

# 『4단계 BK21사업』 미래인재양성사업(과학기술분야)

## 교육연구단 자체평가보고서

관리번호	4199990114237						
사업 분야	기초	신청분야	물리	단위	전국	구분	교육연구단
학술연구분야 분류코드	구분	관련분야		관련분야		관련분야	
		중분류	소분류	중분류	소분류	중분류	소분류
	분류명	물리학	응집물질물리	물리학	열및통계물리	물리학	광학및양자전자학
비중(%)	60%		20%		20%		
교육연구단명	국문) 4단계 BK21 포스텍 물리교육단 영문) BK21 FOUR POSTECH Physics Division						
교육연구단장	소속	포항공과대학교 물리학과					
	직위	교수					
	성명	국문	전화				
			팩스				
			이동전화				
E-mail							
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 ('20.9~'21.2)	2차년도 ('21.3~'22.2)	3차년도 ('22.3~'23.2)	4차년도 ('23.3~'24.2)	5차년도 ('24.3~'25.2)	
	국고지원금	528	1,056	1,084	1,339	1,311	
총 사업기간	2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)						
자체평가 대상기간	2023.9.1.-2024.8.31.(12개월)						
<p>본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21사업』 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.</p> <p style="text-align: right;">2024년 11월 12일</p>							
작성자	교육연구단장						
확인자	포항공과대학교 산학협력단장						

## 〈자체평가 보고서 요약문〉

중심어	지식 지평 확장	신진과학자 육성	글로벌 리더 양성
	첨단 물리 지식 함양	미래 대처 능력 증진	리더 능력 함양
	혁신적 연구	함께하는 연구	포스텍 플래그십 연구
교육연구단(팀)의 비전과 목표 달성정도	<p>포스텍 물리교육연구단의 비전은 '탄탄한 기초실력으로 지식의 지평을 넓히는 신진과학자 육성'임. 또한 물리학 분야의 글로벌 리더를 양성하고 세계 정상급 연구업적으로 인정받는 포스텍 브랜드 연구 7건 확립을 목표로 함.</p> <p>[목표달성정도] 포스텍 물리교육연구단에서 배출되는 신진과학 인력이 첨단 학문 지식, 건강한 마음, 미래 대처 능력, 능동적 리더 능력을 갖추 수 있도록 교육환경을 구축하고 핵심 교육 프로그램을 지속적으로 개선하고 있음. 연구 측면에서는 혁신적인 연구, 함께하는 연구, 포스텍 플래그십 연구를 통해 연구역량을 높이려는 노력을 지속하였음. 이러한 노력의 결과 참여 교수 및 참여 대학원생의 연구의 질적 수준이 (아래에 기술한 바와 같이) 지속적으로 향상되고 있으며 포스텍 브랜드 연구 성과를 이번 연차까지 5건 달성하였음.</p>		
교육역량 영역 성과	<p>(1) 학문의 깊이와 너비를 겸비하는 교육 제도 구현: (a) Core Strength: 4대역학 교육 강화. (b) Depth: 특론-튜터리얼-세미나 연구 연계 체인 프로그램 제공. (c) Breadth: 신입생 연구실 순환 프로그램 (50% 이상).</p> <p>(2) 학생 중심의 건강한 연구/진로 멘토링 시스템 구축: (a) 학생 기본 권익 보호 제도: 교무지도교수 제도 구축, 학생-지도교수 기대사항 및 학생 권익 위한 상세 설문 진행 등. (b) 진로 상담 체계 신규 구축: 자기계발 심층면담 제도 도입 등. (c) 대학원생 업적 및 마음관리 시스템: 데이터베이스 시스템(RIMS) 구축 통한 개인/학과/대학 차원의 체계적 관리, 대학원생 특화 상담 프로그램 통한 학생 인권 보호 등.</p> <p>(3) 능동적이고 소통하는 리더 교육 추구: (a) 소통 능력 강화: 다수의 역진행 수업, 4개 분야 학생 저널클럽 진행 및 학술지원금 (100-150만원) 지원 등. (b) 학생 주도 연구 능력 강화: 1st paper award 11명 수상 (각 50만원 상금), 융합 인재 Fellowship (2인 이상 지도교수) 1명 선발 등. (c) 대학원생의 국제적 감각 함양 (미국 국립고자기장 연구소, MIT 등 국내외 파견 연수 총 7건을 달성).</p>		
연구역량 영역 성과	<p>(1) 참여교수 논문 실적: 자체평가 기간 동안 주저자 논문 편수는 72편이며 (논문당 평균 IF = 9.75), 이 중 37편 (51%)이 PRL급 이상의 논문으로 질적으로 매우 우수한 실적을 달성. 특히 본 교육연구단 참여교수가 교신저자인 PRL급 이상(IF 8.1)의 논문은 Nature 1편을 포함하여 총 27편임. 참여 교수 1인당 PRL 급 이상 주저자 논문을 1년에 평균 1.3편 게재함.</p> <p>(2) 참여 대학원생 논문 실적: 참여대학원생의 전체 논문 52편 중 주저자 논문이 37편이며 참여대학원생 주저자 논문의 평균 IF는 8.26으로 PRL급 이상임. 또한, 주저자 논문의 73.0%가 Q1 저널에 게재되었고, 48.6%가 mrnIF 90 이상의 저널에 게재되는 등 지난 자체평가 결과와 비교하여 참여대학원생의 논문실적은 양과 질적인 측면 모두에서 크게 향상됨.</p>		
달성 성과 요약	<p>교육연구단의 목표에 맞는 교육환경을 구축하고 핵심 교육 프로그램을 지속적으로 개선해왔음. 그 결과, 참여 교수와 대학원생의 연구 질적 수준이 꾸준히 향상되었음. 특히, 자체 평가 대상 기간 (23.09.01~24.08.31) 동안의 성과가 4단계 BK21 신청 당시 평가 대상기간 5년(15.01.01~19.12.31)에 비해 크게 개선되었음. 전체 논문 1편당 IF</p>		

	<p>및 주저자 논문 1편당 IF는 모두 10에 근접하였으며, 4단계 신청서 평가 기간 대비 모두 상승하였음. 논문의 질적 수준을 나타내는 환산편수 1편당 환산 보정 IF는 신청서 대비 159% 상승하였고, 주저자 환산보정 IF는 174% 증가하였음. 또한 PRL급 이상의 우수 논문과 Nature Physics(NP)급 이상 특급 논문 실적도 4단계 신청서 대비 대폭 향상되었음. NP급 이상 논문 편수의 연간 평균치는 141% 증가하였고, 특히 NP급 이상 주저자 논문편수의 연간 평균치는 194%로 크게 상승하였음.</p>
<p>미흡한 부분 / 문제점 제시</p>	<p>교육연구단은 목표 대비 지속적으로 성과를 향상시키며 운영되고 있으나, 몇 가지 보완이 필요한 부분이 있음. (1) 특강 및 특론 개발이 다소 줄어들고 있으며, 특히 양자기술 분야에서 다양한 특강과 특론 개설이 필요함. (2) 국제화를 위해 우수한 외국인 대학원생을 적극적으로 유치할 필요가 있으며, 현재 관련 노력을 진행 중이므로 차년도부터 성과가 나타날 것으로 기대함. (3) 연구 성과 면에서 응집물리(재료/소재) 분야의 성과가 교육연구단 논문의 평균 IF 향상에 상당 부분 기여하고 있음. 이는 다수의 참여 교수가 응집물리 분야에 집중되어 있는 점에서 어느 정도 이해할 수 있지만, 연구 성과의 편중을 완화하기 위한 노력이 요구됨.</p>
<p>차년도 추진계획</p>	<p>차년도에는 여러 핵심 교육 프로그램을 지속적으로 추진하는 동시에, 타 학교와 차별화된 포항공과대학교 물리학과의 특성과 개성에 맞는 정책을 보완하여 실행할 예정임. 특히, 위에서 언급한 미흡한 부분을 개선하기 위해 양자기술 분야의 특강 및 특론 확대, 우수 외국인 대학원생 유치 강화, 연구 성과의 편중 완화를 위한 다각적인 노력을 기울일 것임. 또한, 참여 교수와 대학원생의 우수한 연구 성과를 지속적으로 창출하여 세계적으로 주목받는 포스텍 브랜드 연구를 확립하기 위해 더욱 힘을 계획임.</p>

## 1. 교육연구단(팀)장의 교육·연구·행정 역량

성명	한글	영문
소속기관		

## ○ 교육연구단장 변경 내역 및 사유

- 이전 교육연구단장: (2020/9/1~2024/02/28)
- 변경 교육연구단장: (2024/3/1~현재)

교수는 2016년 8월부터 BK21 Plus 포스텍 물리사업단 및 4단계 BK21 포스텍 물리교육연구단을 같이 이끌어 왔음. 하지만 본 교육연구단의 향후 비전 및 계획을 잘 달성하기 위해서는 연구부분의 성과를 획기적으로 끌어올릴 수 있는 단장이 필요하다는 판단하에 양자정보 분야의 전문가인 교수로 교육연구단장을 교체하였음. 물리학 내에서 중요성이 커지고 있는 양자기술 분야에서 본인의 연구경험을 바탕으로 BK21 포스텍 물리교육연구단의 연구역량을 한 단계 올릴 수 있을 것으로 기대함.

## ○ 인적사항: 포스텍 물리학과 교수

- 2004/02~현재: 포스텍 물리학과 조교수/부교수/정교수
- 2019/08~2020/07: Guest Professor, Kyoto University
- 2012/02~2013/02: Visiting Professor, Duke University
- 2002/03~2004/02: Eugene P. Wigner Fellow, Oak Ridge National Laboratory

## ○ 교육 역량

- 포스텍 물리학과 대학원 위원회 위원장: 2015/02~2019/07; 2020/09~현재
- 물리학박사 16명 배출 (국내대학 교수 3명, 해외대학 교수 1명, 정부출연연구소 연구원 6명 등)

## ○ 연구 역량

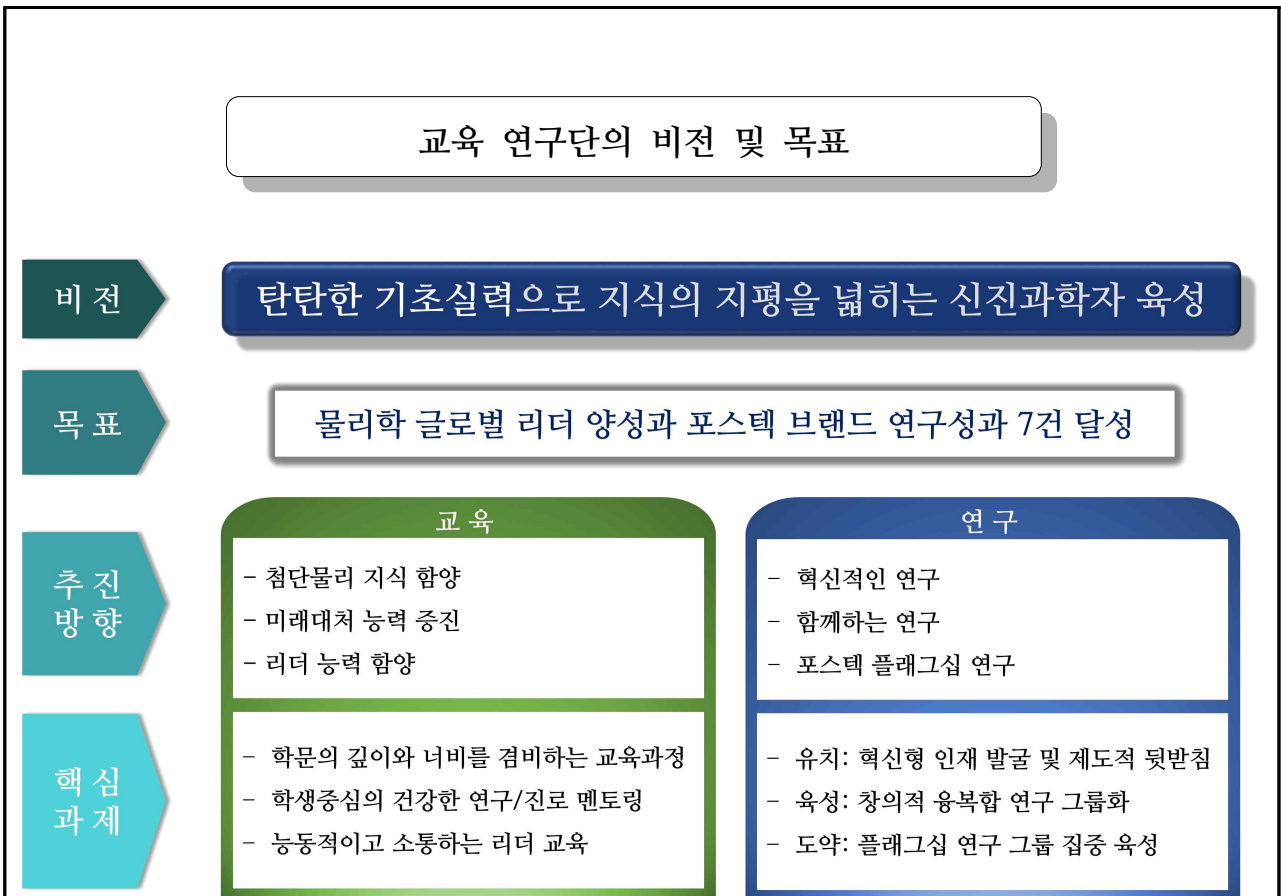
- 지난 10년간 주요 연구성과: 2014년부터 지금까지 양자광원, 광자기반 양자컴퓨팅, 양자통신, 다광자 양자얽힘, 양자측정, 원자-광자 상호작용, 양자메모리 등 광자기반 양자컴퓨팅 플랫폼의 핵심 연구주제에서 교신저자 논문 54편 게재하였으며 이중 17편은 해당 분야 주요 저널에 게재하였음 (Physical Review Letters 9편, Optica 2편, npj Quantum Information 2편, Nature Communications 2편, Physical Review X 1편, Nature Physics 1편)
- 수상실적
  - 미국광학회(Optica) Fellow 선정 (2022년)
  - 한국과학상 수상 (2021년)
  - 미국물리학회 우수심사위원 선정 (2017년)
  - 포항공과대학교 석천(젊은)석좌교수 선정 (2016년)
  - 포항공과대학교 자랑스러운 포스테키안상 (연구부문) (2014년)
  - 한국광학회 성도광과학상 (2014년)

## (4) 행정 역량

- 포스텍 융합대학원 양자정보과학 전공 신설 및 책임교수: 2024~현재
- 국내 학회 및 학술 활동



## 2. 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도



○ 비전: 탄탄한 기초실력으로 지식의 지평을 넓히는 신진과학자 육성

- 포스텍 물리교육연구단은 우리나라 과학계를 이끌어 갈 신진과학자를 배출하는 기초 과학기술의 요람임을 자임. 본 물리교육연구단이 양성하고자 하는 신진과학자는 첨단물리 지식과 미래대처 능력, 리더 능력을 기반으로 기초학문의 핵심 덕목인 지식의 지평 확장을 선도함.

○ 목표: 물리학 글로벌 리더 양성과 포스텍 브랜드 연구성과 7건 달성

- 포스텍 물리교육연구단은 BK21 FOUR가 종료되는 2027년에는 세계 정상급 대학에 도달하고자 함. BK21 FOUR 기간 동안, 세계 정상급 인재들과 대등하게 경쟁하는 신진과학자를 배출하고 국제 학계에서 포스텍 브랜드로 인정받는 연구 성과 7건 이상을 달성하는 것을 목표로 함.

### 추진 방향

○ 교육 추진 방향

- 포스텍은 BK21 FOUR 사업을 통해 차세대를 선도할 신진 과학자를 양성하는 목표를 제안하면서, 기초 과학 분야의 글로벌 리더를 양성하는 사명을 가지고 대학원 교육프로그램에 이러한 핵심철학을 반영하는데 주력.
- 구체적으로, 차세대 리더 과학자가 되기 위한 핵심 소양으로 첨단 연구주제들에 대한 폭넓고 전문적인

지식 보유(첨단물리지식), 빠르게 변화하는 산업사회의 요구에 기술적/인도적 가치판단을 하고 나아가 방향성을 설정할 수 있는 능력(미래대처 능력)의 보유 및 소속 집단에 충분한 동기를 부여하고 실질적인 문제를 해결하는 리더십(리더능력)으로 정하고 이러한 자질을 함양할 수 있는 교육을 제공. 글로벌 리더 교육 추진을 위한 핵심 수행과제를 다음과 같이 정하고 집중적으로 지도함.

■ 차세대 글로벌리더과학자를 양성하는 교육의 3대 핵심 과제

- 학문의 깊이와 너비를 겸비하는 교육과정: 빠르게 변화하는 사회에 학생들이 대응하기 위해서는 모든 연구 주제 이해의 기본이 되는 핵심 과목에 대한 충분한 숙지(Core Strength)하에 본인의 전문분야 전문성(Depth) 외에 타 분야에 대한 넓이도 (Breadth) 필요.
- 학생 중심의 건강한 연구/진로 멘토링: 학생 주도의 연구가 진행되기 위해서는 학생의 기본적인 권익 보호가 전제되어야 하고, 이를 위해 학생과 지도 교수와의 갈등 조절, 장래의 진로에 대한 상담, 스트레스 조절에 대한 제도적 장치가 필요.
- 능동적이고 소통하는 리더 교육: 물리학의 글로벌 리더가 되기 위해서는 자기 주도 학습과 자기 주도 연구의 기회가 많이 주어져야 하며 다른 사람과의 소통에 숙달되어서 자신의 의견을 효과적으로 전달할 수 있어야 함.

○ 연구 추진 방향

- (혁신적인 연구) 포스텍은 BK21 FOUR 사업에서 세계를 선도하는 연구를 추구하면서 포스텍이라는 고유한 브랜드를 인정받는 연구를 창출하려 함. 이를 위해서는 기존의 추격형 연구에서 벗어나 학문의 지평을 넓히는 연구를 독려.
- (함께하는 연구) 혁신적인 연구를 위해서는 본인의 연구에만 안주해서는 안 되고 경계를 넘어서는 연구를 추구하여야 하며 다른 분야 연구자들과 아이디어를 공유해야만 혁신적인 연구가 나올 가능성이 높기에, 탈경계 (Frontiers Beyond the Border) 공동 연구를 장려하는 문화를 구축.
- (포스텍 플래그십 연구) 세계 우수 대학들은 새로운 분야를 열고 그 분야를 선도하는 저명한 연구자들이 존재하기에, 이러한 선도 연구자들이 탄생할 수 있는 연구 환경 구축을 위해 노력.
- 이러한 연구 추진 방향의 달성을 위해 다음 3가지를 연구의 3대 핵심 과제로 삼아 세계를 선도하는 연구 성과를 창출하기 위해서 노력함.
- 포스텍 브랜드 성과를 달성하기 위한 연구 부문 3대 핵심 과제
  - 유치: 혁신적인 연구를 장려하는 연구문화를 조성하고 이를 뒷받침하는 제도 개편을 통해 신진연구인력 유치의 선순환을 유도.
  - 육성: 창의적 융복합을 육성의 핵심 전략으로 삼으며, 이를 위해 분야가 다른 연구자가 서로 교류하여 자연스럽게 공동연구팀을 형성하는 역동적인 모델을 구축.
  - 도약: 플래그십 연구자로 자라날 수 있는 젊은 연구자의 연구를 지원하고 탁월한 업적을 이미 달성한 스타연구자의 지속적 성과 창출을 유도.

○ 국제화 추진 방향

- (외향성 국제화) 포스텍은 BK21 FOUR 사업을 통해 세계로 뻗어나가는 국제화를 추진하기에, 국내에 국한되지 않고 세계 무대에서 활동하는 경쟁력 있는 신진인력을 양성.
- (내향성 국제화) 이러한 세계 무대로 뻗어나가는 연구를 추구하면서 또한 내실을 다지기 위해 해외 우수 인력의 포스텍 취업/유학 등을 통해 포스텍 연구의 경쟁력을 강화.
- (캠퍼스 국제화) 이에 포스텍의 내·외국인 구성원들이 영어를 통해 교육 및 연구를 진행하는 국제화된 캠퍼스 환경을 구축.
- 포스텍 브랜드 성과를 달성하기 위한 국제화 부문 3대 핵심 과제
  - 국제연구 교류 플랫폼 구축 및 확대: 외향성 국제화와 내향성 국제화를 내실있게 다지며 세계 무대에

서 활동하는 경쟁력 있는 신진인력을 양성하고 다양한 국제 경험을 쌓는 계기를 만들기 위해 해외 연구 기관/연구그룹과의 교류 활성화 필요.

- **개인 연구 우수성 중심의 국제 공동연구 확대:** 우수 연구자의 개인 네트워크의 적극적인 활용을 통해, 공동 연구과제 수주 및 공동연구를 추진하여 보다 적극적인 국제 공동연구의 확대 필요.
- **연구자 국제교류 프로그램 지원:** 개인적인 네트워크를 확대하며 폭넓게 연구를 진행하는 환경을 구축하기 위해, 그리고 포스텍 물리교육연구단의 연구능력의 국제적 위상을 높이기 위해 국제연구자 교류의 활성화 필요.

## 교육 역량 향상: 목표 대비 실적

✓ 앞서 제시한 차세대 글로벌리더 과학자를 양성하는 교육의 3대 핵심 과제를 수행하기 위해 현행 교육과정과 학사관리 제도를 개편함.

### ○ 학문의 깊이와 너비를 겸비하는 연구/교육 제도 구현

- '함께 하는 연구'(Connectedness)를 통해 글로벌 리더로서 깊이와 너비를 모두 아우르는 지식을 함양하고, 지도교수에 의존하는 방식에서 학생이 주도하며 연구하는 능동적 자세의 전환을 목표로함.

- **Core Strength 강화:**

[실적]

- 물리학 기초 핵심 과목(4대 역학: 해석역학, 양자역학, 전기역학, 통계역학)의 엄정한 운영과 이에 대한 이해를 평가하는 박사자격시험을 통해 중요성을 강조.
- 기초핵심과목 강의의 질적 제고(교육과정의 충실성/지속성 개선)를 위해 강의평가 우수 교수 및 성적 우수 대학원생을 교수와 조교로 배정.
- 담당 교수와 조교의 'Office Hour'를 강화.

- **Depth 강화:** 교과과정의 필수과목이 첨단 연구주제와 연계되도록 하여 학생들이 기초의 중요성을 인식할 수 있게 하는 노력.

[실적]

- 대학원 특론 과목 (1학기) - 스쿨 (1주) - 튜토리얼 (6시간) - 세미나 (1시간)로 구성된 연구 연계 체인 프로그램을 제공.
- <2차원 물질 물리> <위상물리>, <강상관계 물리>, <양자기술>, <응용물리> 등의 다양한 주제를 중심으로 체인 프로그램을 학과 홈페이지를 통해 운영(sites.google.com/view/postech-physics-bk).

- **Breadth 강화:** 대학원생들에게 복수의 관심 분야를 접할 기회를 제공하기 위한 노력

[실적]

- 연구실 순환: Caltech, Stanford를 벤치마킹하여 연구실 순환(Lab Rotation)을 전공 선택 과목으로 신설, 대학원 신입생들에게 세 개의 연구실을 돌며 다양한 경험의 기회 제공.
- 평가기간 중 전체 신입생 22명 중 11명(50%)이 수강하였으며 입학 첫 학기에 각 1개월씩 3개 연구실에서 연구 참여 후 지도교수를 선정할 수 있음.
- 융합 수렴 강의: 하나의 연구주제에 대한 다양한 접근방법과 관점을 제시하는 강의.
- 소규모 공동연구팀 조직: 프로젝트 기반으로 물리학과 내 또는 타 학과와의 소규모 공동연구팀을 조직하여 학생/지도 교수들 간 상호 교차 지도를 통해 연구 협력을 높일 수 있었음.

### ○ 학생 중심의 건강한 연구/진로 멘토링

■ 학생 주도의 연구가 진행되기 위해서는 학생의 기본적인 권익 보호가 전제되어야 하기에, 학생과 지도교수와의 갈등 조절, 장래의 진로에 대한 상담, 스트레스 조절에 대한 제도적 장치를 마련.

• 학생 기본 권익 보호:

[실적]

- 교무 지도교수 (Academic Advisor) 제도를 신설(MIT 벤치 마킹): 연구 지도교수 선정 전 대학원 생활 적응에 도움을 주고자 하였고, 연구 지도교수 선정 후 학생과 연구 지도교수 사이에 갈등 발생 시 중재토록 함.

- 학생-지도교수 기대 설문 제도를 마련(Stanford 벤치마킹): 학생과 지도교수의 상호 기대사항을 사전에 인지함으로써 갈등 발생을 미연에 방지할 수 있도록 함. 교과 및 학위 논문 계획, 연구일정 관리, 학위논문, 지원사항 등 4가지 분야의 총 16문항에 걸쳐 설문 조사하여 이를 바탕으로 교수와 대학원생의 면담을 지도교수 선정 이전에 실시하였다 (평가기간 중 2024년 1월 시행).

• 진로 상담 체계 신규 구축:

[실적]

- 자기 계발 심층 면담 제도 도입(UC Berkeley, Chicago 벤치마킹): 지도교수와의 정기적인 연구계획 설정과 진로 면담 기회 제공. 박사학위논문 제안서를 통과한 대학원생은 1년 단위로 박사학위연구 진행 상황 및 향후 추진 계획에 관해 연구 지도교수(Research Supervisor)와 심층면담 수행. 2021년부터 시행.

• 대학원생 업적 및 마음 관리 시스템:

[실적]

- 대학원생의 교육 및 연구 성과 데이터베이스 시스템(RIMS) 구축: 개인/학과/대학 차원의 체계적인 관리를 통하여 교수 및 대학원생의 논문과 학회발표 실적 검색이 가능해짐.

- 대학원생 특화 상담 프로그램 운영: 교육·연구 성과 및 미래에 대한 불안감으로 인한 대학원생의 정신적 스트레스 완화를 위한 교내 상담센터, 인권센터를 활용한 대학원생 특화 상담 프로그램을 운영하여 건강한 마음이 꾸준한 업적의 토양이 되도록 함.

○ 능동적이고 소통하는 리더 교육

■ 물리학의 글로벌 리더가 되기 위해서는 자기 주도 학습과 자기 주도 연구의 기회가 많이 주어져야 하며 다른 사람과의 소통에 숙달되어서 자신의 의견을 효과적으로 전달 할 수 있어야 함.

• 소통 능력 강화:

[실적]

- 역진행 특강 수업: 온라인 강좌를 통한 사전 학습을 유도하여 수업 중에는 토론에 더 많은 시간을 할애할 수 있는 환경을 구축하였으며 대학원생들의 비판적 사고, 분석력, 토론 능력을 증진시킬 수 있었음. 평가기간 중 2차원 물질의 연구 동향 (2023년 2학기)을 역진행 특강 수업으로 진행.

- 대학원생 주도 저널 클럽: 분야별 연구실 저널클럽과 별도로 대학원생들이 분야별로 모여 해당 분야 주요 이슈에 대해 동료 대학원생들에게 발표하는 대학원생 주도 저널클럽을 운영하여 대학원생 토론/소통 능력 및 리더십을 증진. 평가기간 동안 양자나노소자, 응집물질물리, 생물물리/복잡계, 양자광학과 나노광학의 4개 분야 저널클럽을 진행 및 각 분야별 연 100~150 만원을 지원.

• 학생 주도 연구 능력 강화:

[실적]

- 1<sup>st</sup> paper award 신설: 주제 설정 문헌 조사, 연구 수행, 논문 작성 등의 연구 전 과정을 일찍 경험하고 조기에 첫 번째 논문을 쓰도록 유도하기 위해 첫 번째 논문을 대상으로 하는 '1st paper award' 신설. 석박통합 과정 입학 후 4년, 박사 과정 입학 후 2년 안에 첫 번째 논문을 발표한 대학원생에게 포상금 50만원을 매학기 초에 포상하여 평가기간 동안 11명이 수상함.

• 국제적 감각 함양:

[실적]

- 해외 연구자와의 교류 확대: 대학원생의 해외기관 장·단기 방문연구(외향성)와 해외기관 대학원생 또는 신진연구자의 포항공과대학교 초청(내향성)을 통해 해외 연구자들과 교류를 확대함. 평가 기간 중 미국 국립고자기장연구소, MIT 등 국내외 파견 연수 총 7건을 달성.
- 국제 학회 발표 장려: 졸업 심사 전 국제학회 1회 이상 발표함을 필수로 정하여 대학원생이 본인의 연구결과를 학회에 발표함으로써 여러 전문가와 토론할 기회를 확대하고자 함. 평가기간 중 졸업생에 대한 1회 이상 국제학회 발표 실적은 다음과 같음.
  - ◊ 2023년 2학기 졸업: 7명 중 4명 국제학회 발표 (57%).
  - ◊ 2024년 1학기 졸업: 9명 중 8명 국제학회 발표 (89%).
- 국제 학회 발표 실적이 급격히 향상하고 있다는 점을 고려해 해당 요건을 졸업 필수 요건으로 포함하는 행정적인 규정은 만들지 않기로 함. (장려 정책을 시행할 계획임.)

연구 역량 향상: 목표 대비 실적

✓ 포스텍 물리교육연구단은 '혁신적인 연구', '함께하는 연구', '포스텍 브랜드' 연구라는 세 가지 연구 추진 방향을 달성하기 위해 다음 세 가지 전략을 추진

○ 전략1: 유치--혁신적인 연구를 장려하는 연구문화 조성 및 제도적 뒷받침 강화

- 교수 평가 개선: 교수 평가 제도를 개선하여 혁신적인 연구를 장려하는 연구문화를 조성하고 이를 통해 우수 신입교원을 유치하고자 함.

[실적]

- 개별 커리어 트랙에 맞추어 승진, 정년 보장, 연봉 등을 평가. 학술지의 Impact factor를 통한 정량평가 지양. 실적의 심층적인 질적 평가가 이루어질 수 있도록 심사 방식 개편 진행. \*당초 계획은 전문가 패널을 통한 평가 대상자의 학계 평판 및 업적에 대해서 심사하고자 하였으나, 일단 현 대학/학과 규정 하에서 실시할 수 있는 부분부터 개선해 나감. 현재는 세계적 지명도가 있는 외부 전문가 10인으로부터 추천서를 받아 대상자의 업적에 대한 학계의 평가를 승진 결정에 주요한 지표로 삼고 있음.
- 비누적 성과급제도 신설: 교원의 교육 및 연구 경쟁력 강화와 긍정적 동기부여를 위해 1년 단위의 성과를 평가를 통해 성과급을 지급하는 비누적성과급 제도를 신설하여, 연구, 교육, 과제수주 등을 정량적 수치로 평가하는 기준을 수립하고, 평가 등급에 따라 차별적인 성과급을 지급.

- 혁신적인 연구 장려: 혁신적인 연구를 추구하는 젊은 교수들의 연구를 지원하기 위한 노력

[실적]

- 환경 제공: 경쟁력 있는 초기 정착금을 지원. 강의와 행정 업무 경감을 통해 연구에 매진할 수 있는 환경 제공.
- 강의부담 경감: 첫학기 강의 면제 이후 학점 시수를 연 6학점으로 제한, 강의 부담 경감.
- 승진 최소 근무 연한 폐지: 대학에서는 혁신적 연구 성과를 얻은 교원의 조기 승진을 위해 승진 최소 근무 연한을 폐지 (        교수의 경우, UNIST에서 포스텍으로 이직 후 1년만에 부교수 승진 등 실적에 따른 파격적 인사를 단행)
- 신입교원 초빙: 평가기간 동안, 포항공과대학교 물리학과는 공격적인 신입교원 초빙을 진행하여 교수 24년 3월에 부임. 신규 1명 (응집물리 이론분야) 25년 3월 부임 예정.

○ 전략2: 육성--함께 하는 연구를 통한 창의적 융복합 연구 배양

- 탈경계 공동연구(Frontiers Beyond the Border: FBB) 활성화: 전공분야에 국한된 공동연구를 넘어 전공이 다른 연구자가 서로 교류하여 자연스럽게 공동연구팀을 형성하는 역동적인 융복합 연구 유도  
[실적]
  - 참여 교수 대상으로 FBB 학회를, 대학원생 대상으로는 Brown Bag Meeting, FBB 저널 클럽 등 FBB 브레인스토밍 프로그램을 기획.
  - 평가기간 동안, 참여교수 대상 ‘Standing Wave Gathering’ 및 ‘Tea time in Common Room’ 운영
  - Standing Wave Gathering은 사업단 참여교수 및 아테이론물리센터(APCTP) 연구원들이 리셉션 형식으로 연구 관련 다양한 주제에 대해서 자유롭게 논의할 수 있는 장을 마련하여 월 2회 운영.
  - Tea time in Common Room은 매주 목요일 오후 APCTP 연구자와 물리학과 연구자간의 공동연구 기획 기회 제공.
- 공동 실험 환경 기반 구축(Open Campus): 신입 교원들이 부임 후 바로 혁신적인 연구에 뛰어들 수 있도록 고가 실험/전산 시설 공유를 통한 연구 경쟁력 강화를 모색  
[실적]
  - 공용 헬륨 액화시설과 X-선 분석 장비 공용실을 구축하여 운영 (1.3 교육연구단의 연구역량 향상 실적 참조).
  - 포톤사이언스센터(센터장:            교수) 등 거점연구센터를 통해 포항가속기연구소의 X-ray Free Electron Laser (XFEL) 및 방사광 가속기 활용 연구를 위한 핵심 연구 기반을 구축하고, 이는 현재 국내 초고속 과학 연구를 활성화 하는 허브 역할을 수행하고 있음.
  - 초고속 과학을 위한 극초단 광펄스 생성 및 측정 장치의 지속적인 운영을 위한 실험 환경을 유지 및 보수. 포항산업과학연구원 내의 새로운 위치로 이전 운영.
  - 포항산업과학연구원 내부에 위치했던 물리학과 연구원의 실험실을 연구동으로 이전            교수,            교수,            교수 등). 극저온 환경이 필요한 연구실을 한 장소에 위치하여 안정적인 헬륨 공급 하는 등 공동 실험 환경을 구축하는 작업을 진행 중임.
  - 글로벌 R&D 센터: 글로벌대학 프로그램으로 전략산업 R&D 혁신을 체계적으로 진행하기 위한 일환으로 기초과학 핵심 R&D센터를 선정. 양자물성센터 (센터장:            교수)와 양자정보기술센터 (센터장:            교수)를 설립. 센터별 약 37억원의 사업비로 공용 연구 장비 구축, 센터 워크숍을 개최하는 등 분야의 공동연구를 활성화하는 기반 마련.

○ 전략3: 도약--포스텍 플래그십 발굴 및 집중 육성(POSTECH Flagship)

- 스타급 리더 지원 프로그램 운영: 플래그십 연구자로 자라날 수 있는 젊은 연구자의 연구 지원 및 탁월한 업적을 이미 달성한 스타연구자의 지속적 성과 창출을 유도하고자 함.  
[실적]
  - 우수교원 특별임용제도 운영: 젊은 교수부터 정년을 앞둔 교수까지 교원 전 주기에 걸쳐 젊은 석좌교수, 정규 석좌교수, 학과특임교수, POSTECH University Professor 등 우수교원 특별임용제도를 운영하여 인센티브 지급, 정년연장 (일부 특별임용제도 해당)등의 혜택을 통해 도약의 발판을 마련.
  - 교내에서 탁월한 성과를 쌓은 교수에게 수여되는 석천석좌, 무은재 젊은석좌교수에 각각            교수와            교수가 선정.
  - 대외적인 수상으로는 한성과학상(            교수), 수당상(            교수), 연구개발 최우수성과 100선 유공 장관 표창(            교수) 등을 수상함.
- 선도연구센터(SRC), 기초연구실(BRL) 등 연구센터 유치 추진: 포스텍을 대표할 혁신적인 연구그룹으로 성장할 수 있는 공동연구 그룹을 발굴하여 연구센터(SRC, BRL 등) 유치를 지원하였고 아래와 같이 선정되어, 연구센터 플랫폼을 통해 해당 연구분야 국내외 학계를 선도하고 글로벌 포스텍으로 성장에

기여를 포함.

[실적]

- 글로벌 선도연구센터(SRC) 유치 (센터장: 교수, 사업 기간: 최장 10년, 총 사업비: 약 105억원). 새로운 이론 형성, 과학적 난제 해결 등 국가 기초연구 역량을 강화 기대.

- 기초연구실사업(BRL) - 세포핵 생물물리 기초연구실 선정 (연구책임: 교수, 총 사업비: 약 14억원).

- 기 선정(2022년)된 나노 및 소재기술개발 사업 - '위상양자 신소재의 양자물성 및 시공간 특성 연구' 수행 중 (주관책임: 교수, 사업기간 6년, 연간 연구비 42억원). 이 연구는 신물질 기반 기초 연구를 수행하여 양자기술 원천지식 보유 및 실용화 선도의 단초를 마련하는 것을 목표로 하고, PI급 연구자 30명중 물리교육연구단 참여교수 10명이 핵심 참여 연구원으로 참여함.

[연관 인력양성사업]

- 양자정보과학 인적기반 조성 사업(양자대학원)에 선정 (주관 책임자: 교수, 사업 기간: 9년, 총 사업비: 242억원). 과학기술 혁신인재 양성 사업으로 신진 연구인력 양성을 통한 연구지평을 확대 기대.

- 기 선정(2022년)된 대학ICT연구센터육성지원사업(ITRC) - '양자정보소자 인력양성 연구센터' 수행 중 (센터장: 교수, 사업 기간 7년, 연간 사업비 11억원). 이 센터는 정보통신방송 혁신인재양성 사업의 일환으로 광자/원자/초전도/2차원물질 기반의 양자정보소자 관련 대학원 연구인력을 양성하는 사업으로 국내 관련 전문가로 구성되었으며, 양자정보소자 연구를 통한 양자정보 전문인력 육성을 목표로 함.

### 참여교수 연구실적의 우수성

✓ 포스텍 물리교육연구단은 연구 부문에서 BK21 Four 종료 시점인 2027년에 세계 정상급 연구기관으로 인정받기 위해 국제 학계에서 포스텍 브랜드로 인식되는 연구성과 (7건 이상)를 달성하는 하는 것을 목표로 함. 지난 3년여 시간동안 이러한 연구목표를 달성하기 위해 연구 주제측면에서는 지식의 지평을 여는 '혁신적인 연구'를, 연구 진행측면에서는 여러 연구자의 전문성이 접목된 '함께하는 연구'를 지향함.

○ 포스텍 브랜드 연구성과 실적: 포스텍 브랜드 연구성과는 포스텍에서 시작된 혁신적인 연구로 학계에서 인정받으면서, 이후 해당분야에서 포스텍 연구성과가 다수 출간되고, 이에 대한 전 세계적인 파급효과가 확인된 성과.

■ 포스텍 물리연구단은 자체평가 기간 동안 향후 포스텍 브랜드 연구로 평가받을 가능성이 높은 연구성과 1건을 아래와 같이 달성함.

■ 이는 기존 4건의 포스텍 브랜드 연구성과에 이어 '포스텍 브랜드 연구성과 5'로 기록함.

• 포스텍 브랜드 연구성과 5: 양자세계의 이론상 액고체 물질 네마틱 세계 최초 발견 및 활용  
Quantum spin nematic phase in a square-lattice iridate, Nature 625, 264-269. (2024)

- 액체와 결정의 중간 상태 물질인 네마틱을 세계 최초로 관측하여 스핀 액체 탐색의 핵심 단서를 확보.

- 본 연구단의 양자이론분야와 양자실험분야 교수의 협업을 통해 기존에 구현되지 않았던 양자물성상태를 세계 최초로 구현한 사례로 현재 연구단의 주력 분야인 양자기술 분야 성과임.

- 후속 연구에서는 교수를 중심으로 양자물성 연구팀을 구성하여 이리듐 산화물의 전자 농도를 변화시켜가며 고온 초전도 현상이 나타나는지 조사해 볼 계획임.

- 이외 Nature Physics급 이상의 주저자 논문 7건 (Nature 1건, Advanced Materials 2건, Nature Physics 1건, Light-Science & Applications 2건, Chem 1건 포함)의 연구 주제와 성과도 향후 후속연구를 통해 포스텍 브랜드 연구로 발전시킬 계획임.

○ 포스텍 연구성과에 대한 정량적인 분석: 포스텍 물리연구단은 연구실적의 정량적인 면에서도 자체평가 대상기간 (2023.09.01. ~ 2024.08.31) 동안의 실적이 4단계 BK21 신청서 제출 당시 평가 대상기간 5년 (2015.01.01 ~ 2019.12.31.)에 비해 큰 폭으로 발전함.

■ 주요 논문 실적 (2023. 09. 01 ~ 2024. 08. 31)

게재지명	편수	기타
Nature, Science 급	2	교신저자 1, 공동저자 1
Nature 주요 자매지 급 (Advanced Materials 등)	4	교신저자 3, 공동저자 1
Nature Communications 급 (Science Advances, PNAS 등)	16	교신저자 11, 공동저자 5
Physical Review Letters 급 (Physical Review X, Nano Letters, Optica 등)	15	교신저자 11, 공동저자 4
주요 논문 실적 / 총 논문 편수	37 / 72	

- 논문 1편당 Impact factor 지표: 중간평가 기간의 실적이 4단계 신청서 평가기간 실적에 비해 크게 향상. 이번 자체평가기간의 전체 논문 실적의 1편당 IF와 주저자 논문 1편당 IF는 모두 10에 육박할 정도로 매우 높고, 4단계 신청서 평가기간 대비 모두 상승함.
- 환산편수 1편당 환산 보정 IF: 논문의 질을 나타내는 환산편수 1편당 환산 보정 IF 지표는 4단계 신청서 대비 159%로 상승, 주저자 환산보정 IF는 174%로 크게 상승함.
- 이러한 결과는 포스텍 물리교육연구단 연구성과의 질적인 수준이 빠르게 높아지고 있음을 의미.

	전체 IF 1편당	환산보정 IF 환산편수 1편당	주저자 논문 IF 1편당	주저자 환산보정 IF 환산편수 1편당
자체평가 기간 실적 (2023.09.01 ~ 2024.08.31)	9.75	0.750	9.38	0.722
4단계 신청서 평가기간 실적 (2015.01.01 ~ 2019.12.31)	8.58	0.472	8.38	0.415

- 논문성과의 Impact factor 실적: 4단계 신청서 평가기간 대비 논문성과의 Impact factor 실적도 대폭 향상됨.
- 자체평가 대상기간의 전체 논문 IF는 4단계 신청서 평가기간 5년의 연평균 수치 대비 93% 수준으로 감소하였으나, 환산보정 IF의 1년 평균치는 뚜렷하게 (151% 수준) 향상됨.
- 특히, 주저자 논문의 IF는 중간평가 4년간의 실적이 신청서 기간 5년 실적 대비 1년 평균치에 비해 130% 수준으로 향상되었고, 주저자 환산보정 IF도 165% 수준으로 크게 향상됨.
- 이는 포스텍 물리연구단의 연구실적이 질적인 면에서 크게 향상되었고, 이러한 실적 향상에 본 연구단의 구성원이 주도적인 역할을 했다는 것을 의미.

	전체 IF (1년간 평균)	환산보정 IF (1년간 평균)	주저자 논문 IF	주저자 환산보정 IF
자체평가 기간 실적 (2023.09.01 ~ 2024.08.31)	702	14.9	506.9	14.337
4단계 신청서 평가기간 실적 (2015.01.01 ~ 2019.12.31)	3766.76 (753.35)	49.40 (9.88)	1952.86 (390.57)	43.472 (8.69)

- 우수논문과 특급논문 실적: 4단계 신청서 평가기간 대비 우수논문 (IF = Phys. Rev. Lett. 이상)과 특급논문 (IF = Nature Physics 이상) 실적도 대폭 향상됨.
- 이번 중간평가기간 4년의 Phys. Rev. Lett. (PRL) 급 이상의 논문편수는 신청서 평가기간 5년 대비 1년 평균치 155%로, 특히 주저자 논문편수는 1년 평균치는 210%로 대폭 상승함.
- Nature Physics (NP) 급 이상의 논문 편수의 1년간 평균치 역시 141%로 크게 향상됨.
- 특히 NP급 이상 주저자 논문편수의 1년간 평균치는 194%로 크게 상승.
- 이는 혁신적인 포스텍 브랜드 연구성과를 지향하는 본 교육연구단의 노력이 드러난 결과임.

