고 있다. 이와 더불어 물리학이 자연현상의 이해 그 자체에 그치지 않고 다시 그 현상의 응용을 통해 사회와 시대의 요구에 부응하려는 실용주의(實用主義)가 강화되고 있다. 예를 들어 인류가 당면하고 있는

² 1977 년 노벨 물리학상 수상자. 20 세기 후반을 대표하는 응집물질 물리학자이다.

에너지 문제는 가장 실제적인 문제이기도 하지만, 근본적으로는 물리학이 담당해야 할 문제이다.

그러나 이러한 결론은 우리에게 물리학의 정체성(正體性)에 관한 질문을 던지기도 한다. 21 세기의 물리학을 기타 응용학문들로부터 구별시킬 수 있는 특성은 무엇인가? 우리는 이것을 물리학이라는 학문체계에 내재하는 속성인 보편지식의 추구와 그 선지자(先知者)적 역할에 있다고 본다. 특히 물리학이 다른 학문들에게 미래의 방향, 즉 비전 (vision)을 제시하는 선지자적 역할은 매우 중요한 특성이다.

포스텍 물리학과: 21 세기형 물리학과

포스텍 물리학과는 2010 년 11 월 현재 총 370 여명의 구성원으로 이루어져 있다. 26 명의 전임교수를 포함한 57 명의 교수진, 31 명의 연구원, 156 명의 대학원생, 121 명의 학부생, 7 명의 직원이 연구, 교육, 학사, 행정 등 각자의 역할을 감당하고 있다. 물리학과는 학부 과정과 대학원 과정을 운영하고 있는데, 학부 과정은 대학원 과정으로 가기 위한 전 단계이다. 대학원 과정은 곧 박사과정이다. 포스텍 물리학과에서 박사학위를 수여받은 졸업생들은 2009 년도 봄학기에서 2010 년도 봄학기까지의 기간 동안에만 포스텍, KAIST, 광주과학기술원, 울산과학기술대, 일본 Tohoku 대학, 미국 Idaho 주립대학 등 국내외 주요대학에 교수로 임용되었다. 또한 대표적인 국제 대학평가기관인 Times Higher Education ³ 에서는 2010 년의 세계대학평가에서 포스텍의 Physical Sciences 를 세계 26 위로 평가하였다.

포스텍 물리학과는 21 세기형 물리학과이다. 포스텍 물리학과는 앞에 기술한 21 세기 물리학의 흐름을 정확히 인식하고, 전략적 특성화 분야로 나노과학을 포함하는 응집물질 물리학, 가속기 및 핵융합을 연구하는 가속기/플라즈마 물리학, 생명현상과 복잡계를 다루는 생물물리/복잡계 등의 분야를 선택하여 이들 분야에서 세계 수준의 교육과 연구를 수행하고 있다. 이러한 전략적 분야들 외에도 물리학의 균형적인 교육과 탐구 지향적 연구를 위하여 가장 물리학적인 분야라 할 광학, 천체/입자물리, 전산물리

³ 자세한 사항은 다음 웹페이지에서 확인할 수 있다.

<http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings/2010-2011/physical-sciences.html>

분야에서 최고 수준의 연구그룹을 보유하고 있다. 또한 캠퍼스 내에 위치한 국제기관인 아시아-태평양 이론물리센터(APCTP), 독일 Max Planck Institute 의 파트너 연구소인 한국 막스플랑크 센터(MPK), 첨단 거대연구시설인 방사광가속기(PLS) 등은 포스텍 물리학과를 세계적 학문의 중심지로 떠오르게 하고 있다.

아래에 포스텍 물리학과 연구그룹을 간단하게 소개한다.

● 응집물질 물리학 (Condensed Matter Physics)

○ 물성물리 실험연구 그룹

응집물질계의 제 현상, 즉 전기적, 자기적, 광학적, 구조적, 동적 물성 등을 다양한 기법의 실험을 통해 연구한다. 시료의 제조 및 구조분석, 물성 측정을 위한 최첨단 시설을 갖추고 있다. 초전도 현상, 저온물리, 비정질, 표면물리, 진공, 방사광을 이용한 물질의 성질 연구를 수행하고 있다.