	PRL 급 이상 논문편수 (1년간 평균)	NP 급 이상 논문편수 (1년간 평균)	PRL 급 이상 주 저자 논문편수 (1년간 평균)	NP 급 이상 주 저자 논문편수 (1년간 평균)
자체평가 기간 실적 (2023.09.01 ~ 2024.08.31)	37	9	26	7
4단계 신청서 평가기간 실적 (2015.01.01 ~ 2019.12.31)	119 (23.8)	32 (6.4)	62 (12.4)	18 (3.6)

## 국제화: 목표 대비 실적

✓ 포스텍 물리교육연구단은 'Outbound 국제화', 'Inbound 국제화', '캠퍼스 국제화'라는 세 가지 국제화 방향을 달성하기 위해 다음 세 가지 전략을 추진할 예정이었음. 하지만 2020년 초에 발생한 COVID-19의 장기화로 인해 국제화를 위한 인적 교류가 극도로 제한되면서 국제화 노력은 당초 목표와 다르게 온라인으로 진행되었으나 2022년 하반기부터 아래와 같은 본격적인 비대면 교류가 활발하게 이루어졌음.

### ○ 전략 1: (포스텍 플래그십' 주도) 기관 대 기관 국제연구 교류 플랫폼 구축 및 확대

[실적]

- 포스텍 물리 교육연구단 내 연구센터 또는 유관기관과의 협력을 통한 해외연구기관/연구그룹과의 교류 활성화를 위해 연구센터간의 양해각서 협약 추진, 인력교류 플랫폼 구축, 학술행사 개최를 진행함.
- 복수학위제 개설 및 추진을 통해 교육 프로그램 국제화에도 노력함.
- 복수학위제 및 양해각서 (MOU) 체결 추진: 포스텍 플래그십을 구성하는 주력 연구센터와 해외 연구기관 및 연구그룹 간 양해각서를 체결하여 지속적이고 안정적인 교류의 기반 마련.

[실적]

- 막스플랑크 한국/포스텍 연구소와 European XFEL 간 MOU: 2022년 하반기 COVID-19 상황이 개선되면서 교류를 위한 협약 체결이 본격적으로 시작되어 막스플랑크 한국/포스텍 연구소(MPK)와 European XFEL 간 MOU가 2022년 10월 신규 체결되었고 성공적으로 진행되고 있음.
- 포항공과대학교 물리학과와 중국 상하이 첨단물리연구센터 (SHARPS) 간의 MOU: 2023년 4월 신규 협약 체결되어 성공적으로 운영 중.
- 복수학위제: 현재 홍콩과기대 (Hong Kong Univ. of Science and Technology)와 운영 중에 있고 다만 National Tsing Hua Univ.와의 개설을 추진 중.
- 양자대학원과 국내외 정부출연연구소 간의 MOU: 본 교육연구단 참여교수가 주축이 되어 포항공과대학교 주관 양자대학원 사업을 유치하였고, 그 활동의 일환으로 국내외 양자정보기술 관련 연구기관인

한국표준과학연구원, 한국과학기술연구원, 싱가포르 Agency for Science, Technology and Research (A\*STAR) 등과 MOU 협약을 추진 중.

- **인력교류 및 인재양성 플랫폼 구축:** 센터 간에 체결된 MOU에 기반하여 상호 기관 방문을 전제로 한 인력교류와 인재양성 프로그램을 마련.

[실적]

- 막스플랑크 한국/포스텍 연구소(MPK)를 기반으로 한-독 글로벌 인재양성 플랫폼 사업을 2021년 3월부터 지속적으로 운영 중. 해당 사업은 국내 학생들이 독일 막스플랑크 광학연구소 등의 연구소에 방문하여 인턴 연구원으로 연구참여를 진행. 2023년에는 26명, 2024년에는 34명(자체평가 기간: 6명)의 학생이 참여하였고, 향후 지속적으로 프로그램을 운영할 예정임.

- 초청 및 파견: 신진연구자의 활발한 교류를 위해 해외기관 연구자 초청(8건)과 해외기관 대학원생 파견(7건)도 진행함.

- **학술 행사:** 교육과 연구의 국제화에 적극적 노력을 기울임

[실적]

- 포스텍 물리 교육연구단 연구센터와 해외연구기관과의 상호 교류 (Bilateral) 차원 단체 교류를 APCTP와 연계하여 진행.

- 2023년 APCTP 콜로퀴움 시리즈 (해외연사 7명/ 운영) 등 16건에 이르는 온라인 학술프로그램과 초청세미나를 진행.

- 본 교육연구단 참여교수가 국내에서 개최하는 국제학회에 운영자로 참여(12건).

- POSTECH Signature Conference ('23.11): 물리학과 교수를 주축(위원장: 교수)으로 국제 학술행사(부제명: The 1<sup>st</sup> International Conference on Prospective Quantum Technology: Science and Applications)를 개최. 양자기술, 양자 물질, 양자 광학 분야의 노벨상 후보자 급의 기초강연자 8명(국외 7명, 국내 1명)과 초청강연자 20명(국외 3명, 국내 17명)의 강연.

- **포스텍-인도네시아 인턴십 프로그램 개시:** 인도네시아 최우수 대학인 University of Indonesia 물리학과 학부생들을 POSTECH 물리학과에서의 연구참여 기회를 제공하여 해외 우수대학과의 교류를 통해 학과 및 대학의 글로벌화를 촉진하고 인적 네트워크 구축을 유도하고 글로벌 과학기술 인재를 양성하는 기회.

[실적]

- 2024.06.30. ~ 08.23의 일정으로 15명의 University of Indonesia 학생들이 포항공과대학교의 선진연구 시설에서의 연구를 경험. 포항공과대학교 대학원생은 외국 학생과의 직접적인 공동 연구 기회를 통해 글로벌 네트워크를 구축하는 뜻깊은 기회였으며, 추후 인도네시아 최고 학부 학생의 포스텍 입학으로 이어질 것을 기대함.

## ○ 전략 2: (우수 연구자 주축) 개인 연구 우수성 중심의 국제 공동연구 확대

- 우수연구자의 개인 네트워크를 활용하여 해외 기관과의 국제 공동연구와 교류를 통해 국제 인지도를 높이는 전략으로 국제 공동연구과제 수주 및 공동연구를 적극적으로 추진함.

- **국제 연구과제 수주 및 연구자 교류**

[실적]

- 국제 연구과제의 경우 교수의 Asian Office of Aerospace R&D (2022~2025) 등 총 1건의 과제를 진행.

- 교수와 Prof. (미국 Harvard Univ.) (2023. 12. 26. ~ 2024. 02. 07.) 방문 등 국제 공동연구를 위한 연구자 교류를 총 18건 진행함.

- **국제 공동연구 논문 발표**

[실적]

- 활발한 국제공동연구를 통해 자체평가 대상 기간 동안 총 17편에 이르는 연구논문을 출간함.
- 해당기간에 발표된 논문 72편의 약 24%로 활발한 국제 공동연구가 이뤄짐.
- 해외석학 교수(Rutgers Univ.)과의 교류를 통해 논문 출간 3건 및 공동연구 진행.

○ 전략 3: (물리교육연구단 주관) 연구자 국제교류 프로그램 지원

[실적]

- 대학원생 및 신진 연구자의 국제 학술대회 참여 경비 지원 (11건).
- 해외연사 초청 및 국제학술대회 참여 지원: 포스텍 소속 외국인 연구자와의 교류 증진을 위함.

[실적]

- 해외학자 초청 온라인 세미나 포함 콜로퀴움 등 총 16건 진행.
- 교육연구단 대학원생 및 신진 연구자의 국제 학술대회 참여 경비를 지원 (총 11건).

### 산업·사회·과학 문제해결 프로그램 운영 실적

✓ 포스텍 물리교육연구단의 글로벌 리더 역량을 갖춘 신진 연구자는 본인 연구의 우수성 추구의 제한적 시야를 벗어나 산업사회에서 대두되는 현안들을 이해하는 사회적 감수성과 이에 대한 해안을 제시할 수 있는 문제해결 능력을 겸비하는 것이 중요

✓ 미래 산업사회에 대두될 것으로 예견되는 문제 중 교육연구단은 '(1) 산업체 미래성장 동력원 확보', '(2) 학령인구 감소에 따른 전문인력 부족', 그리고 '(3) 과학기술 발전으로 급변하는 사회에 대한 능동적인 대처'를 3대 해결 과제로 선언하고 이에 상응하는 교육 및 연구 활동을 집중적으로 수행함.

✓ 제시된 각각의 문제를 해결하기 위한 연구단의 노력으로 '(1) 첨단소재 기반의 원천 지식 확보', '(2) 전문 지식의 사회 환원 프로그램 활성화', 그리고 '(3) 지역 사회와 소통하는 열린 과학 문화 배양'의 구체적 방안을 제시하고 관련 활동을 추진함.

○ 첨단소재 기반의 원천 지식 확보: 포스텍 물리교육연구단 참여 교수 주도적로 산업사회 문제 해결을 위한 다양한 프로그램을 개발하고 적극적으로 진행하는 노력을 통해 여러 활동방면에서 가시적 성과를 거둠.

[실적]

- 삼성미래기술 과제 수행 (총 9건).
- 포스코, 삼성전자 등 산학협력과제 수행 (7건).
- 창업과정 안내 프로그램(상시운영).
- 교육연구단의 교수는 지난 수년간 독일의 대표적인 연구기관인 막스플랑크 연구소, 프라운호퍼 연구소에 연 20여명 가량의 대학생을 직접 파견하여 현장의 선진 연구 경험을 직접 체험할 수 있는 인턴사업을 수행하여 미래 글로벌 사회에 대응하는 인재양성에 헌신적으로 노력함.

○ 전문 지식의 사회 환원 프로그램 활성화: 지역 특성에 부응하는 인력 재교육의 일환

[실적]

- 포스코 기술대학 일반물리 강의: 사업단 참여교수인 교수가 포스코 계열사 사원 중 대학수준의 물리교육을 받지 못한 직원을 대상으로 수년간 대학일반물리 강의 진행.

○ 지역 사회와 소통하는 열린 과학 문화 배양: 산업사회문제 해결을 위해 포스텍 물리교육연구단이 주도

적인 프로그램을 개발하고, 적극적으로 지속적인 활동

[실적]

- 산업 및 특허 전문가 초청 강연 (특허: 총 5건 & 산업체 강연: 3건).
- 과학 토크대회 (3건).
- 고교생 대상 물리학 전공소개(총 10건).
- 최첨단 연구주제 교육체인 프로그램 구축 (플랫폼 신설 / 석학강연 4건).
- 융합 분야 강의 개설 (총 6건).



- 2024-1학기 물리학과 대학원 신입생 오리엔테이션 실시 (2024.2.23.).
- 동문 선배 진로특강 실시 (2024.1.4., 2024.1.24.).
- 대학원생 마음 건강 관리 지원 활성화.
  - 캠퍼스 이동상담소 및 인권 캠페인, 4회 실시 (2023.9.14., 2023.12.14., 2024.3.28., 2024.6.27.).
  - 마음돌봄의 날 '마음낙락 Day' 캠페인, 3회 실시 (2023.11.17., 2024.1.17., 2024.5.29.).
  - 대학원생들을 위한 '상호존중의 날' 캠페인, 2회 실시 (2023.9.11., 2024.5.8.).
  - 대학원생 진로탐색 프로그램 '본캐탐색:너는 누구니?' (2023.9.18.~2023.10.6.).
  - 건강한 연구실 만들기 특강, 2회 실시 (2024.1.26., 2024.7.24.).
  - 스트레스 해소를 위한 힐링 프로그램: 나만의 정원 만들기 (2024.7.10.).

○ 능동적이고 소통하는 리더 교육 프로그램 활성화

- 역진행 특강 수업 (Flipped Learning) 운영.
  - 온라인 사전 학습을 유도하여 수업 중에는 토론에 더 많은 시간을 할애할 수 있는 환경 구축.
  - Physics 703: 물성물리학특론Ⅲ:2차원 물질 연구의 동향 (2023년 2학기,            외 5명).
- 대학원생 주도 분야별 저널클럽 운영.
  - 대학원생이 본인의 연구 결과 또는 관련 연구 주제에 대해서 발표하는 형식.
  - 응집물리, 생물물리/복잡계, 양자/나노광학, 고에너지이론물리 등 4개 분야에서 시행.
  - 총 38회 진행 및 연간 총 400 ~ 600 만원 지원.
- '1st Paper Award' 제도 실시.
  - 석박통합 과정 입학 후 4년, 박사 과정 입학 후 2년 첫 번째 논문을 발표한 대학원생에게 포상.
  - 총 11명(2023년 2학기: 5명, 2024년 1학기: 6명) 시상.
- 융합인재 펠로우십 (Fellowship) 제도 운영.
  - 최소 2인의 연구 지도교수의 지도하에 수행할 융합연구 계획서를 심사하여 선발.
  - 선발 학생에게 직접 학비와 생활비 지급.
  - 총 1명 2021년 2학기부터 지원 중.
  - 융합지도교수(            -응집물리이론,            -고에너지이론).
- 졸업 심사 전 국제학회 1회 이상 발표 권고.
  - 2023년 2학기 졸업: 7명 중 4명 국제학회 발표 (57%).
  - 2024년 1학기 졸업: 9명 중 8명 국제학회 발표 (89%).

○ 우수대학원생 확보를 위한 지원 방안 마련

- 대학원 신입생의 안정적인 정착 지원.
  - 대학원생 전원을 교육조교 (TA) 또는 연구조교 (RA) 장학생으로 등록, 학비와 생활비 지원.
  - 대학원혁신팀과 연계, 2021학년도 1학기부터 '대학원생 통합재정지원제도(RA/TA)' 추가 장학금 6명 지원 완료(3개월 동안 월70만원/인).
  - 대학원 신입생 첫 학기에 학업장려금(월35만원) 추가 지급: 대학원 신입생 총 22명 지원.
  - '연구실 순환' 과목 수강생 총 11명에게 추가 장학금(3개월 간 월70만원/인) 지급.
  - 우수대학원생 입학장려 장학금 지급 (2024년 신규): 입학 학기에 1회 100만원 지급.
  - 대학원생 생활비 추가 지원 (2024년 신규): 대학원생 생활비 최저 기준 인상 및 추가 생활비 보조.
- 국제학회 참여 및 연구활동 지원.
  - 포스텍 내 국제워크숍 개최 활성화 및 대학원생의 국제학회 발표 장려.
  - 교내 국제워크숍 개최 4건(학교 3000만원, 학과 500만원 지원 및 외부 지원 활용).
  - 국제학회 참여 지원 (총 10명) 및 국제연구활동 지원 (총 1명: Advanced Light Source 기관연수).

- 연구 실적에 따른 BK21 성과금 및 각종 포상금 지급.
  - 2023년 2학기: 논문, 학술대회 성과에 기반해 대학원생 총 24명에게 인센티브 총 1,100만원 지급. [2024년 1학기: 대학원생 총 24명에게 지급 예정 (지급 총액 미정)]
  - 우수 논문상 (상금 30만원) 및 우수 조교상 (상금 10만원): 각각 총 6명 및 12명 포상.
  - 민병일 응집이론논문상 및 정상욱 응집실험논문상 (상금 100만원): 각각 총 1명 및 1명 포상.
  - 창림상 (상금 30만원): 대학원생 총 1명에게 포상

○ 참여대학원생 박사학위자 취업률 93.3% 달성

- 2023년 8월 박사학위 졸업자 8명 전원 취업 및 2024년 2월 박사학위 졸업자 7명 중 6명 취업.
  - 국내 대학 및 연구소 연구원 취업 (7명), 해외 대학 및 연구소 연구원 취업 (3명), 산업체 취업 (4명).
  - 과학기술, 사회경제 발전에 기여도가 높은 전공 관련분야 연구소 (8명) 및 기업 (4명)으로 취업하는 경향이 뚜렷함.
  - 포스텍 물리학과가 추구하는 연구중심 철학이 졸업생들의 진로에 긍정적인 영향을 미치고 있음.

○ 참여 대학원생 연구 성과의 우수성

- IF와 mrnIF로 본 논문실적의 우수성.
  - 2023.9.1.~2024.8.31. 동안 참여 대학원생 출간 총 논문은 52편으로 이 중 주저자 논문은 37편.
  - 주저자 논문의 평균 IF는 8.26로 Phys. Rev. Lett.(IF 8.10)보다 큼.
  - 전체 논문과 주저자 논문 평균 mrnIF는 각각 83.82와 78.06으로 매우 우수.
- Q1 저널과 mrnIF 90 이상 (상위 10%) 저널에 실린 논문으로 본 질적 우수성.
  - 지난 1년간 출간된 전체 논문의 73.1%, 주저자 논문의 73.0%가 Q1 저널에 게재.
  - 전체 논문의 55.8%, 주저자 논문의 48.6%가 mrnIF 90 이상의 저널에 게재.
- 대학원생 대표 논문실적 18건.
  - Q1 저널에 게재된 참여 대학원생이 주저자인 논문 중 mrnIF 90 (Physical Review Letters급) 이상 저널에 게재된 논문으로 전체 주저자 논문(37편)의 48.6%에 해당.
    - Advanced Materials (IF=27.4, mrnIF=98.25):
    - ACS Nano (IF=15.8, mrnIF=94.32):
    - ACS Nano (IF=15.8, mrnIF=94.32):
    - Nature Communicaitons (IF=14.7, mrnIF=94.74):
    - Advanced Science (IF=14.3, mrnIF=93.59):
    - Physical Reivew X (IF=11.6, mrnIF=95.41):
    - Physical Review Letters (IF=8.1, mrnIF=93.58):
    - Physical Review Letters (IF=8.1, mrnIF=93.58):
    - Physical Review Letters (IF=8.1, mrnIF=93.58):
    - Physical Review Letters (IF=8.1, mrnIF=93.58):
    - Physical Review Letters (IF=8.1, mrnIF=93.58):
    - Light: Science & Applications (IF=20.6, mrnIF=97.46):
    - Light: Science & Applications (IF=20.6, mrnIF=97.46):
    - Nano Letters (IF=9.6, mrnIF=90.45):
    - Nano Letters (IF=9.6, mrnIF=90.45):

- Nano Letters (IF=9.6, mrnIF=90.45):

- Nano Letters (IF=9.6, mrnIF=90.45):

- Nano Convergence (IF=13.4, mrnIF=93.82):

- Chaos, Solitons & Fractals (IF=5.3, mrnIF=98.31):

■ 참여 대학원생 특허 등록 실적 3건.

• 광학 신호 기록 방법 및 매체 (등록번호: 10-2589324).

• 광섬유와 광도파관 결합기, 그리고 이를 포함하는 광집적회로 (등록번호: 10-2616266).

• 탐침 증강 현미경의 분석 방법 및 탐침 증강 현미경 (등록번호: 10-2619577).

• 지난 1년 동안 총 19건의 특허가 출원되어 향후 특허 등록 실적이 계속 증가할 것으로 기대함.

#### ○ 국제 공동연구가 가능한 다양한 교육 플랫폼 제공

■ 국제 공동연구를 위한 대학원생 해외연수(11건) 및 장/단기 파견(8건), 해외 신진연구자 초청(8건).

■ 교내 유관 기관과 연계하여, 포스텍 물리학과 교수 주최 국제학회(10건)와 외국연구자 초청 세미나(42건)를 진행하여 온라인 교류를 확대.

■ 해외 석학을 초빙하여 공동 연구 수행(5건) 및 4편의 저명 학술지 게재.

- Nature 1편, Advanced Materials 1편, Advanced Science 1편, npj Quantum Materials 1편.

■ 해외 석학 초청 강연 9건 개최.

■ 국제 공동연구에 참여한 대학원생의 대표 논문실적 5편.

• (참여 학생) (논문 정보) Nature 625, 264 (2024)

(논문 제목) Quantum spin nematic phase in a square-lattice iridate

(협력 기관/국가) Advanced Photon Source/USA; European Synchrotron Radiation Facility/EU

• (참여 학생) (논문 정보) Nature Physics 20, 450 (2024)

(논문 제목) Flexoelectric polarizing and control of a ferromagnetic metal

(협력 기관/국가) Hefei National Research Center for Physical Sciences at Microscale/China; USTC/China; University of Warwick/UK; TU Wien/Austria

• (참여 학생) (논문 정보) Advanced Materials 36, 25 (2024)

(논문 제목) Topological Complex Charge Conservation in Nontrivial  $Z_2 \times Z_2$  Domain Walls

(협력 기관/국가) Rutgers University/USA

• (참여 학생) (논문 정보) Nature Communications 15, 3998 (2024)

(논문 제목) High-temperature concomitant metal-insulator and spin-reorientation transitions in a compressed nodal-line ferrimagnet  $Mn_3Si_2Te_6$

(협력 기관/국가) University of Illinois, Chicago/USA; Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research/China; Rutgers University/USA

• (참여 학생) (논문 정보) Physical Review Letters 132, 226301 (2024)

(논문 제목) Controllable Andreev Bound States in Bilayer Graphene Josephson Junctions from Short to Long Junction Limits

(협력 기관/국가) National Institute for Materials Science/Japan



# 1. 교육과정 구성 및 운영

## 1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

### 현교육과정의 장단점 및 대학원 과정의 운영계획 대비 실적

#### ✓ 현 교과과정과 학사관리의 장단점

##### ○ 장점

- 석박통합과정 중심의 교육과정: 대학원생 98%이상 석박통합과정. 박사급 전문인력 양성 가능.
- 강의평가제도 및 환류시스템 운영: 지속적인 강의 질 개선. 적극적인 학생의견 반영.
- 열린 대학원 교과 과정: 학부생 대학원 과목 이수 장려, 우수 대학원생 유치.
- 포스텍 영어공용화 캠퍼스: 강의 및 세미나 100% 영어 진행. 국제화와 국제적 소통능력 향상.
- 체계적인 연구소양 교육: 포스텍 어학센터 및 교육혁신센터와 협력 (논문작성, 영어발표, 연구노트, 연구윤리), 교육과 연구의 선순환.
- 학계 간/그룹 간 공동 강의 장려: 연구 협력 및 융합 연구 풍토 조성.
- 전 학생 기숙사 제공: 주거 안정, 경제적 부담 경감. 학사관리 용이 (높은 출석률, 몰입 환경).
- 엄정한 학사관리: 엄격한 박사자격시험 절차 확립. 학위 중도 포기 2% 미만 유지.
- 소규모 과학기술 중심 대학으로서의 장점: 학사관리의 효율성, 연구몰입환경 제공.

##### ○ 단점 및 이를 극복하기 위한 계획

- 연구 직결된 교육 강화로 인한 융합 교과목 부족: 전공 분야가 융합된 교과과정 및 프로그램 확충 추진.
- 연구에 편중된 대학원생 진로 교육: 학생중심의 개인별 전주기적인 진로 멘토링 프로그램 마련.
- 대학원생 갈등 조정 제도의 부재: 건강한 교수-대학원생 관계를 위한 제도 마련.
- 지리적 특성으로 인한 교류 부족: 해외 연수 프로그램 강화. 외국 대학과의 공동 학위제 운영.

#### ✓ 대학원 교육과정과 학사관리 운영계획 대비 최근 1년간 (2023.9.1.~2024.8.31.)의 실적

##### ○ 교육과정 운영계획

- BK21과 BK21 Plus 사업을 통해 확립된 포스텍 물리교육연구단의 교과과정 체계를 계승 발전.
- 학문의 깊이와 너비를 겸비하는 박사급 전문인력 양성.

[계획]

- 석박통합과정 위주의 교과과정 운영으로 박사 인력 양성에 집중.

[실적]

- 입학 인원: 석박사 통합과정 총 22명.
  - ◇ 2023년 2학기 석박사 통합과정 6명.
  - ◇ 2024년 1학기 석박사 통합과정 16명.
- 박사학위 취득인원: 총 16명 박사학위 취득.
  - ◇ 2024년 2월 졸업: 7명.
  - ◇ 2024년 8월 졸업: 9명.

[계획]

- 지도교수의 교육성취와 대학원생의 자기개발이 균형을 이루는 교육.
- ◇ 기초·전공·융합이 균형 잡힌 강의교과목 개설 (교육과정의 충실성/지속성 개선).
- ◇ 기초과목 및 박사자격시험 강화로 물리 지식 배양과 집중연구를 통한 문제해결력/창의력 함양.

[실적]

- 전임교수의 강의평가와 전공을 고려하여 대학원 전공필수 과목에 담당 교수 배정 (현행 유지).
- 분야별 불균형 해소를 위해 매년 연구 분야별 대학원 전공선택 또는 특론/특강 최소 한 과목 개설.

전공필수	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해석역학</li> <li>• 전기역학 I</li> <li>• 양자역학 I</li> <li>• 전기역학 II 또는 양자역학 II</li> <li>• 통계역학</li> <li>• 콜로퀴움</li> </ul>
전공선택	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다체론</li> <li>• 상대성이론</li> <li>• 고급통계역학</li> <li>• 고체물리학 (I, II)</li> <li>• 연구실 순환</li> </ul>
특론 및 특강	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위상초전도체</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 응집물리실험 연구동향</li> <li>• 2차원 물질연구의 연구동향</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 양자얽힘 및 양자측정</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 방사광 엑스선 회절 과학</li> <li>• 플라즈마동역학이론</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세포 생물 물리학</li> <li>• 고급바이오이미징</li> </ul>

- 역진행 방식의 특론 개설 실적.
  - ◇ ‘물성물리학특론III: 2차원물질의연구동향’: 2023년 2학기 개설 (수강인원 18명).
  - ◇ 참여교수:
- 융합학점제를 신설하여 융합형 인재 양성: 비전공분야 과목의 최소 6학점 취득을 필수로 함.
- 최소 2개 분야의 전임교수가 공동으로 강의하는 융합수업 과목 개설: 비전공분야 과목으로 인정.
  - ◇ 물성물리학특론III: 2차원물질연구의동향: 6명의 교수가 공동 강의.
    - 응집물리이론:
    - 응집물리실험:
    - 에너지기술/소재분석·시뮬레이션기술:

• 강의 질적 제고를 위한 제도 운영.

[계획]

- 강의개선을 위한 강의평가제도 시행 및 평가결과 환류시스템 운영.
- 강의개선 및 교수 업적평가 자료로 강의평가 결과 활용 (교육과정의 지속성 개선).

[실적]

- 최근 2학기 평균 4.70점 (5점 만점)을 획득.
- 대학과 학과에서 교육의 중요성 강조 (인사평가 반영 등).

[계획]

- 교수 대상 ‘우수강의 상’ 및 대학원생 대상 ‘우수조교 상’ 제도 운영 (교육과정의 충실성 개선).
- ◇ ‘우수강의 상’: 강의평가와 새로운 교과목 개발 등을 종합적으로 심사 (매년 1 ~ 2인).
- ◇ ‘우수조교 상’: 조교 평가 결과를 토대로 매학기 포상.

[실적]

- 교수 대상 '우수강의 상' 및 대학원생 대상 '우수조교 상' 제도 운영.

◇ 우수강의 상.

· 2023학년도: 교수 (일반물리 I, II).

◇ 우수조교 상.

· 2023-2학기:

· 2024-1학기:

[계획]

- 온라인 학습관리시스템으로 대학원생의 학사 및 학습 관리 편의성 도모.

[실적]

- 강의자료 온라인 공개: 학내 정보 시스템 (PLMS)에 학습관리 시스템 운영.

◇ 강의개요, 교재, 강의 동영상, 강의진도, 평가계획 등 열람 가능.

• 연구자의 기본 소양 교육.

[계획]

- 전 교과목 영어강의 및 세미나 영어발표 시행.

- 영어 발표 및 영어 논문작성 능력 향상을 위한 교육 강화 (포스텍 어학센터 프로그램 활용).

[실적]

- 기존에 진행되었던 전 교과목 영어강의 및 세미나 영어발표를 충실히 수행하여 100% 진행.

- 영어 발표 및 영어 논문작성 능력 향상을 위한 교육 강화 (포스텍 어학센터 프로그램 활용).

◇ 영어논문 작성법 교육(3회), 영어클리닉(8회), 영어논문캠프(2회).

· (영어논문 작성법 교육)

2024.03.06., 2024.08.12.~2024.08.14.(온라인 교육), 2024.08.16.(LaTex로 영어논문 작성하기).

· (영어클리닉)

2023.09.04.~2023.10.06., 2023.10.10.~2023.11.17., 2023.11.20.~2023.12.15.,

2024.01.02.~2024.02.05., 2024.02.19.~2024.03.22., 2024.03.25.~2024.05.03.,

2024.05.07.~2024.05.31., 2024.06.17.~2024.07.19.

· (영어논문캠프)

2024.01.24.~2024.01.26., 2024.08.22.~2024.09.05.

- 대학원 교육 및 연구 역량 강화를 위한 공통교과(Core Curriculum) 영어과목 개설.

◇ 개설기간 : 2023년 2학기, 2024년 1학기.

· 영어논문 작성법 (Scientific Writing): 자유선택/GEDU501, 주 3일/2학점, 성적(S/U).

· 프레젠테이션 스킬 (Research Paper Presentation Skill): 자유선택/GEDU502, 주 3일/2학점, 성적(S/U).

[계획]

- 대학원생들의 연구능력 향상을 위한 워크샵 개발·운영 (포스텍 교육혁신센터 프로그램 활용).

◇ 논문 작성법, 실험연구의 설계/분석 세미나 및 워크샵, 예비교수 워크샵 등.

[실적]

- 대학원생들의 연구능력 향상을 위한 워크샵 개발·운영 (포스텍 교육혁신센터 프로그램 활용).

일자	교육명
2024.2.6	학술DB검색
2024.2.14	RIMS 업적관리

2024.2.15	EndNote
2024.2.21	영어논문 작성법
2024.2.22	국제학술대회 발표
2024.2.27	MATLAB
2024.2.28,29	프롬프트 엔지니어링
2024.7.23	학술실적분석솔루션 SciVal 이용교육

◇ 출판사 초청 세미나

일자	교육명	진행
2023.10.31	IEEE Authorship Seminar	(IEEE APEC)
2024.1.25	CAS SciFinder Seminar	(CAS)

[계획]

- 연구윤리 교육.
  - ◇ 'POSTECH 대학원 윤리서약서' 작성 및 제출. 'Turn It In' 표절 예방 프로그램 사용 장려.
  - ◇ 연구윤리 대학원 공통교과목 개설.

[실적]

- 최종 학위논문 제출 시에 연구윤리 준수확인서와 Turn It In 디지털 수령증을 제출 의무화.
- 2023년 2학기, 2024년 1학기: 연구윤리 (ICEC501) 온라인 강좌 개설.

■ 기초 핵심 능력 (Strong Core)

- 기초 핵심 과목 강화와 엄정한 학사관리 운영.

[계획]

- 물리학 기초 핵심 과목 (4대 역학: 해석역학, 양자역학, 전기역학, 통계역학)의 중요성 강조.
- 4대 역학에 대한 이해를 평가하는 박사자격시험의 엄정한 운영.

[실적]

- 4대 역학과목의 필수과목 유지.
- 박사자격시험 (4대 역학과목 필기시험, 성적우수자 시험면제).
  - ◇ 2024년 2월: 성적우수자 시험 면제 3명.
  - ◇ 2024년 8월: 성적우수자 시험 면제 14명, 필기시험 합격 2명.

○ 기초핵심과목 강의 질 제고

[계획]

- 강의평가 우수 교수 및 성적 우수 대학원생 조교 배정 (교육과정의 충실성/지속성 개선).
- 담당 교수와 조교의 'Office Hour' 강화.

[실적]

- 4대 역학과목에 강의평가 우수 교수와 성적 우수 대학원생 조교 배정.
- 강의 평가에 Office Hour 항목 추가 시행 유지.

■ 심화된 전문지식 (Depth)

- 첨단 연구주제에 대한 다양한 수준과 형식의 교과 및 교육 프로그램 개설.

[계획]

- 첨단 연구주제에 대한 교육-연구 체인 (Chain) 프로그램 신설 (교육과정의 충실성 개선).

◇ 동일한 첨단 연구주제에 연계된 대학원 특론 과목 (1학기) - 스쿨 (1주) - 튜토리얼 (6시간) - 세미나 (1시간)로 구성된 연구 연계 체인 프로그램 제공.

[실적]

- POSTECH-Physics BK 교육-연구 체인 프로그램 운영: [sites.google.com/view/postech-physics-bk](https://sites.google.com/view/postech-physics-bk).
- ◇ <2차원 물질 물리>.
  - (대학원 특론 수업) 물성물리학특론III: 2차원 물질연구의 동향 (2023년 2학기).
  - (콜로퀴엄) Twisted two-dimensional materials (            교수, 연세대학교, 2023년 10월 4일) 외 2건.
  - (학과세미나) Second harmonic generation: A symmetry probe for 2D materials (Prof. Fudan University, 2023년 11월 8일) 외 총 8건.
- ◇ 그 외에 <위상물리>, <강상관계 물리>, <양자기술>, <응용물리> 주제로 교육-연구 체인 프로그램 운영 (구체적인 내용은 홈페이지 참조).

[계획]

- 첨단 연구주제에 대한 특론·특강 과목을 매 학기 꾸준히 개설 (교육과정의 충실성 개선).
- ◇ 첨단 연구 동향 파악 및 첨단 장비 활용 능력 함양을 위한 강의 및 튜토리얼 실시.

[실적]

- 2023년 2학기 개설: 5건 (물성물리학특론I: 응용광학, 물성물리학특론III: 2차원물질 연구의 동향, 현대물리학특론I: 양자기술, 현대물리학특론II: 극저온기체의 양자현상, 생물물리학특론: 현대생물물리학).

[계획]

- 학생주도 심층연구 특강 신설.
- ◇ 학생들이 주도적으로 특정 연구주제에 대해 조사-발표-토론함으로써 진행되는 수업.

[실적]

- 2023년 2학기 개설: 1건 (현대생물물리학).

[계획]

- 미래 기술 특강 실시 (교육과정의 충실성 개선).
- ◇ 미래 파급효과가 큰 주제(인공지능, 양자 등)에 대해 특강 과목 개설 및 세미나 진행.

[실적]

- 총 8건
- ◇ 특강과목: 현대물리학특론I: 양자기술(2023년 2학기), 현대물리학특론II: 극저온기체의 양자현상(2023년 2학기).
- ◇ 세미나:

일자	연사	강연제목
2024.02.15	교수 (칭화대)	Toward quantum advantage with trapped ions
2024.02.14	Dr. (QuEra Computing)	Quantum computing with QuEra's Neutral-Atom quantum computers
2024.08.19	박사 (KIST)	양자컴퓨터의 계산 실수? 오류 문제를 어떻게 해결할까?
2024.06.20	교수 (KAIST)	Identification of massive entanglement in many-body systems
2024.05.22	교수 (고려대)	Qubits, new experimental tools for science: Diamond Magnetometry
2024.04.17	Prof.	Defects and interfaces in critical quantum systems.

■ 학문적 넓이를 추구하는 교육 기회 제공 (Breadth)

• 학제간 융합교육 제도 활성화.

[계획]

- 융합 학점 요건 신설 (교육과정의 충실성 개선).

◇ 본인의 전문분야 이외의 타 분야/타 학과 과목선택 필수 (6학점으로 추진).

[실적]

- 융합학문 과목을 포함하여 비전공분야 과목의 최소 6학점 이수로 확대 개편.

융합학문 과목:

◇ 비전공분야 과목 중 최소 6학점 이수 필수.

(이수 인정 여부는 학과 대학원위원회에서 판단함, 대학원 입학 후 수강한 학점만 인정함)

· 응집물리: 고체물리, 고체물리학I,II, 다체론, 상전이와 임계현상, 응집물리 관련 특론/특강 과목.

· 입자물리: 핵및입자물리, 양자역학III, 입자물리학, 양자장론, 상대성이론, 입자물리 특론/특강 과목.

· 광학/원자물리: 광물리학, 고급광학, 양자광학, 광학/원자물리 관련 특론/특강 과목.

· 생물물리: 생물물리학, 계량이론물리학, 생물물리 관련 특론/특강 과목.

· 플라즈마/가속기물리: 플라즈마물리, 가속기물리학I,II, 플라즈마/가속기물리 관련 특론/특강 과목.

[계획]

- 융합 공동강의 활성화 (교육과정의 충실성 개선).

◇ 두 분야 이상의 교수들이 동일한 주제에 대해 공동으로 개설하는 공동강의 과목 운영.

[실적]

- 물성물리학특론III: 2차원물질연구의 동향 (6명의 교수가 공동 강의, 2023년 2학기).

◇ 응집물리이론:

◇ 응집물리실험:

◇ 에너지기술 / 소재분석·시뮬레이션기술:

[계획]

- 소규모 공동연구 그룹화.

◇ 공동연구를 수행하는 연구실 간 대학원생 통합 지도가 가능한 연구그룹 구성.

[실적]

- 대학원생 주도하에 4개 분야별(응집물질물리, 생물물리/복잡계, 양자/나노광학, 양자나노소자) 저널 클럽 운영 중 (물리학과에서 각 분야별 연 100~150 만원 지원).

분야명	지원금액 (만원)		1회 참여인원
	2023년	2024년	
응집물질물리	100	150	20명 내외
생물물리/복잡계	150	150	20명 내외
양자/나노광학	150	150	20명 내외
양자나노소자	-	150	20명 내외

◇ 소규모 공동그룹 운영 총 23건.

지도교수 (2인 이상)	연구주제	참여학생 (2인 이상)
	2차원 물질 스핀트로닉스 연구	
	엑시톤 응집상 물성 연구	
	2차원 전하밀도상 기저상태 및 수송연구	

초전도 플로케 상태 연구
인간 염색체 3차원 구조 연구
초저온 환경단분자 물성 예측 연구
강한 스핀-궤도결합물질의 라만분광연구
비틀린 고온초전도체 연구
비-유니터리 위상 상태 분류 연구
세포간 나노튜브 형성 과정 연구
DNA repair 단백질의 확산 동역학 연구
카고메 반데르발스물질의 전자구조 연구
자성 반데르발스 물질의 전자구조 연구
자기집계를 이용한 DNA복구단백질 관찰
중시계 나노소자의 비평형 현상 연구
강상관 이중극자분자의 다체양자상 연구
극저온 쌍극성 분자기체 다체 현상 연구
비-유니터리 위상 상태 분류 연구
불소로 기능화한 그래핀 연구
페로브스카이트 산화물박막의 특성 연구
전이금속칼코젠 초박막 전하 정렬 연구
ultrafast nanoscopy
strong field THz spectroscopy

• 교내외 부서와 협동을 통한 교과과정 다양화.

[계획]

- 교내 유관기관과의 협력 강화.

◇ 포스텍 소재 외부 연구기관 (막스플랑크 한국/포스텍 연구소, 기초과학연구원, 포항가속기연구소, APCTP)의 우수 학자를 학과 겸직교수로 초빙.

◇ 석학교수, 겸직교수들의 대학원생 공동지도, 연구교류 등을 통해 연구 분야의 다양화 기여.

[실적]

- 우수 학자 학과 겸직교수 위촉. 총 10건.

◇ APCTP 소속 :

[계획]

- 국내·외 유관기관과의 협력 강화.

◇ 대학원생에게 국내외 우수대학·연구기관으로 장단기 파견/연수 기회 제공.

◇ 독일 Max Planck 연구소 글로벌 연구 인턴십 제도 활용.

[실적]

- 국내외 파견/연수중 15일 이상 총 8건.

성명	기간		기관(지도교수)
	2023-10-27	2023-12-29	미국 RUTGERS UNIVERSITY (지도교수)
	2024-01-02	2024-01-16	중국 상하이 고압과학연구소 (지도교수)

2024-02-19	2024-05-18	미국 국립고자기장연구소 (지도교수
2024-02-19	2024-03-04	미국 국립고자기장연구소 (지도교수
2024-02-17	2024-03-03	미국 국립고자기장연구소 (지도교수
2024-02-17	2024-03-03	미국 국립고자기장연구소 (지도교수
2024-06-01	2024-07-17	영국 University of Cambridge (지도교수
2024-07-14	2024-07-28	미국 방사광가속기연구소(NSLS2, APS) (지도교수

○ 학사 관리 운영 계획

■ 포스텍 물리교육연구단의 학사관리 체계 계승 및 발전.

• 세부전공 및 논문지도교수 선정.

[계획]

- “연구실 순환 (Lab Rotation)” 제도 신설 (Caltech, Stanford 벤치마킹) (교육과정의 충실성 개선).
  - ◇ 대학원 신입생들이 대학원 첫 학기 동안 1개월 단위로 최대 3개 연구실에서 연구 참여.
  - ◇ 대학원생의 세부전공/논문지도교수 선택 시 필요 정보 제공 및 학문적 폭을 넓히는 효과 기대.

[실적]

- “연구실 순환 (Lab Rotation)” 과목 총 11명 수강
  - ◇ 2023년 10월~12월 (3개월) 수강생 5명.
  - ◇ 2024년 4월~6월 (3개월) 수강생 6명.
  - ◇ 매월 연구참여 학생 결과보고서 및 교수 평가서 작성 및 제출.
  - ◇ 대학원혁신 사업팀과 연계하여 70만원/3개월 지원 (대학원혁신 사업팀 3-5명, 초과 인원 학과 지원).

[계획]

- 교무지도교수 (Academic Advisor) 제도 신설 (MIT 벤치마킹) (교육과정의 지속성 개선).
  - ◇ 입학 후 연구 지도교수가 정해질 때까지 교육 및 생활 지도를 담당하는 교무지도교수 배정.
  - ◇ 학생과 연구 지도교수 사이의 문제 발생 시 학생인권 보호 역할 수행.

[실적]

- 2020년 9월부터 교무지도교수 제도 시행. 신입생 전원 배정.
  - ◇ 2023년 (2학기) 신입생 총 6명에 교무지도교수 배정.
  - ◇ 2024년 (1학기) 신입생 총 16명에 교무지도교수 배정.

○ 박사학위논문 제안서 구두시험 기한 단축

[계획]

- 심사기한을 대학원 입학 후 3년 반으로 앞당길 예정 (기존 대비 평균 약 1년 단축 효과, 현행 기한은 박사학위 논문심사 1년 전까지) - 빠른 연구 몰입 유도.

[실적]

- 2023년 1학기부터 BK 21 참여 대학원생에게 적용. 기한 내 구두시험 통과 못한 학생은 BK 장학금 지원 대상에서 제외.

■ 면학 요건 제공과 학생중심의 진로 멘토링.

• 학사운영 내부 규정의 정립 및 학생안내 매뉴얼 제공.

[계획]

- 대학과 물리학과가 정한 학사제도 및 규정에 대한 충실한 안내 (교육과정의 지속성 개선).
  - ◇ 대학요람, 학과 규정집, 학과 홈페이지 등으로 문서화, 개정제도는 이들 문서에 신속히 반영.

◇ 대학원 입학 전 학사 및 장학제도, 교과과정, 논문제안서, 박사학위심사 등 제반 정보 제공.

[실적]

- 학과 홈페이지 대학원 과정 섹션을 두어 자세히 정리되어 있으며, 학사관리 담당자가 이메일로 자세히 안내하고 있음 (<http://ph.postech.ac.kr/graduate/info.php>).

• 학생 중심의 연구 및 진로 멘토링 강화.

[계획]

- 자기계발 심층면담 제도 신설 (UC Berkeley, Chicago 대학 벤치마킹) (교육과정의 지속성 개선).

◇ 대학원생과 연구 지도교수가 6개월 또는 1년 주기로 연구계획 및 진로에 대한 면담 실시.

◇ 대학원생이 박사학위 심사위원 중 1명 이상과 1년 주기로 연구진행 및 계획에 대한 면담 실시.

[실적]

- 학과 연구 지도교수가 정해진 재학 대학원생 전체를 대상으로 2021년부터 시행.

- 학생은 면담 결과 보고서 제출하도록 권고.

[계획]

- 학생-지도교수 기대 설문 제도 신설 (Stanford 벤치마킹) (교육과정의 지속성 개선).

◇ 지도교수 선정 전 각자의 연구 성향에 대한 설문을 바탕으로 교수와 대학원생의 면담 진행.

◇ 학생과 지도교수 상호의 기대상황을 사전에 인지함으로써 갈등 발생을 미연에 방지.

[실적]

- 2024년 1월, 2024년 7월 총 2회에 걸쳐 대학원생-지도교수 기대 설문 시행.

◇ 교과 및 학위 논문 계획, 연구일정 관리, 학위논문, 지원상황 등 5가지 분야의 총 16문항 설문 조사.

[계획]

- 대학원생 업적관리 시스템 신규 구축.

◇ 대학원생의 교육 및 연구 성과 데이터베이스 시스템 구축. 개인/학과/대학 차원의 체계적 관리.

[실적]

- 대학의 RIMS 연구업적관리 시스템 새로 구축: 교수 및 대학원생의 논문과 학회발표 실적 검색 가능.

[계획]

- 그룹-학과-대학차원의 진로 상담 체계 신규 구축 (교육과정의 지속성 개선).

◇ 그룹: 자기 계발 심층 면담 시 진로 상담을 동시에 진행.

◇ 학과: 교수-학생 간담회 매년 진행.

◇ 대학: 면접을 대비한 개별 인·적성 검사 및 분석 실시.

[실적]

- 2024년 대학원 합격자 교수 면담 프로그램 (2024.2.1.~2024.2.29.): 총 7명 참여.

- 2024-1학기 물리학과 대학원 신입생 오리엔테이션 실시 (2024.2.23.).

- 동문 선배 진로특강 실시 (2024.1.4., 2024.1.24.).

■ 연구 몰입을 위한 지원제도 운영.

• 성취감 고취를 위한 포상제도 실시.

[계획]

- '1st Paper Award' 제도 실시. (교육과정의 지속성 개선).

◇ 조기에 첫 번째 논문을 쓰도록 유도하기 위해 첫 번째 논문을 대상으로 포상 제도 실시.

(기한: 석박통합 과정 입학 후 4년, 박사 과정 입학 후 2년 이내)

[실적] 총 11명 수상.

- 2023년 2학기: 5명
- 2024년 1학기: 6명

[계획]

- 융합인재 펠로우십 (Fellowship) 신설.  
(참조: '교육목표 달성 방안' 및 '2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획').
  - ◇ 최대 6년간 학비와 생활비 지급 (지도교수의 인건비 지급으로부터 자유로움).
  - ◇ 융합연구 계획서를 심사하여 우수한 융합인재를 매년 1 ~ 2인 선발.
  - ◇ 2인 이상의 연구지도교수의 지도를 받음.

[실적]

- (융합지도교수:           - 응집물리이론,           - 고에너지물리이론)  
: 2021년 6월 선발하여 2021년 2학기부터 지금까지 계속 지원 중.

- 대학원생의 연구 외 행정부담 경감을 위한 지원.

[계획]

- 연구 행정 절차 간소화 및 지원 인력 지원.
  - ◇ 대학 차원의 행정 및 구매 절차 중앙화 및 전산화.
  - ◇ 연구실 별 행정 지원 인력 확충과 학과 행정서비스 합리화 및 질 개선.

[실적]

- POVIS (포스텍 통합관리 시스템) 연구과제 생성절차 간소화.
- 연구수당 기여도 평가 전산화 및 간소화, 연구계획변경 프로세스 개선.
- POVIS 연구행정업무 매뉴얼 탑재 (규정/지침, 서식도 탑재).
- 연구행정 교육 확대 (찾아가는 행정 교육 실시) 및 연구계약직 인사체척 개정.

## ○ 교육 과정의 충실성과 지속성 개선 실적 요약

### ■ 교육과정의 충실성 개선 실적.

- 세부 전공분야별 전공선택 또는 특론/특강 개설 (응집 2건/양자 3건/생물물리 1건).
- 역진행 방식 특론 (1건) 개설 및 융합수렴 과목 (1건) 개설.
- 연구실 순환 (Lab Rotation) 제도 (총 11명 수강).
- POSTECH Physics BK 교육-연구 체인 프로그램 운영 (현재 홈페이지 운영 중).
- 첨단 연구주제 (4건) 및 미래기술 (1건) 특강.
- 융합 학점 요건 신설 (6학점).

### ■ 교육과정의 지속성 개선 실적.

[대학원생 대상]

- 교무 지도교수 (Academic Advisor) 제도 신설 (신입생 전원 배정).
- 자기계발 심층면담 제도 (매학기 시행) 및 학생-지도교수 기대 설문제도 (총 2회 시행).
- 그룹-학과-대학차원의 진로 상담 체계 운영 (총 4회 시행).
- 대학원생 대상 포상제도 운영 (1st paper award 11명 수상, 융합인재 펠로우십 1명 지원).

[교원 대상]

- 강의평가 환류 시스템 및 우수강의 상 (1명 수상) 운영.

▷ 교육과정의 충실성/지속성 개선 운영 방안

포스텍 물리교육연구단은 교과 과정과 학사 관리의 장점을 최대한 유지 및 강화하고, 단점을 보완하기 위한 새로운 계획을 충실하고 지속적으로 수행하기 위해 교육 과정을 학과 내규로 두거나, 체계적인 시스템으로 물리학과 대학원 위원회를 통해 감독, 관리하고 있음.

## 교육과 연구의 선순환 구조 구축 방안 및 실적

○ 개요

포스텍 물리교육연구단은 교육과정의 3대 가치인 '기초 핵심 능력', '심화된 전문 지식', '학문적 너비'와 연구의 3대 목표인 '혁신적인 연구', '함께하는 연구', '세계 선도형 포스텍 플래그십 연구'를 접목시켜 교육과 연구의 선순환을 추구함. 이를 위해 탄탄한 4대 역학 (해석, 양자, 전기, 통계) 기초 위에 5개 전공 분야 (응집, 양자광학, 입자, 플라즈마, 생물/복잡계) 기반의 최첨단 물리 지식과 융합 교육을 제공하여, 이를 본인의 연구에 활용하게 하는 교육-연구의 선순환 구조를 구축함.

○ [교육] 기초 핵심 능력 (Strong Core) 강화 → [연구] 세계 선도형 포스텍 플래그십 연구 지향  
[계획]

- 물리학 핵심 필수 과목들을 학생들이 숙달할 수 있는 교과과정 제공.
- 엄정한 학사관리를 통한 수업의 충실한 이수.

[실적]

- 4대 역학과목의 필수과목 유지.
- 박사자격시험 (4대 역학과목 필기시험, 성적우수자 시험면제).
  - 2024년 2월: 성적우수자 시험 면제 3명.
  - 2024년 8월: 성적우수자 시험 면제 14명, 필기 시험 합격 2명.

○ [교육] 심화된 전문지식 (Depth) 습득 → [연구] 혁신적인 연구 지향  
[계획]

- 연구주제에 대한 특론/특강 및 연구 장비 활용/분석 튜토리얼 실시.

[실적]

- 2023년 2학기 개설: 5건 (물성물리학특론I: 응용광학, 물성물리학특론III: 2차원물질 연구의 동향, 현대물리학특론I: 양자기술, 현대물리학특론II: 극저온기체의 양자현상, 생물물리학특론: 현대생물물리학).

[계획]

- 연구주제에 대한 특론-스쿨-튜토리얼-세미나 교육 체인 프로그램.

[실적]

- POSTECH-Physics BK 교육-연구 체인 프로그램 운영: [sites.google.com/view/postech-physics-bk](https://sites.google.com/view/postech-physics-bk).

• <2차원 물질 물리>

- (대학원 특론 수업) 물성물리학특론III: 2차원 물질연구의 동향 (2023년 2학기).

- (콜로퀴엄) Twisted two-dimensional materials 교수, 연세대학교, 2023년 10월 4일 외 2건

- (학과세미나) Second harmonic generation: A symmetry probe for 2D materials (Prof. Fudan University, 2023.11.08일) 외 총 8건.

- 그 외에 <위상물리>, <강상관계 물리>, <양자기술>, <응용물리> 주제로 교육-연구 체인 프로그램 운영.

[계획]

- 학생주도 심층연구 및 미래기술 특강.

[실적] 총 9건 진행.

- 학생 주도 심층 연구 1건.

- 2023년 2학기 연구강의 개설: 현대생물물리학.

- 미래기술 특강 8건.

- 특강과목 2건: 현대물리학특론I: 양자기술(2023년 2학기), 현대물리학특론II: 극저온기체의 양자현상(2023년 2학기).

- 초청 세미나 6건.

일자	연사	강연제목
2024.02.15		Toward quantum advantage with trapped ions
2024.02.14		Quantum computing with QuEra's Neutral-Atom quantum computers
2024.08.19		양자컴퓨터의 계산 실수? 오류 문제를 어떻게 해결할까?
2024.06.20		Identification of massive entanglement in many-body systems
2024.05.22		Qubits, new experimental tools for science: Diamond Magnetometry
2024.04.17		Defects and interfaces in critical quantum systems.

○ [교육] 학문적 너비 (Breadth) 추구 → [연구] 함께하는 연구 지향

[계획]

- 융합학점 요건 충족 및 융합과목 개설: 전문분야 이외의 타 분야/타 학과 과목을 6 학점 이상 수강 필수. 두 개 이상의 분야를 포함하는 공동 강의 개설.

[실적] 융합수업과목 개설 1건

- 물성물리학특론III: 2차원물질연구의 동향 (6명 교수가 공동 강의, 2023년 2학기).

- 응집물리이론:
- 응집물리실험:
- 에너지기술 / 소재분석·시뮬레이션기술:

[계획]

- 소규모 공동연구 그룹 제도: 공동연구를 수행하는 연구실 간 상호 동의하에 실험실을 묶어서 대학원생 통합 지도가 가능한 그룹 구성.

[실적] 소규모 공동연구 그룹 운영 23건

지도교수 (2인 이상)	연구주제	참여학생 (2인 이상)
	2차원 물질 스핀트로닉스 연구	
	엑시톤 응집상 물성 연구	

2차원 전하밀도상 기저상태 및 수송연구
초전도 플로케 상태 연구
인간 염색체 3차원 구조 연구
초저온 환경단분자 물성 예측 연구
강한 스핀-궤도결합물질의 라만분광연구
비틀린 고온초전도체 연구
비-유니터리 위상 상태 분류 연구
세포간 나노튜브 형성 과정 연구
DNA repair 단백질의 확산 동역학 연구
카고메 반데르발스물질의 전자구조 연구
자성 반데르발스 물질의 전자구조 연구
자기집계를 이용한 DNA복구단백질 관찰
중시계 나노소자의 비평형 현상 연구
강상관 이중극자분자의 다체양자상 연구
극저온 쌍극성 분자기체 다체 현상 연구
비-유니터리 위상 상태 분류 연구
불소로 기능화한 그래핀 연구
페로브스카이트 산화물박막의 특성 연구
전이금속칼코젠 초박막 전하 정렬 연구
ultrafast nanoscopy
strong field THz spectroscopy

## 교육 목표 달성 방안 및 실적

### ○ 개요

앞서 제시한 포스텍 물리교육연구단의 3대 교육 핵심과제를 달성하기 위해 현행 제도에 추가적인 교육과정과 학사관리 제도 및 교육 프로그램을 마련함. 구체적인 내용과 달성방안은 아래와 같음

### ○ 학문의 깊이와 너비를 겸비하는 연구 교육 제도

- 최첨단 연구주제에 대한 교육 체인 프로그램 운영.

[계획]

- 다양한 플랫폼의 강의/학술행사의 주제를 키워드로 연결하여 관련성 정보 제공.
- 특론 (1학기)-스쿨 (1주)-튜토리얼 (6시간)-콜로퀴엄 (1시간)-세미나 (1시간)를 조직.

[실적]

- POSTECH-Physics BK 교육-연구 체인 프로그램 운영: [sites.google.com/view/postech-physics-bk](https://sites.google.com/view/postech-physics-bk).
  - <2차원 물질 물리> 주제의 체인 프로그램 운영.
    - ◇ (대학원 특론 수업) 물성물리학특론III: 2차원 물질연구의 동향 (2023년 2학기).
    - ◇ (콜로퀴엄) Twisted two-dimensional materials 교수, 연세대학교, 2023.10.4.) 외 2건.
    - ◇ (학과세미나) Second harmonic generation: A symmetry probe for 2D materials (Prof. Fudan University, 2023.11.08.) 외 총 8건.
  - 그 외에 <위상물리>, <강상관계 물리>, <양자기술>, <응용물리> 주제로 교육-연구 체인 프로그램 운영 (구체적인 내용은 홈페이지 참조).

- 연구실 순환 (Lab Rotation) 제도 (Caltech, Stanford 벤치마킹).

[계획] 신입생들이 대학원 첫 학기 동안 한 달 단위로 최대 3개 연구실에서 연구참여 후 지도교수 선정  
 [실적] 총 11명에 대해 시행

- 2021학년도 1학기부터 "연구실 순환 (Lab Rotation)"과목을 신설하여 대학원 신입생이 연구실을 정하기 전에 관심있는 연구실을 탐색할 수 있는 기회 제공 (3개의 연구실에서 연구 참여 필수).
  - 2023년 10월~12월 (3개월) 수강생 5명.
  - 2024년 4월~6월 (3개월) 수강생 6명.
  - 매월 연구참여 학생 결과보고서 및 교수 평가서 작성 및 제출.
  - 대학원혁신 사업팀과 연계, 70만원/3개월 지원 (대학원혁신 사업팀 3-5명, 초과 인원 학과 지원).

■ 융합 공동 강의 개설.

[계획] 특강 형식으로 한 가지 연구주제에 대해 물리학과 내 다른 전공 교수들이 팀을 이루거나 다른 학과의 교수들이 팀을 이루어 수업진행

[실적]

- 물성물리학특론III: 2차원물질연구의 동향 (6명 교수가 공동 강의, 2023년 2학기).
  - 응집물리이론:
  - 응집물리실험:
  - 에너지기술 / 소재분석·시뮬레이션기술:

■ 소규모 공동연구 그룹화 교육 제도.

[계획] 프로젝트 기반으로 물리학과 내 또는 타 학과의 소규모 공동연구팀 조직. 참여 학생/지도교수들 간 상호 교차 지도를 통해 연구 협력을 높이고, 다양한 교육기회를 제공

[실적]

- 대학원생 주도하에 4개 분야별로(응집물질물리, 생물물리/복잡계, 양자광학과 나노광학, 양자나노소자) 저널클럽 운영 중 (물리학과에서 각 분야별 연 100~150 만원 지원).

분야명	지원금액 (만원)		1회 참여인원
	2023년	2024년	
응집물질물리	100	150	20명 내외
생물물리/복잡계	150	150	20명 내외
양자광학과나노광학	150	150	20명 내외
양자나노소자	-	150	20명 내외

- 소규모 공동연구 그룹 운영 총 23건.

지도교수 (2인 이상)	연구주제	참여학생 (2인 이상)
	2차원 물질 스핀트로닉스 연구	
	엑시톤 응집상 물성 연구	
	2차원 전하밀도상 기저상태 및 수송연구	
	초전도 플로케 상태 연구	
	인간 염색체 3차원 구조 연구	
	초저온 환경단분자 물성 예측 연구	
	강한 스핀-궤도결합물질의 라만분광연구	
	비틀린 고온초전도체 연구	
	비-유니터리 위상 상태 분류 연구	
	세포간 나노튜브 형성 과정 연구	
	DNA repair 단백질의 확산 동역학 연구	
	카고메 반데르발스물질의 전자구조 연구	
	자성 반데르발스 물질의 전자구조 연구	
	자기집계를 이용한 DNA복구단백질 관찰	

중시계 나노소자의 비평형 현상 연구
강상관 이중극자분자의 다체양자상 연구
극저온 쌍극성 분자기체 다체 현상 연구
비-유니타리 위상 상태 분류 연구
불소로 기능화한 그래핀 연구
페로브스카이트 산화물박막의 특성 연구
전이금속칼코젠 초박막 전하 정렬 연구
ultrafast nanoscopy
strong field THz spectroscopy

■ 학생주도 심층연구 및 미래기술 특강.

[계획] 미래 파급효과가 클 것으로 예상되는 주제 (인공지능, 양자컴퓨터 등)에 대해 특강/세미나 개설. 해당 주제에 대해 학생이 주도하는 조사/발표/토론 중심의 수업

[실적] 학생주도 (1건), 미래기술 (8건)

- 학생주도 심층연구 1건: 2023년 2학기 개설 (현대생물물리학).
- 미래기술 특강: 총 8건.
  - 특강과목 2건: 현대물리학특론I: 양자기술(2023년 2학기), 현대물리학특론II: 극저온기체의 양자현상 (2023년 2학기).
  - 초청 세미나 6건.

일자	연사	강연제목
2024.02.15		Toward quantum advantage with trapped ions
2024.02.14		Quantum computing with QuEra's Neutral-Atom quantum computers
2024.08.19		양자컴퓨터의 계산 실수? 오류 문제를 어떻게 해결할까?
2024.06.20		Identification of massive entanglement in many-body systems
2024.05.22		Qubits, new experimental tools for science: Diamond Magnetometry
2024.04.17		Defects and interfaces in critical quantum systems.

■ 국제학회 발표 의무화.

[계획] 국제학회 참석 및 발표를 의무화하여 졸업 심사 전 국제학회 1회 이상 발표 필수

[실적] 졸업 심사 전 국제학회 1회 이상 발표 권고 후 국제학회 발표가 자연스럽게 정착됨

- 자체평가 대상기간 동안 박사 학위 졸업생(총 16명)의 75%가 국제 학회에서 발표.
  - 2023년 2학기 졸업: 7명 중 4명 국제학회 발표 (57%).
  - 2024년 1학기 졸업: 9명 중 8명 국제학회 발표 (89%).

○ 학생중심의 건강한 연구·진로 멘토링

■ 교무 지도교수 (Academic Advisor) 제도 실시 (MIT 벤치마킹).

[계획] 2020년 봄 학기부터 교무 지도교수 제도 실시

[실적] 총 22명 배정

- 2020년 9월부터 교무지도교수 제도 시행. 신입생 전원 배정.
  - 2023년 (2학기) 총 6명 입학, 전원 교무지도교수 배정,
  - 2024년 (1학기) 총 16명 입학, 전원 교무지도교수 배정.

■ 자기계발 심층면담 제도 도입 (UC Berkeley, Chicago 대학 벤치마킹).

[계획]

- 박사학위논문 제안서를 통과한 대학원생은 1년 단위로 박사학위연구 진행 상황 및 향후 추진 계획에 대해 보고서를 작성하여 연구 지도교수(Research Supervisor)와 심층 면담.
- 해당 보고서를 바탕으로 박사학위연구 심사위원 중 한 명 이상과 만나 1년 단위로 연구 진행 상황 및 향후 계획에 대한 면담 실시.

[실적] 매학기 시행

- 학과 연구 지도교수가 정해진 재학 대학원생 전체를 대상으로 2021년부터 시행.
- 학생은 면담 결과 보고서 제출하도록 권고.

■ 학생-지도교수 기대 설문 (Stanford 벤치마킹).

[계획] 지도교수 선정 이전에 연구 성향에 대한 설문을 실시하여 학생과 희망 지도교수 간 이해 증진

[실적] 신입생 대상 총 2회 시행

- 2024년 1월, 2024년 7월 총 2회에 걸쳐 대학원생-지도교수 기대 설문 시행.
  - 교과 및 학위논문 계획, 연구일정 관리, 학위논문, 지원상황 등 5가지 분야 총 16문항 설문 조사.

■ 대학원생 업적관리 시스템 구축 및 그룹-학과-대학 차원의 대학원생 진로 상담 체계 구축.

[계획] 대학원생의 교육 및 연구 성과 관리 시스템 구축 (대학 차원에서 추진)

- 그룹 차원에서 자기 계발 심층 면담 시 진로 상담을 동시에 진행.
- 학과: 교수-학생 간 간담회를 통한 진로 상담 진행.
- 대학: 효과적인 진로 결정 및 면접 준비를 위한 개별 다면적 인·적성 검사 및 분석 실시.

[실적] 그룹-학과-대학차원의 진로 상담 체계 운영 (총 4회 시행)

- 대학 RIMS 연구업적관리 시스템 새로 구축: 교수 및 대학원생의 논문과 학회발표 실적 검색 가능.
- 2024년 대학원 합격자 교수 면담 프로그램 (2024.2.1.~2024.2.29.): 총 7명 참여.
- 2024-1학기 물리학과 대학원 신입생 오리엔테이션 실시 (2024.2.23.).
- 동문 선배 진로특강 실시 (2024.1.4., 2024.1.24.).

■ 대학원생 정신건강 관리.

[계획] 교내 상담센터, 인권센터를 활용한 대학원생 특화 상담 프로그램 운영 및 정신건강 증진 프로그램 도입

[실적] 교내 상담센터, 인권센터 대학원생 특화 상담 프로그램 및 정신건강 증진 프로그램 활용

- 캠퍼스 이동상담소 및 인권 캠페인 (2023.9.14., 2023.12.14., 2024.3.28., 2024.6.27.).
- 마음돌봄의 날 '마음낙 Day' 캠페인.
  - 2023.11.17. 알렉산더테크닉을 활용한 마음돌봄 프로그램.
  - 2024.1.17. 자율신경균형도 및 스트레스 검사.
  - 2024.5.29. 학업 스트레스 해소를 위한 마음돌봄 키트 배부.
- 대학원생들을 위한 '상호존중의 날' 캠페인 (2023.9.11., 2024.5.8.).
- 대학원생 진로탐색 프로그램 '본캐탐색: 너는 누구니?' (2023.9.18.~2023.10.6.).
  - 온라인 기질/성격/진로탐색검사 후 전문가와의 1:1 맞춤형 검사결과 해석과 진로상담 진행.
- 건강한 연구실 만들기 특강.
  - 2024.1.26., 강사: 주제: 포스텍 대학원생으로 마음 건강하게 산다는 것.
  - 2024.7.24., 강사: , 주제: 나와 소통, 너와 소통.

- 스트레스 해소를 위한 힐링 프로그램: 나만의 정원 만들기 (2024.7.10.).

○ 능동적이고 소통하는 리더 교육

■ 역진행 특강 수업 (Flipped Learning).

[계획] 온라인 강좌를 통한 사전 학습을 유도하여 수업 중에는 토론에 더 많은 시간을 할애할 수 있는 환경 구축

- 동일 과목 3년 강의를 기준으로 (물리학과 관례) 첫 해 강의 시 동영상 촬영.
- 이듬해부터 강의 동영상을 사전 학습 자료로 활용하여 역진행 수업 진행.
- 대학의 교육개발센터와의 협력으로 교수법 습득.

[실적] 1건

- Physics 703: 물성물리학특론Ⅲ: 2차원 물질 연구의 동향 (2023년 2학기,                    외 5명).
- 물리학과 및 신소재 공학과 6인의 교수가 각 전문분야별로 2주간 강의.
- 강의 동영상과 강의 자료를 온라인으로 미리 제공하여 수강생이 해당 수업시간 전에 미리 공부를 함.
- 수업시간은 강의 동영상에 대한 질의응답과 현재 연구동향에 대한 소개 및 토론으로 진행.

■ 대학원생 주도 분야별 저널클럽 운영.

[계획] 대학원생이 본인의 연구 결과 또는 관련 연구 주제에 대해서 발표하는 형식

[실적] 응집물질물리, 생물물리/복잡계, 양자/나노광학, 고에너지이론물리 등 4개 분야에서 시행

- 총 38회 진행 및 연간 총 400 ~ 600 만원 지원.

■ '1st Paper Award' 제도 실시.

[계획] 석박통합 과정 입학 후 4년, 박사 과정 입학 후 2년 내에 첫 번째 논문을 발표한 대학원생에게 포상

[실적] 총 11명 시상

- 2023년 2학기: 5명
- 2024년 1학기: 5명

■ 융합인재 펠로우십 (Fellowship) 제도 신설 (참조: '교과과정 및 학사관리 운영 계획', '2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획').

[계획] 최소 2인의 연구 지도교수(Research Supervisor)의 지도하에 수행할 융합연구 계획서를 심사하여 새로운 융합인재를 매년 1 ~ 2인 선발하여 학생에게 직접 학비와 생활비 지급

[실적] 총 1명 지원

- 융합지도교수 (                    - 응집물리이론,                    - 입자물리이론), 2021년 6월 선발하여 2021년 2학기부터 지금까지 계속 지원 중.

전임교수 대학원 강의 실적

○ 개요

포스텍 물리학과는 기초/전공과목의 심층적 학습과 다양한 주제의 폭넓은 지식의 함양을 목표로 대학원 교과과정을 운영하고 있음. 대학원 강의는 100% 전임교수가 3년 주기로 담당하고 있으며, 강의

평가가 우수한 전임교수가 '4대 역학' 전공필수 과목 강의를 맡고 있음. 포스텍 물리교육연구단은 역진행 특론 수업 방식, 학생주도의 심층/미래기술 특강, 융합수렴 과목, 융합학점제 등 능동적인 학생 주도의 수업과 융합교육을 통해 미래대처 능력을 갖춘 인재를 양성할 것임.

○ 전임교수 대학원 강의 계획

[계획] 전임교수의 강의평가와 전공을 고려하여 대학원 전공필수 과목에 담당 교수 배정 (현행 유지)

[실적] 현재 시행중

전공필수	• 해석역학 • 전기역학 I • 양자역학 I • 전기역학 II 또는 양자역학 II • 통계역학 • 콜로퀴움
전공선택	• 다체론 • 상대성이론 • 고급통계역학 • 고체물리학 (I, II) • 연구실 순환

[계획] 2021학년도부터 "연구실 순환 (Lab Rotation)"과목을 신설하여 대학원 신입생이 연구실을 정하기 전에 관심있는 연구실을 탐색할 수 있는 기회 제공 (3개의 연구실에서 연구참여 필수)

[실적] "연구실 순환 (Lab Rotation)"과목 총 11명 수강

- 2023년 2학기 (10월~12월; 3개월): 수강생 5명.
- 2024년 1학기 (4월~6월; 3개월): 수강생 6명.
- 매월 연구참여 학생 결과보고서 및 교수 평가서 작성 및 제출.
- 대학원혁신 사업팀과 연계하여 70만원/3개월 지원 (대학원혁신 사업팀 3-5명, 초과 인원 학과 지원).

[계획] 분야별 불균형을 해소하기 위해 매년 연구 분야별 대학원 전공선택 또는 특론/특강 등 최소 한 과목 개설

[실적] 분야별 특론/특강 과목 개설: 응집물리 3건, 양자기술 1건, 플라즈마 2건, 생물물리 2건

특론 및 특강	(응집물리)	• 위상초전도체 • 응집물리실험 연구동향 • 2차원 물질연구의 연구동향
	(양자기술)	• 양자얽힘 및 양자측정
	(플라즈마/가속기)	• 방사광 엑스선 회절 과학 • 플라즈마동역학이론
	(생물물리)	• 세포 생물 물리학 • 고급바이오이미징

[계획] 역진행 방식의 특론, 학생주도의 심층/미래기술 특강 개설

[실적] 역진행 (1건), 학생주도 (1건), 미래기술 (8건)

- 역진행 방식의 특론 개설 실적 1건.
  - '물성물리학특론III: 2차원물질의연구동향': 2023년 2학기 개설 (수강인원 18명).
  - 참여교수:
- 학생 주도 심층 연구 1건.
  - 2023년 2학기 연구강의 개설: 현대생물물리학
- 미래기술 특강 총 8건.
  - 특강과목 2건: 현대물리학특론I: 양자기술(2023년 2학기), 현대물리학특론II: 극저온기체의 양자현상(2023년 2학기).

- 세미나 8건:

일자	연사	강연제목
2024.02.15		Toward quantum advantage with trapped ions
2024.02.14		Quantum computing with QuEra's Neutral-Atom quantum computers
2024.08.19		양자컴퓨터의 계산 실수? 오류 문제를 어떻게 해결할까?
2024.06.20		Identification of massive entanglement in many-body systems
2024.05.22		Qubits, new experimental tools for science: Diamond Magnetometry
2024.04.17		Defects and interfaces in critical quantum systems.

[계획] 융합학점제를 신설하여 융합형 인재 양성: 비전공분야 과목의 최소 6학점 취득을 필수로 함

[실적] 융합학문 과목을 포함하여 비전공분야 과목의 최소 6학점 이수로 확대 개편

• 융합학문 과목:

- 응집물리: 고체물리, 고체물리학I,II, 다체론, 상전이와 임계현상, 응집물리 관련 특론/특강 과목.
- 입자물리: 핵및입자물리, 양자역학III, 입자물리학, 양자장론, 상대성이론, 입자물리 특론/특강 과목.
- 광학/원자물리: 광물리학, 고급광학, 양자광학, 광학/원자물리 관련 특론/특강 과목.
- 생물물리: 생물물리학, 계량이론물리학, 생물물리 관련 특론/특강 과목.
- 플라즈마/가속기물리: 플라즈마물리, 가속기물리학I,II, 플라즈마/가속기물리 관련 특론/특강 과목.

◇ 비전공분야 과목 중 최소 6학점 이수 필수

(이수 인정 여부는 학과 대학원위원회에서 판단함, 대학원 입학 후 수강한 학점만 인정함).

[계획] 2021학년도부터 최소 2개 분야의 전임교수가 공동으로 강의하는 융합수업 과목 개설: 비전공분야 과목으로 인정

[실적] 총 1건

• 물성물리학특론III: 2차원물질연구의동향: 6명의 교수가 공동 강의 (2023년 2학기).

- 응집물리이론:
- 응집물리실험:
- 에너지기술/소재분석·시물레이션기술:

## 1.2 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영 계획

### 과학기술 산업 사회문제 해결관련 교육프로그램 운영 실적

✓ 포스텍 물리연구단의 산업·사회·과학 문제 해결 교육 프로그램 전략

- 전략 1: 기초연구 주도형 산업 기여 소양 교육.
- 전략 2: 사회로 열린 과학 대중화 소양 교육.
- 전략 3: 과학기술 지식 한계확장을 위한 연구 소양.

✓ 포스텍 물리연구단의 산업·사회·과학 문제 해결형 인재 교육의 계획 및 실적

○ 전략 1: 기초연구 주도형 산업 기여 소양 교육

- 기초과학 중심의 산학 프로그램 및 기술 컨설팅 활동 강화.

[계획]

- 기초과학기반 산학과제 프로그램 참여.

- 국제적 경쟁력을 갖춘 기초과학 연구수행에 기반 한 산업체 과제인 '삼성미래기술육성' 과제, 포스텍의 기초과학 육성 프로그램 ('Green & Steel Science')등 유치하고, 해당 과제의 대학원생 참여를 통해 기초 연구의 수월성에 바탕을 둔 산업문제 해결 교육.

[실적]

- 삼성미래기술육성재단 연구과제 수행 (총 9건).

- 교수: 오비트로닉스 (2020. 08. ~ 2025. 07.).
- 교수: 초끈 이론을 이용한 완전한 위상 물질 분류법 연구 (2021. 06. ~ 2025. 05.).
- 교수: 차세대 고온초전도체 발굴 (2022. 06 ~ 2027. 05.).
- 교수 : 위상마디선 제어 고성능 자성 반도체 소재 및 소자 개발 (2022. 06 ~ 2025. 05.).
- 교수 : 플라리톤 보즈-아인슈타인 응축을 이용한 위상양자컴퓨팅 연구 (2022. 12 ~2025. 11.).
- 교수: 그래핀 검출기를 활용한 가벼운 암흑 물질 탐색 (2023. 06. ~ 2026. 05.).
- 교수: 원자 기울기 기반의 신기능성 극성 소재 개발 (2023. 06. ~ 2026. 05.).
- 교수: 1 nm<sup>3</sup> 양자터널 캐비티-스펙트로스코피를 이용한 엑시톤 거동 능동제어 (2023. 12. ~ 2026. 11.).
- 교수: 지속적 플로켓 소자를 이용한 비평형 응집물질 연구 (2024. 06. ~ 2029. 05.).

[계획]

- 미래기술 산학협력 및 산업체 전문가와 교류.

- 삼성전자 또는 삼성종합기술원 등과 진행 중인 미래 기술에 대한 산학협력 프로그램 및 기술 컨설팅을 지속적으로 유치.

- 해당 산업체의 전문가와 산학과제 참여 대학원생 간 교류 증진.

[실적]

- 산학 협력과제 수행 (총 4건).

- 교수: 대기 투과 광파면 분석 M&S 기술(협력기관: LIG넥스원), 2022. 03. ~ 2023. 10.
- 교수: 이차원 분광법을 활용한 전자와 격자 진동 상호 작용 연구를 통한 포스코그룹 전력관련 응용 (협력기관: 포스코홀딩스(주)), 2023. 08. ~ 2024. 08.
- 교수: 초고분해능 분광분석법을 통한 에너지소재 정밀 분석 기술개발 및 포스코그룹 활용 제안 (협력기관: 포스코홀딩스(주)), 2023. 08. ~ 2024. 08.
- 교수: SOT-MRAM 동작전류저감을 위한 소자구조 계산, (협력기관: 삼성전자(주)), 2023. 09. ~ 2024. 08.

[계획]

- 대학 '벤처밸리 창업 인큐베이팅 센터 (Incubating Center)' 프로그램에 적극 참여.
  - 기초연구 중심의 기술산업화를 위한 노력을 체계적으로 수행하고 관련 정보 습득 및 연계 활동 추진.

[실적]

- POSTECH 온오프라인 상시 창업 멘토링 프로그램(연중 상시 진행).
  - 선배 기업인 창업 노하우 전수, 비즈니스 모델 코칭 및 투자 유치, 법률 자문.
- 창업 분야 저명인사 초청 강연.

번호	일자	연사	주제
1	2023.10.30		'혁신이 가져온 변화'와 '새로운 가치를 위한 도전'은 오늘도 계속됩니다!
2	2023.11.29		네이버 하이퍼클로바X가 여는 세상!
3	2023.12.20		창작과 수익분배 생태계의 구성 원리
4	2024.02.28		야놀자에서 창업과 스타트업 모두 맛보다
5	2024.04.04		케이카, 그 창업과 성장과정
6	2024.05.09		하이퍼로컬 커뮤니티, 당근이야기
7	2024.06.12		플랫폼 비즈니스의 국제경쟁
8	2024.07.17		AI시대의 변화와 메타인지

■ 연구 특히 관련 강의 및 특히 출원 장려.

[계획]

- 특히 등록 과정 소개 강의 상시적 운영 및 특히 출원 장려.
- 특히정보 활용 교육.

[실적]

- 특히 전문가 초청강연 (총 6회).
  - 연사:

- 일시: 2023.10.04., 2023.11.27., 2023.11.28., 2023.11.30., 2024.03.27., 2024.06.19.

- 내용: 특히교육 (특히 기본내용 및 중점 분야별 심화내용), 특히 컨설팅 (신청자에 한하여 특히 문의 사항, 특히 전략 등을 상담).

■ 산업체 전문가와 함께하는 교육 프로그램.

[계획]

- 산업체 전문가 초청 콜로кви엄 행사.
  - 일선 산업체에서 활동 중인 전문가를 연사로 초청 첨단과학의 기술산업화에 관한 이해도 고취.
  - 매 학기 최소 1회의 학과 콜로кви엄에 산업체 전문가를 섭외.
- 산업계 전문인력과 연계한 대학원 특론 'Team Teaching' 과목 개설.
  - 산학협력을 진행 중인 산업체의 전문인력이 참여하는 특론 과목을 개설하여 운영.

- 본 연구단 참여교수가 해당 기술(예: 소자물리)에 대한 기초 부분에 대한 강의를 진행하고, 산업체 전문 인력이 실제 응용과 산업에 대한 부분을 강의.

[실적]

- 산업체 전문가 초청 콜로кви엄 행사 (1건) 및 산업 명사 초청 강연/특강 (1건).

번호	일자	강연자	주제
1	2024.07.24		반도체 산업 이야기

○ 전략 2: 사회로 열린 과학 대중화 소양 교육

■ 과학과 사회 그리고 커뮤니케이션 특강.

[계획]

- 과학기술의 사회적 책임과 대중과의 소통에 대한 공동 강의 (Team Teaching).
  - 참여교수 및 외부 강사를 포함하여 강사진을 구성하고 매주 1회 토론회 강의 진행.
- '내 연구를 소개합니다' 교육프로그램.
  - 본인의 연구 내용과 성과를 비전공자에게 대중의 언어로 소통하는 방식에 대한 교육 프로그램.
  - 매년 대학에서 진행 중인 교내 3분 과학토크대회 '내 연구를 소개합니다'에 적극 참여 유도.

[실적]

- 과학기술에 대한 공동 강의 (Team Teaching)는 현재 개설 준비 중임.
- '내 연구를 소개합니다' 교내 과학토크대회 (2023. 11. 30) 물리학과 대학원생 대상으로 홍보 및 참여 장려함.

■ 과학 대중화 프로그램 참여.

[계획]

- '미리 보는 과학자' 프로그램 (고교생 대상 과학 심화 연구학습 프로그램, 본대학의 '이공계 대탐험' 프로그램 참여).
- '재미있는 물리 시연' 프로그램 참여.
  - 일반인의 과학에 대한 흥미를 높이기 위한 기초 물리실험 시연.
  - 포스텍 물리학과 교수, 학과 실험지원 전문 인력, 지역 초중고 교사 등으로 모임인 'Amusing Physics Club (APC)' 프로그램 진행에 참여.
  - 데모 실험에 대한 아이디어와 시연에 관심이 있는 대학원생의 참여를 유도.

[실적]

- 고교생 대상 이공계학과 대탐험 물리학과 탐방(총 3건).
  - 물리학 전공 설명, 질의응답, Lab 투어(2024.01.25.~26., 공학3동 Pcube)  
참여 교수:
  - 교수와의 대화, 학과 소개, 질의응답, Lab 투어(2024.07.23.~24., 공학3동 Pcube)  
참여 교수:
  - 물리학 전공 설명, 질의응답, Lab 투어(2024.08.08, 공학3동 Pcube)  
참여 교수:
- 과학고생 대상 물리학과 탐방(총 7건).
  - 교수: 경남과학고생 대상 물리학 전공설명, 대학원생과의 대화(2024. 03. 27, 공학3동 Pcube).
  - 교수: 부산과학고생 대상 대학원생/교수와의 대화(2024. 03. 29, 공학3동 301호).
  - 교수: 한민고생 대상 대학원생/교수와의 대화(2024. 05. 22, 공학3동 301호).
  - 교수: 상산고생 대상 물리학 전공설명, 대학원생과의 대화(2024. 07. 08, 공학3동 Pcube).
  - 교수: 충남여고생 대상 물리학 전공설명, 대학원생과의 대화(2024. 07. 10, 공학3동 Pcube).
  - 교수: 강원과학고생 대상 물리학 전공설명, 대학원생과의 대화(2024. 07. 15, 공학3동 Pcube).
  - 교수: 제주과학고생 대상 물리학 전공설명, Lab 투어(2024. 07. 16, 공학3동 302호).

○ 전략 3: 과학기술 지식 한계 확장을 위한 연구 소양

■ 최첨단 연구주제에 대한 교육 체인 프로그램 개발.

[계획]

- 특정 연구 주제에 대하여 기초에서부터 최첨단 연구 동향까지 수준과 깊이가 다양한 교육 기회를 제공.
- 동일한 주제에 대해 특론 (1학기) - School (1주) - 튜토리얼 (6시간) - 콜로кви엄 (1시간) - 세미나 (1시간) 를 조직하고 공지.

[실적]

- 최첨단 연구 주제에 대한 해외석학 강연 9건.
  - 연사: (UCLA) (2023. 09. 15)
    - ◇ Exploring the 3D Nano and Atomic World: Coherent Diffractive Imaging and Atomic Electron Tomography
  - 연사: (European XFEL SEC group leader) (2023. 10. 05)
    - ◇ European XFEL - Opportunities and Challenges (not only) for Sample Delivery
  - 연사: (Paul Scherrer Institute) (2023. 11. 14)
    - ◇ Anomalous quasi particles in a ferromagnetic kagome metal
  - 연사: (QuEra Computing) (2024. 02. 14)
    - ◇ Quantum Computing with QuEra's Neutral-Atom Quantum Computers
  - 연사: (Tokyo University of Science) (2024. 04. 16)
    - ◇ Anomalous Statistics in Langevin Equation with Fluctuating Diffusivity : non-Gaussian yet Brownian, anomalous diffusion, and ergodicity breaking
  - 연사: (Research Director of the CNR-SPIN Institute) (2024. 05. 24)
    - ◇ Chirality knob: from molecules to hybrid organic-inorganic metal halides
  - 연사: (Johns Hopkins Univ.) (2024. 06. 11)
    - ◇ New high Tc superconductivity and symmetric pseudogap metal in the bilayer nickelate La<sub>3</sub>Ni<sub>2</sub>O<sub>7</sub>
  - 연사: (NTT Basic Research Laboratories) (2024. 06. 11)
    - ◇ Mechanical characterization of ferromagnetic resonance in magnomechanical hybrid devices
  - 연사: (RIKEN Center for Emergent Matter Science) (2024. 07. 22)
    - ◇ Hydrodynamic Effects in Electron Fluids on Spintronics

■ 융합분야 공동 강의 활성화.

[계획]

- 다양한 전문분야와 학문 분야의 전문가가 동일한 주제에 대해 팀을 이루어 수업을 진행하여, 하나의 연구주제에 대한 다양한 접근방법과 관점을 제시.
- 특강 형식으로 한 가지 연구주제에 대해 물리학과내 다른 전공을 갖는 교수들이 팀을 이루거나 다른 전공의 교수들이 팀을 이루어 수업 진행.
- 예시: 2019년 2학기에 "2차원 물질 물리 특강"을 물리학과와 신소재학과 교수 7명이 팀을 이루어 진행, 향후 물리+신소재, 물리+생명 등으로 확대.

[실적]

- 물성물리학특론 III: 2차원물질연구의동향 (6명의 교수가 공동 강의).
  - 2023년 2학기.
  - 물리학과: (응집물리이론) 교수, (응집물리실험)
  - 신소재공학과: (에너지기술/소재분석·시뮬레이션기술)

■ 당초 계획 대비 실적 분석을 통해 향후 추진계획.

- 기초연구 주도형 산학 협력 교육 프로그램 개발 필요.
  - 기초과학 기반 산학과제에 대한 참여 및 실적은 높았으나 연관된 대학원생 교육 프로그램은 상대적으로 활동이 적음.
  - 산업체 전문인력과 연구단 참여교수가 공동으로 강의하는 Team Teaching 과목 개발 및 개설 필요.
  - 대학의 상시 창업 프로그램 (Changing Ground)과 학과 특론 세미나로 연계하는 프로그램을 개발하여 창업 및 특허 출원에 대한 이해도 고양.
- 교육 체인 프로그램 및 융합분야 공동 강의 활성화.
  - 사회로 열린 과학 대중화 교육과 과학기술 지식한계 확장을 위한 소양 교육은 시행 첫해임에도 불구하고 다양한 프로그램들을 개발하고 선보였음. 향후 1년 활동을 바탕으로 향후 프로그램의 질을 높이고 주제의 다양화를 시도해보려고 함.
  - 양자, 응집, 및 생물물리 분야에서 여러 학과가 공동으로 참여하는 교육 체인 프로그램 및 공동강의를 개발하였고, 이를 더욱 확장하고자 함.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

<표 2-1> 교육연구단(팀) 소속 학과(부) 참여대학원생 확보 및 배출 실적 (단위: 명)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2023년 2학기	1	4	98	103
	2024년 1학기	0	1	100	101
	계	1	5	198	204
배출 (졸업생)	2023년 2학기	0	7		7
	2024년 1학기	2	9		11
	계	2	16		18

2.2 교육연구단(팀)의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

우수대학원생 확보 방안 및 계획대비 실적

- 포스텍 학부생 대상 대학원 연계 진학 지도
  - 다양한 학부생 대상 연구참여 프로그램 활용.
    - [계획]
    - 교내 학부생 연구참여 프로그램 (Undergraduate Research Program) 활용 (최대 200 만원).
    - 학과 내 학부 연구참여 프로그램 활용.
      - 학부 연구참여 프로그램을 통해 학사학위 논문 작성 장려 매년 말 졸업 연구발표회 시행.