○ 물성물리 이론연구 그룹

금속, 반도체, 자성체, 초전도체 등 응집물질계의 결정체 표면, 계면, 초격자 등 다양한 구조에서 일어나는 제 현상, 즉 전자적, 자기적, 구조적, 동적 물성들을 이론적으로 연구한다. 실제계와 이론계에 대한 이론적 고찰을 통하여 물성을 이해하며, 실험그룹과의 긴밀한 공동연구를 수행함으로써 실험 사실에 대한 이론적 뒷받침을 제공하고 있다. 또한 새로운 현상에 대한 이론정립과 예측을 통해 신소재 개발 등에 기여하고 있다.

● 생물물리 및 복잡계 물리학 (Physics of Complex and Biological Systems)

통계역학, 비선형동역학, 그리고 응집물질 이론의 도구를 활용하여 다체계 특히 생체계를 비롯한 여러 복잡계에서 상호작용과 요동의 결합에 의해 형성되는 집단적 동역학과 패턴 형성, 카오스, 상전이 등의 다양한 현상에 대한 기초적 이해를 추구한다. 나노미터 스케일에서 발생하는 생체분자들의 동역학 및 그들의 상호작용을 단일분자 또는 세포수준에서의 실험을 통하여 이해한다. 이러한 생물물리의 이론과 실험을 통하여 생명원리를 이해하고자 한다.

● 플라즈마 입자빔 물리학 (Plasma, Accelerators, and Beam Physics)

○ 플라즈마 연구그룹

플라즈마 물리학은 전하를 띤 입자 집단(전자, 이온)의 전자기장하에서의 동역학 및 특성을 연구대상으로 삼고 있다. 플라즈마의 온도와 밀도에 따라 천체 플라즈마, Materials Processing 에 이용되는 저온 저밀도 플라즈마, 차세대 에너지원으로서의 연구 대상인 고온 저밀도 플라즈마, 광원 및 비선형 현상의 대상으로서의 고온 고밀도 플라즈마 등으로 구분될 수 있으며, 각각 독특한 물리적 성질들을 가지고 있다. 특히 핵융합 플라즈마 연구는 독보적이다.

○ 입자빔물리 연구그룹

입자빔물리 연구그룹은 국내 최초의 첨단 거대연구시설인 25 억 전자볼트급 포항 방사광가속기의 선형가속기와 저장링을 성공적으로 건설하였다. 입자빔물리 연구그룹은 지난 10 여년간 쌓은 풍부한 경험과 최신의 설비로 입자빔의 생성에서부터 응용, 미래형 가속기의 설계 및 기반기술의 확보에 이르는 광범위한 분야의 연구를 수행한다.

● 광물리학 (Optics)

광학은 물리학의 가장 오래된 연구분야 중의 하나이며, 빛 자체의 특성 연구, 새로운 광원 개발 연구, 빛과 물질과의 상호작용 연구 및 응용을 주제로 삼는다. 광학 연구 그룹은 빛을 이용한 정밀측정 및 표면 미세 구조 영상 측정을 주로 연구하는 응용 광학 연구실, 빛의 양자역학적인 특성 및 양자 정보 처리를 연구하는 양자광학 및 양자정보 연구실, 펨토초, 아토초 광펄스 발생과 이를 활용한 극고속 현상을 연구하는 레이저 과학 연구실로 구성되어 있다. 레이저 과학 연구실은 2010 년 9 월에 개소한 막스 플랑크 아토초 과학 연구소의 아시아 태평양 지역 연구 허브로서의 역할을 감당하고 있다.

● 전산 및 입자 물리학 (Computational / Particle Physics)

전산물리연구실에서는 컴퓨터를 이용하여 자연현상을 모델화하여 시뮬레이션 하거나 또는 종전의 해석적 방법으로는 접근하기 힘든 비선형 현상 등을 연구하고, 이를 위한 프로그램 및 하드웨어도 개발하고 있다. 입자물리이론연구실에서는 입자물리학의 최첨단 연구 주제로서 초끈이론, 중성미자 특성연구 등을 수행한다.