- 나의 첫 논문 프로그램 운영.
    - 학부생 3, 4학년을 대상, 참여교수가 제시한 주제로 1년 이상 연구 참여: SCI 논문 발표 장려.
- [실적]

- 교내 학부생 연구참여 프로그램 참여 모집 중.
- 총 17명의 학부생이 학과 내 학부 연구참여 프로그램 참여.
  - 학부 졸업 연구발표회 개최 및 시상 (매년 12월 중): 최우수상 등 6명 선정 및 시상.
- 총 4명의 학과 학부생이 '나의 첫 논문 프로그램' 참여.

■ 학부-대학원 연계 교육과정 및 홍보행사 진행.

[계획]

- 대학원 세부전공에 대한 정규과목 편성: 학과 내 교수들이 본인 전공분야의 연구 동향 강의.
- 학부-대학원 속진과정 운영: 학부-대학원 연계 단기간에 박사학위를 취득할 수 있는 제도.
- 포스텍 학부생 대상 대학원 설명회.

[실적]

- '물리학연구의 동향' 과목 개설 및 운영: 수강생 총 16명.
- 학부 재학 시 대학원 전공과목 학점 이수 후 대학원 연계 진학으로 학점 인정: 해당 학생 총 5명.
- 대학원 설명회 매년 최소 2회 (4월 & 8월경) 개최: 총 51명 참여 (타대학 학부생 포함).

○ 국내외 타 대학 우수 학부생 대상 탐방 및 홍보

■ 타교 학부생 대상 포스텍 물리학과 방문 탐방 프로그램 진행.

[계획]

- 물리학과 Open Lab 실시: 연구실/대학 시설에 대한 탐방 기회 제공 (여비 보조 및 기숙사 제공).
- 'Summer Research Fellowship' 프로그램 실시: 포스텍 물리학과 연구실 활동을 직접 체험.

[실적]

- 대면 Open Lab 실시 (2024. 07. 01. ~ 2024. 07. 02).
  - 총 17개 연구실 (BK 참여교수 13명) 참여: 총 25명의 타 대학 학부생 참여 (자대생 2명 포함).
- 대면 Summer Research Fellowship 실시 (2024. 07. 01. ~ 2024. 07. 26).
  - 총 13개 연구실 (BK 참여교수 8명) 참여: 총 23명의 타 대학 학부생 참여 (자대생 2명 포함).

■ 대학원 설명회 및 홍보행사 활용.

[계획 및 실적]

- 타 대학 학부생 대상 대학원 설명회 개최.
  - 새로 개편한 대학원생 지원 계획을 적극적으로 홍보 (우수 대학원생 지원 계획' 참조).
  - 매년 최소 2회 (4월 & 8월경) 개최: 총 51명 참여.

우수대학원생 지원 방안 및 계획대비 실적

○ 건강하고 안정적인 교육·연구 환경 조성

■ 'Two-advisor' 제도 신설 (MIT 벤치마킹).

[계획]

- 모든 대학원 신입생에게 교무 지도교수 (Academic Advisor) 배정: 연구 지도교수와 별도로 배정. [실적]
- BK 참여 정교수 중에서 교무 지도교수 배정: 대학원 신입생 전원 (총 22명)에게 배정 완료.
- 재학생의 경우 박사학위 논문 제안서 심사 후 심사위원 중 선정 (UC Berkeley, Chicago 벤치마킹).

■ 개방적인 소통 환경 지원.

[계획]

- 대학원생 주도의 분야별 저널클럽 운영 및 교수-대학원생 간담회 개최.

[실적]

- 대학원생 주도 저널클럽 운영: 응집물질물리, 생물물리/복잡계, 양자/나노광학, 고에너지이론물리 등 4개 분야.
  - 총 38회 진행 및 연간 총 400 ~ 600 만원 지원.

○ 안정적인 교육·연구 환경 지원

■ 학업과 연구에 전념할 수 있는 안정적 주거 지원.

[계획 및 실적] 대학원생 희망자 전원 기숙사 배정: 기혼자의 경우, 단독 가구 대학원 아파트 지원

■ 교육조교/연구조교 (TA/RA) 장학 제도

[계획]

- 대학원생 전원을 교육조교 (TA) 또는 연구조교 (RA) 장학생으로 등록, 학비와 생활비 지원.
- 대학원혁신팀과 연계, 2021학년도 1학기부터 '대학원생 통합재정지원제도(RA/TA)' 추가 운영.

[실적]

- 대학원생 TA RA 조교 장학금 지원 비율 100%.
- 대학원혁신팀과 연계된 추가 장학금 6명 지원 완료 (3개월 간 월 70만원).

■ 대학원 신입생의 안정적인 정착 지원

[실적]

- 대학원 신입생 첫 학기에 학업장려금 지원 (월 35만원 추가지급): 대학원 신입생 총 22명 지원.
- 연구실 탐색 과목 신설 운영: '연구실 순환' 과목 (첫 학기에 1-3개의 연구실 탐색 기회 부여).
  - 수강생 총 11명 (수강생 모두 3개월 간 월 70만원 지원; 대학원혁신사업팀 연계 및 학과 지원).
- 우수대학원생 입학장려 장학금 지급 (2024년 신규): 입학 학기에 1회 100만원 지급.
- 대학원생 생활비 추가 지원 (2024년 신규): 대학원생 생활비 최저 기준 인상 및 추가 생활비 보조.

○ 다양한 국제 연구 활동 지원

■ 포스텍 내 국제워크숍 개최 및 대학원생의 발표 장려.

[실적]

- 교내 국제워크숍 개최 4건.
  - 학교 3000만원, 학과 500만원 지원 및 외부 지원 [예: 아태이론물리센터] 활용.

워크숍명	주관 기관	기간	호스트
Integrability, Duality and related topics 2023	POSTECH, APCTP	2023.10.29 - 2023.11.04	
The 1st International Conference on Prospective Quantum Technology: Science and Applications	POSTECH	2023.11.01 - 2023.11.03	
28th APCTP Winter School on Fundamental	POSTECH,	2024.01.24 -	

Physics	APCTP	2024.02.02
The 5th International Workshop on Scanning Probe Microscopy	POSTECH, APCTP	2024.08.28 - 2024.08.30

- 학교 3000만원, 학과 500만원 지원 및 외부 지원 [APCTP] 활용.
- “The 1st International Conference for Prospective Quantum Technology: Science and Applications” 개최: 하버드대, MIT 등 해외 우수 연구기관의 연구진들 다수 참석 및 발표.

■ 국제학회 참여 및 연구활동 지원 (연구실 당 매년 1 ~ 2명 지원).

[계획]

- 국제적 위상이 있는 학회 및 기관에서 구두 발표 및 단기연구 진행시 지원.

[실적]

- 국제학회 참여 지원 (총 10명) 및 국제연구활동 지원 (총 1명: Advanced Light Source 기관연수).

○ 대학원생의 면학 및 연구장려를 위한 포상 시행

■ 융합인재 장학제도 (Fellowship) 신설: 최소 2인의 연구 지도교수 지도를 받음.

[계획]

- 융합연구 연구계획서 심사 후 융합인재를 매년 1-2인 선정: 중간 평가 통해 추가 3년 지원 결정.

[실적]

- 융합인재 펠로우십 1명 (            학생) 선발 후 계속 지원 중 (2021년 9월 ~ 현재).
- 융합인재 펠로우십 추가 선발 모집 중.

■ ‘1st Paper Award’ 제도 시행.

[실적]

- 대학원 입학 후 4년 이내에 주저자로서 SCI(E) 저널에 논문을 게재한 대학원생 포상.
- 대학원생 총 11명 포상 시행.
  - 2023년 2학기: 5명
  - 2024년 1학기: 6명

■ 실적에 따른 BK21 성과금 및 각종 포상금 지급.

[실적]

- 2023년 2학기: 논문, 학술대회 성과에 기반해 대학원생 총 24명에게 인센티브 총 1,100만원 지급. [2024년 1학기: 대학원생 총 24명에게 지급 예정 (지급 총액 미정)]
- 우수 논문상 (상금 30만원) 및 우수 조교상 (상금 10만원): 각각 총 6명 및 12명 포상.
- 민병일 응집이론논문상 및 정상욱 응집실험논문상 (상금 100만원): 각각 총 1명 및 1명 포상.
- 창립상 (상금 30만원): 대학원생 총 1명에게 포상.

○ 외국인 학생을 위한 지원 프로그램

[실적]

- 외국인통합지원센터 (ISSS; 2010년 10월 11일 개소) 운영: 외국인 정착지원 및 생활 정보 안내.
- 대학원 강의 100% 영어 진행. 공문서 및 게시물의 영어혼용 (Bilingual Campus 2010년부터 시행).

### 2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

〈표 2-2〉 2023년 8월 및 2024년 2월 졸업한 교육연구단(팀) 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적(단위: 명, %)

구 분		졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)					취(창)업률(% (D/C)×100
		졸업자 (G)	비취업자(B)		취(창)업대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)	
			진학자				
			국내	국외			
2023년 8월 졸업자	석사	0			0	0	100%
	박사	8			0	8	
2024년 2월 졸업자	석사	0			0	0	86%
	박사	7			0	7	

#### ○ 개요

포스텍 물리학과는 소수 정예/ 연구 중심을 기본철학으로, 전원 석박통합과정을 통해 배출된 신진인력을 학계나 산업계로 진출시키고자 노력해 왔음. 이러한 결과로 높은 취업률과 높은 전공적합성을 갖는 취업 성과를 지속적으로 유지함.

#### ○ 2023년 8월 ~ 2024년 2월 졸업자 기준 취업 분석

- 2023년 8월 및 2024년 2월 졸업자 기준 93.3%의 취업률 달성.
  - 박사학위 취득자 취업률 93.3% (대상자 15명 중 14명 취업).
    - 국내외 대학 및 연구소 연구원 취업 (10명).
    - 산업체 취업 (4명).
- 취업 분석 평가
  - 취업 유형과 실적 분석 결과 전공 적합성과 활용도가 높은 분야로 양질의 취업이 이루어지고 있음.
  - 해외 대학 또는 해외 연구소로 직접 취업 (3명)하거나 과학기술, 사회경제 발전에 기여도가 높은 전공 관련분야 연구소 (8명) 및 기업 (4명)으로 취업하는 경향이 뚜렷함.
  - 포스텍 물리학과의 박사 후 연구원으로 취업하는 비중도 높게 유지되고 있음. 이는 박사 후 연구원 경력을 통해 학계에 남아 해외 대학 및 연구소로 진학하려는 성향이 반영된 결과임.
  - 포스텍 물리학과가 추구하는 연구중심 철학이 졸업생들의 진로에 긍정적인 영향을 미치고 있음.

#### ○ 학위 취득자 취업기관에 대한 전공 적합성

- 모든 취업 대상자의 전공 적합성이 매우 높음.
  - 2023년 8월 및 2024년 2월 박사학위 취득자의 취업률 93.3%.
  - 국내·외 대학 및 연구소 취업 10명 (67%), 산업체 4명 (삼성전자, 삼성 디스플레이 등 졸업자의 전공분야와 일치) (27%), 취업준비 1명.
  - 높은 취업률과 전공 적합성은 석박통합정책으로 박사학위중심의 학위배출이 이루어진 결과.
- 박사학위자의 취업 특성 분석 - 학문연구분야.
  - 국내외 대학 및 연구소 진출: 전체 박사학위 취업자 총 15명 중 10명 (67%).
  - 학문연구분야로 꾸준한 취업은 국내·외 전임교수로 임용되는 포스텍 물리학과 학위취득자 숫자 증가로 이어지고 있음.
  - 국외 대학 및 연구소 박사후연구원 취업: 박사 학위취득자 총 15명 중 3명 (20%, 예정자 포함).
    - 박사학위 취득 후 짧은 기간 동안 국내 대학·연구소에서 연구원으로 재직 후, 해외 대학·연구소로 이직하는 사례가 많음.

- 국제공동연구, 국제학술대회 참여를 통해 해외 우수 그룹에 체계적인 홍보가 이루어지고 있음.
- 학문 연구분야에서 해외 대학·연구소 취업사례의 꾸준한 증가는 지난 BK21 사업기간 동안 학교 및 물리학과가 추진한 다양한 국제화 노력들이 실현된 결과임.

SLAC National Accelerator Laboratory	미국	_____
Uppsala University	스웨덴	_____
University of Illinois Urbana-Champaign	미국	_____

■ 박사학위자의 취업 특성 분석 - 산업분야.

- 국내 산업체 및 산업체 연구소 진출: 전체 박사학위 취업자 총 15명 중 4명 (27%).
- 포스텍 물리학 학위 취득자의 직접적인 산업부문 기여가 꾸준히 이어지고 있음.
- 산업체 취업자 모두 삼성전자, 삼성 디스플레이 등 전공관련도가 매우 높은 첨단기술 관련 업체에 취업함.
- 사회 진출을 선호하는 참여학생들에게 다양한 창업관련 프로그램을 진행한 결과로, 본인 전공을 창의적으로 활용한 성공적인 창업사례로 나타남.

<표 2-3> 평가 대상 기간(2023.9.1.-2024.8.31.) 내 졸업한 참여대학원생 중 취(창)업의 질적 우수성

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (석사/박사)	학위취득 시 학과(부)명	현 직장(직위)
					대표 취(창)업 사례의 우수성
1		2024.2	박사	물리학과	SLAC National Accelerator Laboratory (박사후연구원)
					<ul style="list-style-type: none"> <li>- (박사학위 주제) “XFEL 펄스 시분해 공명 X-선 산란을 이용한 Ge의 초고속 용융과정 연구란 주제로 박사학위 취득.</li> <li>- (박사학위 내용) 학위과정 중 XFEL의 결맞음 엑스선 회절 등을 이용하여 금속 입자 용융 과정과 양자물질 YbCuAs<sub>2</sub>등 자기 및 전자구조 규명에 대한 연구를 수행.</li> <li>- (현재 직장) 현재 SLAC National Accelerator Laboratory에서 박사 후 연구원으로 재직</li> <li>- (현재 연구내용의 전공 적합성) 양자물질에서 가속기 기반 시분해 측정 기술 개발 및 연구 중.</li> </ul>
2		2023.8	박사	물리학과	Uppsala University (박사후연구원)
					<ul style="list-style-type: none"> <li>- (박사학위 주제) 오비탈 텍스처를 갖는 물질의 오비탈 홀효과 이론 연구로 박사학위 취득.</li> <li>- (박사학위 내용) 고체 물질의 오비탈 텍스처에 의해 발현되는 오비탈 홀효과를 실제 물질에 대해 정량적인 이론 연구 수행.</li> <li>- (현재 직장) 현재 스웨덴 Uppsala 대학의 Materials Theory Division of Department of Physics and Astronomy에 박사 후 연구원 재직.</li> <li>- (현재 연구내용의 전공 적합성) 오비탈 홀효과 및 오비트로닉스 연구.</li> </ul>
3		2023.8	박사	물리학과	Univ. of Illinois Urbana-Champaign (박사후 연구원)
					<ul style="list-style-type: none"> <li>- (박사학위 주제) 2차원 강자성체의 오비탈 각운동량에 의한 스핀-궤도 토크 현상에 대한 이론 연구로 박사학위 취득.</li> <li>- (박사학위 내용) 스핀-궤도 토크 현상에서 오비탈 각운동량의 기여에 대한 제1원리 기반 이론적인 분석과 이를 통한 오비탈 자성 상태에 대한 대칭 분석 및 물질계/실험 제안.</li> <li>- (현재 직장) University of Illinois Urbana-Champaign, Department of Materials Science and Engineering 박사 후 연구원으로 재직.</li> <li>- (현재 연구내용의 전공 적합성) 양자물질계와 계면에서의 제1원리 기반 오비탈 스핀 현상에 대</li> </ul>

	한 이론 분석을 담당하고 있음.				
4	2024.2	박사	물리학과	기초과학연구원 (박사후 연구원)	
	- (박사학위 주제) 1T-TaS2 모트 전하밀도파 부도체의 강상관 상태에 대한 각도분해광전자 분광 실험 연구로 박사학위 취득 - (박사학위 내용) 모트 전하밀도파 부도체의 모델계인 1T-TaS2 물질의 표면 전자상태 및 알칼리금속 도핑 상태에 대한 체계적인 각도분해 광전자 분광실험을 통해 강한 상호작용 및 측강상호작용에 따른 기저상태 및 특성변화를 인하는 연구 수행. - (현재 직장) 기초과학연구원 박사 후 연구원으로 재직. - (현재 연구내용의 전공 적합성) 양자물질의 각도분해광전자 분광실험 연구를 수행하고 있음.				
5	2023.8	박사	물리학과	포항가속기연구소 (박사후 연구원)	
	- (박사학위 주제) 비등방성 전자구조 시스템의 엑스선 분광 연구를 주제로 박사학위 취득 - (박사학위 내용) 가속기 기반 X선 흡수 분광 및 각도분해 광전자분광 실험으로 강상관 자성물질 및 2차원 물질의 전자구조를 검증하는 연구를 수행. - (현재 직장) 포항가속기연구소 박사 후 연구원으로 재직. - (현재 연구내용의 전공 적합성) 포항가속기 연구소 빔라인에서 연구원으로 분광 연구 수행 중				
평가 대상 기간(2023.9.1.-2024.8.28.) 내 졸업한 참여대학원생 수		석사		0	
		박사		15	

### 3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

#### ① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

〈표 2-4〉 평가 대상 기간(2023.9.1.-2024.8.31.) 내 참여대학원생 대표연구업적

연번	학위과정 (석사/박사/석박사통합)	참여대학원생 성명	세부전공분야	실적구분	세부전공분야
1	석박사통합		응집물질실험	저널논문	② 논문제목: Topological Complex Charge Conservation in Nontrivial $Z_2 \times Z_2$ Domain Walls
					③ 학술지명: Advanced Materials
					④ 권(호), 페이지: 36(25), 2313803
					⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1
					⑥ 게재 연월: 2024.06.
					⑦ DOI 번호: 10.1002/adma.202313803
					◆ 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> <li>솔리톤, 스커미온 등의 국소적 위상학적 모드는 차세대 정보 운송체 후보 중 하나임.</li> <li>스핀분극주사터널현미경 실험을 통해 반강자성체 표면에 존재하는 자벽 그물망을 관측하고, 제어함</li> <li>자벽 그물망의 노드점에 TCC라는 새로운 종류의 보존량을 갖고 이를 분류하고 파울리 행렬을 이용해 성질과 정의를 체계적으로 분석.</li> </ul> ◆ 대학원생 기여 <ul style="list-style-type: none"> <li>Topological complex charge에 대한 아이디어를 제공하고, Boundary-charge correspondence rule의 수학적 증명 제공.</li> <li>IF=27.4; mrnIF=98.25; citation=2 (google scholar).</li> </ul>
2	석박사통합		응집물질	저널	

			실험	논문	② 논문제목: Nanoscale Three-Dimensional Network Structure of a Mesoporous Particle Unveiled via Adaptive Multidistance Coherent X-ray Tomography ③ 학술지명: ACS Nano ④ 권(호), 페이지: 17(22), 22488-22498 ⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1 ⑥ 게재 연월: 2023.10. ⑦ DOI 번호: 10.1021/acsnano.3c05977
					◆ 연구내용 • 기존 결맞는 회절 이미징 기법은 시료의 크기에 따른 해상도의 한계가 있음. • 본 연구에서는 적응형 다중거리 결맞는 엑스선 단층 촬영법과 이를 위한 새로운 위상 복원 알고리즘을 개발하여 메조다공성 입자의 3차원 밀도 분포를 비파괴적으로 관측하였음. • 그래프 기반 분석을 포함한 여러 가지 분석을 수행하여 기존 방법으로는 얻어낼 수 없었던 입자 내부의 미세 기공 구조에 대한 다양한 정량적 분석을 수행함. ◆ 대학원생 기여 • 학생은 연구의 모든 부분에 주도적으로 기여하였으며, 특히 데이터 분석과 논문 작성 과정에서 핵심적인 역할을 수행하였음. • IF=15.8; mrnIF=94.32; citation=1 (google scholar).
	석박사통합		응집 물질 실험	저널 논문	② 논문제목: Quantum-Confined Lifshitz Transition on Weyl Semimetal Td-MoTe2 ③ 학술지명: ACS Nano ④ 권(호), 페이지: 18(34), 23189-23195 ⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1 ⑥ 게재 연월: 2024.08. ⑦ DOI 번호: 10.1021/acsnano.4c05726
3					◆ 연구내용 • 기존 연구에서는 알칼리 금속을 이용한 2차원 물질의 표면 전자 특성 변화는 주로 반도체에 국한되어 있었음. 특히, 준금속 시스템은 복잡한 밴드 구조와 스크리닝 효과로 인해 실험적 접근이 어려웠음. • 본 논문에서는 각분해광전자분광법과 밀도 범함수 이론을 활용하여 웨일 준금속 Td-MoTe2 표면에 칼륨 원자를 흡착함으로써 표면 전자 가스를 형성하고, 이에 따른 양자 제한 리프시츠 전이를 관찰함. • 표면 상층부에서 전자 밴드가 벌크와 달리 변화하며 강한 금속 상태로 전이하는 과정을 명확하게 보여줌. • 웨일 준금속의 표면에서 전자 밀도와 전자 전송 특성을 효과적으로 조절할 수 있는 가능성을 제시함. 이는 2차원 전자 상태 및 이종 접합 구조를 개발하는 데 있어 새로운 방법론을 제공함. ◆ 대학원생 기여 • 학생은 각분해광전자분광법 실험을 통해 칼륨 흡착에 따른 전자 밴드 구조 변화를 측정하였고, 실험 데이터를 분석하여 논문의 핵심 결과를 도출하는 데 기여하였음. • IF=15.8; mrnIF=94.32; citation=0 (google scholar).
4	석박사통합		응집 물질 실험	저널 논문	② 논문제목: Dual Higgs modes entangled into a soliton lattice in CuTe

				③ 학술지명: Nature Communications ④ 권(호), 페이지: 15, 984 ⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1 ⑥ 게재 연월: 2024.02. ⑦ DOI 번호: 10.1038/s41467-024-45354-4
				◆ 연구내용 • CuTe 물질은 저온에서 전하밀도파(Charge-Density-Wave) 상전이를 겪는 것으로 학계에 보고가 되었으나, 실공간에서 해당 물질의 전자 및 원자구조가 어떠한 식으로 왜곡되는지에 대한 실험적 결과가 미비하여 해당 물질에 대한 표면전자연구가 필요했음. • 본 연구에서는 주사터널현미경을 이용해 저온에서 CuTe 물질 표면의 전자구조가 실공간에서 어떻게 분포하고 있는지를 측정하였음. • 해당 연구에서는 CuTe에서 나타나는 전하밀도파에 의한 상부구조가 두 종류로 나타나는 것을 실험 및 계산을 통하여 확인하였으며, 해당 구조들간의 상호보완적 배치가 솔리톤 격자 (Soliton lattice)에서 나타나는 집단 모드 (Higgs mode)에 의해 얽혀있음을 확인함. • 본 연구는 이론적으로만 제시되었던 솔리톤 격자 (Soliton lattice)의 첫 실험적 발견을 보이며, 이론적 분석을 통해 해당 상태가 실공간에서 안정화될 수 있는 이유를 증명함. ◆ 대학원생 기여 • 학생은 CuTe 물질에 대해 주사터널현미경(STM) 실험을 진행하였으며, 얻어낸 실험결과를 분석하여 해당 물질에서 일어나는 특이한 집단 모드를 밝혀냄. • IF=14.7; mrnIF=94.74; citation=4 (google scholar).
	석박사통합	응집 물질 실험	저널 논문	② 논문제목 : Highly efficient room-temperature spin-orbit-torque switching in a van der Waals heterostructure of topological insulator and ferromagnet ③ 학술지명 : Advanced Science ④ 권(호), 페이지 : 11(1), 2400893 ⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1 ⑥ 게재 연월 : 2024.03. ⑦ DOI 번호 : 10.1002/advs.202400893
5				◆ 연구내용 • 반데르발스 위상부도체와 반데르발스 강자성체의 접합 소자에서 높은 스핀궤도효율 관측. • 수원자층 수준 까지도 결정성이 유지되는 반데르발스 물질의 장점과 높은 스핀궤도효율에 기여하는 위상부도체의 위상학적 특징을 활용 기존의 스핀궤도효율보다 높은 스핀궤도효율 발현 특성 발견. • 새로운 자성 반데르발스 물질 단결정 합성과 소자 특성 연구를 접목하여 종합적인 이해를 추구한 점은 연구단 연구비전에 부합함. 반데르발스 위상부도체 기반의 스핀궤도토크 소자 연구를 산화알루미늄 기반의 박리 방법을 통해 기존 연구의 두께 조절의 어려움을 극복하여 원하는 두께의 박막 소자를 확보함. 본인은 박막확보, 접합소자 제작, 전도특성 측정에서 데이터 분석까지 논문 작성에 필요한 전 실험 과정을 진행하였음. ◆ 대학원생 기여 • 박막확보, 접합소자 제작, 전도특성 측정에서 데이터 분석까지 논문 작성에 필요한 전 실험 과정을 진행 • IF=14.3; mrnIF=93.59; citation=4 (google scholar).
6	석박사통합	응집	저	

			물질 실험	널 논 문	② 논문제목: Measuring Nonlocal Brane Order with Error-Corrected Quantum Gas Microscopes ③ 학술지명: Physical Review X ④ 권(호), 페이지: 14(1), 011003 ⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1 ⑥ 게재 연월: 2024.01. ⑦ DOI 번호: 10.1103/PhysRevX.14.011003
	◆ 연구내용 • 본 연구에서는 Haldane 상이나 양자 스핀 액체를 분류할 수 있는 non-local correlator를 관측 오류가 있는 양자 시뮬레이터에서 측정하는 새로운 방법을 고안함. • 나아가 고안한 방법을 실제 실험에 적용하여 non-local correlator 측정에 성공함. • Non-local correlator는 관측 오류가 조금만 있어도 그 크기가 0에 수렴하여 측정할 수 없고, 따라서 이를 성공적으로 측정하기 위해서는 오류를 효과적으로 찾고 수정하는 방법이 필요함. • 본 연구에서는 이를 위해서 virtual excitation들의 effective classical statistical model을 도입하고 활용하는 효과적인 오류 정정법을 개발함. ◆ 대학원생 기여 • 본 연구에서 학생은 관측 오류를 효과적으로 수정하는 새로운 방법을 제안하여 연구에 핵심적인 기여를 함. 그리고 학생은 논문에 담긴 다양한 격자구조에서의 Bose Hubbard model에 대한 양자몬테카를로(QMC) 등의 모든 수치 해석적 계산을 수행하여, 고안한 방법론이 기대한 대로 효과적으로 작동한다는 것을 검증함. 나아가 학생은 고안한 방법론을 실제 실험 결과에 적용하여 non-local correlator를 계산해냄. • IF=11.6; mrnIF=95.41; citation=2 (google scholar).				
	석박사통합		양자 광학 및 양자 이미 징	저 널 논 문	② 논문제목: Coherent two-photon LIDAR with incoherent light ③ 학술지명: Physical Review Letters ④ 권(호), 페이지: 131(22), 223602 ⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1 ⑥ 게재 연월: 2023.11. ⑦ DOI 번호: 10.1103/PhysRevLett.131.223602
7	◆ 연구내용 • 코히런트 라이더는 레이저의 간섭을 통해 작동하여 외부 빛에 의한 잡음을 없앨 수 있으며, 감도가 더 높은 등의 장점을 지님. • 그러나 코히런트 라이더는 간섭 현상을 사용하기 때문에 물체의 거리가 빛의 결맞음 길이보다 더 짧을 때에만 측정이 가능하다는 한계가 있으며, 이는 코히런트 라이더의 측정가능거리의 발전을 방해하는 중대한 요소임. • 본 연구에서는 빛의 결맞음 거리에 영향을 받지 않는 열광원의 2차 간섭 현상을 활용하여 결맞음 거리 이상에서도 동작하는 코히런트 이광자 라이더라는 새로운 개념을 제안하고, 이를 실험으로 구현함. ◆ 대학원생 기여 • 학생은 광학 기구 및 데이터 프로세싱을 이용하여, 해당 라이더 기술을 실험적으로 구현하는데 주도적 역할을 수행. • IF=8.1; mrnIF=93.58; citation=3 (google scholar).				
8	석박사통합		광학	저	① 저자명:

			널 논 문	② 논문제목: Electrically Tunable Single Polaritonic Quantum Dot at Room Temperature ③ 학술지명: Physical Review Letters ④ 권(호), 페이지: 132(13), 133001 ⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1 ⑥ 게재 연월: 2024.03. ⑦ DOI 번호: 10.1103/PhysRevLett.132.133001
				◆ 연구내용 • 이 연구는 ‘전기장 탐침증강 강한결합 분광법’이라는 새로운 방식의 초고분해능 전기제어 광측정 기술을 개발하여 상온에 존재하는 단일 폴라리톤 입자의 성능을 능동적으로 제어할 수 있었음. 이 기술은 기존에 발명한 초고분해능 현미경 기술에 초정밀 전기제어 기술을 융합한 새로운 개념의 측정 기법임. 이 새로운 장비를 통해 강한결합이라 불리는 특수한 물리적 상태를 가지는 폴라리톤을 상온에서 안정적으로 생성할 수 있을 뿐만 아니라, 전기를 이용해 폴라리톤 입자가 발생시키는 빛의 색깔과 밝기를 자유자재로 바꿀 수 있음. ◆ 대학원생 기여 • ... 학생은 전기장 탐침증강 강한결합 분광법 기술을 개발하고 이를 통해 폴라리톤을 상온에서 전기적으로 제어하는 실험을 주도적으로 수행하였음. • IF=8.1; mrnIF=93.58; citation=2 (google scholar).
	석박사통합	응집 물질 이론	저 널 논 문	② 논문제목: Emergent Quantum Phenomena of a Noncentrosymmetric Charge Density Wave in 1T-Transition Metal Dichalcogenides ③ 학술지명: Physical Review Letters ④ 권(호), 페이지: 132(22), 226401 ⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1 ⑥ 게재 연월: 05/24 ⑦ DOI 번호: 10.1103/PhysRevLett.132.226401
9				◆ 연구내용 • 2차원 물질로서 많이 연구되는 물질군인 5족 1T-TMD는 ‘다윗의 별’ 전하밀도파를 일반적으로 이루는 것으로 알려져 있으며, 기존 이론 및 연구는 이 가정하에 이뤄짐. • 본 연구에서 기존 실험들을 분석해 일부 5족 1T-TMD 샘플은 ‘다윗의 별’ 전하밀도파가 아닌 ‘음이온-중심 다윗의 별’ 전하밀도파를 보이는 가능성을 제시함. • ‘음이온-중심 다윗의 별’ 전하밀도파 하에 5족 1T-TMD가 보일 물질적 특성을 이론적으로 연구함. 전하밀도파가 반전 대칭성을 깨면서 ‘다윗의 별’ 전하밀도파 하에 보이지 않던 강한 스핀 홀 효과, 위상 모트 절연체, 스핀 액체 등의 가능성을 이론적으로 보임. ◆ 대학원생 기여 • ‘음이온-중심 다윗의 별’ 전하밀도파에 강한 전자 간 상호작용이 있어 모트 절연체를 이룰 때, 나타나는 물질적 특성을 연구함. 구체적으로 자성 특성, 스핀 액체의 존재 가능성, 해당 스핀 액체의 실험적 특성 및 검출 방법을 제시. • IF=8.1; mrnIF=93.58; citation=0 (google scholar).
10	석박사통합	응집 물리	저 널	② 논문제목: Dyakonov-Perel-like Orbital and Spin Relaxations in Centrosymmetric Systems

			이론	논문	③ 학술지명: Physical Review Letters ④ 권(호), 페이지: 132(24), 246301 ⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1 ⑥ 게재 연월: 2024.06. ⑦ DOI 번호: 10.1103/PhysRevLett.132.246301
					◆ 연구내용 • 기존 연구에 따르면 공간 반전 대칭성이 있는 계에서 전자의 스핀 각운동량은 Dyakonov-Perel형의 완화를 따를 수 없다고 알려져 있음. • 본 연구에서는 전자 궤도 각운동량 혹은 스핀-궤도 상호작용이 있는 상황에서의 스핀 각운동량은 기존 연구와 달리 공간 반전 대칭성의 존재에도 불구하고 Dyanonov-Perel형의 완화를 따를 수 있다는 것을 이론적으로 증명함. • 불순물에 의해 각운동량 완화시간이 오히려 증가할 수 있음을 보임으로서 최근 실험 연구에서 전자 궤도 각운동량의 완화 시간이 길게 나오는 것에 대한 단서를 제시함. ◆ 대학원생 기여 • 학생은 볼츠만 방정식을 이용하여 전자궤도 각운동량의 완화시간에 대한 해석적 계산을 주도적으로 수행함. • IF=8.1; mrnIF=93.58; citation=6 (google scholar).
			응집물질 실험	저널 논문	② 논문제목: Dynamical control of nanoscale light-matter interactions in low-dimensional quantum materials ③ 학술지명: Light: Science & Applications ④ 권(호), 페이지: 13(1), 30 ⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 2/2 ⑥ 게재 연월: 2024.01. ⑦ DOI 번호: 10.1038/s41377-024-01380-x
11					◆ 연구내용 • 금 나노 탐침을 이용하여 빛과 물질 간 상호작용을 분석 및 제어하는 연구를 수행함. • 금 나노 탐침으로 원하는 물질에 GPa 수준의 큰 압력을 가하여 다양한 반도체 물성을 변화시키면서 광특성 변화 연구. • 이 연구를 통해 현재 활발히 연구 중인 여러 반도체 물질(2차원 반도체, 퀀텀닷 등)의 물성을 가역적, 비가역적으로 자유자재로 변화시키고 이를 이론적으로 분석할 수 있는 기반 마련함. ◆ 대학원생 기여 • 학생은 금 나노 탐침을 준비하고 원하는 샘플에 정교하고 강한 압력을 가하며, 다양한 광발광 특성을 변화시키는 실험을 주도적으로 수행함. • IF=20.6; mrnIF=97.46; citation=12 (google scholar).
			양자 광학 실험	저널 논문	② 논문제목: NOON-state interference in the frequency domain ③ 학술지명: Light: Science & Applications ④ 권(호), 페이지: 13(1), 90 ⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1 ⑥ 게재 연월: 2024.04. ⑦ DOI 번호: 10.1038/s41377-024-01439-9
12					◆ 연구내용 • NOON 양자얽힘은 하나의 경로에 광자 N개가 있고, 나머지 경로에는 광자가 없는 상태와 그 반대되는 경우의 중첩 상태임. 레이저를 사용한 기존 기술보다 해상도가 N배 늘어나는 효과가

				<p>있어, 이미징, 센싱, 컴퓨팅 분야에서 기존의 한계를 극복할 수 있는 기술로 주목받음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 NOON 양자얽힘은 N개의 광자가 다른 두 경로로 중첩된 상태를 구현하는 반면에, 본 연구는 N개의 광자를 같은 경로의 다른 두 주파수 상태의 중첩으로 구현함. 실험결과 기존 단일광자 실험보다 해상도가 두 배 높았으며, 여러 광자가 동일한 경로로 이동하기 때문에 훨씬 안정적인 양자상태를 구현함.</li> <li>• 본 연구의 높은 안정성은 양자통신, 이미징, 센싱, 컴퓨팅 분야에 기여할 것이라 기대함.</li> </ul> <p>◆ 대학원생 기여</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 학생은 NOON 양자얽힘 실험설계, 실험수행, 시뮬레이션 및 결과 분석에서 주도적 역할을 수행함.</li> <li>• IF=20.6; mrnIF=97.46; citation=2 (google scholar).</li> </ul>
13	석박사통합	응집 물질 실험	저널 논문	<p>② 논문제목: Nanoscale manipulation of exciton-trion interconversion in a MoSe<sub>2</sub> monolayer via tip-enhanced cavity-spectroscopy</p> <p>③ 학술지명: Nano Letters</p> <p>④ 권(호), 페이지: 24(1), 279-286</p> <p>⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1</p> <p>⑥ 게재 연월: 2023.12.</p> <p>⑦ DOI 번호: 10.1021/acs.nanolett.3c03920</p> <p>◆ 연구내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 복합 구조에서 발생하는 PL 신호(exciton, trion)와 SPP 산란 신호의 공간적인 분포를 측정하고 이론 계산을 통해 금 나노와이어에서 발생하는 SPP 정상파가 전하 분포를 갖는 다극자 공명을 유도하여 접합된 반도체 물질에 전기적 도핑을 유도함을 밝힘. 그리고 탐침이 복합구조에 나노미터 수준의 거리로 인접하게 되면 탐침에서 발생한 높은 운동에너지를 갖는 열전자가 반도체 물질로 주입되어 trion 발생을 증가시키는 것을 확인했음. 마지막으로 나노와이어의 표면 전하분포가 탐침의 열전자와 전기적 상호작용을 일으켜 이를 exciton과 trion 형성 제어에 이용할 수 있음을 확인했음. 본 연구는 플라즈몬, 전자, 반도체 준입자 간 상호작용의 원리를 밝혀내고 이를 이용한 응용가능성을 제시하여 큰 의미가 있음. 상온, 상압 환경에서의 단일분자 측정은 작은 크기와 낮은 화학적 안정성으로 인해 측정의 난이도가 매우 높으며 측정 정밀도에 한계가 있음.</li> <li>• 본 연구에서는 매우 얇은 절연층으로 분자를 덮어 상온에서 안정적인 측정이 가능한 상태로 만들었으며, 탐침증강 나노현미경을 이용해 단일분자의 미세한 광(라만)신호를 측정하였음.</li> <li>• 측정한 라만 신호를 바탕으로 금 표면 위 단일분자가 주변 환경과 어떤 방식으로 상호작용을 하는지 분석함.</li> </ul> <p>◆ 대학원생 기여</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 학생은 탐침증강 나노현미경을 이용한 실험을 주도적으로 수행하여 2차원 반도체-플라즈몬 복합구조의 이미징과 분광신호를 측정하였음.</li> <li>• IF=9.6; mrnIF=90.45; citation=2 (google scholar).</li> </ul>
14	석박사통합	응집 물질 실험	저널 논문	<p>② 논문제목: Adaptive Gap-Tunable Surface-Enhanced Raman Spectroscopy</p> <p>③ 학술지명: Nano Letters</p> <p>④ 권(호), 페이지: 24(12), 3777-3784</p> <p>⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 2/2</p>

				⑥ 게재 연월: 2024.03. ⑦ DOI 번호: 10.1021/acs.nanolett.4c00289
				<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 연구내용</li> <li>• 기존의 표면증강 라만 분광법(SERS)은 고정된 간극 플라즈몬(GP) 공명으로 인해 좁은 스펙트럼 범위만 탐지 가능하여 화학적 분석에 한계가 있음.</li> <li>• 본 연구에서는 1차원(1D) 유연한 금(Au) 나노갭을 활용한 간극 가변형 SERS 플랫폼을 개발하여, 다양한 진동 모드를 선택적으로 증강하고 조절 가능하게 하였음. PET 기판의 기계적 굽힘을 통해 나노갭 폭을 조절하여, 공명 스펙트럼의 조정 범위를 약 1200 cm<sup>-1</sup>까지 확장할 수 있었음.</li> <li>• 특히, 적응형 광학 기법을 도입하여 자극 파면을 조절함으로써 SERS 신호 강도를 약 1.5배까지 추가적으로 향상시킴. 이 연구를 통해 유연한 나노갭 구조가 고속 의료 진단 및 대면적 생체 분자 감지에서 안정적인 성능을 발휘할 수 있음을 입증하였음.</li> <li>◆ 대학원생 기여</li> <li>• 학생은 새로운 방식의 SERS 기판을 제안하고, 라만증강률을 극대화할 수 있는 플라즈모닉 구조를 최적화하여 설계하고 이에 따른 라만증강률을 FDTD 시뮬레이션을 통해 계산했음.</li> <li>• IF=9.6; mrnIF=90.45; citation=2 (google scholar).</li> </ul>
	석박사통합	양자 광학	저널 논문	② 논문제목: Acoustic Resonance Tuning by High-Order Lorentzian Mixing ③ 학술지명: Nano Letters ④ 권(호), 페이지: 24(24), 7143-7149 ⑤ 공동저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1 ⑥ 게재 연월 2024.05. ⑦ DOI 번호 10.1021/acs.nanolett.4c00335
15				<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 연구내용</li> <li>• Optomechanical 시스템에서 고차 로렌츠 응답을 혼합함으로써 새로운 음향 공진 조정 방법을 제시함. 약하게 결합된 음파결정 공진기를 사용하여 2차 및 3차 로렌츠 응답의 결맞음 혼합을 달성.</li> <li>• 이는 공진의 대역폭과 피크 주파수를 미세하게 조정할 수 있는 가능성을 제공하며, 그 조정 범위는 장치의 음향 손실에 의한 밴드폭과 유사.</li> <li>◆ 대학원생 기여</li> <li>• 학생은 샘플의 공정과 디자인과 실험을 주도적으로 진행하였고 다른 공동저자의 도움을 받아 이론적 연구와 데이터 분석을 수행. 모든 학생 저자들은 논문의 작성과 데이터 분석에 기여함.</li> <li>• IF=9.6; mrnIF=90.45; citation=0 (google scholar).</li> </ul>
16	석박사통합	응집 물질 실험	저널 논문	② 논문제목: Field-Free Spin-Orbit Torque Magnetization Switching in a Single-Phase Ferromagnetic and Spin Hall Oxide ③ 학술지명: Nano Letters ④ 권(호), 페이지: 24(23), 7100-7107 ⑤ 공동저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1 ⑥ 게재 연월: 2024.05. ⑦ DOI 번호: 10.1021/acs.nanolett.4c01788
				◆ 연구내용

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 복합 산화물의 원자 수준 제어를 통해 고효율 자유장 (field-free) 스핀-오빗 토크 (SOT) 자화 전환 소재를 개발함.</li> <li>• 자성과 스핀 홀 효과가 동시에 나타나는 복합 산화물의 위쪽과 아래쪽 표면층의 원자 격자 구조를 미세하게 전략적으로 조절해 상하층 간 서로 다른 스핀 홀 효과를 내는 고효율의 SrRuO<sub>3</sub> 소자를 성공적으로 구현함.</li> <li>• 산화물 에피택시를 통해 새로운 SOT 메커니즘을 발견하고, 고효율 상온 단일 상 SOT 소재를 구현할 수 있는 새로운 연구 방향성을 제시함.</li> <li>◆ 대학원생 기여</li> <li>• 연구를 진행한 박막 시료의 설계 및 합성, 스핀-오빗 토크 (SOT) 기능성 검증을 주도적으로 진행.</li> <li>• IF=9.6; mrnIF=90.45; citation=0 (google scholar).</li> </ul>			
17	석박사통합		광학 저널 논문	<ul style="list-style-type: none"> <li>② 논문제목: Recent progress of exciton transport in two-dimensional semiconductors</li> <li>③ 학술지명: Nano Convergence</li> <li>④ 권(호), 페이지: 10(1), 57</li> <li>⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 2/2</li> <li>⑥ 게재 연월: 2023.12.</li> <li>⑦ DOI 번호: 10.1186/s40580-023-00404-3</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 연구내용</li> <li>• 엑시톤 운송분야는 최근에 각광받고 있는 분야로 많은 연구가 진행되고 있지만 각기 진행되고 있는 연구들을 정리한 논문들은 없었음.</li> <li>• 본 리뷰 논문에서는 엑시톤 운송분야에서 크게 연구되고 있는 분야를 나누고 각각 한계 및 도전방향을 제시함.</li> <li>◆ 대학원생 기여</li> <li>• 학생은 엑시톤 운송 분야의 연구들을 총망라하여 현재 연구의 한계 및 미래 방향을 설립하는데 주도적으로 기여함.</li> <li>• IF=13.5; mrnIF=93.82; citation=4 (google scholar).</li> </ul>			
18	석박사통합		통계 저널 논문	<ul style="list-style-type: none"> <li>② 논문제목 Viscoelastic active diffusion governed by nonequilibrium fractional Langevin equations: Underdamped dynamics and ergodicity breaking</li> <li>③ 학술지명: CHAOS SOLITONS &amp; FRACTALS</li> <li>③ 학술지명: CHAOS SOLITONS &amp; FRACTALS</li> <li>④ 권(호), 페이지: 177, 114288</li> <li>⑤ 공동주저자 중 대표업적물 제출 참여대학원생 수: 1/1</li> <li>⑥ 게재 연월: 2023.12.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 연구내용</li> <li>• 점탄성 환경에 놓인 액티브 입자의 동역학을 기술하는 액티브 일반 랑제빈 방정식을 최초로 제안하였고 이 모델의 동역학 및 에르고딕 성질을 해석학적, 수치적으로 연구함. 점탄성 세기는 메모리 함수에 들어가는 멱함수의 허스트 인덱스로 주어지며 액티브 입자의 지속 메모리 성질과 매질의 점탄성의 메모리가 피드백으로 들어갈 때 나타나는 비정상 동역학 및 에르고딕 성질을 최초로 연구함.</li> <li>• 입자의 확산 동역학은 액티브 입자의 메모리 시간, 점탄성 허스트 인덱스, 시스템의 이너샤 시간에 따라 다양한 동역학이 나타날 수 있음을 이론적으로 발견함. 하이퍼 디퓨전부터 슈퍼, 서브 디퓨전이 나타날 수 있을 뿐 아니라 점탄성 유체가 특정 점탄성 인덱스를 넘어가면 피드백 효</li> </ul>			

<p>과에 의해 로그 타입의 확산 혹은 확산제로 상태가 될 수 있음을 발견함. 특히 메모리가 존재하는 시스템에서는 액티브 동역학의 이상블 평균과 타임 평균이 다름을 발견하였고 에르고딕 깨짐 현상을 확인함.</p> <p>◆ 대학원생 기여</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 학생은 액티브 노이즈가 포함된 비평형 일반 랑제빈 방정식을 해석학적, 수치적으로 풀고 이 시스템의 동역학, 통계 및 에르고딕 성질을 정량적으로 연구하는데 핵심적 역할을 하였음.</li> <li>• IF=5.3; mrnIF=98.31; citation=4 (google scholar).</li> </ul>				
총 참여대학원생 수	석사	1	제출량	18
	박사	5		
	석박사통합	198		
	계	204		

✓ 대학원생 연구 수월성 증진 목표

■ 목표 1: 자기주도 연구환경 조성.  
 ■ 목표 2: 혁신적 연구동기 부여.  
 ■ 목표 3: 연구 소통 능력 강화.

○ 목표 1: 자기주도 연구환경 조성

[계획]

- 대학원생 주도 전문가 초청 세미나 운영.
- 국제 학술대회 교내 개최 확대.
- 대학원생 주도의 분야별 저널클럽 활성화.
- '1st Paper Award' 제도 운영.
- 국제학회 발표 대학원생에 참가 여비 지원.
- 'BK21 Young Physicist Workshop' 지속 운영.
- 학제간, 전공 간 활발한 교류를 통한 통합적 연구역량 강화.
- 대학원생의 국제적 연구능력 배양.

[실적]

- BK 참여 교수 주관 국제 학술 대회 교내 개최 4건.

학술대회명	주관 기관	기간	호스트
Integrability, Duality and related topics 2023	POSTECH, APCTP	2023.10.29 - 2023.11.04	
The 1st International Conference on Prospective Quantum Technology: Science and Applications	POSTECH	2023.11.01 - 2023.11.03	
28th APCTP Winter School on Fundamental Physics	POSTECH, APCTP	2024.01.24 - 2024.02.02	
The 5th International Workshop on Scanning Probe Microscopy	POSTECH, APCTP	2024.08.28 - 2024.08.30	

- 응집물질물리, 생물물리/복잡계, 양자/나노광학, 고에너지이론물리 등 4개 분야별로 매 학기 저널클럽 운영.
- '1st Paper Award' 11명 수상.
- 국제학회 발표 참가 대학원생 총 2,303만원 지원 (11건).



논문당 평균 IF	10.48	8.26
-----------	-------	------

- 이들 논문들의 IF 영향력 지수인 mrnIF 평균이 아래 표에서 보듯이 기초연구과제 및 정부 R&D 대비 매우 높음. mrnIF가 JCR category 별 IF 순위를 반영한 지수임을 고려할 때 전체 논문과 주저자 논문 평균 mrnIF는 각각 83.82와 78.06으로 이는 국제저명학술지 상위 16%와 22%에 해당할 정도로 우수함. 이는 지난 평가시(2020.9.1.~2023.2.28) 2년 반 동안 총 논문 수 104편(연평균 41.6편), 주저자 논문 수 60편(연평균 24편)과 각각의 논문 당 평균 mmIF 전체 78.90, 주저자 76.99와 비교하여도 논문 수의 증가 뿐만 아니라 질적으로도 향상됨.

항목	포스텍 물리교육연구단		기초연구과제(18)	정부 R&D(18)
	전체 논문	주저자 논문		
논문 수	52	37	27,551	41,143
논문당 평균 mrnIF	83.82	78.06	65.12	63.83

- Q1 저널과 mrnIF 90 이상 (상위 10%) 저널에 실린 논문으로 본 질적 우수성.
- 지난 1년간 출간된 전체 논문의 73.1%, 주저자 논문의 73.0%가 Q1 저널에 게재되었고, 전체 논문의 55.8%, 주저자 논문의 48.6%가 mrnIF 90 이상의 저널에 게재되는 등 참여대학원생의 논문실적이 질적으로 매우 우수함. 이 또한 지난 평가시 Q1 저널 전체 62.5%, 주저자 56.7%, mrnIF 90 이상 전체 50.0%, 주저자 40.0% 에 비해서도 크게 향상됨.

항목	Q1 저널		mrnIF 90 이상 저널	
	논문 수	백분율	논문 수	백분율
전체 논문	38/52	73.1%	29/52	55.8%
주저자 논문	27/37	73.0%	18/37	48.6%

- 환산 보정 ES 와 환산 보정 IF 로 본 논문의 질적 우수성.
- 지난 1년 출간된 환산논문 14.14편의 1편당 환산 보정 ES 는 2.226 (2.022) 로 매우 높은 편임. JCR category 별 상위 20% 저널의 ES 평균 수치로 나눈 값이 개별 저널의 보정 ES이므로 교육연구단 참여 대학원생 논문이 지난 1년간 상위 20% 이상의 국제저명학술지에 꾸준히 게재되었다는 의미하며, 이 또한 지난 평가시 2.022에 비해서도 10% 가량 향상됨.

- 대학원생 연구 수월성 증진 계획 대비 논문 실적.
- 2020 선정 평가 시 계획: 졸업생 중 주저자로 mrnIF 90 이상 학술지 발표자 비율을 현 27%에서 35%로 BK21 FOUR 기간 동안 30% 증가.
- 지난 1년간 졸업생 16명 중 주저자로 mrnIF 90 이상 학술지 발표자(7명) 비율은 44%로 계획 대비 1.47배 대학원생 연구 수월성이 증진됨.

○ 참여 대학원생 대표 실적 및 그 상세 내용

- 선정 기준 : 포스텍 물리 교육연구단의 연구인력 양성 목표에 기반하여 수월성 위주로 선정.
- Q1 저널에 게재된 참여 대학원생이 주저자인 논문 중 mrnIF 90 (Physical Review Letters급) 이상 저널에 게재된 논문은 총 18편으로 이는 전체 주저자 논문 37편의 48.6%에 해당하며, 게재된 저널명과 편수는 아래와 같음.

• 주저자 mrnIF 90 이상 주요 논문 18편

Advanced Materials	1 편
ACS Nano	2 편
Nature Communications	1 편
Advanced Science	1 편
Physical Review X	1 편
Physical Review Letters	4 편
Light: Science & Applications	2 편
Nano Letters	4 편
Nano Convergence	1 편
Chaos, Solitons & Fractals	1 편

② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

<표 2-5> 평가 대상 기간(2023.9.1.-2024.8.31.) 내 참여대학원생 국제 학술대회 발표실적 24건

연번	학위과정 (석사/박사 /석박사통 합)	참여대 학원생 성명	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용
1	석박사통합		구두	② 논문제목: Direct Observation of Acoustic Shape Deformation of Gold Nanorods via Localized Surface Plasmon Control
				③ 학술대회명: IMC20
				④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
				⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 20230910 (대한민국)
2	석박사통합		구두	② 논문제목: Adaptive randomized measurement: a practical route to achieve scientific discovery from quantum simulations
				③ 학술대회명: APS March meeting 2023
				④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
				⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 20230306 (미국)
3	석박사통합		구두	② 논문제목: Tip-enhanced nano-spectroscopic modulator for single quantum dots
				③ 학술대회명: ISPSA 2024
				④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
				⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 20240602 (대한민국)

4	석박사통합	구두	② 논문제목: Direct observation of photoinduced ultrafast melting in metallic glass nanoparticles with XFEL single-pulse imaging
			③ 학술대회명: 2024 American Physical Society March Meeting
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 20240304 (미국)
5	석박사통합	구두	② 논문제목: Direct Observation of Localized Surface Plasmon-Induced Ultrafast Melting in Au nanorod
			③ 학술대회명: The 7th International Conference on Advanced Nanoparticle Generation and Excitation by Lasers in Liquids (ANGEL)
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 20240525 (미국)
6	석박사통합	구두	② 논문제목: XFEL single-pulse time-resolved imaging of ultrafast melting in Au nanorod
			③ 학술대회명: 16th International Conference on X-Ray Microscopy (2024 XRM)
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 20240812 (스웨덴)
7	석박사통합	구두	② 논문제목: Nanoscale X-ray Tomography of Mesoporous Particle Improved via Adaptive Multidistance Coherent Diffraction Imaging
			③ 학술대회명: APS March Meeting 2024
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 20240304 (미국)
8	석박사통합	구두	② 논문제목: Enhanced cavity magnonics with easy-axis ferromagnet and topological insulators
			③ 학술대회명: APS March Meeting 2024
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 20240303 (미국)

9	석박사통합	구두	② 논문제목: Direct Investigation of Ultrafast Charge Density Wave (CDW) Dynamics in Kagome Metal, Through Time-resolved X-ray Scattering ③ 학술대회명: APS March Meeting 2024 ④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1 ⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 20240303 (미국)
10	석박사통합	구두	② 논문제목: Estimating Heterogeneous persistence length of Bio-filaments based on deep-learning technique: tool development and applications ③ 학술대회명: Integrating Synthetic Biology and Single Molecule Biophysics: A Cross-Disciplinary Workshop for Advancing Biotechnological Applications ④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 2 ⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 2024년 6월, Surrey, 영국
11	석박사통합	구두	② 논문제목: Unveiling Diffusion States of CRISPR-Cas9 Complex: A Machine Learning Approach ③ 학술대회명: Integrating Synthetic Biology and Single Molecule Biophysics: A Cross-Disciplinary Workshop for Advancing Biotechnological Applications ④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1 ⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 2024년 6월, Surrey, 영국
12	석박사통합	포스터	② 논문제목: Deterministic control of electron density in atomically thin semiconductor ③ 학술대회명: ISPSA 2024 ④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1 ⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 2024년 06월, 대한민국
13	석박사통합	포스터	② 논문제목: Modification of Localized Surface Plasmon Resonance in Liquid via Conductive Atomic Force Microscopy ③ 학술대회명: ISPSA 2024 ④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1 ⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 2024년 06월, 대한민국
14	석박사통합	포스터	② 논문제목: Cavity magnonics with easy-axis ferromagnet: critically enhanced magnon squeezing and light-matter interaction ③ 학술대회명: APS March Meeting 2024 ④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1 ⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 20240304 (미국)

15	석박사통합	포스터	② 논문제목: Dyakonov-Perel-like Orbital and Spin Relaxations in Centrosymmetric Systems
			③ 학술대회명: International Conference on Magnetism 2024
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 20240630 (이탈리아)
16	석박사통합	포스터	② 논문제목: All-optical control of high-purity trions in nanoscale waveguide
			③ 학술대회명: ISPSA 2024
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 2024년 06월 (한국, 제주)
17	석박사통합	포스터	② 논문제목: Tip-induced nanoscale oxidation of graphene in aqueous media
			③ 학술대회명: Nanophotonics and Micro/Nano Optics International Conference 2023
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 2023년 11월 (스페인)
18	석박사통합	포스터	② 논문제목: Deterministic control of electron density in atomically thin semiconductor
			③ 학술대회명: Nanophotonics and Micro/Nano Optics International Conference 2023
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 2023년 11월 (스페인)
19	석박사통합	포스터	② 논문제목: Optical and electrical control of nanoscale metal-semiconductor tunnel junction
			③ 학술대회명: Nanophotonics and Micro/Nano Optics International Conference 2023
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 2023년 11월 (스페인)
20	석박사통합	포스터	② 논문제목: Modification of Localized Surface Plasmon Resonance in Liquid via Conductive Atomic Force Microscopy
			③ 학술대회명: Nanophotonics and Micro/Nano Optics International Conference 2023
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 2023년 11월 (스페인)
21	박사과정	포스터	② 논문제목: Polarization-optimized tip-enhanced strong coupling in single quantum dots
			③ 학술대회명: Nanophotonics and Micro/Nano Optics International Conference 2023
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 2023년 11월 (스페인)

22	석박사 통합	포스터	② 논문제목: Maximum load on a motor protein
			③ 학술대회명: The 13th International Conference on Advanced Materials and Devices (ICAMD2023)
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 2023년 12월 (대한민국)
23	석박사통합	포스터	② 논문제목: Adaptive randomized measurement
			③ 학술대회명: 54th Annual Meeting of the APS Division of Atomic, Molecular and Optical Physics
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수: 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 20230607 (미국)
24	석박사통합	포스터	② 논문제목: Tracking and single-trajectory analysis of transport dynamics of SCOTIN condensates on ER network in living cells
			③ 학술대회명: The 13th International Conference on Advanced Materials and Devices (ICAMD2023)
			④ 공동주저자 중 발표실적 제출 참여대학원생 수 1
			⑤ 발표연월 및 장소(도시, 국가): 2023년 12월, 대한민국

○ 참여대학원생 학술대회 전체 발표실적 및 대표 실적 요약

- 평가 대상 기간(2023.9.1.-2024.8.31.) 참여대학원생 학술대회 발표실적(〈표 2-5〉 참고).
  - 참여대학원생 총 204명 (석박사통합 198명, 박사 5명, 석사 1명), 학술대회 실적 총 56건 (구두 29건, 포스터 27건).
  - 국제 학술대회 발표실적 24건 (구두: 11건, 포스터: 13건).
- 대표 연구 업적물 성과.
  - 선정기준: 포스텍 물리교육연구단이 연구인력 양성 목표에 기반하여 연구내용의 혁신성과 발표의 우수성 위주로 선정.
  - 대표 연구 업적물환산 졸업생 수 (석박사통합 + 박사 + 석사×1/2) 203.5명의 1%에 해당하는 2편의 학술대회 발표 실적을 대표 실적으로 선정 (아래 참고).
- 대표 연구 업적물의 교육연구단 비전과 목표와의 부합성.
  - 본 교육연구단의 비전: 탄탄한 기초실력으로 지식의 한계를 확장할 신진과학자 육성.
  - 본 교육연구단 연구 목표: '혁신적인 연구', '함께하는 연구', '포스텍 플래그십 연구'.
  - 대표업적물의 연구 내용은 모두 '새로운 개념 제시'와 '새로운 현상 최초 구현' 한 경우로, '지식의 한계 확장'이라는 비전과 <혁신적인 연구>라는 본 교육연구단의 연구 목표에 부합함.

- (통합과정).

◇ 발표제목: Tip-induced nanoscale oxidation of graphene in aqueous media

◇ 2023년 Nanophotonics and Micro/Nano Optics International Conference에서 발표.

(연구결과, 창의성)

· 액상 환경에서 그래핀과 금속 탐침의 레이저 유도 화학 반응을 통해 나노미터 수준에서 산화 그래핀을 생성하고 이를 동시에 관측할 수 있음을 확인. 기존에는 화학 공정을 통해서만 가능했던 산화 그래핀의 합성을 리소그래피 방식으로 구현 가능함을 입증. 또한, 물과 광화학 반응만을 이용하여 복잡한 화학 공정을 거치지 않으며, 나노 단위 패터닝이 가능함을 보임.

(전공분야기여)

· 이전 연구들은 탐침을 활용한 산화 그래핀의 환원만을 제시했으나, 본 연구를 통해 산화와 환원 반응을 가역적으로 유도할 수 있게 됨. 이를 통해 그래핀 기반의 나노회로 및 소자 제작에 적용 가능할 것으로 기대함.

- (통합과정).

◇ 발표제목: Self-induced Dynamics of the Squeezed Boson

◇ 2024년 봄 한국물리학회 학술대회에서 발표, 우수 발표상 수상, '새로운 종류의 Berry curvature 현상 제시'.

(연구결과, 창의성)

· Fermion 입자에 작용하는 Berry curvature 효과는 실험으로 여러 맥락에서 관측된 반면 boson 입자에 작용하는 Berry curvature 효과는 실험 관측이 미미함. 포논, 마그논 등의 boson 입자에 작용하는 Berry curvature 효과가 쉽게 실험 관측이 될 수 있도록 하는 방법 고안.

(전공분야기여)

· 포논, 마그논 입자의 수송이 Berry curvature에 의해 흥미로운 특성을 지니는 상황을 만들어 내기가 용이해서 boson 입자에 대한 Berry curvature 효과에 대한 학계 연구를 활발하게 만드는 효과가 기대됨.

### ③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

〈표 2-6〉 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 등 실적

연번	학위과정 (석사/박사/ 석박사통합)	참여대 학원생 성명	실적구분	특허, 기술이전, 창업 등 실적 상세내용
1	석박사통합		단독 특허등록 (대한민국)	발명자: [redacted]
				발명명칭: 광학 신호 기록 방법 및 매체
				등록번호: 10-2589324 등록일: 2023-10-10
2	석박사통합		단독 특허등록 (대한민국)	발명자: [redacted]
				발명명칭: 광섬유와 광도파로간 결합기, 그리고 이를 포함하는 광 집적회로
				등록번호: 10-2616266 등록일: 2023-12-15
3	석박사통합		단독 특허등록 (대한민국)	발명자: [redacted]
				발명명칭: 탐침 증강 현미경의 분석 방법 및 탐침 증강 현미경
				등록번호: 10-2619577 등록일: 2023-12-26
총 참여대학원생 수			석사	1
			박사	5
			석박사통합	198
			계	204

○ 포스텍 물리교육연구단 참여대학원생의 평가 기간내의 특허 등록 및 출원 실적

- 평가 기간 중에 참여대학원생이 참여한 3건의 특허를 등록함. (2020.9.1.-2023.2.28. 특허 0건 등록).
- 평가 기간 중에 참여대학원생이 참여한 19건의 특허를 출원함. (2020.9.1.-2023.2.28. 특허 6건 출원).
- 특허 교육 및 지원의 효과로 기초과학 연구의 결과물에서 특허 출원하는 선순환 구조가 확립됨.
- 참여대학원생의 대상 기간 특허 실적은 괄목할 만한 성장세를 보임. 특허 등록이 없었던 지난 성과평가와 비교하여 출원 중이었던 6건 중 3건의 특허가 등록되었음. 평가 기간 1년 동안 총 19건의 특허가 출원되어 향후 특허 등록 실적이 계속 증가할 것임. 앞으로 이런 성장세가 유지될 수 있도록 특허 교육과 출원/등록 전반의 과정에 지원을 지속할 예정임.

4. 신진연구인력 현황 및 실적

<표 2-7> 교육연구단 신진연구인력 현황

(단위: 명)

구분	신진연구인력 수		
	평가 대상 기간 내 총 인원 수	총 참여 개월 수	1인당 평균 참여 개월 수
박사후 과정생	4	23	5.75
계약교수	0	0	0
계	4	23	5.75

① 우수 신진연구인력 확보 및 지원 실적

✓ 우수 신진연구인력 확보 전략

- 전략 1: 플래그십 연구단 주축 적극적 홍보 활동 및 유치.
- 전략 2: 신진연구자 주도형 융복합 연구 지원.
- 전략 3: 연구집중형 환경 보장을 위한 연구단의 제도 확립.

○ 전략 1: 플래그십 연구단 주축 적극적 홍보 활동 및 유치

- 안정된 연구 기반을 활용한 유치 홍보 및 공동 소속 연구원 채용.

[계획]

- 국제적 인지도를 보유한 기관의 인재 유치 시 물리교육연구단 공동 지원 장려.
  - 물리교육연구단 및 아태이론물리센터 (APCTP) 공동 소속 신진연구원 채용.
- 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK), 기초과학연구원 (IBS), 선도연구센터 (SRC)의 경쟁력 있는 연구 기반 홍보, 교육연구단의 신진연구 인력 유치에 활용.
  - 교육연구단의 지원을 통한 신진연구원 추가 채용.

[실적]

- 평가 대상 기간(2023.9.1.-2024.8.31.)내 4명의 박사후연구원을 물리교육연구단 소속으로 채용하였음.
  -
- 아태이론물리센터 (APCTP), 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK), 기초과학연구원 (IBS) 등과 물리교육연구단 공동 지원을 통한 신진연구인력 확보는 예산 및 규정상의 문제로 큰 진척이 없음.
- 새롭게 시작하는 선도연구센터 (SRC)와 물리교육연구단 공동 지원을 통한 신진연구인력 확보에 관해 논의 중임.

- 국제학회 및 학술교류 행사를 활용한 적극적 홍보.

[계획]

- 국제학술회의 진행 시 해외 대학원생 발표 장려 포스텍 물리교육연구단 홍보.
- 연중 신진연구인력 풀 및 채용 예정 인원 선조사로 장기적인 계획으로 대체.
- 국내외 연구자 상호 교류 (초청 방문 및 연구자 해외 파견) 시 적극적인 탐색 및 홍보.

[실적]

- 대학원생의 국제학술대회 참여(24건)를 통한 물리교육연구단 홍보는 어느 정도 진척이 있는 상황임.
- 더 많은 국제학술대회에서 대학원생 발표의 활성화 및 신진연구인력 확보를 위한 홍보활동을 적극적으로 지원할 예정임.

○ 전략 2: 신진연구자 주도형 융복합 연구 지원 (연구 환경 개선 및 기회 확대)

- 포스텍 물리교육연구단 'POSTECH Young Fellow'제도 운영.

[계획]

- 독창적인 연구내용 및 능력을 보이는 신진연구자를 물리교육연구단 Young Fellow로 선발.
- 정부출연 연구소의 'Star Post-doc'에 상응하는 높은 수준의 연봉 제공.
- 두 명 이상의 연구 지도교수를 선택해서 융복합 연구 활동 권장.
- 본인이 희망하는 경우 전공과 직접 관련된 과목 강의 허용 - 학과 교육위원회 심의.
- 해당 연구 지도교수 및 학생의 동의 시 대학원생 연구 지도 허용.

[실적]

- 평가 대상 기간에 고려한 후보자 중에서 Young Fellowship 해당자 없음.
- 계속해서 경쟁력 있는 후보자 발굴을 위한 노력을 진행하기로 함.

- 연구자 주도 융복합 연구 장려 및 제도적 보장.

[계획]

- 신진연구자가 융복합 연구를 희망하는 경우 복수의 연구 지도교수 허용.
- 물리교육연구단에서 신진연구자의 연구행정 지원 및 연구 활동비 일부 지원.
- 복수의 연구실이 보유한 연구 시설 및 각종 인프라 활용 보장 - 연구단 관리.

[실적]

- 평가 대상 기간에 융복합 연구를 희망하는 후보자가 없었음.
- 적절한 대상자가 있으면 융복합 연구를 적극적으로 지원하기 위해 노력함.

- 신진연구자 주도 리더십 양성.

[계획]

- 연구교수의 개별적 연구과제 지원을 적극 권장하고 행정적인 지원 제공.
- 개인 연구과제 수행의 자율성 보장.
- 관련 기관 연구인력과의 공동연구 장려.
  - 연구 지도교수 외에 학과 석학교수, 교내의 연구소와 공동연구 장려.
  - 교내 연구소: 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK), 아테이론물리센터 (APCTP), 기초과학연구원 (IBS), 포항가속기연구소 (PAL) 등.
- 국제학회 발표 및 학술교류 활동 지원.
  - 국제적 수준의 연구 소양과 인적 네트워크를 키우고 최신의 연구 정보를 접하도록 장려.

[실적]

- 평가 대상 기간 동안 관련 실적 없음.
- 계속해서 신진연구자가 주도적으로 리더십을 키울 수 있도록 적극 권장하고 행정 지원을 제공할 예정.

○ 전략 3: 연구집중형 환경 보장을 위한 연구단의 제도 확립

- 걱정 급여 및 안정된 생활 환경 제공을 통한 건강한 연구 환경 보장.

[계획]

- 포스텍 물리교육연구단에서 제공하는 급여 및 연구 활동비 지원.
- 연구원 전용 숙소 제공 및 Foreign Assistant 제공, 개인 연구활동비 지원.
- 연구 설비와 집기 및 전용 컴퓨터가 갖추어진 사무실 공간 (1인당 면적 9 m<sup>2</sup>) 제공.
- 연구집중환경 구축을 위해 교육연구단에서 개별 신진연구원 행정 지원.

[실적]

- 외국인 박사후연구원 전용 숙소 (POSVILLE) 제공 (1건).
- 박사후연구원 모두에게 전용 사무 공간 제공 중임.

- 개인의 연구역량 증진 활동 권장.

[계획]

- 대학의 '포스텍 펠로우십' 수혜를 위한 교육연구단의 적극적 유치 활동 - 펠로우십 지원 행정적 지원.
- 체계적인 인센티브 지급 계획 수립.
- 국제 학술회의 논문 발표 권장 - 출장비 지원.

[실적]

- 대학 펠로우십 선정: 4명 박사후연구원
  - 사업명: 포스텍 박사후연구원 (PIURI) 펠로우십.
  - 펠로우십의 목적: 우수 박사후연구원을 선정해 연구 및 혁신의 유니콘이 될 수 있도록 지원.
  - 박사후연구원(지도교수: ) 펠로우십 수여 (2022. 09. 01 ~ 2024. 08. 31).
  - 박사후연구원(지도교수: ) 펠로우십 수여 (2023. 03. 01 ~ 2024. 02. 29).
  - 박사후연구원(지도교수: ) 펠로우십 수여 (2023. 03. 01 ~ 2024. 02. 29).
  - 박사후연구원(지도교수: ) 펠로우십 수여 (2024. 03. 01 ~ 2026. 02. 28).
  - 펠로우십 금액: 2년 최대 7,500만원 지원.
- 평가를 통한 체계적인 인센티브 지급.
  - 신진 연구 인력의 연구 실적 점수는 논문의 IF, 주저자 여부, 논문상 수상 여부, 언론홍보 여부를 토대로 산출됨.
  - 매년 연구업적과 수행능력을 평가하여 급여에 차등 반영.
  - 연구 실적을 점수화하여 6개월 이상 재직한 신진 연구 인력 중 연구 실적이 있는 모든 신진 연구 인력에게 연구 실적 점수에 비례하여 인센티브 차등 지급 (17.5~110만원, 최대 6.4배차).
  - 6개월 이하 재직 또는 연구 실적이 없는 신진 연구 인력에게는 인센티브 지급하지 않음.
  - 4차년도(2023.3.1.~2024.02.29.) 박사후연구원 2명에 대해서는 평가를 통해 인센티브 집행.
  - 5차년도(2024.3.1.~2025.02.28.) 신진 연구 인력(2명)의 연구 실적 평가 후 인센티브 집행 예정.
- 평가 대상 기간에 국제 학술회의 참가 실적 없음. 추후 국제 학술회의의 논문 발표 적극 권장할 예정.

신진연구인력 지원 제도 계획 및 실적

○ 신진연구인력 확보 목표 설정 및 추진

[계획]

- 신진연구자 채용 계획 수립.
  - 연구교수 1~2명 및 박사 후 연구원 4~5명 유지.
  - 본 교육연구단 예산의 20% 정도를 신진연구인력 지원 예산으로 편성.

[실적]

- 4단계 BK21 신청서 예산 대비 물리교육연구단 예산 삭감 (전국 6개 교육연구단 일괄 24% 삭감), 포스텍 대학원생 장학금 기준 인상 (30만원/월) 및 BK21 물리교육연구단 대학원생 인건비 최소 기준 (60% 이상) 등으로 인해 기존 목표 유지가 불가능해짐.
- 장기적으로 박사후연구원 2명 및 연구교수 1명을 유지하는 것으로 목표를 수정.
- 4차년도(2023.3.1.~2024.2.29.)에는 연구교수 없이 박사후연구원 2명을 지원하였음.
- 5차년도(2024.3.1.~2025.2.28.)에는 연구교수 없이 박사후연구원 2명을 지원 중임.
- 자체평가 대상기간(2023.9.1.~2024.8.31.) 동안, 연구교수 없이 박사후연구원 4명을 지원하였음.

### ○ 신진연구인력 선발 절차 투명화

#### ■ 공개 채용 절차.

- 매년 1회 정기적으로 공개 채용 절차를 통해 신진연구인력 채용 예정.
- 자체평가 대상 기간 동안 2회 채용 공고 및 채용 진행.
- 채용 전 4주 이상 공고.
  - 포스텍 물리학과, 포스텍 물리교육연구단 홈페이지에 채용 공고 게시.
  - 채용 공고 네트워크 (PHYS-JOB\_KOREA, 하이브레인넷, Physics Today 등 해외 저널 등) 활용.
- 신청 간소화: 인터넷을 통한 간편한 서류 접수.
- 외부 지원자의 편의를 위해 채용 공고 후 서류 마감까지 최소 1개월 이상 유지.

#### ■ 투명한 채용 심사.

- BK21 FOUR 운영위원회에서 신진연구인력 지원 서류 심사.
- 심사 원칙: (i) 수월성, (ii) 포스텍 물리교육연구단 참여교수와의 공동연구 가능성.
- 박사후연구원의 경우 참여 교수별로 추천을 받은 후 연구 실적이 우수한 자를 선발.
- 포스텍 대학원 출신 연구원의 비율이 일정 이하가 되도록 추진 (50%)
- 추천된 대상자는 운영위원회의 심사과정을 거쳐 채용.
- 연구교수의 선발은 포스텍 학칙과 인사규정, 본 물리교육연구단 운영지침에 의거 선발.

### ○ 인건비 지원 실적

- 박사후연구원: 연봉 45,600 만원 + 4대 보험 + 퇴직금 지원.
- 계약교수: 연봉 54,000 만원 지원 + 4대 보험 + 퇴직금 지원.
- 1차 신진연구인력 선발 (2021.03.~2022.02) 시 박사후연구원 2인 선발.
- 2차 신진연구인력 선발 (2022.03.~2023.02) 시 박사후연구원 3인 선발.
- 3차 신진연구인력 선발 (2023.03.~2024.02) 시 박사후연구원 2인 선발.
- 4차 신진연구인력 선발 (2024.03.~2025.02) 시 박사후연구원 5인 선발.
  - 박사후 연구원 (계약기간: 2024.03.~2025.02).
  - 박사후 연구원 (계약기간: 2024.03.~2025.02).
  - 박사후 연구원 (계약기간: 2024.09.~2025.08).
  - 박사후 연구원 (계약기간: 2024.09.~2025.08).
  - 박사후 연구원 (계약기간: 2024.09.~2025.08).
- 자체평가 대상기간 (2023.09.~2024.08) 박사후연구원 4인의 인건비 지원.
  - 박사후 연구원 (계약기간: 2022.03.~2024.02).

- 박사후 연구원 (계약기간: 2023.01.~2024.02).
- 박사후 연구원 (계약기간: 2024.03.~2025.02).
- 박사후 연구원 (계약기간: 2024.03.~2025.02).

○ 성과급 지급 계획

- 체계화된 성과급 제도 확립.
  - 우수 신진연구인력 인센티브 제도에 따라 체계화적으로 성과급지급 예정 (년 1회 최고 200만원).
  - 신진연구인력의 연구 실적은 논문의 IF, 주저자 여부, 논문상 수상 여부, 언론홍보 여부로 산출.
  - 연구 실적을 점수화하여 6개월 이상 재직된 신진연구인력 중 연구 실적이 있는 모든 신진연구인력에게 연구 실적 점수에 비례하여 인센티브 지급.
  - 6개월 이하 재직 또는 연구 실적이 없는 신진연구인력에게는 인센티브 지급하지 않음.
  - 자체평가 대상기간 동안 최소 17.5만원, 최대 110만원 지급.

○ 연구 및 학술활동 지원 실적

- 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK), 아태이론물리센터 (APCTP), 기초과학연구소 (IBS), 포항가속기 연구소 (PAL) 등 포스텍 인근 국제 연구소와 협동 연구를 통해 국제적 수준의 연구 소양과 인적 네트워크를 키우고 최신 연구정보를 항상 접할 수 있는 기회 제공.
- 국내·외 우수 대학의 교원, 정부 및 민간 연구소의 연구원으로 진출하도록 적극 도우며 이들과 지속적인 연구협력 관계를 이어 나가도록 지원.
- 매년 연구업적과 수행능력을 평가하여 급여에 차등 반영.

○ 신진연구인력 활용 실적

- 박사후연구원.
  - 학위: 이학박사 (서울대학교).
  - 근무기간: 2022. 03. 01 ~ 2023. 02. 28.
  - 공동연구 수행 인력: 교수.
  - 공동연구 논문: 주저자로 1편의 논문 발표.
    - "Dual-species Bose-Einstein condensates of  $^{23}\text{Na}$  and  $^{41}\text{K}$  with tunable interactions," Physical Review Research 6(1), 013183 (2024. 04).
- 박사후연구원.
  - 학위: 이학박사 (POSTECH).
  - 근무기간: 2023. 01. 20 ~ 2024. 01. 19.
  - 공동연구 수행 인력: 교수.
- 박사후연구원.
  - 학위: 이학박사 (숭실대학교).
  - 근무기간: 2024. 03. 01 ~ 2025. 02. 28.
  - 공동연구 수행 인력: 교수.
- 박사후연구원.
  - 학위: 이학박사 (Univ of Calcuta, India).
  - 근무기간: 2024. 03. 01~2025. 02. 28.
  - 공동연구 수행 인력: 교수.
  - 공동연구 논문: 주저자로 2편의 논문 발표.
    - "W(0,b) algebra and the dual theory of 3D asymptotically flat higher spin gravity,"

Physical Review D 109(6), 66002 (2024. 03).

- "Krylov complexity of deformed conformal field theories," Journal of High Energy Physics 2024(8), 53 (2024. 08).

② 우수 신진연구인력의 대표 연구 실적

<표 2-8> 평가 대상 기간(2023.9.1.-2024.8.31.) 내 신진연구인력 대표 연구 실적

연번	구분	성명	참여 시작일	실적구분	대표 연구 실적 상세내용
1	박사후 과정생		2024.3.1.	저널논문	② 논문제목: $W(0,b)$ algebra and the dual theory of 3D asymptotically flat higher spin gravity
					③ 학술지명: Physical Review D
					④ 권(호), 페이지: 109(6), 066002
					⑤ 게재 연월: 24/03
					⑥ DOI 번호: 10.1103/PhysRevD.109.066002
					<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구결과, 창의성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3차원 비대칭적으로 평탄한 고차 스핀 중력을 연구하며, 이에 해당하는 <math>W(0,b)</math> 대수를 도입하고 분석함.</li> <li>- 주요 결과로, <math>W(0,-1)</math> 및 <math>W(0,-2)</math> 대수는 스핀-3 중력 이론의 비대칭적 경계 조건에서 하위 대수로 나타난다는 것을 보였음.</li> <li>- 또한, Chern-Simons/Wess-Zumino-Witten 대응을 사용하여 고차 스핀 중력 이론의 이중 경계 필드 이론을 구성했음.</li> <li>- (창의성) 고차 스핀 중력과 대칭 대수 사이의 독창적인 연결을 탐고하고 새로운 이론적 특을 제시함.</li> <li>- (비전부합성) 비대칭적 평탄 공간에서 고차 스핀 중력을 다루는 현대 이론 물리의 중요한 문제를 해결하고, 향후 연구의 기초를 마련함.</li> </ul> </li> <li>• 신진인력 기여 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 박사는 고차 스핀 중력 이론의 경계 이론을 구성하는 데 중요한 역할을 했으며, Chern-Simons와 Wess-Zumino-Witten 대응을 통해 이를 유도하는 과정에 기여하였음.</li> <li>- 기존 이론틀을 넘어, 비대칭적 평탄 공간의 고차 스핀 중력 이론에서의 대칭성을 명확히 규명하는 데 기여함.</li> <li>- IF 4.6, citation 1회 (Google scholar).</li> </ul> </li> </ul>
2	박사후 과정생		2024.3.1.	저널논문	② 논문제목: Krylov complexity of deformed conformal field theories
					③ 학술지명: Journal of High Energy Physics
					④ 권(호), 페이지: 2024(6), 53
					⑤ 게재 연월: 24/08
					⑥ DOI 번호: 10.1007/JHEP08(2024)053

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구결과, 창의성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2차원 등각장이론에 대한 TT, JT, 및 JJ 변형의 크릴로프 복잡도를 조사함.</li> <li>- TT 변형에서 크릴로프 복잡도가 빠르게 증가하며, 이는 기존에 제안된 연산자 성장의 상한을 위반할 가능성이 있음을 밝힘.</li> <li>- 반면, JT와 JJ 변형에서는 등각장이론과 일치하는 결과를 보이며, 크릴로프 복잡도는 상한을 위반하지 않음을 보임.</li> <li>- (창의성) 기존 이론의 경계를 넘어 복잡도 이론과 장이론 간의 새로운 상관관계를 제시함.</li> <li>- (비전부합성) 비대칭적 변형된 장이론의 복잡도 분석을 통해 미래의 이론 물리학과 정보 과학 간의 연계를 탐구하는 이론적 틀을 마련함.</li> </ul> </li> <li>• 신진인력 기여 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 박사는 크릴로프 복잡도 이론을 기반으로 한 수학적 분석과 변형된 이론의 복잡도 평가에 중요한 역할을 수행함.</li> <li>- JT 및 JJ 변형에서의 크릴로프 복잡도의 일관성 있는 결과 도출을 주도하였음.</li> <li>- IF 5.0, citation 1회 (Google scholar).</li> </ul> </li> </ul>		
총 신진연구인력 수	박사후과정생	4
	계약교수	0
	계	4

### 5. 참여교수의 교육역량 대표실적

〈표 2-9〉 교육연구단 참여교수의 교육역량 대표실적

연번	참여 교수명	참여기간 (YYYYMM MDD-Y YYYYMM DD)	연구자등록번호	세부전공 분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
<b>참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성</b>						
1		20200901 -202408 31	1013209 1	광물리	신규 과목 개설	<a href="https://plms.postech.ac.kr">https://plms.postech.ac.kr</a> (포스텍 구성원만 접속 가능, 필요시 증빙 자료 추후 제출)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 융합강의 개발 (교육과정 운영계획 : 학문적 너비를 추구하는 교육기회 제공)</li> <li>• PHYS701-01: 물성물리학I(응용 광학) (2023년도 2학기) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 빛은 빠른 속도(300,000km/s), 반사/굴절, 간섭, 직선 이동 등의 고유한 속성을 가짐.</li> <li>- 빛을 사용하는 수많은 응용 분야가 있고, 이미징, 감지, 광 저장, 제조, 계측, 광 통신, 홀로그래피에 대한 다양한 응용분야를 소개.</li> <li>- 이 수업의 목표는 광학의 다양한 응용 분야를 소개하고 응용 분야의 기본 원리를 이해하는 것임. 광학과 그 응용 분야의 여러 기본 주제를 다룸.</li> <li>- (우수성) 폭넓은 광학관련 연구분야를 초보자를 위한 기초 이론부터 최신 결과까지 교육.</li> <li>- (우수성) 관련 분야에 관심이 있는 학부생 4학년생과 대학원생의 교육을 위한 이론 포함.</li> <li>- (우수성) 최신 연구 동향을 자세히 정리함.</li> <li>- (교육효과) 다양한 연구를 전공하는 대학원생의 기초지식과 배경 이해를 돕고, 기존 보고된 연구 결과에서 사용된 방법의 장단점을 정리함.</li> <li>- (교육효과) 광학의 응용분야를 연구하기 위한 지식 습득뿐만 아니라 빛을 활용하는 기술에 관심이 있는 학부생에게 다양한 광응용분야를 소개함으로써 많은 수의 학생이 대학원에 진학하는 계기를 마련.</li> </ul> </li> </ul>						

	20200901 -202408 31	10202686	응집물질	교과목 개발	<a href="https://plms.postech.ac.kr">https://plms.postech.ac.kr</a> (포스텍 구성원만 접속 가능, 필요시 증빙 자료 추후 제출)
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 역진행 방식의 특론 개발 (교육과정 운영계획 : 능동적이고 소통하는 리더교육)</li> <li>• PHYS703 물성물리학특론III (2차원물질연구의동향) (2023년도 2학기). <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2차원 물질의 다양한 물성(전자기특성, 격자 또는 전자 구조, 광학특성, 초전도 특성, 위상특성 등)의 기초적인 원리와 관련 연구결과를 조명.</li> <li>- 응집 물리를 전공하는 BK21 FOUR 참여교수인 물리학과 소속 교수와 신소재 공학과 소속 교수 공동강의.</li> <li>- 2020-2022년의 온라인/오프라인 강의 성과를 바탕으로 역진행(Flipped-learning) 형식으로 진행. 대학원생이 강의동영상을 미리 학습하고, 수업시간에는 질의응답과 토론으로 진행함.</li> <li>- (우수성) 물리학과와 신소재 학과의 교수진 (6명)이 4 강좌씩 돌아가면서 진행하여 다양한 연구주제를 학생들에게 소개하고 융합적인 연구에 대한 안목을 갖게함.</li> <li>- (우수성) 역진행(Flipped-learning)으로 수업 진행하여 수강 대학원생의 질의와 의견 개선등 적극적인 참여와 토론 유도</li> <li>- (교육효과) 2차원 물질 물리에 대해 기초부터 최근 연구까지 전체적인 이해와 응집물리와 신소재 분야의 융합 연구 경쟁력 강화.</li> <li>- (교육효과) 역진행 수업을 통한 자기주도적인 학습과 연구결과에 대한 토론을 경험함.</li> </ul> </li> </ul>				
	20200901 -202408 31	11334876	생물물리	교과목 개발 및 온라인 교육 실적	<a href="https://plms.postech.ac.kr">https://plms.postech.ac.kr</a> (포스텍 구성원만 접속 가능, 필요시 증빙 자료 추후 제출)
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 첨단 연구주제에 대한 대학원 특론 과목개발 (교육과정 운영계획 : 심화된 전문지식 교육)</li> <li>• PHYS712 생물물리학특론: 현대생물물리학 (2023년도 2학기) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2020년 이후 Biophysical Journal(ISSN:0006-3495)에 발표된 논문을 선정.</li> <li>- 논문 내용을 학습한 뒤 교수자의 해설 및 학생들 간 토의를 통해 수업 진행.</li> <li>- 최근 이슈가 되고 있는 생물물리학 주제를 이론적, 실험적으로 알아봄.</li> <li>- 막단백질에 의한 지질막 변형, 코로나 바이러스의 세포막 침투 메커니즘, 단백질의 액체-액체 상분리 현상, 이온채널 메커니즘, 세포골격 및 그에 의한 세포의 역학적 특성 등</li> <li>- (우수성) 생물물리 분야를 선도하는 연구자들이 발표하는 최신 논문들을 살펴봄으로써 관련지식을 습득하고 학계 동향을 살핌.</li> <li>- (우수성) 각 논문의 배경, 접근 방식, 주요 결과, 최종 결론 등을 체계적으로 분석함으로써 논문의 구조를 파악하는 활동에 집중하고, 이를 통해 궁극적으로 논문 작성 요령을 습득할 수 있도록 유도.</li> <li>- (교육효과) 대학원생 각자의 연구 분야와 관련된 주제를 다루어 학습-연구활동의 연계를 모색하고, 더 많은 연구 주제들을 탐색할 수 있는 기회 마련.</li> <li>- (교육효과) 학생 발표와 질문 참여를 독려함으로써 활발한 토의 활동 유도.</li> </ul> </li> </ul>				
4	20200901 -202408 8	1008080	응집물질 물리	유튜브 채널개설	<a href="https://www.youtube.com/channel/UCewvUU_9ldx1MGdvutcd6l">https://www.youtube.com/channel/UCewvUU_9ldx1MGdvutcd6l</a>

	31			Q
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대학원 교육관련 영상자료 (교육과정 운영계획 : 능동적이고 소통하는 리더교육)</li> <li>• 연구의 정석 YouTube 특강 총 17강 (2023년 2월 현재). <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 포스텍 교육개발센터와 협업으로 개발하여 매 방학에 시행하던 대학원생 연구방법론특강을 확대하여 코로나시대에 맞는 온라인 오픈 교육으로 발전시킴.</li> <li>- YouTube 채널 개설 및 동영상 자료 업로드 (현재 구독자 513명, 총 조회수 11,700여회)</li> <li>- 강의 내용: <ul style="list-style-type: none"> <li>대학원 신입생에게 필요한 것들 (1강)</li> <li>대학원에서 좋은 지도교수 찾는 법 (1강)</li> <li>대학원에서 연구하는 방법 (5강)</li> <li>영어 논문 작성법 (10강) 논문 작성 계획, 실행, 논문심사대응법 등</li> </ul> </li> <li>- (우수성) 대학원생의 연구와 관련한 다양한 결정과 과정 전반에 걸친 다양한 접근방법 및 노하우를 소개함.</li> <li>- (교육효과) 대학원생이 독립 연구자로서의 성장하는 구체적인 진로 교육 제공.</li> <li>- (교육효과) 효과적인 연구계획과 논문 작성법등을 제시하여 연구 경쟁력 강화에 기여.</li> </ul> </li> </ul>				

## 6. 교육의 국제화 전략

### ① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; display: inline-block;"> <b>교육 프로그램 국제화 계획 및 실적</b> </div>			
○ 외국대학과의 복수학위제 현황 및 계획			
[계획 및 실적]			
• 복수학위제 개설 운영 1건: Hong Kong Univ. of Science and Technology.			
• 복수학위제 개설 추진 1건: 대만 National Tsing Hua Univ.			
○ 외국 연구소 및 대학과의 인적 교류 현황 및 계획			
■ 플래그십 기관 중심으로 한 해외전문가와의 교류 확대.			
[계획]			
• 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK) 및 아테이론물리센터 (APCTP), 기초과학연구원 (IBS), 선도연구센터 (SRC)를 통해 해외 대학 및 연구기관과의 교류 활성화.			
• 포스텍 주관 초청 세미나, 국제 워크샵 및 학회 등 정기행사를 개최.			
[실적]			
• APCTP, IBS 기관과 연계하여, 포스텍 물리학과 교수 주최 국제학회(10건)와 외국연구자 초청 세미나(42건)를 진행하여 온라인 교류를 확대.			
• 포스텍 물리학과 교수 주최 국제학회 진행 실적 10건.			
학회명	주관 기관	기간	호스트
Recent Trends in Supersymmetric Field Theories 2023	POSTECH, KAIST, KIAS	2023.10.27 - 2023.10.31	
Integrability, Duality and related topics 2023	POSTECH, APCTP	2023.10.29 - 2023.11.04	
The 1st International Conference on Prospective Quantum Technology: Science and Applications	POSTECH	2023.11.01 - 2023.11.03	

Recent Progress in Quantum Materials 2023	삼성미래기술육성재단, 미국 무어재단	2023.10.08 - 2023.10.12
THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIALS AND DEVICES	한국물리학회	2023.12.04 - 2023.12.08
28th APCTP Winter School on Fundamental Physics	POSTECH, APCTP	2024.01.24 - 2024.02.02
The 4th Symposium on Biological Physics	POSTECH, APCTP	2024.01.29 - 2024.01.31
THE 21TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE PHYSICS OF SEMICONDUCTORS AND APPLICATIONS	한국물리학회	2024.06.02 - 2024.06.06
Biophysics School	POSTECH, APCTP	2024.07.01 - 2024.07.03
The 5th International Workshop on Scanning Probe Microscopy	POSTECH, APCTP	2024.08.28 - 2024.08.30

- 포스텍 물리학과 주관 세미나 중 해외기관 연구자의 초청 세미나 발표실적 9건.

세미나 제목	주관 기관 / 발표자, 소속	기간	호스트
European XFEL - Opportunities and Challenges for Sample Delivery	POSTECH/ Dr. Joachim Schultz, European XFEL SEC group leader	2023.10.05	
Quantum Computing with QuEra's Neutral-Atom Quantum Computers	POSTECH/ Dr. Tommaso Macri, QuEra Computing	2024.02.14	
Light, Camera, Action! Shining light on Biomolecular Dynamics and Interactions with Optical Microscopy	POSTECH/ Prof. Sang-Hyuk Lee, Rutgers University	2024.02.22	
Anomalous Statistics in Langevin Equation with Fluctuating Diffusivity : non-Gaussian yet Brownian, anomalous diffusion, and ergodicity breaking	POSTECH/ Prof. Takuma Akimoto, Tokyo University of Science, Japan	2024.04.16	
New high Tc superconductivity and symmetric pseudogap metal in the bilayer nickelate La <sub>3</sub> Ni <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	POSTECH/ Dr. Hanbit Oh, Johns Hopkins Univ.	2024.06.11	
Mechanical characterization of ferromagnetic resonance in magnomechanical hybrid devices	POSTECH/Hiroshi Yamaguchi, NTT Basic Research Laboratories, Japan	2024.06.11	
First-principles study of novel magnetic properties in strongly correlated materials	POSTECH/ Prof. Hyowon Park, University of Illinois at Chicago/ Argonne National Laboratory	2024.06.28	
Biomedical Raman spectroscopy : From cellular studies to medical devices	POSTECH/Dr. Jeon-Woong Kang, Massachusetts Institute of Technology/ Laser Biomedical Research Center	2024.08.01	
2023 APCTP colloquium	APCTP, POSTECH/Prof. John Schwarz, The California Institute of Technology 외 7인	2023.09- 2023.12	

- 국제 공동연구를 통한 신진연구자 인적교류 활성화.

[계획]

- 대학원생 해외 파견 (Outbound) 계획 연 7건 이상.

- 초청 (Inbound) 계획 연 3건 이상.

[실적]

- 평가 대상 기간 동안 초청 8건, 파견 11건.
- COVID 19상황으로 해외 교류의 어려움이 있었으나, 최근 국제 공동연구를 통한 인적교류가 활발히 진행됨.
- 신진연구자 초청은 계획 대비 2.7배를 달성하였으나, 대학원생 해외 파견은 계획 대비 1.6배 달성하였음. 이런 수준을 유지할 수 있도록 꾸준히 지원할 예정.

대학원생 또는 신진연구자 이름	외국 연구소명 (국가)	기간	형식
	European XFEL SEC group leader (독일)	2023.10.04.-2023.10.06.	초청
	Peter Grünberg Institute and Institute for Advanced Simulation (독일)	2023.11.14.-2023.11.17.	초청
	QuEra Computing (미국)	2024.02.14.	초청
	PsiQuantum (미국)	2024.05.08.	초청
	Research Director of the CNR-SPIN Institute (이탈리아)	2024.05.23.-2024.08.27.	초청
	Johns Hopkins Univ. (미국)	2024.06.11.	초청
	NTT Basic Research Laboratories (일본)	2024.06.11.	초청
	Massachusetts Institute of Technology (미국)	2024.07.31.-2024.08.03.	초청
	Indiana University (미국)	2022.09.30.-2023.09.29.	파견
	Rutgers University (미국)	2023.10.27.-2023.12.29.	파견
	중국/상하이 고압과학연구소	2024.01.02.-2024.01.06.	파견
	Los Alamos National Lab (미국)	2024.01.25.-2024.07.25.	파견
	미국 국립고자기장연구소 (미국)	2024.02.17.-2024.03.03.	파견
	미국 국립고자기장연구소 (미국)	2024.02.19.-2024.03.01.	파견
	미국 국립고자기장연구소 (미국)	2024.02.19.-2024.03.04.	파견
	미국 국립고자기장연구소 (미국)	2024.02.19.-2024.05.18.	파견
	MIT (미국)	2024.03.15.-2025.02.28.	파견
	University of Cambridge (영국)	2024.06.01.-2024.07.17.	파견
	NSRS2, APS (미국)	2024.07.14.-2024.07.28.	파견

■ 캠퍼스 국제화를 위한 인프라 구축.

[계획 및 실적]

- 영어 공용화 (Bilingual) 캠퍼스 (공문서 국/영문 병용). 영어 강의 및 세미나 (현행 100% 유지).
- 포스텍 외국인통합지원센터 운용: 외국인 학생, 연구원에게 행정 서비스 및 비자업무 지원.
- 대학통합포탈시스템 활용: 종합정보시스템 (POVIS) 구축 및 영문 서비스 지원. 외국인 대상 행정지원 전산 서비스 제공.
- 외국인 주거시설 확보: 외국인 학생에 기숙사를 제공.

○ 해외학자(전임교수, 초빙교수, 객원교수 등 포함) 활용 계획 및 역할

■ 해외 석학 활용 계획 및 실적.

[계획]

- 교수 (Rutgers Univ., 미국)의 방문 및 공동 연구 추진.

[실적]

- 논문 - 4건.

참여 교수	논문 제목	논문 정보
	Understanding temperature-dependent SU(3) spin dynamics in the S=1 antiferromagnet Ba <sub>2</sub> FeSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	npj Quantum Materials 8, 5 (2023).
	Kinkless Electronic Junction along 1D Electronic Channel Embedded in a Van Der Waals Layer	Advanced Science 11, 2198 (2023).
	High-temperature concomitant metal-insulator and spin-reorientation transitions in a compressed nodal-line ferrimagnet Mn <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> Te <sub>6</sub>	Nature Communications 15, 3998 (2024)
	Topological Complex Charge Conservation in Nontrivial Z <sub>2</sub> × Z <sub>2</sub> Domain Walls	Advanced Materials 36, 2313803 (2024)

• 공동연구 - 5건.

참여 교수	연구 주제	기간
	IrTe <sub>2</sub> 의 두께에 따른 전하밀도파 특성 변화 연구	202309-202408
	교차성 물질의 고압 전도물성 연구	202309-202408
	상온 반데르발스 위상 자성체의 전도물성 연구	202309-202408
	Off-diagonal susceptibility induced by ferro-rotational order	202309-202408
	구조적-자기적 카이랄리티에 따른 고전-양자 특성 발현 연구	202303-202502

■ 단기방문 해외 석학 활용 및 계획.

[계획]

- 온라인 세미나: ZOOM을 활용한 해외학자 초청 세미나 실시.
  - 학과 석학교수 특별 세미나 개최: 년 1회 이상.
  - 학과 외국인 겸직교수의 학과 콜로퀴엄 강연: 매 학기 1명 이상.
  - 온라인 세미나를 적극 활용하여, 월 3건 이상의 해외학자 세미나가 이루어질 수 있도록 추진.

[실적]

- 해외 석학 초청 강연 목록(총 9건).

세미나 제목	발표자, 소속	날짜
Exploring the 3D Nano and Atomic World: Coherent Diffractive Imaging and Atomic Electron Tomography		20230915
European XFEL-Opportunities and Challenges (not only) for Sample Delivery		20231005
Anomalous quasi particles in a ferromagnetic kagome metal		20231114
Quantum Computing with QuEra's Neutral-Atom Quantum Computers		20240214
Toward quantum advantage with trapped ions		20240215
Anomalous Statistics in Langevin Equation with Fluctuating Diffusivity : non-Gaussian yet Brownian, anomalous diffusion, and ergodicity breaking		20240416
Chirality knob: from molecules to hybrid organic-inorganic metal halides		20240524
Mechanical characterization of ferromagnetic resonance in magnomechanical hybrid devices		20240611
Hydrodynamic Effects in Electron Fluids on		20240722

Spintronics

○ 우수 외국인 학생 유치 현황 및 계획

■ 외국인 대학원생 현황.

[실적] 신입생 0명

■ 외국인 학생 대상 우수 학생 유치 활동.

[계획]

- 우수 외국인 교비 장학 프로그램 (PFES) 및 포스코 아시아 펠로우십 활용.
- 해외대학 방문 및 홍보, 국제공동연구 활성화, 교내 국제화 인프라 향상을 통하여 외국인 대학원생 비율을 3% 수준 유지 및 학위의 진로 선정의 우수성 제고.
- 외국인 대학원 신입생 특별 장학금 지급.
  - 유학 생활의 조기정착을 위해 입학 첫 학기에 인당 150 만원 이내 장학금 지원.
- 오리엔테이션 및 문화 프로그램 지원.
  - 개강 1주 전 오리엔테이션 주간 운영. 대학생활 및 포항/경주 문화 환경 등의 정보제공 프로그램.
  - 외국학생, 연구자 가족 동반 야유회, 학교 축제 기간 'International Food Booth' 운영, 설/추석/연말 외국인 학생 초청 파티 개최.

[실적]

- COVID 19이후 해외 프로그램의 재개가 지연되고 있음. 하지만 최근 포스텍-인도네시아 인턴십 프로그램을 새로 시작하는 등 다양한 활동이 시작되고 있음.
- 포스텍-인도네시아 인턴십 프로그램 개시: 인도네시아 최우수 대학인 University of Indonesia 물리학과 학부생들을 POSTECH 물리학과에서의 연구참여 기회를 제공하여 해외 우수대학과의 교류를 통해 학과 및 대학의 글로벌화를 촉진하고 인적 네트워크 구축을 유도하고 글로벌 과학기술 인재를 양성하는 기회. 2024.06.30. ~ 08.23의 일정으로 15명의 University of Indonesia 학생들이 포항공과대학교의 선진연구 시설에서의 연구를 경험. 포항공과대학교 대학원생은 외국 학생과의 직접적인 공동 연구 기회를 통해 글로벌 네트워크를 구축하는 뜻깊은 기회였으며, 추후 인도네시아 최고 학부 학생의 포스텍 입학으로 이어질 것을 기대함.

② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

<표 2-10> 참여대학원생 국제공동연구 실적

연 번	공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간 (YYYYMM-YYYY MM)
	교육연구단		국외 공동연구자			
	참여 대학원생	지도교수				
1				미국/Rutgers University	주사터널현미경 연구	202310-202312
2				중국/상하이 고압과학연구소	고압 환경하에서의 초전도 상전이 관측	202401-202401
3				미국/고자기장연구 연구소	차세대 고온초전도체 발굴	202402-202405
4				미국/고자기장연구 연구소	차세대 고온초전도체 발굴	202402-202403
5				미국/고자기장연구 연구소	고자기장 환경하에서의 위상물질 양자진동 관측	202402-202403
6				미국/고자기장연구	고자기장 환경하에서의	202402-202403

		구소	카고메 자성체 양자진동 관측	
7		영국/Univ. of Cambridge		202406-202407
8		미국/NSRS2, APS	고체 스핀 양자 얽힘 연구	202407-202407

○ 국제 공동연구를 위한 장/단기 학생 파견 및 연수

[계획]

- 해외연수 활성화를 위해 해외 연구소 장기 연수를 학점 인정 과목으로 편성.
- 대학원생 해외연수를 통한 인적 네트워크를 활용하여 해외 우수대학 및 연구소 진로지도.

[실적]

- 2023.09.01~2024.08.31 중 총 8건의 대학원생 장/단기 파견을 통한 공동연구 수행 (표 2-10 참고).
- 같은 기간, 장/단기 파견 뿐만 아니라 온라인을 통한 국제공동연구 활성화를 통해 11 편의 국제 공동 연구 논문을 게재함. 아래에는 대표실적 5건을 기재함.
- 국제 인적 네트워크를 통한 해외 우수대학 및 연구소 진로지도 실적 2건.
  - (박사후연구원/UC Davis, 미국).
  - (박사후연구원/콜롬비아 대학교, 미국).
- 박사논문연구 교과목(PHYS899) 등을 통해 해외 장기연수의 학점 이수 허용 중.

○ 국제 공동연구 대표 논문실적 5편

1. (참여학생)

(논문 정보) Nature 625, 264 (2024)

(논문 제목) Quantum spin nematic phase in a square-lattice iridate

(공동연구자)

(협력 기관/국가) Advanced Photon Source/USA; European Synchrotron Radiation Facility/EU

2. (참여학생)

(논문 정보) Nature Physics 20, 450 (2024)

(논문 제목) Flexoelectric polarizing and control of a ferromagnetic metal

(공동연구자)

(협력 기관/국가) Hefei National Research Center for Physical Sciences at Microscale/China; USTC/China; University of Warwick/UK; TU Wien/Austria

3. (참여학생)

(논문 정보) Advanced Materials 36, 25 (2024)

(논문 제목) Topological Complex Charge Conservation in Nontrivial  $Z_2 \times Z_2$  Domain Walls

(공동연구자)

(협력 기관/국가) Rutgers University/USA

4. (참여학생)

(논문 정보) Nature Communications 15, 3998 (2024)

(논문 제목) High-temperature concomitant metal-insulator and spin-reorientation transitions in a compressed nodal-line ferrimagnet  $Mn_3Si_2Te_6$

(공동연구자)

(협력 기관/국가) University of Illinois, Chicago/USA; Center for High Pressure Science and

Technology Advanced Research/China; Rutgers University/USA

5. (참여학생)

(논문 정보) Physical Review Letters 132, 226301 (2024)

(논문 제목) Controllable Andreev Bound States in Bilayer Graphene Josephson Junctions from Short to Long Junction Limits

(공동연구자)

(협력 기관/국가) National Institute for Materials Science/Japan

○ 향후 대학원생의 국제 공동연구를 위한 장/단기 해외파견 추진계획

■ 대학원생의 해외파견 및 방문연구를 총 3건 계획 중.

1. (참여대학원생)

(공동연구자/협력기관) 고자기장연구소, USA

(연구) 고자기장 환경하에서의 위상물질 양자진동 관측

2. (참여대학원생) 조용진

(공동연구자/협력기관) Harvard University, USA

(연구) 비틀린 그래핀 적층을 통한 초전도성 연구

3. (참여대학원생)

(공동연구자/협력기관) /SUSTech University, 중국

(연구) 다양한 단백질 발현 시스템에서의 신경단백질 정제 기술 연수

○ 국제 공동연구를 위한 연구비 수주 및 연구자 교류 실적

■ 교육연구단 참여교수 모두 국제 공동연구 및 인적 자원 교류를 매우 활발히 진행함.

■ 대상 기간 총 5건의 국제 공동연구 과제 수주.

- 교수: 한-미공군 공동연구지원사업 (2024 ~ 2027).
- 교수: 서울대학교 SNU-ISSP 기능성 양자물질 동역학 연구센터 (2023 ~ 2028).
- 교수: Harvard University/양자얽힘 밀리미터파 광자 검출 양자 센서 (2024 ~ 2027).
- 교수: MIT 위상 큐비트 개발을 위한 비틀린 2차원 반데르발스 소재 연구 (2024 ~ 2027).
- 교수: 한-독일 글로벌 인재양성 플랫폼 (2023 ~ 2028).

## □ 연구역량 대표 우수성과

## ○ 참여교수 논문실적

해당 기간 총 논문 편수는 72편이며 이중 절반가량(37편)이 PRD급 이상(IF 4.6)의 논문으로 질적으로 매우 우수한 실적을 달성했다. 이는 포항공과대학교 물리학과가 추구하는 논문의 질적 우수성이라는 목표와 부합하는 결과라고 할 수 있다. 본 사업단 교수가 주저자인 PRL급 이상(IF 8.1)의 논문은 Nature 1편을 포함하여 총 26편이다.

## ○ 대표 우수성과

(1) *Quantum spin nematic in a square-lattice iridate*, Nature 625, 264 (2024)

BK 참여대학원생:

사업단 참여교수:

## (기본 개념 및 연구 배경)

-양자 스핀 네마틱은 액체와 고체의 성질을 모두 가진다는 점에서 고전역학적인 액정과 비슷하다고 할 수 있으나, 양자얽힘에 의해서 발현된다는 점에서 전혀 새로운 양자 물질상이라고 할 수 있음.

-반세기 전에 이론적으로 예측되었지만 관측하기가 매우 까다로워 실험적으로 명확히 관측된 바 없음.

## (기존연구 한계, 기존 연구 대비 독창성)

-기존 연구에서는 이론적인 예측에 따라 매우 강한 자기장이 인가된 상태에서 나타나는 양자 스핀 네마틱상에 대한 연구가 주로 이뤄졌지만, 본 연구에서는 새로운 물질계에서 자기장이 없는 상태에서 발현되는 스핀 네마틱 상을 발견함.

-이리듐 화합물은 기존의 3d, 4d 전이금속산화물 기반 자성물질과 달리 경X-선으로 자기 구조와 들뜸을 연구할 수 있다는 점을 활용하여 새로운 돌파구를 마련함.

## (연구결과)

-본 연구에서는 라만 산란을 이용하여 스핀 사극자 요동이 응집하는 것을 직접적으로 관측하여 스핀 네마틱 상을 세계 최초로 발견함.

-또한, 공명 엑스선 회절을 이용하여 스핀이 사극자가 만드는 미시적 공간적 구조를 완전히 해독함.

-사각격자 이리듐 산화물에서 쌍극자와 사극자 질서.

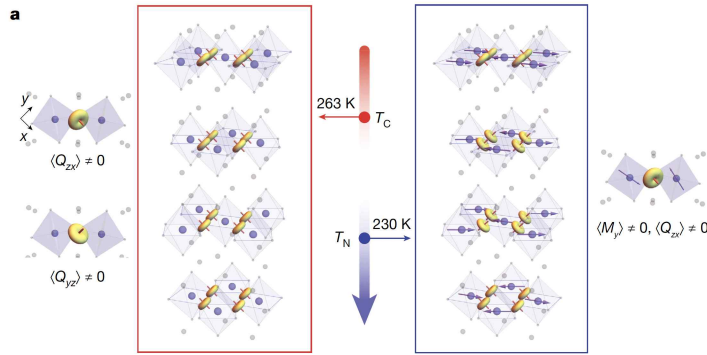
: 사각격자 이리듐 산화물  $Sr_2IrO_4$ 는 저온에서 자기 쌍극자 질서를 가짐은 잘 알려져 있음. 본 연구에서는 저온(오른쪽)에서 이 쌍극자(화살표)가 사극자(도넛) 질서와 공존하며, 자기 전이온도 230 K 위에서 쌍극자가 사라져도 사극자가 여전히 임계온도 263 K까지 남아있다는 사실을 밝혀냄. 쌍극자 없이 사극자만 존재하면 스핀 네마틱이라고 할 수 있다. 사극자의 스핀 확률 밀도함수는 도넛 모양이 됨.

## (의의 및 기대효과)

- 스핀 다극자를 실험적으로 접근할 수 있는 가능성을 열었음.

- 여러개의 스핀이 만드는 다극자를 통해 스핀 얽힘이 존재한다는 사실을 밝혀냄.

- 스핀 양자얽힘은 양자전산이나 초전도체 개발에 매우 중요한 기술임.



(비고)

- 본 연구단의 참여교수( ) 및 국내외 연구진과의 공동연구 성과임.

(2) *Topological Complex Charge Conservation in Nontrivial  $Z_2 \times Z_2$  Domain Walls*, Adv. Mater. 36, 2313803 (2024)

BK 참여대학원생:

사업단 참여교수:

(기본 개념 및 연구배경)

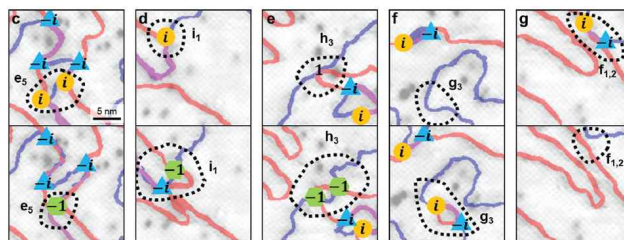
- 병진대칭성의 붕괴로 인한 다양한 도메인월 구조들은 이차원물질에서 네트워크를 형성하고 있으며 특정한 위상구조와 전자 및 스핀 구조를 가지고 있어, 차세대 기억 및 논리연산 소자로 활용될 가능성을 가지고 있음.

(기존 연구 한계, 기존 연구대비 독창성 등)

- 자성물질에서의 도메인월 구조는 이미 기억소자 등에 널리 활용되는 대상이나 기존의 강자성물질의 경우 에너지소모 등의 문제로 최근 반자성물질의 도메인월 구조가 활발히 연구되고 있음.
- 반자성 물질의 도메인월 구조는 장점과 함께 외부에서 전압/전류/자기장 등을 도입하여 조작하고 위치를 제어하는 데 큰 어려움이 있다는 단점을 극복하기 어려웠음.

(연구결과)

- 이차원 반자성상을 보이는 FeAs층에 스핀분해터널링 전류를 도입하여  $Z_2 \times Z_2$  도메인월구조를 인위적으로 변화시킬 수 있었으며, 이들의 시간에 따른 변화를 관찰한 결과 도메인월 vortex들이 특정한 보존량을 가지고 변화함을 발견하였음. 이 보존량을 topological complex charge로 명명함.



[ $Z_2 \times Z_2$  반자성 도메인월에서 vortex charge 보존을 보여주는 스핀분해주사터널링현미경 이미지]

(의의 및 기대효과)

- 본 연구에서 발견된 자성 도메인월구조의 보존량을 활용한 메모리 및 논리연산 소자의 개발로 확대 발전할 가능성이 있음.

(3) *Flexoelectric polarizing and control of a ferromagnetic metal*, Nature Physics 20, 450 (2024)

BK 참여대학원생:

사업단 참여교수:

**(기본개념 및 연구배경)**

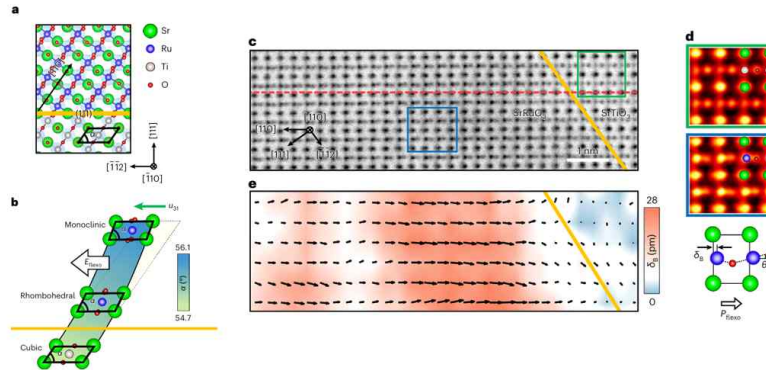
- 전자기학의 기본 법칙 중 하나인 가우스 법칙에 따라 금속 내부의 전기장은 자유 전하에 의해 상쇄되므로 전기장에 의한 금속 내부 극성의 발현은 극히 제한적인 물질과 조건에서 가능하였음.
- 변전성(flexoelectricity)은 전기적 특성인 편극밀도와 기계적 특성인 변형률 기울기(strain gradient)간의 결합으로서, 임의의 격자 구조에서 변형 기울기를 만들어 낼 경우 극성을 가질 수 있는 가능성을 제시함.

**(기존연구의 한계, 기존 연구 대비 독창성)**

- 극성 구조는 소자 특성 면에서 폭넓은 응용성을 지닌 특성이나 근본 원리적으로 금속성을 가지는 물질에서의 구현이 어려웠음.
- 본 연구에서는 특정 물질군에 국한되지 않고 복잡한 물질 배열 없이도 발현 가능한 변전 효과를 통해 대표적 강자성체/금속 물질인 SrRuO<sub>3</sub>에서 극성 구조를 구현하였음.

**(연구결과)**

- 이론적/실험적으로 기판과의 계면으로부터의 거리에 따른 변형률과 구조적 상의 변화를 확인하였으며, 변전 효과에 의한 극성 구조의 발현 확인.
- 주사 투과 현미경을 통한 원자 수준의 이미징(STEM)을 통하여 Ru 양이온이 중심에서 벗어남을 확인하였고, 이차 고조파 생성(SHG) 실험을 통하여 물질 내 극성 대칭성의 발현을 확인하였음.
- 전자 구조에 대한 계산을 통하여 변형률에 의한 Ru 이온의 중심 위치로부터의 이동은 페르미 레벨 근처 Ru 전자 밴드의 폭을 크게 바꾸므로, 변전효과를 통한 금속 물질의 전자 구조적 특성 제어가 이루어짐 또한 확인함.



【(a) SrRuO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>(111)의 원자 배열 개요 (b) 계면으로부터의 거리에 따른 박막 구조상 변화 (c) 기판 및 박막의 STEM 이미지 (d) 그림 c내 표기된 부분의 이미지 확대 (e) B-site 양이온(Ru)의 중심 위치로부터의 이동 정도 표기】

**(의의 및 기대효과)**

- 임의의 물질에서 다양한 방식으로 구현 가능한 변전장을 이용하여 금속 물질인 SrRuO<sub>3</sub> 내 극성을 유도하였으며, 이로부터 본 연구결과가 하나의 물질에 국한되지 않고 다양한 물질에 적용될 수 있는 파급력을 지닐 수 있을 것으로 예상됨.
- 이종 에피택시 이외에도 구성 성분 기울기, 멤브레인 등의 다양한 방식을 통하여 변형률 기울기를 발생시켜 다양한 플랫폼에서 변전성을 기반으로 하는 극성 구조의 구현과 응용을 할 수 있을 것으로 기대됨.

(비고)

- 현재까지 5회 (Google Scholar 기준) 인용됨.

(4) *Anisotropic Electron-Phonon Interactions in 2D Lead-Halide Perovskites*, Nano Letters 24, 8642 (2024)

사업단 참여교수: (교신)

**(기본개념 및 연구배경)**

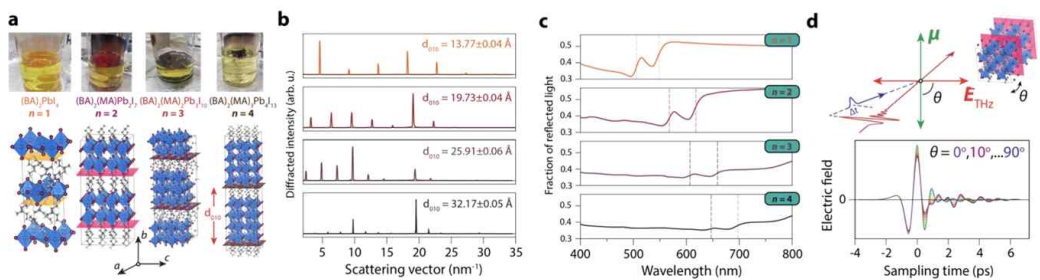
- 페로브스카이트 구조를 가지는 고체 물질은 비교적 강한 전자-포논 및 다양한 준입자간 상호작용을 바탕으로 특이 물성을 발현하며, 특히 금속-할로겐 페로브스카이트의 경우 예외적으로 높은 광전 효율을 기록하여 대체 에너지 소재로 높은 관심을 받고 있음.
- 금속-할로겐 페로브스카이트의 경우 3차원 형태의 기본 구조에서 더 나아가 2차원 계층 구조 형태로 변형하여 결정화 시킬 경우 안정성에 유리한 것으로 알려짐.

**(기존연구의 한계, 기존 연구 대비 독창성)**

- 기존에 전자 수송 및 포논 연구가 각각 수행된 바 있으나, 2차원 페로브스카이트 물질의 특정 포논 모드가 방향에 따른 전자 수송에 미치는 역할은 직접 관찰, 보고된 바가 없음.
- 본 연구에서는 2차원 페로브스카이트 단결정의 계층 구조에 따라서 특정 포논 모드의 전이 쌍극자 방향 대비 전자 수송의 비등방성을 연계하여 관찰/정량화하고, 그 배경에 모드별 전자-포논 상호작용의 비등방성이 주된 원리로 작용함을 실험 및 이론적 접근을 통하여 밝힘.

**(연구결과)**

- 시분해 테라헤르츠 분광법에 적합한 측면 크기 및 높은 계층 두께 순도를 가지는 2차원 butylammonium lead iodide 페로브스카이트 단결정을 합성하고, X-선 회절법을 병합하여 특정 포논 모드의 전이 쌍극자 방향 및 그에 수직인 방향에서 광전도도가 10%에 가까이 차이 나는 것을 관찰.
- 제일 원리 계산을 통하여 해당 포논 모드의 특성을 확인하고 해당 전자-포논 상호작용의 비등방성이 미치는 전자 이동성이 실험 결과를 설명함을 확인.



【2차원 금속-할로겐 페로브스카이트의 구조 및 선형 분광학적 특성, 분광 실험 모식도】

**(의의 및 기대효과)**

- 모드별 전자-포논 상호작용이 전자 수송 및 광전 소자의 특성에 이바지하는 사례 제공, 향후 관련 소재 디자인에 중요한 정보 제공, 향후 대체 에너지 소재 개발에 응용 가능성.

(비고)

- 본 연구단의 참여교수( ) 및 해외 (독일 및 영국) 연구진과의 공동연구 성과임.

(5) *Towards quantum black hole microstates*, JHEP11 (2023) 175

사업단 참여교수: (주)

**(기본 개념 및 연구배경)**

- Anti-de-Sitter/ Conformal Field Theory 상응성에 의하면 4차원의 N=4 초대칭 양-밀즈 이론은 5차원 Anti-de-Sitter 공간의 초끈 이론에 대응함. 초끈 이론은 양자 중력 이론이므로 Anti-de-Sitter 공간의 black hole 도 4차원 초대칭 양-밀즈 이론에 의해서 기술될 가능성이 있음. 특히 Anti-de-Sitter 공간이나 Anti-de-Sitter 공간의 black hole 이 모두 같은 boundary를 가지므로 Anti-de-Sitter/ Conformal Field Theory 상응성이 black hole에 해당하는지 Anti-de-Sitter 공간에 해당하는지 확실치 않음. 4차원의 N=4 초대칭 양-밀즈 이론이 온도가 낮은 경우 Anti-de-Sitter 공간에 해당하고 높은 온도의 경우 black hole에 해당함이 알려져 있음.

**(기존 연구 한계, 기존 연구대비 독창성 등)**

- 이로부터 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자가 black hole의 상태에 대응함을 알 수 있음. black hole의 entropy는 black hole의 표면적을 플랑크 길이의 제곱으로 나눈 값에 비례하므로 macroscopic한 black hole의 양자 상태는 매우 많음. 이를 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자를 counting 해보려는 시도가 오랫동안 있어왔음. 이 시도는 2000년대 초반부터 시도되었으나 최근에 와서야 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 인덱스가 black hole의 entropy를 설명할 수 있다는 것이 밝혀짐. 즉 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자와 black hole의 상태간의 일대일 대응을 만들 수 있음.

**(연구결과)**

- 그러나 실제 black hole 상태에 해당하는 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자를 구체적으로 찾는 일은 쉽지가 않음. 연산자의 conformal dimension이 조금만 올라가도 연산자를 일일이 적는 일이 쉽지 않음. Chang과 Lin이 graviton이 아닌 SU(2) N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자의 가장 작은 conformal dimension을 갖는 경우 quantum number를 발견하였음. 이를 바탕으로 이에 해당하는 SU(2) N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자를 발견하고 이를 일반화하여 graviton 상태에 해당하지 않은 연산자를 무한히 많이 발견하였음. 이는 small black hole like 한 object의 상태를 기술할 것으로 예상됨. SU(2)를 SU(N)으로 확장하면 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자의 연구를 통해 black hole 상태를 연구할 수 있음.

**(의의 및 기대효과)**

- 이 결과는 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자의 연구를 통해 black hole 상태를 연구할 수 있는 구체적인 예를 제시함으로써 black hole 상태들의 여러 성질들을 연구할 수 있는 발판을 마련함.

**(비고)**

- 현재까지 25회 인용 (inspirehep.net).

(6) *Superconformal indices for non-Lagrangian theories in five dimensions*, JHEP03 (2024) 164

BK 참여대학원생:

사업단 참여교수:

**(기본개념 및 연구배경)**

- 4+1차원 초대칭 등각장이론들은 게이지 이론을 통한 구현, 기하학적 방법, 브레인을 이용한 방법 등 다양한 방법을 활용하여 엄밀한 분류가 이루어지면 최근 전 세계적으로 활발히 연구되고 있음.
- 초등각인덱스는 이런 초대칭 등각장이론의 연산자 스펙트럼을 정확하게 계산할 수 있는 방법을 제공하여 강한 상호작용에서 등장하는 대칭성확장, 이중성 등과 같은 다양한 비섭동적 물리현상을 정량적으로 이해할 수 있는 연구방법을 제공함.

**(기존연구의 한계, 기존 연구 대비 독창성)**

- 기존의 초등각인덱스 계산 방법은 라그랑지안으로 구현 가능한 이론들에만 적용할 수 있어 라그랑지안으로 구현되지 않는 일반적인 4+1차원 등각장이론의 초등각인덱스 계산에 사용할 수 없음.
- 본 연구에서는 라그랑지안을 통한 구현이 불가능한 4+1차원 초대칭 등각장이론들의 초등각 인덱스 계산 방법을 새롭게 제안하고, 실제 계산 예제들을 제시함.

**(연구결과)**

- 라그랑지안으로 구현할 수 없는 초등각장이론들을 라그랑지안 이론들의 재규격화 흐름을 이용하여 구현하는 방법을 제안함.
- 이러한 재규격화 흐름을 초등각인덱스에 적용하고, 이 결과로 얻어지는 물리량이 라그랑지안으로 구현할 수 없는 초등각장이론들의 초등각인덱스를 계산함을 보임.
- 자유도가 1,2 일때 얻어지는 모든 라그랑지안이 없는 이론들의 초등각인덱스를 직접 계산하고 이 결과로부터 해당 이론들의 특이점에서 발생하는 대칭성 확장을 정량적으로 증명함.

**(의의 및 기대효과)**

- 4+1차원 초등각장이론들의 초등각인덱스를 가장 일반적인 상황에서도 계산할 수 있는 새로운 방법론을 제시함. 이 연구 결과로 이론적으로는 모든 4+1차원 초등각인덱스를 계산할 방법론이 생기게 됨.
- 4+1차원 이론들을 차원내림하여 3+1차원, 2+1차원의 다양한 양자장론들을 구성하고, 이렇게 얻어진 낮은 차원 이론들의 비섭동적 물리현상들을 차원내림의 기하학적 특성들을 통해 설명할 수 있을 것으로 기대됨.

**(비고)**

- 현재까지 5회 (Google scholar 기준) 인용됨.

(7) *Dyakonov-Perel-like Orbital and Spin Relaxations in Centrosymmetric Systems*, Phys. Rev. Lett. 132, 246301 (2024)

BK 참여대학원생:

사업단 참여교수:

**(기본 개념 및 연구배경)**

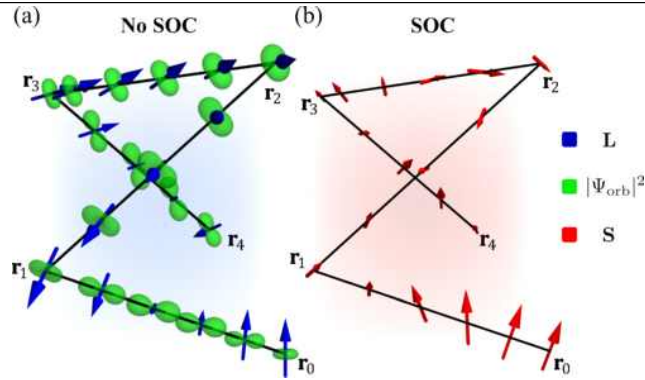
- 전자의 스핀 정보와 궤도 각 운동량 정보를 얼마나 오래 먼 거리로 전송시킬 수 있는지는 스핀트로닉스 분야와 오비트로닉스 분야에서 중요한 문제임. 이 논문에서는 전자의 궤도 자유도를 고려한 상황에서 전자의 스핀과 궤도 각운동량이 얼마나 빨리 이완되는지 연구함.

**(기존 연구 한계, 기존 연구대비 독창성 등)**

- 전자스핀에 대한 기존 연구의 경우 전자의 궤도 자유도는 무시한 채 전자의 스핀과 결정운동량이 결합하는 경우만 고려해 스핀 이완 현상을 연구했음. 그런데 반전대칭성이 있는 물질에서는 스핀이 결정운동량과 결합하지 못하기 때문에 전자의 결정운동량이 빨리 산란될수록 전자의 스핀도 빨리 이완되는 것으로 간주되어 왔음.
- 전자의 궤도 자유도를 고려할 경우 전자의 스핀 이완 현상이 어떻게 달라질 수 있는지를, 그리고 전자의 궤도 각운동량 이완 현상을 어떤 성질을 띠는지를 연구함.

**(연구결과)**

- 본 연구는 전자의 궤도 자유도를 고려한 상황에서 전자의 스핀과 궤도 각운동량 이완 현상을 조사함. 궤도 자유도를 고려할 경우, 반전대칭성이 있더라도 전자의 결정운동량이 빨리 산란될수록 전자의 스핀은 느리게 이완될 수도 있다는 것을 발견함 (Dyakonov-Perel 형태의 스핀 이완).
- 또한 전자의 궤도 각운동량도 전자의 결정운동량이 빨리 산란될수록 전자의 궤도각운동량이 느리게 이완되는 Dyakonove-Perel 형태 궤도 각운동량이 이완이 반전대칭성이 있는 물질에서도 생길 수 있다는 것을 발견함.



(a) 스핀-궤도 결합이 없는 상태에서 전자 궤도 상태가 전자 전도 중 변화하는 모식도. (b) 스핀-궤도 결합이 있는 경우 전자의 스핀 상태가 전자 전도 중 변화하는 모식도.

(의의 및 기대효과)

- 전자의 궤도 자유도를 고려하는지가 전자의 스핀과 궤도 각운동량 이완 현상에 크게 영향을 준다는 것을 발견. 특히 전자의 결정 운동량의 산란이 빨라질수록 스핀 및 궤도각운동량의 이완이 느려지는 것이 가능하다는 결과는 스핀 및 궤도 각운동량 이완에 대한 이해도를 높임.

(비고)

- 현재까지 4회 인용 (Google Scholar).

## 1. 참여교수 연구역량

### 1.1 연구비 수주 실적

〈표 3-1〉 자체평가 대상기간(2023.9.1.(2024.3.1.)-2024.8.31.) 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천원)		
	3년간(2020.9.1.~2023.8.31.) 실적	최근 1년간 (2023.9.1.(2024.3.1.)~2024.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	16,300,385	9,510,702	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	28,972,568	5,255,874	
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	203,461	67,037	
1인당 총 연구비 수주액	2,165,544	706,363	
참여교수 수	21	21	

### 1.2 연구업적물

#### ① 참여교수 연구업적물의 우수성

##### ○ 참여교수 논문 실적의 질적 우수성 (2023. 09. 01 ~ 2024. 08. 31)

게재지명	편수	기타
Nature, Science 급	2	교신저자 1, 공동저자 1
Nature 주요 자매지 급 (Advanced Materials 등)	4	교신저자 3, 공동저자 1
Nature Communications 급 (Science Advances, PNAS 등)	16	교신저자 11, 공동저자 5
Physical Review Letters 급 (Physical Review X, Nano Letters, Optica 등)	15	교신저자 11, 공동저자 4
주요 논문 실적 / 총 논문 편수	37 / 72	

- 참여교수 1인당 논문 편수는 지난 5년 BK21 사업신청서 기간 중 실적 평균보다 조금 줄었으나 (88.68%) 논문환산편수당 환산 IF를 비롯해 논문환산편수당 환산 ES 모두 지난 5년 BK21 사업신청서 기간 중 실적 평균보다 **확실하게 증가** (159.28% & 106.26%). 특히 사항은 high IF 학술지 편수가 전체 논문 편수의 51%를 차지하고 있다는 점으로 (37/72) 양적인 면보다 논문의 질적 향상에 연구자들이 관심을 기울이고 있음을 알 수 있음. 이는 포항공과대학교 물리학과가 추구하는 논문의 질적 우수성이 라는 목표와 부합하는 결과.

##### ○ 참여교수 국제저명학술지 논문의 우수성

항 목	사업신청서 (‘15. 01. - ’19. 12.) (1년 평균치)	성과평가 보고서 (‘20. 09. - ’23. 02.) (1년 평균치)	자체평가 보고서 (‘23. 09. ~ ’24. 08.)

논문 편수	논문 총편수	437 (87.4)	202 (80.8)	72
	논문의 환산 편수의 합	101.01 (20.20)	56.50 (22.60)	19.8
	참여교수 1인당 논문 환산 편수	5.32 (1.06)	2.74 (1.10)	0.94
피인용수	보정 피인용수(FWCI)값이 있는 논문의 총 편수	358 (71.6)	153 (61.2)	39
	보정 피인용수 (FWCI)의 합	606.21 (121.24)	280.82 (112.33)	80.82
	환산보정 피인용수(FWCI) 합	128.14 (25.63)	73.96 (29.59)	19.04
	논문 1편당 환산보정 피인용수(FWCI)	0.36	0.48	0.49
	참여교수 1인당 환산보정 피인용수(FWCI)	6.74 (1.35)	3.59 (1.44)	0.91
Impact Factor (IF)	IF=0이 아닌 논문 총 편수	437 (87.4)	202 (80.8)	72
	IF의 합	3,052.79	2058.20	702
	환산보정 IF의 합	56.80 (11.36)	30.31 (12.12)	14.9
	논문 1편당 환산보정 IF	0.13	0.15	0.21
	참여교수 1인당 환산보정 IF	2.99 (0.60)	1.47 (0.59)	0.71
Eigenfactor Score (ES)	ES=0이 아닌 논문 총 편수	437 (87.4)	202 (80.8)	72
	ES의 합	162.41	52.82	15.3
	환산보정 ES의 합	251.35 (50.27)	101.97 (40.79)	44.0
	논문 1편당 환산보정 ES	0.58	0.50	0.61
	참여교수 1인당 환산보정 ES	13.23 (2.65)	2.56 (1.03)	2.10
참여교수 수		19	20.6	21

- 연구역량 강화 전략의 3대 기본 철학('혁신적인 연구', '함께 하는 연구', '포스텍 플래그십 연구')에 충실
- '혁신적인 연구' - 기초과학분야에 집중 및 긴 호흡으로 혁신적인 연구 지향 철학 유지.
    - high IF 학술지 편수가 전체 논문 편수의 51%를 차지. 이는 아주 높은 비율로서 양적인 면보다 논문의 질적 향상에 연구자들이 관심을 기울이고 있음을 알 수 있음. 이는 포항공과대학교 물리학과의 추구하는 논문의 질적 우수성이라는 목표와 부합하는 결과.
    - 1차년도 참여교수가 주저자인 특급논문(Nature 및 자매지 등 Nature Physics IF 이상) 7건 발표.
  - '함께 하는 연구' - 참여교수들 및 외부연구자와의 활발한 공동연구 지속.
    - 1차년도 참여교수간 공동연구에 의한 논문 12건 발표.
  - '포스텍 플래그십 연구' - 세계 선도형 플래그십 연구 가능성 확인.
    - 포스텍 참여교수가 주도한 연구가 IF 상위 저널(Nature 1편 Advanced Materials 2편)에 출간되면서 해당 분야에 포스텍의 가시성 제고.
    - 포스텍 브랜드 연구가 국내는 물론 세계를 선도할 수 있다는 가능성 제시. 해당 분야에 인적/물적 지원을 통해 선도적 연구결과가 지속적으로 배출될 수 있도록 당초 연구역량 강화 전략의 3대 기본 철학을 충실히 유지할 필요 있음.
  - BK21 사업신청서 기간 중 실적 (2015 ~ 2019) 대비 BK21+ 1차년도 실적 (2023 ~ 2024).
    - 논문 수 (교수 1인당 환산편수): BK21 사업신청서 기간(2015 ~ 2019) 중 실적 대비 89% (0.95/1.06).
    - IF (논문환산편수당 환산 IF): BK21 사업신청서 기간(2015 ~ 2019) 중 실적 대비 159% (0.21/0.13).
    - ES (논문환산편수당 환산 ES): BK21 사업신청서 기간(2015 ~ 2019) 중 실적 대비 106% (0.61/0.58).
  - BK21 중간평가 기간 중 실적 (2020 ~ 2023) 대비 BK21+ 4차년도 실적 (2023 ~ 2024).

- 논문 수 (교수 1인당 환산편수): BK21 중간평가 기간(2020 ~ 2023) 중 실적 대비 86% (0.943/1.10).
- IF (논문환산편수당 환산 IF): BK21 중간평가 기간(2020 ~ 2023) 중 실적 대비 138% (0.21/0.15).
- ES (논문환산편수당 환산 ES): BK21 중간평가 기간(2020 ~ 2023) 중 실적 대비 121% (0.61/0.50).

○ 사업단 교수가 주저자인 우수 논문 연구 실적 (PRL급 이상 논문 26건)

([ ]는 참여대학원생, { }는 사업단 신진연구인력, '\_\_\_\_'는 사업단 참여교수로 표기)

(1)

*Coherent Two-Photon LIDAR with Incoherent Light*, Phys. Rev. Lett. 131, 223602 (2023).

(2)

*Nanoscale Three-Dimensional Network Structure of a Mesoporous Particle Unveiled via Adaptive Multidistance Coherent X-ray Tomography*, ACS Nano 2023, 17, 22, 22488–22498.

(3)

*Recent progress of exciton transport in two-dimensional semiconductors*, Nano Convergence 10, 57 (2023).

(4)

*Nanoscale Manipulation of Exciton-Trion Interconversion in a MoSe<sub>2</sub> Monolayer via Tip-Enhanced Cavity-Spectroscopy*, Nano Lett. 2024, 24, 1, 279–286.

(5)

*Kinkless Electronic Junction along 1D Electronic Channel Embedded in a Van Der Waals Layer*, Advanced Science 2023, 11, 3, 2307831.

(6)

*Quantum spin nematic phase in a square-lattice iridate*, Nature 625, 264–269 (2024).

(7)

*Observation of ultrafast electrons in pendant-embedded conducting two-dimensional polymers*, Chem 10, 4, 2024, 1160–1174.

(8)

*Dynamical control of nanoscale light-matter interactions in low-dimensional quantum materials*, Light: Science & Applications 13, 30 (2024).

(9)

*Flexoelectric polarizing and control of a ferromagnetic metal*, Nature Physics 20, 450–455 (2024).

(10)

*Measuring Nonlocal Brane Order with Error-Corrected Quantum Gas Microscopes*, Phys. Rev. X 14, 011003 (2024).

(11)

*Dual Higgs modes entangled into a soliton lattice in CuTe*, Nature Communications 15, 984 (2024).

(12)

*Electrically Tunable Single Polaritonic Quantum Dot at Room Temperature*, Phys. Rev. Lett. 132, 133001 (2024).

(13)

*Adaptive Gap-Tunable Surface-Enhanced Raman Spectroscopy*, Nano Lett. 2024, 24, 12, 3777–3784.

(14)

*NOON-state interference in the frequency domain*, Light: Science & Applications 13, 90 (2024).

(15)

*Inverted nucleation for photoinduced nonequilibrium melting*, Science Advances 10, 18 (2024).

(16)

*Acoustic Resonance Tuning by High-Order Lorentzian Mixing*, Nano Lett. 2024, 24, 24, 7143–7149.

(17)

*Field-Free Spin-Orbit Torque Magnetization Switching in a Single-Phase Ferromagnetic and Spin Hall Oxide*, Nano Lett. 2024, 24, 23, 7100–7107.

(18)

*Emergent Quantum Phenomena of a Noncentrosymmetric Charge Density Wave in 1T-Transition Metal Dichalcogenides*, Phys. Rev. Lett. 132, 226401 (2024).

(19)

*Controllable Andreev Bound States in Bilayer Graphene Josephson Junctions from Short to Long Junction Limits*, Phys. Rev. Lett. 132, 226301 (2024).

(20)

*High-temperature concomitant metal-insulator and spin-reorientation transitions in a compressed nodal-line ferrimagnet Mn<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>Te<sub>6</sub>*, Nature Communications volume 15, 3998 (2024).

(21)

*Topological Complex Charge Conservation in Nontrivial  $Z_2 \times Z_2$  Domain Walls*, Adv. Mater. 2024, 36, 2313803.

(22)

*Highly Efficient Room-Temperature Spin-Orbit-Torque Switching in a Van der Waals Heterostructure of Topological Insulator and Ferromagnet*, Adv. Sci. 2024, 11, 2400893.

(23)

*Dyakonov-Perel-like Orbital and Spin Relaxations in Centrosymmetric Systems*, Phys. Rev. Lett. 132, 246301 (2024).

(24)

*Anisotropic Electron-Phonon Interactions in 2D Lead-Halide Perovskites*, Nano Lett. 2024, 24, 28, 8642–8649.

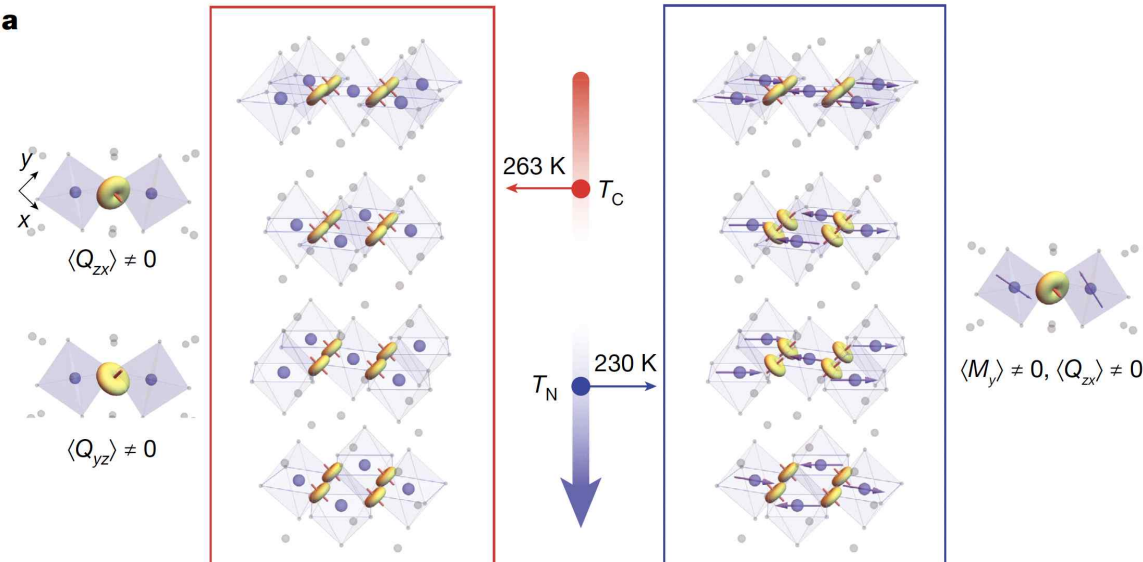
(25)

*Interplay of Cooper Pairs and Zero-Energy Quasiparticles in a Gapless Superconductor*, Adv. Mater. 2024, 36, 2404708.

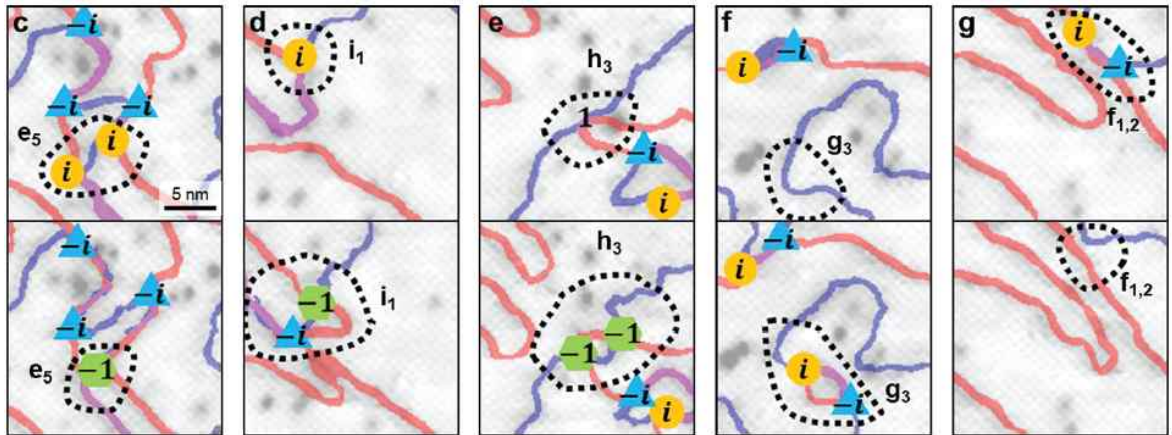
(26)

*Quantum-Confined Lifshitz Transition on Weyl Semimetal Td-MoTe<sub>2</sub>*, ACS Nano 2024, 18, 34, 23189–23195.

② 교육연구단의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 1년(2023.9.1.-2024.8.31.))

연번	대표연구업적물 설명
1	<p><i>Quantum spin nematic in a square-lattice iridate</i>, Nature 625, 264 (2024)                      BK 참여대학원생:                      사업단 참여교수:</p>  <p><b>a</b></p> <p><math>\langle Q_{zx} \rangle \neq 0</math></p> <p><math>\langle Q_{yz} \rangle \neq 0</math></p> <p><math>263 \text{ K } T_c</math></p> <p><math>T_N \text{ } 230 \text{ K}</math></p> <p><math>\langle M_y \rangle \neq 0, \langle Q_{zx} \rangle \neq 0</math></p> <p>(기본 개념 및 연구 배경)                      -양자 스핀 네마틱은 액체와 고체의 성질을 모두 가진다는 점에서 고전역학적인 액정과 비슷하다고 할 수 있으나, 양자얽힘에 의해서 발현된다는 점에서 전혀 새로운 양자 물질상이라고 할 수 있음.                      -반세기 전에 이론적으로 예측되었지만 관측하기가 매우 까다로워 실험적으로 명확히 관측된 바 없음.</p> <p>(기존연구 한계, 기존 연구 대비 독창성)                      -기존 연구에서는 이론적인 예측에 따라 매우 강한 자기장이 인가된 상태에서 나타나는 양자 스핀 네마틱상에 대한 연구가 주로 이뤄졌지만, 본 연구에서는 새로운 물질계에서 자기장이 없는 상태에서 발현되는 스핀 네마틱 상을 발견함.                      -이리듐 화합물은 기존의 3d, 4d 전이금속산화물 기반 자성물질과 달리 경X-선으로 자기 구조와 들뜸을 연구할 수 있다는 점을 활용하여 새로운 돌파구를 마련함.</p> <p>(연구결과)                      -본 연구에서는 라만 산란을 이용하여 스핀 사극자 요동이 응집하는 것을 직접적으로 관측하여 스핀 네마틱 상을 세계 최초로 발견함.                      -또한, 공명 엑스선 회절을 이용하여 스핀이 사극자가 만드는 미시적 공간적 구조를 완전히 해독함.                      -사각격자 이리듐 산화물에서 쌍극자와 사극자 질서</p>

	<p>: 사각격자 이리듐 산화물 <math>Sr_2IrO_4</math>는 저온에서 자기 쌍극자 질서를 가짐은 잘 알려져 있음. 본 연구에서는 저온(오른쪽)에서 이 쌍극자(화살표)가 사극자(도넛) 질서와 공존하며, 자기 전이온도 230 K 위에서 쌍극자가 사라져도 사극자가 여전히 임계온도 263 K까지 남아있다는 사실을 밝혀냄. 쌍극자 없이 사극자가 존재하면 스핀 네마틱이라고 할 수 있다. 사극자의 스핀 확률 밀도함수는 도넛 모양이 됨.</p> <p>(의의 및 기대효과)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스핀 다극자를 실험적으로 접근할 가능성을 열었음.</li> <li>- 여러 개의 스핀이 만드는 다극자를 통해 스핀 얽힘이 존재한다는 사실을 밝혀냄.</li> <li>- 스핀 양자얽힘은 양자전산이나 초전도체 개발에 매우 중요한 기술임.</li> </ul> <p>(비고)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 연구단의 참여교수( ) 및 국내외 연구진과의 공동연구 성과임.</li> </ul>
2	<p><i>Topological Complex Charge Conservation in Nontrivial <math>Z_2 \times Z_2</math> Domain Walls</i>, Adv. Mater. 36, 2313803 (2024)</p> <p>BK 참여대학원생: 사업단 참여교수:</p> <p>(기본 개념 및 연구배경)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 병진대칭성의 붕괴로 인한 다양한 도메인월 구조들은 이차원물질에서 네트워크를 형성하고 있으며 특정한 위상구조와 전자 및 스핀 구조로 되어 있어, 차세대 기억 및 논리연산 소자로 활용될 가능성을 가지고 있음.</li> </ul> <p>(기존 연구 한계, 기존 연구대비 독창성 등)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 자성물질에서의 도메인월 구조는 이미 기억소자 등에 널리 활용되는 대상이나 기존의 강자성물질의 경우 에너지소모 등의 문제로 최근 반자성물질의 도메인월 구조가 활발히 연구되고 있음.</li> <li>• 반자성 물질의 도메인월 구조는 장점과 함께 외부에서 전압/전류/자기장 등을 도입하여 조작하고 위치를 제어하는 데 큰 어려움이 있다는 단점을 극복하기 어려웠음.</li> </ul> <p>(연구결과)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 이차원 반자성상을 보이는 FeAs층에 스핀분해터널링 전류를 도입하여 <math>Z_2 \times Z_2</math> 도메인월 구조를 인위적으로 변화시킬 수 있었으며, 이들의 시간에 따른 변화를 관찰한 결과 도메인월 vortex들이 특정한 보존량을 가지고 변화함을 발견하였다. 이 보존량을 topological complex charge로 명명함.</li> </ul>



[Z2xZ2 반자성 도메인월에서 vortex charge 보존을 보여주는 스핀분해주사터널현미경 이미지]

(의의 및 기대효과)

- 본 연구에서 발견된 자성 도메인월구조의 보존량을 활용한 메모리 및 논리연산 소자의 개발로 확대 발전할 가능성이 있다.

*Flexoelectric polarizing and control of a ferromagnetic metal*, Nature Physics 20, 450 (2024)

BK 참여대학원생:

사업단 참여교수:

(기본개념 및 연구배경)

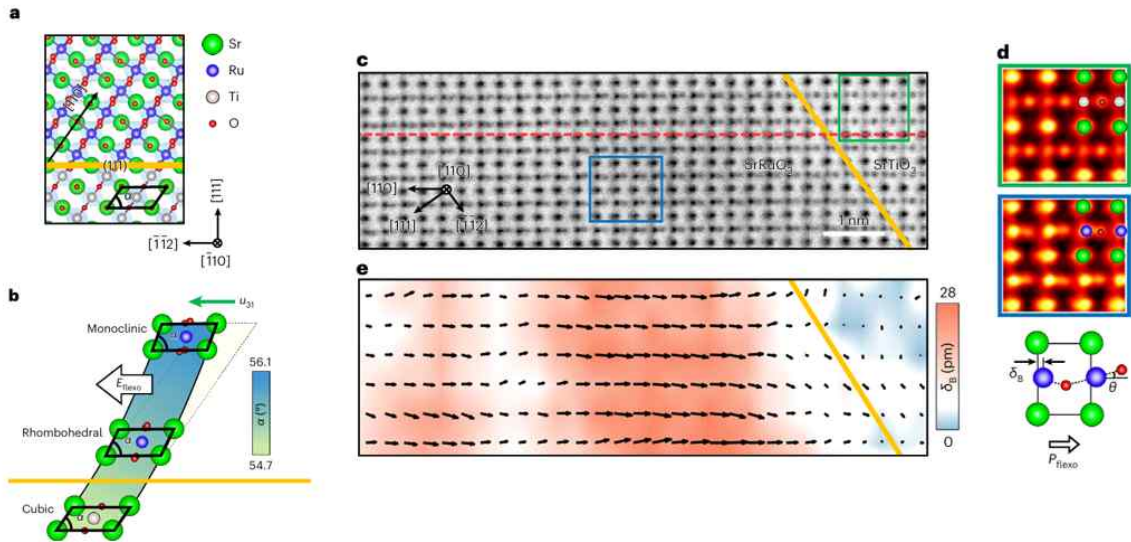
- 전자기학의 기본 법칙 중 하나인 가우스 법칙에 따라 금속 내부의 전기장은 자유 전하에 의해 상쇄되므로 전기장에 의한 금속 내부 극성의 발현은 극히 제한적인 물질과 조건 하에서 가능하였음.
- 변전성(flexoelectricity)은 전기적 특성인 편극밀도와 기계적 특성인 변형률 기울기(strain gradient)간의 결합으로서, 임의의 격자 구조에서 변형 기울기를 만들어 낼 경우 극성을 가질 가능성을 제시함.

(기존연구의 한계, 기존 연구 대비 독창성)

3.
  - 극성 구조는 소자 특성 면에서 폭넓은 응용성을 지닌 특성이거나 근본 원리적으로 금속성을 가지는 물질에서의 구현이 어려웠음.
  - 본 연구에서는 특정 물질군에 국한되지 않고 복잡한 물질 배열 없이도 발현 가능한 변전 효과를 통해 대표적 강자성체/금속 물질인 SrRuO<sub>3</sub>에서 극성 구조를 구현하였음.

(연구결과)

- 이론적/실험적으로 기판과의 계면으로부터의 거리에 따른 변형률과 구조적 상의 변화를 확인하였으며, 변전 효과에 의한 극성 구조의 발현 확인.
- 주사 투과 현미경을 통한 원자 수준의 이미징(STEM)을 통하여 Ru 양이온이 중심에서 벗어남을 확인하였고, 이차 고조파 생성(SHG) 실험을 통하여 물질 내 극성 대칭성의 발현을 확인하였음.
- 전자 구조에 대한 계산을 통하여 변형률에 의한 Ru 이온의 중심 위치로부터의 이동은 페르미 레벨 근처 Ru 전자 밴드의 폭을 크게 바꾸므로, 변전효과를 통한 금속 물질의 전자 구조적 특성 제어가 이루어짐 또한 확인함.



【(a) SrRuO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>(111)의 원자 배열 개요 (b) 계면으로부터의 거리에 따른 박막 구조상 변화 (c) 기판 및 박막의 STEM 이미지 (d) 그림 c내 표기된 부분의 이미지 확대 (e) B-site 양이온 (Ru)의 중심 위치로부터의 이동 정도 표기】

(의의 및 기대효과)

- 임의의 물질에서 다양한 방식으로 구현 가능한 변전장을 이용하여 금속 물질인 SrRuO<sub>3</sub> 내 극성을 유도하였으며, 이로부터 본 연구결과가 하나의 물질에 국한되지 않고 다양한 물질에 적용될 수 있는 파급력을 지닐 수 있을 것으로 예상됨.
- 이중 에피택시 이외에도 구성 성분 기울기, 멤브레인 등의 다양한 방식을 통하여 변형률 기울기를 발생시켜 다양한 플랫폼에서 변전성을 기반으로 하는 극성 구조의 구현과 응용을 할 수 있을 것으로 기대됨.

(비고)

- 현재까지 5회 (Google Scholar 기준) 인용됨.

*Anisotropic Electron-Phonon Interactions in 2D Lead-Halide Perovskites*, Nano Letters 24, 8642 (2024)

사업단 참여교수:

(기본개념 및 연구배경)

- 페로브스카이트 구조를 가지는 고체 물질은 비교적 강한 전자-포논 및 다양한 준입자간 상호작용을 바탕으로 특이 물성을 발현하며, 특히 금속-할로겐 페로브스카이트의 경우 예외적으로 높은 광전 효율을 기록하여 대체 에너지 소재로 높은 관심을 받고 있음.
  - 금속-할로겐 페로브스카이트의 경우 3차원 형태의 기본 구조에서 더 나아가 2차원 계층 구조 형태로 변형하여 결정화 시킬 경우 안정성에 유리한 것으로 알려짐.

(기존연구의 한계, 기존 연구 대비 독창성)

- 기존에 전자 수송 및 포논 연구가 각각 수행된 바 있으나, 2차원 페로브스카이트 물질의 특정

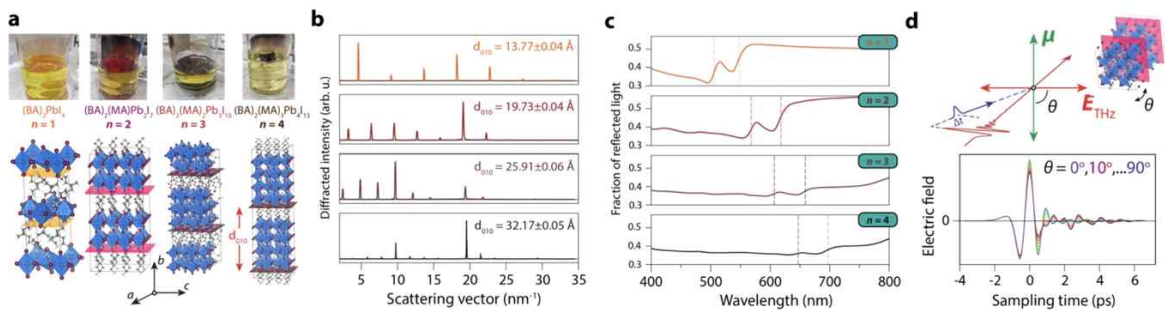
포논 모드가 방향에 따른 전자 수송에 미치는 역할은 직접 관찰, 보고된 바가 없음.

- 본 연구에서는 2차원 페로브스카이트 단결정의 계층 구조에 따라서 특정 포논 모드의 전이 쌍극자 방향 대비 전자 수송의 비등방성을 연계하여 관찰/정량화하고, 그 배경에 모드별 전자-포논 상호작용의 비등방성이 주된 원리로 작용함을 실험 및 이론적 접근을 통하여 밝힘.

(연구결과)

- 시분해 테라헤르츠 분광법에 적합한 측면 크기 및 높은 계층 두께 순도를 가지는 2차원 butylammonium lead iodide 페로브스카이트 단결정을 합성하고, X-선 회절법을 병합하여 특정 포논 모드의 전이 쌍극자 방향 및 그에 수직인 방향에서 광전도도가 10%에 가까이 차이 나는 것을 관찰.

- 제일 원리 계산을 통하여 해당 포논 모드의 특성을 확인하고 해당 전자-포논 상호작용의 비등방성이 미치는 전자 이동성이 실험 결과를 설명함을 확인.



【2차원 금속-할로젠 페로브스카이트의 구조 및 선형 분광학적 특성, 분광 실험 모식도】

(의의 및 기대효과)

- 모드별 전자-포논 상호작용이 전자 수송 및 광전 소자의 특성에 기여하는 사례 제공, 향후 관련 소재 디자인에 중요한 정보 제공, 향후 대체 에너지 소재 개발에 응용 가능성.

(비고)

- 본 연구단의 참여교수( ) 및 해외 (독일 및 영국) 연구진과의 공동연구 성과임.

*Towards quantum black hole microstates*, JHEP11 (2023) 175

사업단 참여교수:

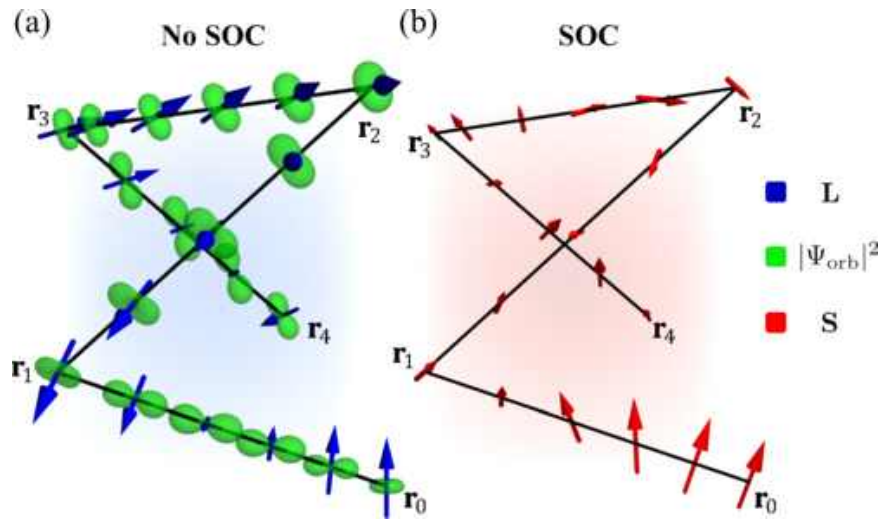
5 (기본 개념 및 연구배경)

- Anti-de-Sitter/ Conformal Field Theory 상응성에 의하면 4차원의 N=4 초대칭 양-밀즈 이론은 5차원 Anti-de-Sitter 공간의 초끈 이론에 대응함. 초끈 이론은 양자 중력 이론이므로 Anti-de-Sitter 공간의 black hole 도 4차원 초대칭 양-밀즈 이론에 의해서 기술될 가능성이 있음. 특히 Anti-de-Sitter 공간이나 Anti-de-Sitter 공간의 black hole 이 모두 같은

	<p>boundary를 가지므로 Anti-de-Sitter/ Conformal Field Theory 상응성이 black hole에 해당하는지 Anti-de-Sitter 공간에 해당하는지 확실치 않음. 4차원의 N=4 초대칭 양-밀즈 이론이 온도가 낮은 경우 Anti-de-Sitter공간에 해당하고 높은 온도의 경우 black hole에 해당함이 알려져 있음.</p> <p>(기존 연구 한계, 기존 연구대비 독창성 등)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 이로부터 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자가 black hole의 상태에 대응함을 알 수 있음. black hole의 entropy는 black hole의 표면적을 플랑크 길이의 제곱으로 나눈 값에 비례하므로 macroscopic한 black hole의 양자 상태는 매우 많음. 이를 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자를 counting 해보려는 시도가 오랫동안 있었음. 이 시도는 2000년대 초반부터 시도되었으나 최근에 와서야 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 인덱스가 black hole의 entropy를 설명할 수 있다는 것이 밝혀짐. 즉 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자와 black hole의 상태간의 일대일 대응을 만들 수 있음.</li> </ul> <p>(연구결과)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 그러나 실제 black hole 상태에 해당하는 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자를 구체적으로 찾는 일은 쉽지가 않음. 연산자의 conformal dimension이 조금만 올라가도 연산자를 일일이 적는 일이 쉽지 않음. Chang과 Lin이 graviton이 아닌 SU(2) N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자의 가장 작은 conformal dimension을 갖는 경우 quantum number를 발견하였음. 이를 바탕으로 이에 해당하는 SU(2) N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자를 발견하고 이를 일반화하여 graviton 상태에 해당하지 않은 연산자를 무한히 많이 발견하였음. 이는 small black hole like 한 object의 상태를 기술할 것으로 예상됨. SU(2)를 SU(N)으로 확장하면 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자의 연구를 통해 black hole 상태를 연구할 수 있음.</li> </ul> <p>(의의 및 기대효과)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 이 결과는 N=4 초대칭 양-밀즈 이론의 연산자 연구를 통해 black hole 상태를 연구할 수 있는 구체적인 예를 제시함으로써 black hole 상태들의 여러 성질을 연구할 수 있는 발판을 마련함.</li> </ul> <p>(비고)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재까지 25회 인용 (inspirehep.net).</li> </ul>
6	<p><i>Superconformal indices for non-Lagrangian theories in five dimensions</i>, JHEP03 (2024) 164  BK 참여대학원생:  사업단 참여교수:</p> <p>(기본개념 및 연구배경)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4+1차원 초대칭 등각장이론들은 게이지 이론을 통한 구현, 기하학적 방법, 브레인을 이용한 방법 등 다양한 방법을 활용하여 엄밀한 분류가 이루어지면 최근 전 세계적으로 활발히 연구되고 있음.</li> <li>• 초등각인덱스는 이런 초대칭 등각장이론의 연산자 스펙트럼을 정확하게 계산할 수 있는 방법을 제공하여 강한 상호작용에서 등장하는 대칭성확장, 이중성 등과 같은 다양한 비섭동적 물리현상을 정량적으로 이해할 수 있는 연구방법을 제공함.</li> </ul> <p>(기존연구의 한계, 기존 연구 대비 독창성)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존의 초등각인덱스 계산 방법은 라그랑지안으로 구현 가능한 이론들에만 적용할 수 있어 라그랑지안으로 구현되지 않는 일반적인 4+1차원 등각장이론의 초등각인덱스 계산에 사용할 수 없</li> </ul>

	<p>음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 연구에서는 라그랑지안을 통한 구현이 불가능한 4+1차원 초대칭 등각장이론들의 초등각 인덱스 계산 방법을 새롭게 제안하고, 실제 계산 예제들을 제시함.</li> </ul> <p>(연구결과)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 라그랑지안으로 구현할 수 없는 초등각장이론들을 라그랑지안 이론들의 재규격화 흐름을 이용하여 구현하는 방법을 제안함.</li> <li>• 이러한 재규격화 흐름을 초등각인덱스에 적용하고, 이 결과로 얻어지는 물리량이 라그랑지안으로 구현할 수 없는 초등각장이론들의 초등각인덱스를 계산함을 보임.</li> <li>• 자유도가 1, 2 일 때 얻어지는 모든 라그랑지안이 없는 이론들의 초등각인덱스를 직접 계산하고 이 결과로부터 해당 이론들의 특이점에서 발생하는 대칭성 확장을 정량적으로 증명함.</li> </ul> <p>(의의 및 기대효과)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4+1차원 초등각장이론들의 초등각인덱스를 가장 일반적인 상황에서도 계산할 수 있는 새로운 방법론을 제시함. 이 연구 결과로 이론적으로는 모든 4+1차원 초등각인덱스를 계산할 방법론이 생기게 됨.</li> <li>• 4+1차원 이론들을 차원내림하여 3+1차원, 2+1차원의 다양한 양자장론들을 구성하고, 이렇게 얻어진 낮은 차원 이론들의 비섭동적 물리 현상들을 차원내림의 기하학적 특성들을 통해 설명할 수 있을 것으로 기대됨.</li> </ul> <p>(비고)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재까지 5회 (Google scholar 기준) 인용됨.</li> </ul>
7	<p><i>Dyakonov-Perel-like Orbital and Spin Relaxations in Centrosymmetric Systems</i>, Phys. Rev. Lett. 132, 246301 (2024)</p> <p>BK 참여대학원생: 사업단 참여교수:</p> <p>(기본 개념 및 연구배경)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전자의 스핀 정보와 궤도 각 운동량 정보를 얼마나 오래 먼 거리로 전송시킬 수 있는지는 스핀트로닉스 분야와 오비트로닉스 분야에서 중요한 문제임. 이 논문에서는 전자의 궤도 자유도를 고려한 상황에서 전자의 스핀과 궤도 각운동량이 얼마나 빨리 이완되는지 연구함.</li> </ul> <p>(기존 연구 한계, 기존 연구대비 독창성 등)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전자스핀에 대한 기존 연구의 경우 전자의 궤도 자유도는 무시한 채 전자의 스핀과 결정운동량이 결합하는 경우만 고려해 스핀 이완 현상을 연구했음. 그런데 반전대칭성이 있는 물질에서는 스핀이 결정운동량과 결합하지 못하기 때문에 전자의 결정운동량이 빨리 산란될수록 전자의 스핀도 빨리 이완되는 것으로 간주되어 왔음.</li> <li>• 전자의 궤도 자유도를 고려할 경우 전자의 스핀 이완 현상이 어떻게 달라질 수 있는지를, 그리고 전자의 궤도 각운동량 이완 현상을 어떤 성질을 띠는지를 연구함.</li> </ul> <p>(연구결과)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 연구는 전자의 궤도 자유도를 고려한 상황에서 전자의 스핀과 궤도 각운동량 이완 현상을 조사함. 궤도 자유도를 고려할 경우, 반전대칭성이 있더라도 전자의 결정운동량이 빨리 산란될수록 전자의 스핀은 느리게 이완될 수도 있다는 것을 발견함 (Dyakonov-Perel 형태의 스핀 이완).</li> <li>• 또한 전자의 궤도 각운동량도 전자의 결정운동량이 빨리 산란될수록 전자의 궤도각운동량이 느</li> </ul>

리게 이완되는 Dyakonove-Perel 형태 궤도 각운동량이 이완이 반전대칭성이 있는 물질에서도 생길 수 있다는 것을 발견함.



(a) 스핀-궤도 결합이 없는 상태에서 전자 궤도 상태가 전자 전도 중 변화하는 모식도. (b) 스핀-궤도 결합이 있는 경우 전자의 스핀 상태가 전자 전도 중 변화하는 모식도.

(의의 및 기대효과)

- 전자의 궤도 자유도를 고려하는지가 전자의 스핀과 궤도 각운동량 이완 현상에 크게 영향을 준다는 것을 발견. 특히 전자의 결정 운동량의 산란이 빨라질수록 스핀 및 궤도각운동량의 이완이 느려지는 것이 가능하다는 결과는 스핀 및 궤도 각운동량 이완에 대한 이해도를 높임.

(비고)

- 현재까지 4회 인용 (Google Scholar).

③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

○ 참여교수 특허실적

: 참여교수의 대상 기간 특허실적은 본 보고서의 내용 중 가장 주목할 만한 성장세를 보임. 특허 등록 3건을 포함하여 12건의 특허 출원 실적을 보임.

■ 표: 물리교육연구단 참여교수 특허 등록 내용 (발명자중 주발명자는 보울드페이스, BK 참여 대학원생은 괄호로 표시)

연번	참여교수	발명자	출원번호	출원일자	발명명칭	등록번호	등록일
1			10-2022-0182052	2022-12-22	광학 신호 기록 방법 및 매체	10-2589324	2023-10-10

내용: 본 발명은 광학 신호 기록 방법에 관한 것으로, 시료에 존재하는 서로 다른 쌍극자 배향을 가지는 여러 종류의 발광 준입자를 이용한 광학 신호 기록 방법 및 이를 이용한 광학 신호 기록 매체를 제공.

2		P2022318-01-KR	2022-12-22	탐침 증강 현미경의 분석 방법 및 탐침 증강 현미경	10-2619577	2023-12-26
<p>내용: 본 발명은 탐침 증강 현미경의 관찰 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 탐침과 기판 사이의 거리 및 전기장을 조절하는 탐침 증강 현미경의 분석 방법에 관한 것이다. 본 발명에 의할 경우, 플라즈모닉 탐침과 기판 사이의 거리를 제어하여 플라즈모닉 탐침의 플라즈몬과 분석물질의 엑시톤 사이에 강한 결합을 형성할 수 있다. 또한, 플라즈모닉 탐침과 기판 사이에 형성되는 전기장의 크기를 제어하여, 분석 물질과 광의 광학적-전기적 상호작용을 탐구할 수 있고 이를 바탕으로 광의 집속을 증가시켜 향상된 해상도로 물질을 관찰할 수 있다.</p>						
3		10-2022-0151798	2022-11-14	광섬유와 광도파로간 결합기, 그리고 이를 포함하는 광 집적회로	10-2616266	2023-12-15
<p>내용: 본 발명은 각을 가진 광섬유 또는 광섬유 다발과 특정한 구조의 광도파로(Waveguide)를 통해, 광통신 파장 영역 (<math>1.45 \mu\text{m} \sim 1.65 \mu\text{m}</math>) 대역에서 광 집적회로(Photonic Integrated Circuit, PIC)와 광섬유 기반 시스템 간의 광 결합을 실현하는 구조에 대한 것이다.</p> <p>본 발명에서 결합기의 기본적인 구조는 광섬유와 광도파로와 광도파로 주변의 굴절률 정합물질(Index matching material)으로 구성된다. 광섬유의 중심 방향에서 작은 각도로 연마하여 코어가 드러나게 만들고, 광섬유와 광도파로를 정렬하면, 광섬유와 광도파로 사이에선 광모드의 혼성(Mode hybridization)이 생기며, 특정한 조건에서는 광모드의 혼성이 단일 모드(single mode)로 생기게 된다. 이때 광섬유와 광도파로 또한 단일 모드 조건을 만족한다면 광섬유 (또는 광도파로)에서 출발한 단일 모드의 빛이 다른 모드의 전환 없이 오롯이 광도파로 (또는 광섬유)로 전환된다. 또한, 이 상황에서 유효 굴절률의 변화를 적당히 느리게 만들면 전환 효율이 높아지며, 이는 결국 광섬유-광도파로 결합 효율을 높이는 것으로 나타난다.</p>						
<p>■ 표: 물리교육연구원 참여교수 특히 출원 내용 (발명자중 주발명자는 보울드페이스, BK 참여 대학원생은 괄호로 표시)</p>						
연번	참여교수	발명자	출원번호	출원일자	발명명칭	
1			10-2023-0167242	2023-11-27	스핀 궤도 토크 소재, 스핀 궤도 토크 소재의 제조 방법, 및 이를 포함한 자기 메모리 소자	
<p>내용: 위상 반데르발스 위상절연체를 사용하여 비자성층의 SOT 효율을 최대화하고 두께 최소화를 구현할 수 있는 반데르발스 강자성체를 사용하여 자성층으로의 누설 전류가 최소화될 수 있음을 제안.</p>						
2			23211540.2	2023-11-22	탐침 증강 현미경	
<p>내용: 액체 속에 존재하는 분석물질을 정밀하게 관찰 가능한 탐침 증강 현미경 기술 발명.</p>						
3			18/522,026	2023-11-28	탐침 증강 현미경	
<p>내용: 액체 속에 존재하는 분석물질을 정밀하게 관찰 가능한 탐침 증강 현미경 기술 발명.</p>						

4		10-2023-0 179365	2023- 12-12	엑시톤-트라이온 변환 및 발광 제어 시스템
내용: 2차원 반도체와 금 나노와이어의 복합 구조 및 탐침증강 현미경을 활용해, 2차원 반도체에서 발생하는 중성 엑시톤과 음성 트라이온의 변환을 나노미터 단위로 정밀하게 제어하는 방식을 제시.				
5		P2022218- 02-US	2023- 12-08	반데르발스 적층형 조셉슨 접합 구조체 및 이의 제조 방법
내용: 하나의 단결정 반데르발스 적층형 물질을 기계적 박리하여 적층형 조셉슨 접합 형성 기법을 제안.				
6		P2023101- 02-US	2024- 05-03	조정된 불화 그래핀을 포함하는 양자 소자 및 이의 제조 방법
내용: 그래핀에 불소 원자를 불임으로써 스핀-궤도 결합 세기를 증가시키는 기법을 제안.				
7		18/679,584	2024- 05-31	선택적 A-자리 원자 기울기를 이용한 페로브스카이트 산화물 박막 및 이의 제조 방법
내용: 선택적 A-자리 원자 기울기를 이용하여 페로브스카이트 산화물 ABO <sub>3</sub> 에서 거대 전기 분극을 발현시킬 수 있고, 극성 가능성을 구현할 수 있는 보편적 방법을 제안함.				
8		2024107446 32.2	2024- 06-11	선택적 A-자리 원자 기울기를 이용한 페로브스카이트 산화물 박막 및 이의 제조 방법
내용: 선택적 A-자리 원자 기울기를 이용하여 페로브스카이트 산화물 ABO <sub>3</sub> 에서 거대 전기 분극을 발현시킬 수 있고, 극성 가능성을 구현할 수 있는 보편적 방법을 제안함.				
9		10-2024-0 019139	2024- 02-07	스핀 궤도 토크 소재, 스핀 궤도 토크 소재의 제조 방법, 및 이를 포함한 자기 메모리 소자
내용: 조성비 기울기 기반의 단일상 물질 합성을 통하여 자유장 스핀 궤도 토크 소재의 제작법을 제안함.				
10		24167934.9	2024- 03-29	스핀 궤도 토크 소재, 스핀 궤도 토크 소재의 제조 방법, 및 이를 포함한 자기 메모리 소자
내용: 조성비 기울기 기반의 단일상 물질 합성을 통하여 자유장 스핀 궤도 토크 소재의 제작법을 제안함.				
11		18/633,006	2024- 04-11	스핀 궤도 토크 소재, 스핀 궤도 토크 소재의 제조 방법, 및 이를 포함한 자기 메모리 소자
내용: 조성비 기울기 기반의 단일상 물질 합성을 통하여 자유장 스핀 궤도 토크 소재의 제작법을 제안함.				
12		2024104408 75.7	2024- 04-12	스핀 궤도 토크 소재, 스핀 궤도 토크 소재의 제조 방법, 및 이를 포함한 자기 메모리 소자
내용: 조성비 기울기 기반의 단일상 물질 합성을 통하여 자유장 스핀 궤도 토크 소재의 제작법을 제안함.				

## 2. 산업·사회에 대한 기여도

<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <b>산업사회 문제 해결 기여를 위한 연구단의 운영 계획 및 실적</b> </div>
--

✓ 포스텍 물리교육 연구단은 산업·사회·과학 의 중요 3대 현안 과제로 ‘산업체 미래성장 동력원 확보’, ‘학령인구 감소에 따른 과학 전문인력 부족해소’, 그리고 ‘과학기술 발전으로 인해 급변하는 사회에 대한 능동적 대처’를 선포하였으며 이를 위한 아래와 같은 구체적 전략을 제시 함. 이러한 운영 전략에 따른 교육 연구단의 수립 계획과 구체적 운영 실적, 그리고 향후 추진계획을 다음과 같이 정리함.

○ 전략 1: 과학 대중화 및 지식환원

■ 연구 특히 출원 독려.

[계획]

- 특히 출원 과정 소개 세미나 상시운영 - 특허의 이해도 증진.
- 산업체 활동 전문가 초청 강연.

[실적]

- 산업체 전문가 초청강연 (4건).

번호	일자	연사	주제
1	2024.02.14		Quantum Computing with QuEra’s Neutral-Atom Quantum Computers
2	2024.05.08		초저손실, 광대역 fiber-to-chip interface
3	2024.06.11		Mechanical characterization of ferromagnetic resonance in magnomechanical hybrid devices
4	2024.07.24		반도체 산업이야기

[실적 분석 및 향후 추진 계획]

- 연구단 계획에 부합하게 지속적으로 성과를 보이고 있음. 올해의 경우 사회적 현안이 되고 있는 반도체와 양자기술 분야와 직결된 산업체에 종사하는 실제 연구자의 강연이 두드러지게 증가하는 좋은 성과를 보였음.
- 이러한 노력이 특히 출원 관련 비약적인 발전에 이바지한 것으로 판단.
- 원 계획 유지, 연구단 참여 교수의 지속적 참여와 관심 독려.

■ 기초과학 중심의 산학연구 및 기술 컨설팅 활동 장려.

[계획]

- 대학의 벤처밸리 창업인큐베이팅 센터 참여.
- 기초과학 연구 중심의 산학과제 수주.
- 산업체 대상 기술 컨설팅 활성화.

[실적]

- 기초과학 연구 중심 산학 협력 연구과제 수행.

: 아래와 같이 본 연구단은 9건의 삼성미래기술육성재단 연구과제 및 포스코홀딩스로 부터 2건의 미래 기술 연구과제를 지원받아 관련연구를 수행하고 있음. 또한 주식회사 엘지넥스원, 삼성전자 등과 3건의 산학협력과제를 수행하였음. 이러한 과제들은 양자물질 및 전자산업발전에 직결된 연구내용으로 본 연구단에서는 전략적인 소재, 부품, 장비의 개발을 아울러, 국가적 위기상황인 소재/부품/장비의 국제적 경쟁력확보에 적극적으로 기여하고 있음.

- 삼성미래기술육성재단 연구과제 (총 9건).

- ◇ 교수: 극저온 쌍극성 분자들을 이용한 양자 시뮬레이션 및 컴퓨팅 (2022. 06. ~ 2027. 05.).
- ◇ 교수: 폴라리톤 보즈-아인슈타인 응축을 이용한 위상양자컴퓨팅 연구 (2022. 12. ~ 2025. 11.).
- ◇ 교수: 초끈 이론을 이용한 완전한 위상 물질 분류법 연구 (2021. 06. ~ 2025. 05.).

- ◇ 교수: 위상마디선 제어 고성능 자성 반도체 소재 및 소자 개발 (2022. 06. ~ 2025. 05.).
- ◇ 교수: 1NM3 양자터널 캐비티-스펙트로스코피를 이용한 엑시톤 거동 능동제어 (2023. 12. ~ 2026. 11.).
- ◇ 교수: 지속적 플로켓 소자를 이용한 비평형 응집물질 연구 (2024. 06. ~ 2029. 05.).
- ◇ 교수: 그래핀 검출기를 활용한 가벼운 암흑 물질 탐색 (2023.06 ~ 2026.05).
- ◇ 교수: 원자 기울기 기반의 신기능성 극성 소재 개발 (2021. 06. ~ 2026. 05.).
- ◇ 교수: 오비트로닉스 (2020. 08. ~ 2025. 07.).
- 포스코 홀딩스 미래기술 연구과제 (총 2건).
  - ◇ 교수: 이차원 분광법을 활용한 전자와 격자 진동 상호작용 연구를 통한 포스코그룹 전력관련 응용 (2023.08 ~ 2024.08).
  - ◇ 교수: 초고분해능 분광분석법을 통한 에너지소재 정밀 분석 기술개발 및 포스코그룹 활용 제안 (2023.08~2024.08).
- 산학 협력과제 (총 3건).
  - ◇ 교수: 대기 투과 광파면 분석 M&S 기술  
협력기관: 주식회사 엘아이지넥스윈 (2022. 03. ~ 2023. 10.).
  - ◇ 교수: 차세대 TOPOLOGICAL MATERIALS 개발  
협력기관: 삼성전자 (2022.01 ~ 2023.01).
  - ◇ 교수: SOT-MRAM 동작전류저감을 위한 소자구조 계산,  
협력기관: (주)삼성전자, (2023. 09. ~ 2024. 08).

[실적 분석 및 향후 추진 계획]

: 당초 계획을 넘어서는 수준의 기초연구 기반 산업체 연계 연구과제가 활발하게 진행되는 좋은 성과를 보이고 있음. 원 계획을 그대로 유지하는 추진 계획을 가짐.

■ 열린 캠퍼스 과학 대중화 프로그램 활성화.

[계획]

- ‘내 연구를 소개합니다: 내연소’ 프로그램 참여.
- ‘미리보는 과학자’ 프로그램 추진.
- ‘재미있는 물리시연’ 프로그램 추진 등.

[실적]

- 과학 대중화 및 지식 환원 (총 10건).
  - 중고생 대상 이공계 대탐험 학과탐방
    - ◇ 진행:
    - ◇ 참여 교수:
    - ◇ 일시: 2024.01.25. - 2024.01.26.
    - ◇ 내용: 물리학을 전공하는 것에 대한 일반적인 진로 소개
  - 고교생 대상 이공계학과 대탐험
    - ◇ 진행:
    - ◇ 참여 교수:
    - ◇ 일시: 2024.07.23. - 2024.07.24.
    - ◇ 내용: 온라인 대탐험 - 물리학 전공 설명 및 실험실 견학
  - 고교생 대상 이공계학과 대탐험
    - ◇ 진행:
    - ◇ 참여 교수:

- ◇ 일시: 2024.08.08.
  - ◇ 내용: 물리학 전공 설명 및 실험실 견학
  - 상산고 학과탐방
  - ◇ 발표자:
  - ◇ 일시: 2024.07.08
  - ◇ 내용: 물리학 관련 진로 소개 및 재학생 면담
  - 충남여고 학과탐방
  - ◇ 발표자:
  - ◇ 일시: 2024.07.10
  - ◇ 내용: 물리학 관련 진로 소개 및 재학생 면담
  - 강원과학고 학과탐방
  - ◇ 발표자:
  - ◇ 일시: 2024.07.15
  - ◇ 내용: 물리학 관련 진로 소개 및 재학생 면담
  - 한국민족사관학교 학과탐방
  - ◇ 발표자:
  - ◇ 일시: 2024.05.22
  - ◇ 내용: 물리학 관련 진로 소개 및 재학생 면담
  - 경남과학고 학과탐방
  - ◇ 발표자:
  - ◇ 일시: 2024.03.27
  - ◇ 내용: 물리학 관련 진로 소개 및 재학생 면담
  - 부산과학고 학과탐방
  - ◇ 발표자:
  - ◇ 일시: 2024.03.29
  - ◇ 내용: 물리학 관련 진로 소개 및 재학생 면담
  - 제주과학고 학과탐방
  - ◇ 발표자:
  - ◇ 일시: 2024.07.16
  - ◇ 내용: 물리학 관련 진로 소개 및 재학생 면담
- [실적 분석 및 향후 추진 계획]
- 고등학교 재학생 대상 학과 탐방 프로그램을 활발하게 수행.
  - 온라인 활동을 포함하여 더욱 적극적인 활동으로 사회 지식 환원 활동 참여.

○ 전략 2: 건강한 과학 리더십 구축

■ 과학 기술 지식 환원 활동 활성화.

[계획]

- 국가 과학기술 자문활동.
- 지자체 주관 과학 정책 및 산업화 프로그램 자문 활동.
- 대중매체 활용 과학 대중화 활동.
- 일반인 대상 방문 특강 - 과학 대중화.

[실적]

- 대중매체 활용 과학 대중화 활동.

- 이공계 대학원생을 대상 유튜브 강연 (<https://www.youtube.com/watch?v=zjPOsuA1iec>).
  - 진행:           교수가 기존에 시행해왔던 이공계 대학원생을 대상으로 한 연구력 강화.
  - 내용: 영어 논문 쓰는법 9개 강의, 연구방법가이드 5개 강의.
- 신문 사설 기고 (총 1건):
  - 동아일보 2024. 08. 30 (           교수): ‘기업은 사활 건 R&D, 정부는 비효율 높’.  
<https://www.donga.com/news/article/all/20240829/126757595/2>
- 해외 석학 초청강연 (총 9건).
  - 해외석학 초청강연 1
    - ◇ 연사:                   (UCLA 대학교)
    - ◇ 2023.09.15. (세미나)
    - ◇ Exploring the 3D Nano and Atomic World: Coherent Diffractive Imaging and Atomic Electron Tomography
  - 해외석학 초청강연 2
    - ◇ 연사:                   (European XFEL 연구소)
    - ◇ 2023.10.05. (세미나)
    - ◇ European XFEL – Opportunities and Challenges (not only) for Sample Delivery
  - 해외석학 초청강연 3
    - ◇ 연사:                   (PSI, Swiss)
    - ◇ 2023.11.14. (세미나)
    - ◇ Anomalous quasi particles in a ferromagnetic kagome metal
  - 해외석학 초청강연 4
    - ◇ 연사:                   (칭화대학교, 중국)
    - ◇ 2024.02.15. (세미나)
    - ◇ Toward quantum advantage with trapped ions
  - 해외석학 초청강연 5
    - ◇ 연사:                   (Rutgers University, USA)
    - ◇ 2024.02.22. (세미나)
    - ◇ Light, Camera, Action! Shining light on Biomolecular Dynamics and Interactions with Optical Microscopy
  - 해외석학 초청강연 6
    - ◇ 연사:                   (Tokyo University, Japan)
    - ◇ 2024.04.16. (세미나)
    - ◇ Anomalous Statistics in Langevin Equation with Fluctuating Diffusivity : non-Gaussian yet Brownian, anomalous diffusion, and ergodicity breaking
  - 온라인 해외석학 초청강연 7
    - ◇ 연사:                   (CNR-SPIN Institute, Italy)
    - ◇ 2024.05.24. (세미나)
    - ◇ Chirality knob: from molecules to hybrid organic-inorganic metal halides
  - 온라인 해외석학 초청강연 8
    - ◇ 연사:                   (RIKEN, Japan)
    - ◇ 2024.07.22. (세미나)
    - ◇ Hydrodynamic Effects in Electron Fluids on Spintronics
  - 온라인 해외석학 초청강연 9

◇연사: (Purdue University, USA)

◇2024.05.28. (세미나)

◇Reconstructing the Mechanical and Dynamic Behaviors of Cells in Silico

[실적 분석 및 향후 추진 계획]

- 활발한 해외 석학 초빙 강연 활동이 이루어짐, 예년 대비 2배 이상 활동.
- 상대적으로 미비했던 ‘일반인 대상 방문 특강 - 과학 대중화’의 활성화를 위해 온라인 발표 활동 강화.

■ Amusing Physics Club (APC) 프로그램 진행.

[계획]

- APC 프로그램 (초중고 과학교사 대상 물리교육 및 시연) 진행.

[실적]

- COVID-19 이후 전면적으로 활동이 중단됨, 시연행사 미실시.

[실적 분석 및 향후 추진 계획]

- 활동 재개까지 다소의 시간이 소요될 것으로 예상.

○ 전략 3: 첨단과학 지역 생태계 조성

■ 지역사회 연계 (connecting 포항) 활동 진행.

[계획]

- 지역사회와 연계된 연구 클러스터링 추진.
- Advanced Pohang Forum (APF) - 프로그램 활용 지역사회와의 사회적 공감대 형성.

[실적]

- 실적 참여 교수:

- 내용 요약: 교수는 대학-지역 상생 발전 전략에 발맞추어 과학문화의 대중화와 지역 사회 과학 생태계의 형성 발전에 공헌하는 다양한 프로그램을 지원함 (재원: 포스텍 기초과학 연구소). 대학 내 기초과학 분야 학술교류 사업 지원을 통해 과학 대중화, 지역 사회 과학 생태계 활동 지원.

- 구체적 활동 내역 (4건 기술)

◇과학토크 콘서트 지원: 알아두면 쓸모있는 노벨 화학상 이야기

· 행사주관:

· 일시:2023. 10. 30.

· 내용: 포스텍 구성원과 포항지역 일반인 및 경북 지역 중/고교생을 대상으로 노벨 화학상 수상자의 업적을 소개하고 화학과 교수님과 대화의 시간을 가짐.

· 효과: 포항지역 일반인이나 중고교생들에게 과학에 관한 관심 제고와 기초과학 저변 확대에 기여.

◇포항 혁신 살롱 세미나 지원

· 행사 주관:

· 일시: 2023. 09. 01. ~ 2024. 08. 31. (매월 둘째 목요일 개최)

· 내용: 신약 및 의료 기기 개발을 위해 바이오 및 의학분야의 기초지식과 산업체와 연계된 다양한 소양을 소개.

· 효과: 지역 내 바이오 헬스 산업 분야의 다양한 인재들과의 교류의 장을 마련하고 관련분야 스타트업, 벤처 참여를 활성화함.

◇제 5회 가속기 기반 신약개발 국제 심포지움 지원

· 행사 주관:

· 일시: 2023. 09. 07 ~ 2022. 09. 08

· 개요: 4세대 가속기(XFEL) 활용 구조기반 신약 개발 분야의 글로벌 선도 연구기관 및 국내외 제약사와의 연구 교류를 통해 신약 개발에 대한 정보와 노하우를 공유, 제약사 유치 기반 확보 및 국내외 신약 개발 전문가 참여를 통한 협력체계 구축.

· 효과: 대구경북첨단의료복합 단지 등 협력 기관과의 협력 시너지 창출.

◇ APCTP 올해의 과학도서 저자강연

· 행사 주관:

· 일시: 2023. 03. 01. ~ 2023. 12. 31.

· 개요: <APCTP 과학도서 10권 저자 강연 시리즈>를 포항시립도서관에서 개최.

· 효과: 과학 도서의 저자강연으로 과학 대중화에 공헌.

[실적 분석 및 향후 추진 계획]

- 연구 클러스터링 - 관련 정보 수집 및 기획 활동 활성화 유도 (연구단 차원의 행정 지원).
- 보다 활발한 프로그램 진행 예상 (원 계획 유지).

### 3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

#### ① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

##### ○ 국제학술대회 초청강연

- 2024 KIAS-FUB International Workshop on Bio-Soft Matter Theory, *Nonequilibrium viscoelastic diffusion modeled by active fractional Langevin equations*, 2024-02-21.
- Transport phenomena and fluctuations in small complex systems, *Nonequilibrium viscoelastic diffusion modeled by active fractional Langevin equation*, 2023-12-11.
- East Asia Joint Seminars on Statistical Physics 2023, *Active diffusion and escaping: simulations and theory*, 2023-10-11.
- Quantum 2023, *Noise-Resistant Quantum Communications using Hyper-Entanglement*, 2023-09-11.
- 7th International Conference on Advanced Electromaterials, *Large and Tunable Magnetic and Magnetotransport Properties in Topological Magnets*, 2023-10-31.
- Recent Progress in Quantum Materials, *Novel Magnetotransport Responses of Isolated Topological Nodal-line Fermions*, 2023-10-08.
- Material Aspects of Novel Quantum Systems, *Large magnetotransport Responses of Topological Van Der Waals Magnets*, 2023-09-11.
- 한국물리학회 가을학술대회, *Resolving Surface and Electronic Ambiguities in Kagome Metal FeSn*, 2023-10-26.
- 한국물리학회 가을학술대회, *Direct measurement of electron phonon coupling with 2D spectroscopy*, 2023-10-26.
- East Asia Joint Workshop on Fields and Strings, *Spectra of BPS Strings in 6d Supergravity and the Swampland*, 2023-11-12.
- UNIST Workshop on Symplectic Singularities, *Blowup Equations for 5d/6d theories*, 2023-10-12.
- Quantum Materials Symposium 2024, *Tip-enhanced cavity-spectroscopy to control excitonic behaviors at the nanoscale*, 2024-02-21.
- The 13th International Conference on Advanced Materials and Devices, *Tip-enhanced*

- *cavity-spectroscopy to control excitonic behaviors at the nanoscale, 2023-12-05.*
- Sino-German Workshop: Optical Spectroscopy of van der Waals Semiconductors, *Tip-enhanced cavity-spectroscopy, 2023-09-22.*
- The 84th JSAP Autumn Meeting 2023, *Tip-induced light-matter interactions in low-dimensional quantum materials, 2023-09-19.*
- The 20th International Microscopy Congress, *Tip-enhanced cavity-spectroscopy to control excitonic behaviors at the nanoscale, 2023-09-12.*
- International Workshop on Nonlinear Optics and Plasmonics, *Tip-enhanced cavity-spectroscopy to control excitonic behaviors at the nanoscale, 2023-09-05.*
- The 20th International Microscopy Congress, *Functional 3D nano-imaging of ensemble characterization with femtosecond X-ray laser, 2023-09-12.*
- The 13th International Conference on Advanced Materials and Devices ICAMD 2023, *Quantum technology using quantum frequency translation, 2023-12-06.*
- ICAMD2023, *Topological Josephson Effect in Hinge State of WTe<sub>2</sub>, 2023-12-08.*
- ICPQT2023, *Engineering Andreev band in graphene Josephson junctions, 2023-11-01.*
- Recent Progress in Quantum Materials 2023, *Andreev bands in three-terminal graphene Josephson junctions, 2023-10-12.*
- International Symposium on Berry Curvature-based New Phenomena 2023, *Orbitronics: Electron orbital angular momentum dynamics in solids, 2023-12-06.*
- Orbital Currents 2023: Orbital currents in solids – The latest twist in a nutshell, *Electron orbital angular momentum dynamics in solids, 2023-12-01.*
- The 1st International Conference on Prospective Quantum Technology: Science and Applications, *Orbitronics: Electron orbital angular momentum in solids, 2023-11-03.*

○ 국제위원회 활동

- INTERNATIONAL CONFERENCE ON LOW ENERGY ELECTRODYNAMICS IN SOLIDS, Attract Committee Member, 2018. 06. 21. ~ 2024. 07. 11.
- INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRONGLY CORRELATED ELECTRON SYSTEMS 2023, PROGRAM COMMITTEE, 2019. 11. 12. ~ 2023. 07. 07.
- THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIALS AND DEVICES (ICAMD 2023), PROGRAM COMMITTEE, 2023. 01. 01. ~ 2023. 12. 31.
- THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIALS AND DEVICES (ICAMD 2023), PROGRAM COMMITTEE, 2023. 01. 01. ~ 2023. 12. 31.
- THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIALS AND DEVICES (ICAMD 2023), PROGRAM COMMITTEE, 2023. 01. 01. ~ 2023. 12. 31.
- THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIALS AND DEVICES (ICAMD 2023), Organizing COMMITTEE, 2023. 06. 01. ~ 2023. 12. 31.
- THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIALS AND DEVICES (ICAMD 2023), PROGRAM COMMITTEE, 2023. 01. 01. ~ 2023. 12. 31.
- THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIALS AND DEVICES (ICAMD 2023), PROGRAM COMMITTEE, 2023. 01. 01. ~ 2023. 12. 31.
- INTERNATIONAL WORKSHOP ON SCANNING PROBE MICROSCOPY, ORGANIZING COMMITTEE, 2019. 07. 30. ~ 2024. 12. 31.

- QUANTUM MATERIALS SYMPOSIUM, ORGANIZING COMMITTEE, 2016. 07. 23. ~ 2025. 02. 28.
- 한국물리학회, Organizing COMMITTEE, 2023. 07. 01. ~ 2023. 10. 27.
- Advanced lasers and their applications, PROGRAM COMMITTEE, 2019. 01. 01. ~ 2024. 12. 31.
- International Conference for Biological Physics (ICBP), Organizing Committee, 2023. 01. 01. ~ 2023. 10. 31.
- International Conference for Biological Physics (ICBP), Organizing Committee, 2023. 01. 01. ~ 2023. 10. 31.
- The Association of Asia Pacific Physics Societies (AAPPS), 평위원 & Secretary, 2023. 01. 01. ~ 2025. 12. 31.
- HIGH1 WORKSHOP ON PARTICLE, STRING AND COSMOLOGY, CO-ORGANIZOR, 2023. 01. 29. ~ 2023. 02. 04.
- 미국광학회(THE OPTICAL SOCIETY, OSA), 석학회원(FELLOW), 2021. 11. 02. ~ 9999. 12. 31.

○ 국제학술지 활동

- Frontiers in Nanobiotechnology, Editorial Board Member.
- Current Optics and Photonics, Associate editor.
- K-Light, 편집위원.
- 한국진공학회, SCIE 등재추진위원회 위원.
- Nano Convergence, Editorial board.
- Applied Science and Convergence Technology, Associate editor.
- Physical Review Applied, Associate editor.
- Journal of the Korean Physical Society, 편집위원.
- Molecules and Cells, Editorial Board Member.
- Frontiers in Nanobiotechnology, Associate Editor.

○ 기타 주요 국제활동

- APCTP Coordinator.
- APCTP APCTP-POSTECH Fellow.
- 국제화사업 추진위원회 위원.

② 국제 공동연구 실적

<표 3-6> 최근 1년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구 단 참여교수	국외 공동연구자			

1		Princeton (USA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phys. Rev. D 108, 126022 (2023)</li> <li>• Nonequilibrium thermodynamics perspectives for the monotonicity of the renormalization group flow</li> </ul>	10.1103/PhysRevD.108.126022
2		Advanced Photon Source (USA) European Synchrotron Radiation Facility (EU)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nature 625, 264–269 (2024)</li> <li>• Quantum spin nematic phase in a square–lattice iridate</li> </ul>	10.1038/s41586-023-06829-4
3		USA/National High Magnetic Field Laboratory, Florida State University USA/Materials Science and Technology Division, Oak Ridge National Laboratory	<ul style="list-style-type: none"> <li>• COMUNICACION PHYSICS 7:162 (2024)</li> <li>• Large anomalous Hall conductivity induced by spin chirality fluctuation in a ultraclean frustrated antiferromagnet</li> </ul>	<a href="https://doi.org/10.1038/s42005-024-01652-3">https://doi.org/10.1038/s42005-024-01652-3</a>

4		<p>USA/Departments of Physics, University of Illinois Chicago, China/Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research, USA/Rutgers Center for emergent Materials and Department of Physics and Astronomy, Rutgers University</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NATURE COMUNICATIONS 15: 3998 (2024)</li> <li>• High-temperature concomitant metal-insulator and spin-reorientation transitions in a compressed nodal-line ferrimagnet Mn<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>Te<sub>6</sub></li> <li>•</li> </ul>	<p><a href="https://doi.org/10.1038/s41467-024-48432-9">https://doi.org/10.1038/s41467-024-48432-9</a></p>
5		<p>UK/ Imperial College London, London Germany/ Max Planck Institute for Polymer Research, Mainz</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nano Letters, 24:8642 (2024)</li> <li>• Anisotropic electron-phonon interactions in 2D lead-halide perovskites</li> <li>•</li> </ul>	<p>10.1021/acs.nanolett.4c01905</p>
6		<p>China/University of Electronic Science and Technology of China, Israel/University of Haifa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Journal of High Energy Physics 03 (2024) 164</li> <li>• Superconformal indices for non-Lagrangian theories in five dimensions</li> <li>•</li> </ul>	<p>10.1007/JHEP03(2024)164</p>

7		USA/Rutgers Center for Emergent Materials and Department of Physics and Astronomy	<ul style="list-style-type: none"> <li>Advanced Materials, 36:25 (2024).</li> <li>Topological Complex Charge Conservation in Nontrivial <math>Z_2 \times Z_2</math> Domain Walls</li> </ul>	10.1002/adma.202313803
8		USA/Rutgers Center for Emergent Materials and Department of Physics and Astronomy, Rutgers University,	<ul style="list-style-type: none"> <li>ADVANCED SCIENCE, 11:3 (2024).</li> <li>Kinkless Electronic Junction along 1D Electronic Channel Embedded in a Van Der Waals Layer</li> </ul>	10.1002/advances.202307831
9		The Netherlands/Department of Quantum Nanoscience, Kavli Institute of Nanoscience, Delft University of Technology, Delft, 2628, CJ,	<ul style="list-style-type: none"> <li>Communications Materials, 4:1 (2023).</li> <li>Stacking and spin order in a van der Waals Mott insulator 1T-TaS<sub>2</sub></li> </ul>	10.1038/s43246-023-00425-9
10		Japan/Research Center for Electronic and Optical Materials, National Institute for Materials Science, 1-1 Namiki, Tsukuba 305-0044, Japan Japan/Research Center for Materials Nanoarchitectonics, National Institute for Materials Science, 1-1 Namiki, Tsukuba 305-0044, Japan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Physical Review Letters 132, 226301 (2024)</li> <li>Controllable Andreev Bound States in Bilayer Graphene Josephson Junctions from Short to Long Junction Limits</li> </ul>	10.1103/PhysRevLett.132.226301

11		<p>China/Hefei National Research Center for Physical Sciences at Microscale, University of Science and Technology of China, UK/Department of Physics, University of Warwick, Austria/Institut für Festkörperphysik, TU Wien.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NATURE PHYSICS, 20:450 (2024)</li> <li>• Flexoelectric polarizing and control of a ferromagnetic metal</li> <li>•</li> </ul>	<p>10.1038/s41567-023-02333-8</p>
----	--	--	---	-----------------------------------

12		<p>Center for Emergent Matter Science, RIKEN, Wako, Saitama 351-0198, Japan</p> <p>National Institute for Materials Science, Tsukuba, Ibaraki 305-0047, Japan</p> <p>Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo, Kashiwa, Chiba 277-8581, Japan</p> <p>Peter Grünberg Institut and Institute for Advanced Simulation, Forschungszentrum Jülich and JARA, 52428 Jülich, Germany</p> <p>Institute for Physics, Johannes Gutenberg University, Mainz, 55099 Mainz, Germany</p> <p>Trans-scale Quantum Science Institute, The University of Tokyo, Tokyo 113-8654, Japan</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PHYSICAL REVIEW MATERIALS, 7:L111401 (2023)</li> <li>• Oxide layer dependent orbital torque efficiency in ferromagnet/Cu/oxide heterostructures</li> <li>•</li> </ul>	10.1103/PhysRevMaterials.7.L111401
----	--	--	--	------------------------------------

13		<p>Institute of Physics and Beijing National Laboratory for Condensed Matter Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China</p> <p>Department of Materials Physics and Chemistry, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China</p> <p>Institute of Microstructure and Property of Advanced Materials, Beijing Key Lab of Microstructure and Property of Advanced Materials, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China</p> <p>Collaborative Innovation Center of Advanced Steel Technology, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China</p> <p>Spallation Neutron Source Science Center, Dongguan 523803, China</p> <p>Songshan Lake Materials Laboratory, Dongguan 523808, China</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• APL MATERIALS, 11:111126 (2023)</li> <li>• Spin – orbit torque induced magnetization switching in the W/CoFeB/Zr/MgO multilayers with high thermal stability</li> <li>•</li> </ul>	10.1063/5.0168705
----	--	--	---	-------------------

14		Division of Natural and Applied Sciences, Duke Kunshan University, Kunshan, Jiangsu 215300, China	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PHYSICAL REVIEW B 108:L241404 (2023)</li> <li>• Cavity magnonics with easy-axis ferromagnets: Critically enhanced magnon squeezing and light-matter interaction</li> <li>•</li> </ul>	10.1103/PhysRevB.108.L241404
15		Institute of Physics, Johannes Gutenberg University Mainz, 55099 Mainz, Germany Department of Physics and Astronomy, Uppsala University, P.O. Box 516, SE-75120 Uppsala, Sweden Peter Grünberg Institut, Forschu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PHYSICAL REVIEW B 109:174435 (2024)</li> <li>• First-principles calculation of orbital Hall effect by Wannier interpolation: Role of orbital dependence of the anomalous position</li> <li>•</li> </ul>	10.1103/PhysRevB.109.174435
16		Department of Applied Physics and Physico-Informatics, Keio University, Yokohama 223-8522, Japan Peter Grünberg Institut and Institute for Advanced Simulation, Forschungszentrum Jülich and JARA, 52425 Jülich, Germany; Institute of Physics, Johannes Gutenberg University Mainz, 55099 Mainz, Germany	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NANO LETTERS 24:6459 (2024)</li> <li>• Observation of Long-Range Current-Induced Torque in Ni/Pt Bilayers</li> <li>•</li> </ul>	10.1021/acs.nanolett.3c05102

17		USA/ The Anthony J Leggett Institute for Condensed Matter Theory, Department of Physics, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Urbana, Canada/Department of Physics, University of Toronto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Physical Review Letters, 132:22 (2024).</li> <li>Emergent Quantum Phenomena of a Noncentrosymmetric Charge Density Wave in 1T -Transition Metal Dichalcogenides</li> </ul>	10.1103/PhysRevLett.132.226401
----	--	--	---	--------------------------------

③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

사업단 해외 연구기관과의 교류 활성화 계획 및 실적

○ 전략 1: 기관 대 기관 국제연구 교류 플랫폼 구축 및 확대

- 포스텍 플래그십 중심으로 국제화 사업 육성.

[계획]

- 주력 연구센터와 해외연구기관과의 국제협력 MOU 협약 활성화.

[실적]

- 평가 기간 MOU 협약은 없지만 최근 맺은 MOU 협약을 활성화하기 위한 활동.

순번	협정 대상기관	협정체결 일자	관련 교수명 ('_' 사업단 참여교수)
1	상하이 첨단 물리 연구소 Shanghai Advanced Research in Physical Sciences	2023.03.31	
2	이태리 국가연구협회 SPIN(초전도 및 혁신 물질 기반 소자) 연구소	2023.08.01	

- 상하이 첨단 물리 연구소 방문.

◇ 사업단 참여교수:

◇ 방문 기간: 2024.1.8-1.10.

◇ 방문내용:

- (1) 극한 물성 연구 워크숍 (1일): 포항공과대학교 물리학과 (3명)와 상하이 첨단물리연구소 연구원 (4명)의 연구결과 발표 (각 30분) 및 공동연구 논의.
- (2) 첨단물리연구소 고압 물성연구 그룹 및 상하이 가속기 연구소 견학(1일).

◇ 방문 결과: 포항공과대학교 물리학과 - 상하이 첨단 물리 연구소 MOU 체결 (2023)이후 두 기관 간의 연구원 교류 및 공동연구 활성화 방안 논의.

- 이태리 국가연구협회 SPIN 연구소와 공동연구진행.

◇ 사업단 참여교수:

◇ 공동연구 진행을 위한 상호 방문:

(1) 이태리 국가연구협회 SPIN 연구소  
(2024.05.23-05.27).

박사 포항공과대학교 방문

박사 포항공과대학교 물리학과 세미나 (2024.05.24).

(2) 이태리 국가연구협회 SPIN 연구소 방문 (2024.06.25-06.29).

◇ 공동연구 진행 내용: Hybride organic-inorganic system에 대한 chiral phonon 분석.

[계획]

- 주력 연구센터 주관 bilateral 학회 및 정기행사를 통한 교류 및 양국 연구자의 중-장기 방문 교류 추진.
  - 막스플랑크 한국/포스텍 연구소(MPK)와 독일 MPI Dresden 연구자 간의 연례 학술행사.
  - 아태이론물리센터(APCTP)를 기반한 정기 학술행사 개최.
  - 포스텍 포토사이언스센터와 포항가속기연구소와의 연계 활동과 이를 통한 국제 연구교류 프로그램 구축.

[실적]

- 2023년 한-독 글로벌 인재양성 인턴쉽 프로그램 참가자 모집.
  - 주관: 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK).
  - 기간: 2023년 파견 26명.
  - 참조: [http://mpk.or.kr/sub/sub04\\_02.php](http://mpk.or.kr/sub/sub04_02.php)
- Integrability, Duality and related topics 2023.
  - 주관: 포항공과대학교 / 아태이론물리센터 (APCTP).
  - 참여 조직위원:
  - 해외 연사:

- 기간: 2023. 10. 29 ~ 2023. 11. 04.

- 참조: <https://www.ttbar2023.apctpstring.com/>

- 28th APCTP Winter School on Fundamental Physics.

- 주관: 포항공과대학교 / 아태이론물리센터 (APCTP).

- 참여 조직위원:

- 해외 연사:

- 기간: 2024. 01. 24 ~ 2024. 01. 29.

- 참조: <https://www.winterschool2024.apctpstring.com/>

## ○ 전략 2: 개인 연구 우수성 중심의 국제 공동연구 활성화

- 참여교수 개개인의 연구 수월성을 바탕으로 해외 연구 그룹과 교류 확대 및 공동연구 활성화.

[계획]

- 개인 기반 국제 공동연구 네트워크 활용 및 발전.
- 국제 공동연구 활성화 및 이를 통한 국제적 인지도 고양.

[실적]

- 국제 연구과제 수행 (총 1건).
  - 교수: Asian Office of Aerospace R&D.
  - ◊기간: 2022 ~ 2025
  - ◊과제명: 새로운 고체물질 기반 큐비트 탐색 연구.
- 국제 공동연구를 위한 연구자 교류 (아래 포함 총 32건: 전체 내역 물리교육연구단 별도 보관).
  - (미국 Harvard Univ.)
  - ◊내역: Swampland 관련 연구 (2023. 12. 26. ~ 2024. 02. 07.).
  - (일본 ISSP / Tokyo Univ.)
  - ◊내역: 테라헤르츠 펄스를 통한 전자 산란 연구 (2023. 12. 26. ~ 2023. 12. 28.).
  - (터키 Istanbul Univ.)
  - ◊내역: 단일층 2차원 TMD 디바이스 TEPL 측정 논의 (2024. 01. 08. ~ 2024. 01. 31.).
  - (일본 ISSP / Tokyo Univ.)
  - ◊내역: theory of the topological phases of two-dimensional materials and correlation effects including superconductivity 공동연구 (2024. 01. 21. ~ 2024. 01. 27.).
  - (미국 Rochester Univ.)
  - ◊내역: quantum computation의 decoherence 문제와 2+1 차원의 particle infinite tower에 의한 새로운 conformal field theory의 가능성에 대한 논의 (2024. 01. 23. ~ 2024. 03. 05.).
  - 
  - ◊내역: X-ray photon correlation spectroscopy 실험을 미국 Stanford 팀과 공동연구 (2024. 01. 30. ~ 2024. 02. 07.).
  - (CNRS 연구소)
  - ◊내역: ESRF ID20에서 이리듐 산화물에 대한 공명 비탄성 엑스선 산란 실험 (2024. 04. 18. ~ 2024. 04. 30.).
  - (미국 Rice University)
  - ◊내역: 세포관 나노튜브 컴퓨터 시뮬레이션 공동연구 (2024. 06. 02. ~ 2024. 06. 14.).
  - (미국 Boston College)
  - ◊내역: 2차원 양자물질 소자 제작공정 공동연구 (2024. 08. 27. ~ 2024. 09. 01.).
- 참여교수 국제공동연구 총 32건 수행 중. 상세 정보는 아래 [포스텍 물리교육연구단 국제공동연구 현황] 표 참조.

○ 전략 3: 교육연구단이 주도하는 연구자 국제교류 프로그램 조성

- 교육연구단 차원에서 해외 연구자 교류 프로그램 개발 및 체계적인 관리.

[계획]

- 'On the Globe Fair' 행사 개최(연1회): 교내 체류 중인 외국인 연구자를 초청, 인적 교류의 폭을 넓힘.
- 대학원생 및 신진 연구자의 국제 학술대회 참여 지원 (교수 연구실당 연간 500만원).
- 해외석학 초청 세미나를 통한 국제 교류 활성화.

[실적]

- 국제 학술대회 참여 지원 내역.

대상자	지도교수	기관명	국명	도시명	기간
		NANOP	스페인	Barcelona	2023.11.22~2023.12.02
		NANOP	스페인	Barcelona	2023.11.22~2023.12.02
		NANOP	스페인	Barcelona	2023.11.22~2023.12.02

NANOP	스페인	Barcelona	2023.11.22~2023.12.02
NANOP	스페인	Barcelona	2023.11.22~2023.12.02
APS	미국	Minneapolis	2024.03.02~2024.03.10
APS	미국	Minneapolis	2024.03.02~2024.03.09
APS	미국	Minneapolis	2024.03.03~2024.03.09
APS	미국	Minneapolis	2024.03.03~2024.03.08
APS	미국	Minneapolis	2024.03.03~2024.03.08
Advanced Light Source	미국	Berkeley	2024.05.29~2024.06.09

• 해외 석학 초청 강연을 통한 국제교류 활성화 (총 8건, 오프라인 진행).

- 연사: (UCLA)
  - ◇ 2023. 09. 15.
  - ◇ Exploring the 3D Nano and Atomic World: Coherent Diffractive Imaging and Atomic Electron Tomography
- 연사: (European XFEL SEC group leader)
  - ◇ 2023. 10. 05.
  - ◇ Opportunities and Challenges (not only) for Sample Delivery
- 연사: (Paul Scherrer Institute, 5232 Villigen, Switzerland)
  - ◇ 2023. 11. 14.
  - ◇ Anomalous quasi particles in a ferromagnetic kagome metal
- 연사: (QuEra Computing)
  - ◇ 2024. 02. 14.
  - ◇ Quantum Computing with QuEra's Neutral-Atom Quantum Computers
- 연사: (Tokyo University of Science, Japan)
  - ◇ 2024. 04. 16.
  - ◇ Anomalous Statistics in Langevin Equation with Fluctuating Diffusivity: non-Gaussian yet Brownian, anomalous diffusion, and ergodicity breaking
- 연사: (Research Director of the CNR-SPIN Institute (Italy) & Deputy director of the research unit in L'Aquila (Italy))
  - ◇ 2024. 05. 24.
  - ◇ Chirality knob: from molecules to hybrid organic-inorganic metal halides
- 연사: (NTT Basic Research Laboratories, Japan)
  - ◇ 2024. 06. 11.
  - ◇ Mechanical characterization of ferromagnetic resonance in magnomechanical hybrid devices
- 연사: (RIKEN Center for Emergent Matter Science, Japan)
  - ◇ 2024. 07. 22.
  - ◇ Hydrodynamic Effects in Electron Fluids on Spintronics

[실적 분석 및 향후 추진 계획]

• 최근 1년(2023.09.01.~2024.08.31.) 기간 동안 계획 대비 실적.

- 주력연구센터 주도 학술행사 및 물리교육연구단 참여교수들의 국제 공동연구가 차질 없이 대부분 성공적으로 진행되었음. 국제 공동연구는 온라인 회의 및 오프라인 미팅을 통해 활발하게 이루어졌던 것으로 나타나며 기존 계획을 상회하는 공동연구가 1년간 진행되었거나 진행 중에 있음(아래 [포스텍 물

리교육연구단 국제공동연구 현황] 표에서 상세히 기술).

- 교육연구단 주도 해외 연구자 프로그램의 경우 활발한 학술행사를 개최 및 해외 석학 세미나를 지난 1년간 활발히 운영함.

• 향후 추진 계획.

- “개인 연구 우수성 중심의 국제 공동연구”를 중점적으로 추진하고 이를 보완하기 위한 교육연구단 주관 온라인 & 오프라인 학술행사를 기존의 방식 그대로 활발하게 추진함.

- 학생 및 신진연구자 방문 교류를 보완하기 위해 다음과 같은 프로그램이 계획되어 있음.

◇ 2024년 한-독 글로벌 인재양성 인턴십 프로그램 참가자 모집.

· 주관: 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK).

· 기간: 2024년 9월 파견 34명 진행중.

· 참조: [http://mpk.or.kr/sub/sub04\\_02.php](http://mpk.or.kr/sub/sub04_02.php)

◇ 대학원생 방문 연구 추진.

· 대상:

· 방문 기관: 미국 Oak Ridge National Laboratory.

· 기간: 2024년 하반기 파견 확정.

◇ 대학원생 방문 연구 추진.

· 대상:

· 방문 기관: 중국 SUSTech University.

· 기간: 2024년 하반기 파견 확정.

※ 참고: 포스텍 물리교육연구단 국제공동연구 현황.

No	참여교수	공동연구자	해외 기관	연구 주제
1			영국 Imperial College London	DFT calculations on mode-resolved electron-phonon coupling
2			독일 University of Frankfurt	Modeling momentum-dependence of electron-phonon-coupling in strongly correlated systems
3			독일 HZDR	Phonon-mediated high field THz induced structural phase transition
4			Oak Ridge National Laboratory	2차원 엑시톤 절연체 연구
5			Oak Ridge National Laboratory	Wave front distortion 연구
6			러시아 ITMO University	Nano-optical spectroscopy of transition metal dichalcogenide heterostructures
7			미국 University of Maryland at Baltimore County	Simulation of near-field strong coupling phenomenon for quantum materials
8			미국 University of Colorado at Boulder	Experiment of near-field strong coupling phenomenon for quantum materials
9			중국 Xiamen University	Ultrafast near-field optical spectroscopy of quantum materials
10			중국 Tongji University	Nonlinear near-field optical spectroscopy and imaging of 2D materials

11		중국 SUSTech	시냅스 단백질 상분리 현상 연구
12		Princeton (USA)	Monotonicity of RG flow in bosonic string theory
13		영국 Univ. of Warwick	Deterministic control of ferroelastic orders
14		중국 Anhui Key Lab of Condensed Matter Physics at Extreme conditions at Heifei	자기힘현미경을 통한 자기 구역 측정
15		영국 Univ. of Warwick	Deterministic control of ferroelastic orders
16		오스트리아 Institut für Festkörperphysik at Vienna	산화물 자성 DFT 이론 계산
17		미국 National High Magnetic Field Lab.	Kagome 자성체의 위상학적 전도특성 연구
18		일본 Institute of Solid State Physics	Nodal line 위상준금속의 고자기장 양자전도특성 연구
19		중국: High pressure science and technology advanced research	위상 자성체의 고압 물성 변화 관측 및 초전도 특성
20		미국: Boston College	위상 초전도체 경계상태 조절 연구
21		Harvard University	Twisted bilayer graphene and its application for mm-wave single photon detector
22		Northeastern University	Graphene based Josephson junction for microwave single photon detector
23		MIT	Electron correlation in rhombohedral trilayer graphene
24		Karlsruhe Institute of Technology	양자 물질 격자 구조 및 불안정성 연구
25		Ecole Polytechnique	제일원리 계산을 이용한 격자 불안정성 연구
26		Advanced Photon Source	공명비탄성엑스선산란을 이용한 자기들뜸 연구
27		Swiss Light Source	카이럴 포논 발생 및 측정 연구
28		New York University	테라헤르츠를 이용한 엑시톤 부도체 연구
29		Harvard University	Swampland
30		Rochester University	Quantum computation의 decoherence 문제와 2+1 차원의 particle infinite tower에 의한 새로운 conformal field theory의 가능성에 대한 논의
31		ISSP / Tokyo University	Theory of the topological phases of two-dimensional materials and correlation effects including superconductivity 공동연구

32		Rice University	세포관 나노튜브 컴퓨터 시뮬레이션 공동연구